2.6　滞留水を貯留している（滞留している場合を含む）建屋

2.6.1　基本設計

2.6.1.1 設置の目的

既設１～４号機の原子炉建屋，タービン建屋（コントロール建屋及び，２，３号機海水配管トレンチ・立坑※1を含む），廃棄物処理建屋には，高レベル放射性汚染水（以下，「滞留水」という。）が滞留している。また，集中廃棄物処理建屋のうち，プロセス主建屋，雑固体廃棄物減容処理建屋（以下，「高温焼却炉建屋」という。）は，１～４号機のタービン建屋の滞留水を移送するための受け入れ先とするものであることから，各建屋の滞留水の状況を適切に監視し，放射性物質の建屋外への漏えいを防止するための機能を満足する設備とする。

※１：立坑とは，規模の大きな地中構造物のうち，比較的深い（１０m 程度）「縦の坑道」をいう。

2.6.1.2 要求される機能

(1) 建屋等に滞留する滞留水の状況を監視できる機能を有し，建屋等の外への漏えいを防止できる機能を有すること。

(2) 汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等があった場合にも，建屋等の外への漏えいを防止できるよう水位を管理できること。

(3) 滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出を抑制・管理できる機能を有すること。

(4) 建屋等周辺の地下水の放射性物質濃度を監視できる機能を有すること。

2.6.1.3 設計方針

(1) 建屋等の滞留水の状況を監視できる機能を有し，建屋等の外への漏えいを防止できる機能を有する設計とする。

具体的には，建屋等の滞留水の状況を監視できる機能として，水位計を設置する。また，各建屋からの滞留水の漏えいを防止するために，建屋に滞留する滞留水の水位が地下水の水位よりも低くなるように管理する必要があること，地下水の水位は，サブドレン水※2の水位により確認していることから，建屋近傍の適切なサブドレンに水位計を設置する。

※２：サブドレン水とは，建屋周辺の地下水をいう。

(2) 汚染水処理設備の長期間の停止，豪雨等があった場合にも，建屋等の外への漏えいが防止できるよう水位を管理する。

具体的には，汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等に備え，タービン建屋等の水位を余裕のある水位に維持することにより管理する。また，プロセス主建屋，高温焼却炉建屋については，受け入れを停止すれば問題とならない。また，１～４号機の滞留水が急激に増加した場合，高濃度滞留水受タンク等に貯留する。

(3) 滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出を抑制・管理できる機能を有する設計とする。

具体的には，滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出低減のため，可能な限り地下開口部の閉塞を行い，必要に応じて各建屋についてダストサンプリングを実施する。

(4) 建屋等周辺の地下水の放射性物質濃度を監視できる機能を有する設計とする。

具体的には，サブドレン水のサンプリングの測定箇所を適切に設定し，定期的に測定する。

(5) 必要に応じて，貯留または滞留している滞留水から発生する可燃性ガスの検出，管理及び処理が適切に行える機能を有する設計とする。

具体的には，滞留水を建屋内に貯蔵した後に水素濃度測定を実施し水素の滞留のないことを確認する。また，念のため，必要に応じて換気口を設けるなど水素の滞留を抑制する。

(6) 環境条件に対する設計上の考慮は，次の通りとする。

海水による影響については，「Ⅲ.3.1.3.1.2(5) １～４号機原子炉建屋の点検について及び，同 添付資料-6 コメント回答③」に記載している。

(7) 電源停止に対する設計上の考慮は，次の通りとする。

全電源喪失による水位の遠隔監視機能が喪失の場合でも，これまでの実績から地下水の流入及び原子炉注水による水位の上昇は緩慢なものであり，水位のシミュレーションも可能である。また，交流電源を使用しない別の水位計により電源復旧までの間，手動での水位計測も可能である。以上のことから，漏えい防止の水位監視機能は喪失しないことから，安全上の問題は生じない。

(8) 信頼性に対する設計上の考慮は，次の通りとする。

建屋等の外への漏えいを防止できる機能については，多重性を持たないが，滞留水を

貯留する機能については，１～４号機各建屋の滞留水をプロセス主建屋，高温焼却炉建屋に移送することができ，更に，高濃度滞留水受けタンクにも移送が可能であり，それぞれ独立した設備であることから多重性，独立性を有している。

(9) 検査可能性に対する設計上の考慮は，次の通りとする。

建屋そのものの構造・強度の健全性については，直接的には，水没部が高線量であり確認することは出来ないが，類似箇所からの類推評価や解析により健全性を評価することが可能である。

また，建屋の滞留水を貯留する能力については，滞留水の水位制御により担保されていることから，水位が規定の値に制御されていることにより能力が保たれていることを確認することが可能である。また，建屋周囲のサブドレン水の放射能濃度を計測することにより，漏えいがないことを確認でき，滞留水の地下水への漏えいのないことを確認可能である。

(10) 建屋等内に滞留する滞留水の増加抑制及び滞留水漏えいリスク低減にかかる方針は，次の通りとする。

滞留水の増加抑制及び滞留水漏えいリスク低減を図るためには，今後，地下水位を管理し地下水の流入を抑制し滞留水の水位を下げタービン建屋，原子炉建屋，廃棄物処理建屋内にある滞留水を処理する必要がある。このため，地下水バイパス，トレンチ止水等の方策を検討する。

2.6.1.4 供用期間中に確認する項目

(1) 建屋等の外への滞留水の漏えいを防止できる機能を有すること

2.6.1.5 主要な機器

(1) 設備概要

滞留水を貯留している建屋等は，集中廃棄物処理建屋のうち，滞留水を貯留するプロセス主建屋，高温焼却炉建屋と，滞留水が滞留する１～４号機の原子炉建屋，タービン建屋，廃棄物処理建屋で構成する。

各号機の建屋等について設計内容を目標ごとに以下に記載する。

(2) プロセス主建屋

プロセス主建屋に貯留する滞留水は，２号機，３号機及び４号機から滞留水移送装置（移送ポンプ，ポリエチレン管等）で移送され，汚染水処理設備で処理されることにより水位調整を行う。移送については，移送元の１～４号機の水位や移送先となる集中廃棄物処理建屋の水位の状況を考慮し実施する。

プロセス主建屋について，以下のとおり設計する。

a．滞留水の監視及び建屋外への漏えい防止

建屋等にある滞留水の状況を監視できる機能として，水位計を設置し，建屋内水位を監視する。

また，建屋からの漏えいを防止する機能として，以下について実施する。

(a) 貫通部の止水

漏えいの経路となり得る当該建屋の系外への貫通部に適切な止水を実施する。

(b) 外壁，床面等の亀裂からの漏えい対策

亀裂等からの漏えい対策として，外壁，床面等の亀裂や浸潤などにひび割れ補修を実施する。

(c) 建屋に貯留する滞留水の水位管理

建屋に貯留する滞留水の水位がサブドレン水の水位よりも低くなるように管理するため，建屋近傍の適切なサブドレンに水位計を設置する。

(d) コンクリート壁中における放射性物質の拡散について

建屋のコンクリート壁中を放射性物質が拡散し，漏えいする可能性があるため，拡散評価を行う。

(e) サイトバンカ建屋における滞留水の対応について

プロセス主建屋に隣接するサイトバンカ建屋においては，地下に滞留している水に放射能が検出されていることから，プロセス主建屋に貯留する滞留水が両建屋間を繋ぐ階段室を介し流入した可能性は否定できない。

このため，サイトバンカ建屋の滞留水は適宜プロセス主建屋へ移送する。

また，サイトバンカ建屋近傍のサブドレン水の水位及び放射能濃度を監視する。

b．汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等があった場合における建屋等の外への漏えい防止

汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等に備え，受け入れ元であるタービン建屋等の水位を余裕のある水位に維持する。このことから，プロセス主建屋への受け入れを停止すれば問題とならない。また，１～４号機の滞留水が急激に増加した場合，高濃度滞留水受タンク等に貯留する。

c．気体状の放射性物質の放出抑制・管理

滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出低減のため，可能な限り地下開口部の閉塞を行う。また，必要に応じてプロセス主建屋についてもダストサンプリングを実施する。

なお，水の放射線分解により建屋内に水素が発生した場合の対策として設置する局所排風機は，チャコールフィルタ，高性能粒子フィルタを通して排気するものと

する。

d. 地下水の放射性物質濃度の監視

建屋等周辺の地下水の放射性物質濃度を監視できる機能として，サブドレン水のサンプリングの測定箇所を適切に設定し，定期的に測定する。

e. 滞留水から発生する可燃性ガスの検出，管理及び処理

滞留水を建屋内に貯蔵した後に水素濃度測定を実施し，水素の滞留のないことを確認する。また念のため，水の放射線分解により建屋内に水素が発生した場合の対策として，建屋上部より吸気して排気する局所排風機を設置する。

なお，滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出低減のため地下開口部を閉塞する部位については，可燃性ガスが滞留する可能性がある閉塞部の付近にて水素濃度について上昇傾向のないことの確認のためサンプリングを実施する。それにより水素の滞留が確認された場合，対策を実施する。

(3) 高温焼却炉建屋

高温焼却炉建屋に貯留する滞留水は，２号機，３号機及び４号機から滞留水移送装置（移送ポンプ，ポリエチレン管等）で移送することにより受け入れ，汚染水処理設備により処理することにより水位調整を行う。移送については，移送元の１～４号機の水位や移送先となる集中廃棄物処理建屋の水位の状況を考慮し実施する。

高温焼却炉建屋について，以下のとおり設計する。

a. 滞留水の監視及び建屋外への漏えい防止

建屋等にある滞留水の状況を監視できる機能として，水位計を設置し，建屋内水位を監視する。

また，建屋からの漏えいを防止する機能として，以下について実施する。

(a) 貫通部の止水

漏えいの経路となり得る当該建屋の系外への貫通部に適切な止水工事を実施する。

(b) 外壁，床面等の亀裂からの漏えい対策

亀裂等からの漏えい対策として，外壁，床面等の亀裂や浸潤などにひび割れ補修を実施する。

(c) 建屋に貯留する滞留水の水位管理

建屋に貯留する滞留水の水位がサブドレン水の水位よりも低くなるように管理する。そのため，建屋近傍の適切なサブドレンに水位計を設置する。

(d) コンクリート壁中における放射性物質の拡散について

建屋のコンクリート壁中を放射性物質が拡散し，漏えいする可能性があるため，

拡散評価を行う。

(e) 隣接する地下通路への滞留水の漏えい対応について

高温焼却炉建屋の滞留水は，隣接する地下通路に漏えいしていることが確認されたが地下通路部の水位の方が高いことから漏えいは抑制されていると考える。念のため，高温焼却炉建屋近傍のサブドレン水の水位及び放射能濃度を監視する。

b. 汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等があった場合における建屋等の外への漏えい防止

汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等に備え，受け入れ元であるタービン建屋等の水位を余裕のある水位に維持する。このことから，高温焼却炉建屋への受け入れを停止すれば問題とならない。また，１～４号機の滞留水が急激に増加した場合，高濃度滞留水受タンク等に貯留する。

c. 気体状の放射性物質の放出抑制・管理

滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出低減のため，可能な限り地下開口部の閉塞を行う。また，必要に応じてプロセス主建屋についてもダストサンプリングを実施する。

なお，水の放射線分解により建屋内に水素が発生した場合の対策として設置する局所排風機は，チャコールフィルタ，高性能粒子フィルタを通して排気するものとする。

d. 地下水の放射性物質濃度の監視

建屋等周辺の地下水の放射性物質濃度を監視できる機能として，サブドレン水のサンプリングの監視箇所を適切に設定し，定期的に測定する。

e. 滞留水から発生する可燃性ガスの検出，管理及び処理

滞留水を建屋内に貯蔵した後に水素濃度測定を実施し，水素の滞留のないことを確認する。また念のため，水の放射線分解により建屋内に水素が発生した場合の対策として，建屋上部より吸気して排気する局所排風機を設置する。

なお，滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出低減のため地下開口部を閉塞する部位については，可燃性ガスが滞留する可能性がある閉塞部の付近にて水素濃度について上昇傾向のないことの確認のためサンプリングを実施する。それにより水素の滞留が確認された場合，対策を実施する。

(4) １号機

１号機の滞留水については，原子炉建屋，タービン建屋，廃棄物処理建屋に滞留して

おり，原子炉建屋から主に廃棄物処理建屋を通って２号機廃棄物処理建屋へ流出するとともに，タービン建屋にも流出する場合があると考えられる。１号機タービン建屋の滞留水については，水位状況に応じて１号機廃棄物処理建屋へ滞留水移送装置（移送ポンプ，ポリエチレン管等）を通じて移送することにより２号機タービン建屋に移送する。１号機の各建屋について，以下のとおり設計する。

a．滞留水の監視及び建屋外への漏えい防止

建屋等にある滞留水の状況を監視できる機能として，原子炉建屋，タービン建屋，廃棄物処理建屋に水位計を設置し滞留水の水位を監視する。

また，建屋からの漏えいを防止する機能として，以下について実施する。

(a) 建屋内滞留水の水位管理

建屋内滞留水の水位がサブドレン水の水位よりも低くなるように管理するため，原子炉建屋，タービン建屋，廃棄物処理建屋の滞留水と適切な測定箇所のサブドレンに水位計を設置する。

また，地下水バイパスにより建屋周辺の地下水の水位を低下させる場合においても，建屋内滞留水の水位がサブドレン水位よりも低くなるように管理する。

さらに，地下水による海洋汚染拡大防止を図るため１～４号機の既設護岸の前面に遮水壁を設置した場合においても，建屋内滞留水の水位がサブドレン水位よりも低くなるように管理する。

(b) コンクリート壁中における放射性物質の拡散

建屋のコンクリート壁中を放射性物質が拡散し，漏えいする可能性があるため，拡散評価を行う。

b．汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等があった場合における建屋等の外への漏えい防止

汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等に備え，１号機の滞留水が流入する２号機タービン建屋等の水位を，余裕のある水位に維持する。また，１～４号機の滞留水が急激に増加した場合，高濃度滞留水受タンク等に貯留する。

c．気体状の放射性物質の放出抑制・管理

滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出低減のため，タービン建屋及び廃棄物処理建屋について，可能な限り地下開口部の閉塞を行い，原子炉建屋上部及び必要に応じてタービン建屋，廃棄物処理建屋についてダストサンプリングを実施する。

なお，原子炉からの放射性物質の飛散抑制の応急措置的対策のため，原子炉建屋にカバーを設置する。本カバーの設置とともに排気設備を設置し，チャコールフィルタ及び高性能粒子フィルタを通して排気することにより，滞留水に起因する気体

状の放射性物質の環境への放出の低減を図る。

d. 地下水の放射性物質濃度の監視

建屋等周辺の地下水の放射性物質濃度を監視できる機能として，サブドレン水のサンプリングの測定箇所を適切に設定し，定期的に測定する。

e. 滞留水から発生する可燃性ガスの検出，管理及び処理

滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出低減のため地下開口部を閉塞の後，滞留する可能性がある閉塞部の付近にて水素濃度について上昇傾向のないことの確認のためサンプリングを実施する。それにより水素の滞留が確認された場合，対策を実施する。

(5) ２号機

２号機の滞留水については，原子炉建屋，タービン建屋，廃棄物処理建屋に滞留しており，各建屋間において水位状況に応じた滞留水の連動があり，２号機タービン建屋から３号機タービン建屋または集中廃棄物処理建屋へ滞留水移送装置（移送ポンプ，ポリエチレン管等）を通じて移送することにより水位調整を行う。移送については，移送元の各建屋の水位及び移送先の各建屋水位を考慮し実施する。２号機の各建屋について，以下のとおり設計する。

a. 滞留水の監視及び建屋外への漏えい防止

建屋等にある滞留水の状況を監視できる機能として，原子炉建屋，タービン建屋，廃棄物処理建屋に水位計を設置し滞留水の水位を監視する。

また，建屋からの漏えいを防止する機能として，以下について実施する。

(a) 建屋内滞留水の水位管理

建屋内滞留水の水位がサブドレン水の水位よりも低くなるように管理するため，原子炉建屋，タービン建屋，廃棄物処理建屋の滞留水と適切な測定箇所のサブドレンに水位計を設置する。

また，地下水バイパスにより建屋周辺の地下水の水位を低下させる場合においても，建屋内滞留水の水位がサブドレン水位よりも低くなるように管理する。

ＯＰ．４０００に開口部を有する立坑については閉塞する。

さらに，地下水による海洋汚染拡大防止を図るため１～４号機の既設護岸の前面に遮水壁を設置する場合においても，建屋内滞留水の水位がサブドレン水位よりも低くなるように管理する。

(b) コンクリート壁中における放射性物質の拡散

建屋のコンクリート壁中を放射性物質が拡散し，漏えいする可能性があるため，拡散評価を行う。

b. 汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等があった場合における建屋等の外への漏えい防止

汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等に備え，タービン建屋等の水位を，余裕のある水位に維持し，滞留水が急激に増加した場合の海洋への放出リスクの高まるＯＰ．４０００ までの余裕を確保する。また，１～４号機の滞留水が急激に増加した場合，高濃度滞留水受タンク等に貯留する。

c. 気体状の放射性物質の放出抑制・管理

滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出低減のため，タービン建屋及び廃棄物処理建屋について，可能な限り地下開口部の閉塞を行い，原子炉建屋上部及び必要に応じてタービン建屋，廃棄物処理建屋についてもダストサンプリングを実施する。

d. 地下水の放射性物質濃度の監視

建屋等周辺の地下水の放射性物質濃度を監視できる機能として，サブドレン水のサンプリングの測定箇所を適切に設定し，定期的に測定する。

e. 滞留水から発生する可燃性ガスの検出，管理及び処理

滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出低減のため地下開口部を閉塞の後，滞留する可能性がある閉塞部の付近にて水素濃度について上昇傾向のないことの確認のためサンプリングを実施する。それにより水素の滞留が確認された場合，対策を実施する。

(6) ３号機

３号機の滞留水については，原子炉建屋，タービン建屋，廃棄物処理建屋に滞留しており，３／４号機の各建屋間において水位状況に応じた滞留水の連動がある。また，２号機から滞留水移送装置で移送された滞留水が流入する。これらの滞留水は３号機タービン建屋から４号機タービン建屋，３号機または４号機タービン建屋から集中廃棄物処理建屋へ滞留水移送装置（移送ポンプ，ポリエチレン管等）で移送することにより水位調整を行う。移送については，移送元の各建屋の水位及び移送先の各建屋水位を考慮し実施する。３号機の各建屋について，以下のとおり設計する。

a. 滞留水の監視及び建屋外への漏えい防止

建屋等にある滞留水の状況を監視できる機能として，原子炉建屋，タービン建屋，廃棄物処理建屋に水位計を設置し滞留水の水位を監視する。

また，建屋からの漏えいを防止する機能として，以下について実施する。

(a) 建屋内滞留水の水位管理

建屋内滞留水の水位がサブドレン水の水位よりも低くなるように管理するため，原子炉建屋，タービン建屋，廃棄物処理建屋の滞留水と適切な測定箇所のサブドレンに水位計を設置する。

また，地下水バイパスにより建屋周辺の地下水の水位を低下させる場合においても，建屋内滞留水の水位がサブドレン水位よりも低くなるように管理する。

ＯＰ．４０００に開口部を有する立坑については閉塞する。

さらに，地下水による海洋汚染拡大防止を図るため１～４号機の既設護岸の前面に遮水壁を設置する場合においても，建屋内滞留水の水位がサブドレン水位よりも低くなるように管理する。

(b) コンクリート壁中における放射性物質の拡散

建屋のコンクリート壁中を放射性物質が拡散し，漏えいする可能性があるため，拡散評価を行う。

b. 汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等があった場合における建屋等の外への漏えい防止

汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等に備え，タービン建屋等の水位を，余裕のある水位に維持し，滞留水が急激に増加した場合の海洋への放出リスクの高まるＯＰ．４０００までの余裕を確保する。また，１～４号機の滞留水が急激に増加した場合，高濃度滞留水受タンク等に貯留する。

c. 気体状の放射性物質の放出抑制・管理

滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出低減のため，タービン建屋及び廃棄物処理建屋について，可能な限り地下開口部の閉塞を行い，原子炉建屋上部及び必要に応じてタービン建屋，廃棄物処理建屋についてもダストサンプリングを実施する。

d. 地下水の放射性物質濃度の監視

建屋等周辺の地下水の放射性物質濃度を監視できる機能として，サブドレン水のサンプリングの測定箇所を適切に設定し定期的に測定する。

e. 滞留水から発生する可燃性ガスの検出，管理及び処理

滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出低減のため地下開口部を閉塞の後，滞留する可能性がある閉塞部の付近にて水素濃度について上昇傾向のないことの確認のためサンプリングを実施する。それにより水素の滞留が確認された場合，対策を実施する。

(7) ４号機

４号機の滞留水については，原子炉建屋，タービン建屋，廃棄物処理建屋に滞留しており，３／４号機の各建屋間において水位状況に応じた滞留水の連動があり，３号機タービン建屋または４号機タービン建屋から滞留水移送装置（移送ポンプ，ポリエチレン管等）で集中廃棄物処理建屋へ移送することにより水位調整を行う。移送については，移送元の各建屋の水位及び移送先の各建屋水位を考慮し実施する。４号機の各建屋について，以下のとおり設計する。

a. 滞留水の監視及び建屋外への漏えい防止

建屋等にある滞留水の状況を監視できる機能として，原子炉建屋，タービン建屋，廃棄物処理建屋に水位計を設置し滞留水の水位を監視する。

また，建屋からの漏えいを防止する機能として，以下について実施する。

(a) 建屋内滞留水の水位管理

建屋内滞留水の水位がサブドレン水の水位よりも低くなるように管理するため，原子炉建屋，タービン建屋，廃棄物処理建屋の滞留水と適切な測定箇所のサブドレンに水位計を設置する。

また，地下水バイパスにより建屋周辺の地下水の水位を低下させる場合においても，建屋内滞留水の水位がサブドレン水位よりも低くなるように管理する。

ＯＰ．４０００に開口部を有する立坑については閉塞する。

さらに，地下水による海洋汚染拡大防止を図るため１～４号機の既設護岸の前面に遮水壁を設置する場合においても，建屋内滞留水の水位がサブドレン水位よりも低くなるように管理する。

(b) コンクリート壁中における放射性物質の拡散

建屋のコンクリート壁中を放射性物質が拡散し，漏えいする可能性があるため拡散評価を実施する。

b. 汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等があった場合における建屋等の外への漏えい防止

汚染水処理設備の長期間の停止及び豪雨等に備え，タービン建屋等の水位を，余裕のある水位に維持し，滞留水が急激に増加した場合の海洋への放出リスクの高まるＯＰ．４０００までの余裕を確保する。また，１～４号機の滞留水が急激に増加した場合，高濃度滞留水受タンク等に貯留する。

c. 気体状の放射性物質の放出抑制・管理

滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出低減のため，タービン建屋及び廃棄物処理建屋について，可能な限り地下開口部の閉塞を行い，必要に応じて

原子炉建屋，タービン建屋，廃棄物処理建屋についてもダストサンプリングを実施する。

d. 地下水の放射性物質濃度の監視

建屋等周辺の地下水の放射性物質濃度を監視できる機能として，サブドレン水のサンプリングの測定箇所を適切に設定し，定期的に測定する。

e. 滞留水から発生する可燃性ガスの検出，管理及び処理

滞留水に起因する気体状の放射性物質の環境への放出低減のため地下開口部を閉塞の後，滞留する可能性がある閉塞部の付近にて水素濃度について上昇傾向のないことの確認のためサンプリングを実施する。それにより水素の滞留が確認された場合，対策を実施する。

2.6.1.6 自然災害対策等

(1) 津波

津波対策は，「Ⅲ.3.1.3.2　津波への対応 」に記載している。

(2) 豪雨・台風

豪雨・台風対策は，「Ⅲ.3.1.4.1 台風・豪雨について」に記載している。

(3) 竜巻

竜巻対策は，「Ⅲ.3.1.4.2 竜巻について」に記載している。

(4) 火災

建屋内の各設備においては，設備毎に必要な火災対策を実施している。また，滞留水を貯留・滞留している建屋地下エリアは，火気作業が無いため火災が発生するリスクが低く，仮に火災が発生したとしても，滞留水の貯留機能に影響はないことから，追加の火災対策は不要である。

2.6.1.7 構造強度及び耐震性

(1) プロセス主建屋

a. 東北地方太平洋沖地震後の地震応答解析，点検による確認

プロセス主建屋は耐震Ｂクラスであり，今回の東北地方太平洋沖地震及びその余震を経験したものの，弾性範囲の挙動を示したものと考えられるが，構造物としての健全性が維持されていることについて，地震応答解析，点検により確認を行う。

b. 地下階への貯水後における耐震安全性評価

大量（満水）の滞留水を貯蔵する荷重条件に対し，参考に基準地震動Ｓｓに対して，構造強度を満足することを確認する。

(2) 高温焼却炉建屋

a. 東北地方太平洋沖地震後の地震応答解析，点検による確認

高温焼却炉建屋は耐震Ｂクラスであり，今回の東北地方太平洋沖地震及びその余震を経験したものの，弾性範囲の挙動を示したものと考えられるが，構造物としての健全性が維持されていることについて，地震応答解析，点検により確認を行う。

b. 地下階への貯水後における耐震安全性評価

大量（満水）の滞留水を貯蔵する荷重条件に対し，参考に基準地震動Ｓｓ対して，構造強度を満足することを確認する。

(3) １～４号機

a. 東北地方太平洋沖地震後の地震応答解析

原子炉建屋は耐震Ｓクラス，タービン建屋，廃棄物処理建屋は耐震Ｂクラスであり，今回の東北地方太平洋沖地震及びその余震を経験したものの，弾性範囲の挙動を示したものと考えられるが，原子炉建屋とタービン建屋は構造物としての健全性が維持されていることについて，地震応答解析により確認を行う。

b. 地下階への貯水後における耐震安全性評価

大量（満水）の滞留水を貯蔵する荷重条件に対し，原子炉建屋について，基準地震動Ｓｓに対して，構造強度を満足することを確認する。

また，参考に，タービン建屋，廃棄物処理建屋について，基準地震動Ｓｓに対して，構造強度を満足することを確認する。

2.6.2 添付資料

添付資料－１　系統概略図
添付資料－２　構造強度及び耐震性
添付資料－３　地下水バイパスによる地下水流入量の低減
添付資料－４　プロセス主建屋の貫通部の止水措置
添付資料－５　プロセス主建屋の健全性 ひび割れ等の漏えい対策
添付資料－６　プロセス主建屋の建屋外への放射性物質移行量の評価
添付資料－７　高温焼却炉建屋の貫通部の止水措置

添付資料－８　　高温焼却炉建屋の健全性 ひび割れ等の漏えい対策
添付資料－９　　高温焼却炉建屋の建屋外への放射性物質移行量の評価
添付資料－１０　１～４号機の各建屋外への放射性物質移行量の評価
添付資料－１１　建屋等内に滞留する滞留水の増加抑制及び滞留水漏えいリスク低減にかかる方針
添付資料－１２　汚染水処理対策委員会で議論された汚染水処理問題の抜本対策
添付資料－１３　汚染された地下水の港湾への流出抑制策等について
添付資料－１４　凍土遮水壁設置による地下水流入量の低減

系統概略図

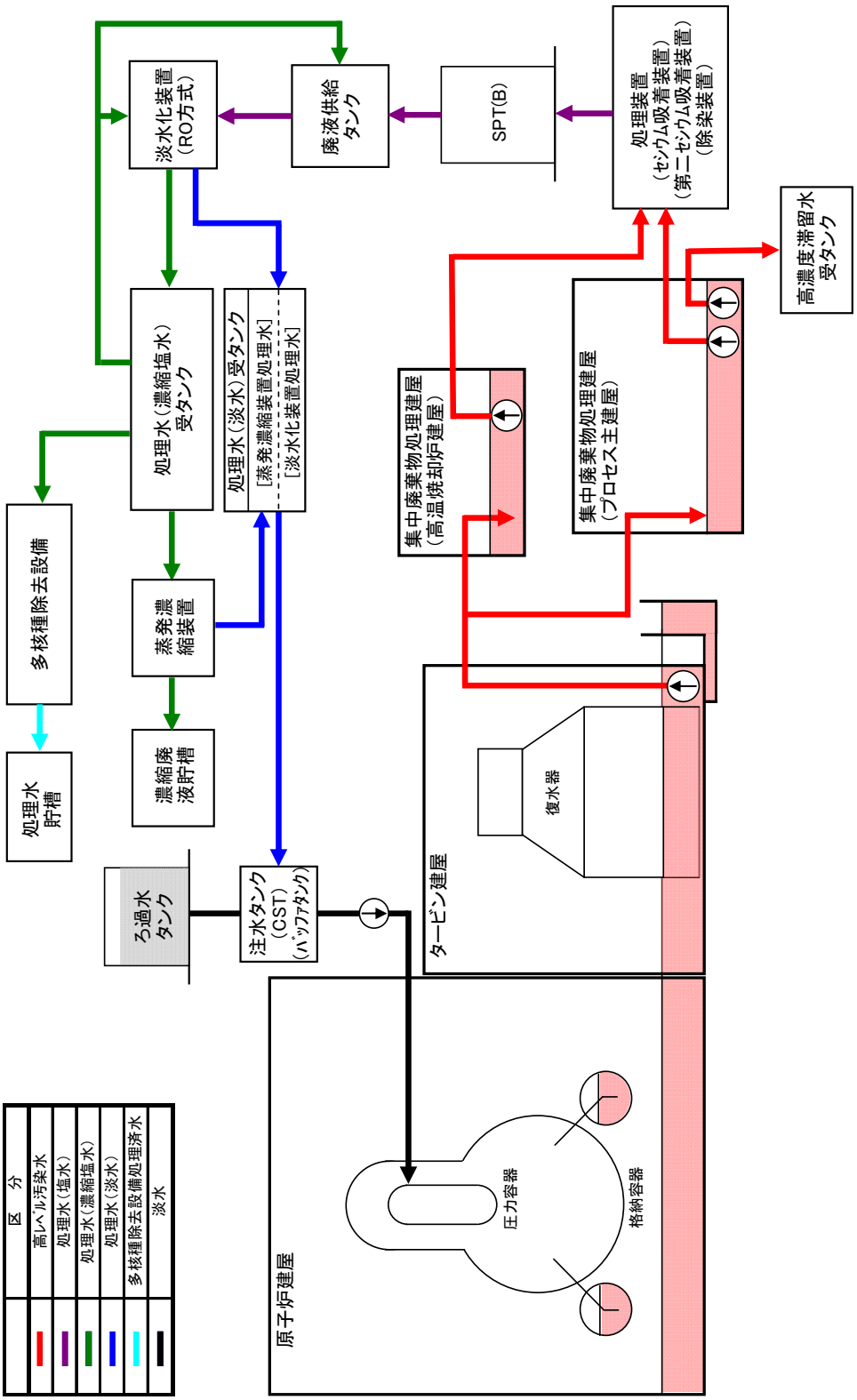
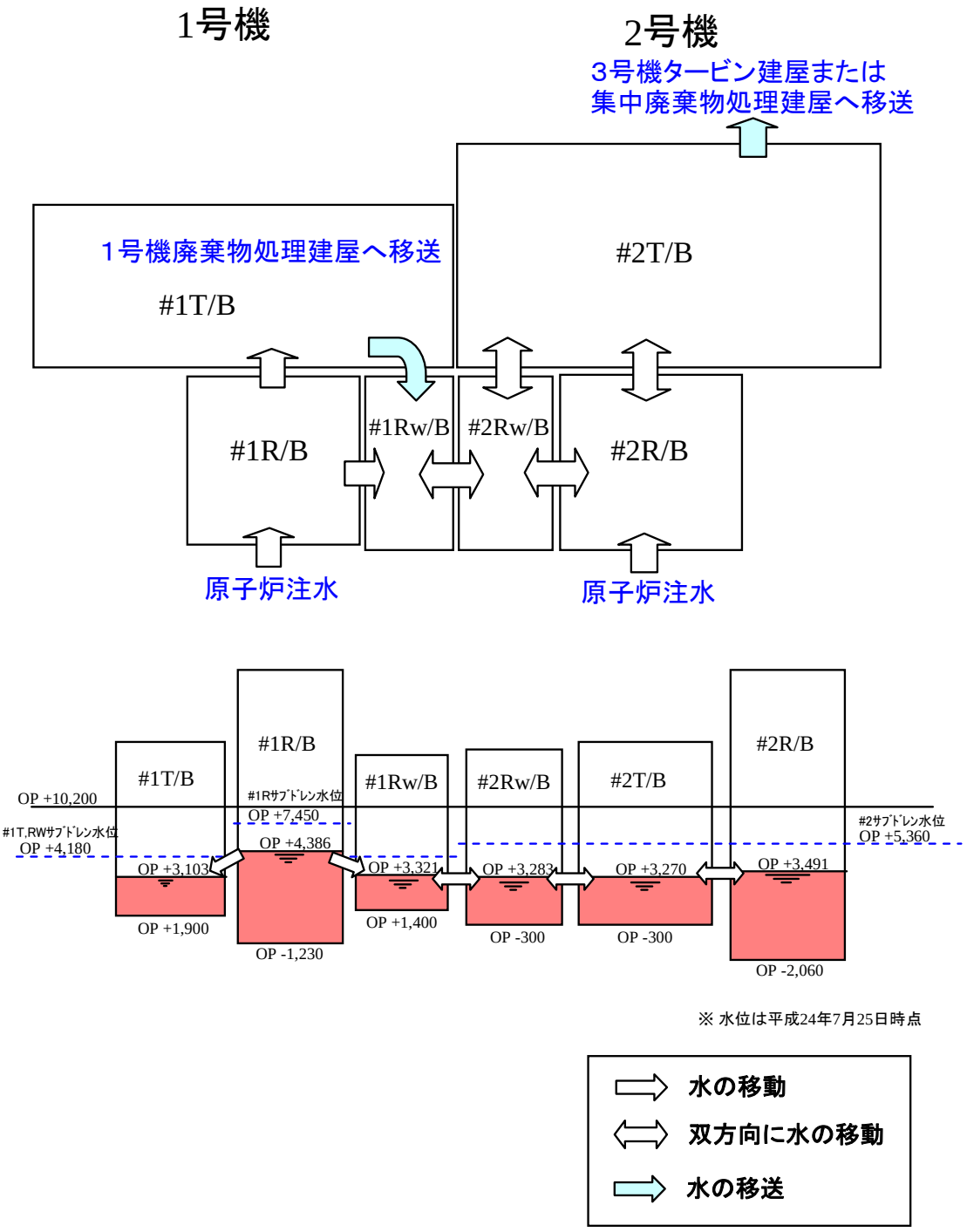
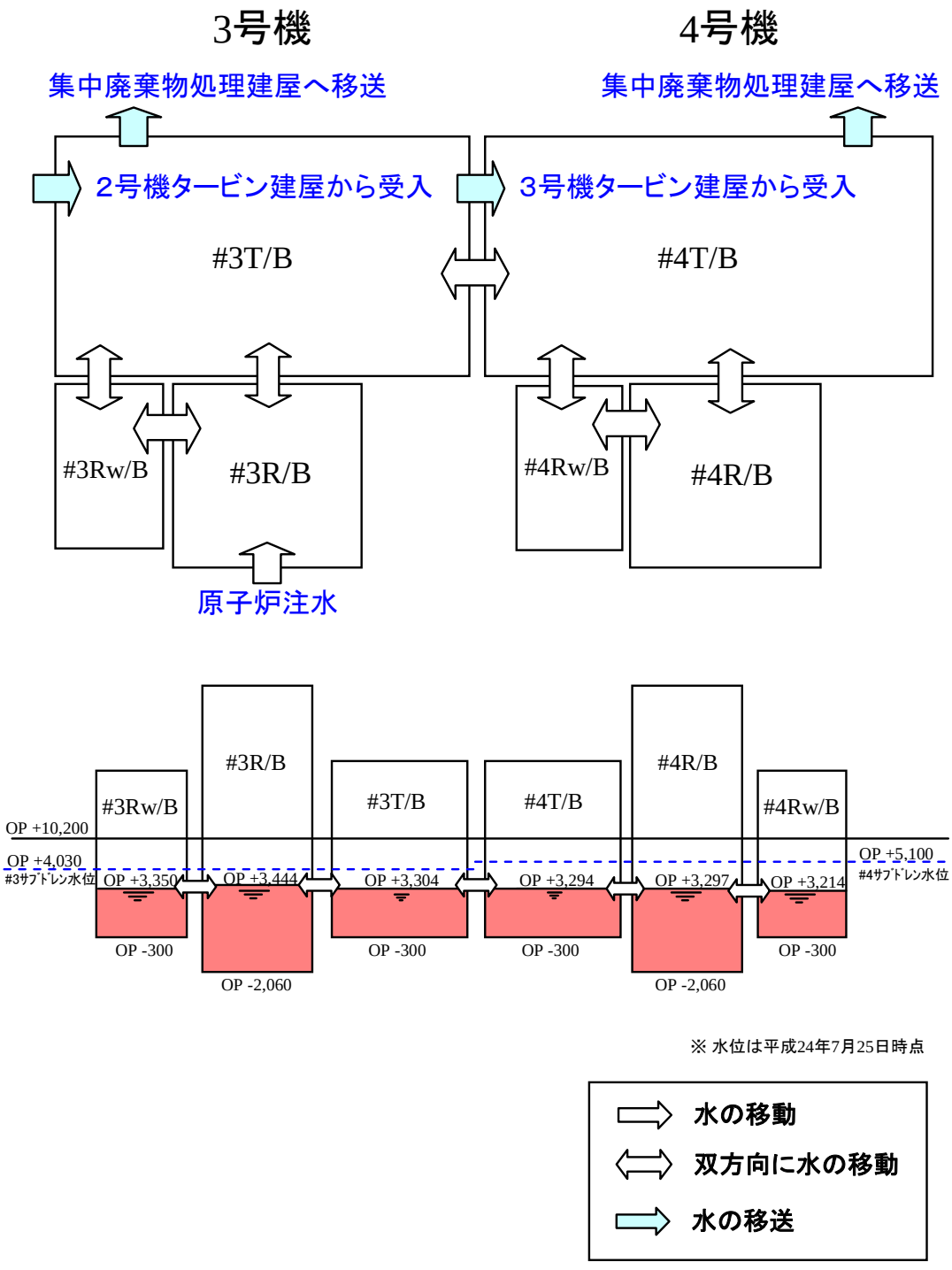


図１　滞留水移送概念図



注　#n：n 号機，R/B：原子炉建屋，T/B：タービン建屋，Rw/B：廃棄物処理建屋

図２　１／２号機建屋間における滞留水の流れのイメージ



注　#n：n 号機，R/B：原子炉建屋，T/B：タービン建屋，Rw/B：廃棄物処理建屋

図３　３／４号機建屋間における滞留水の流れのイメージ

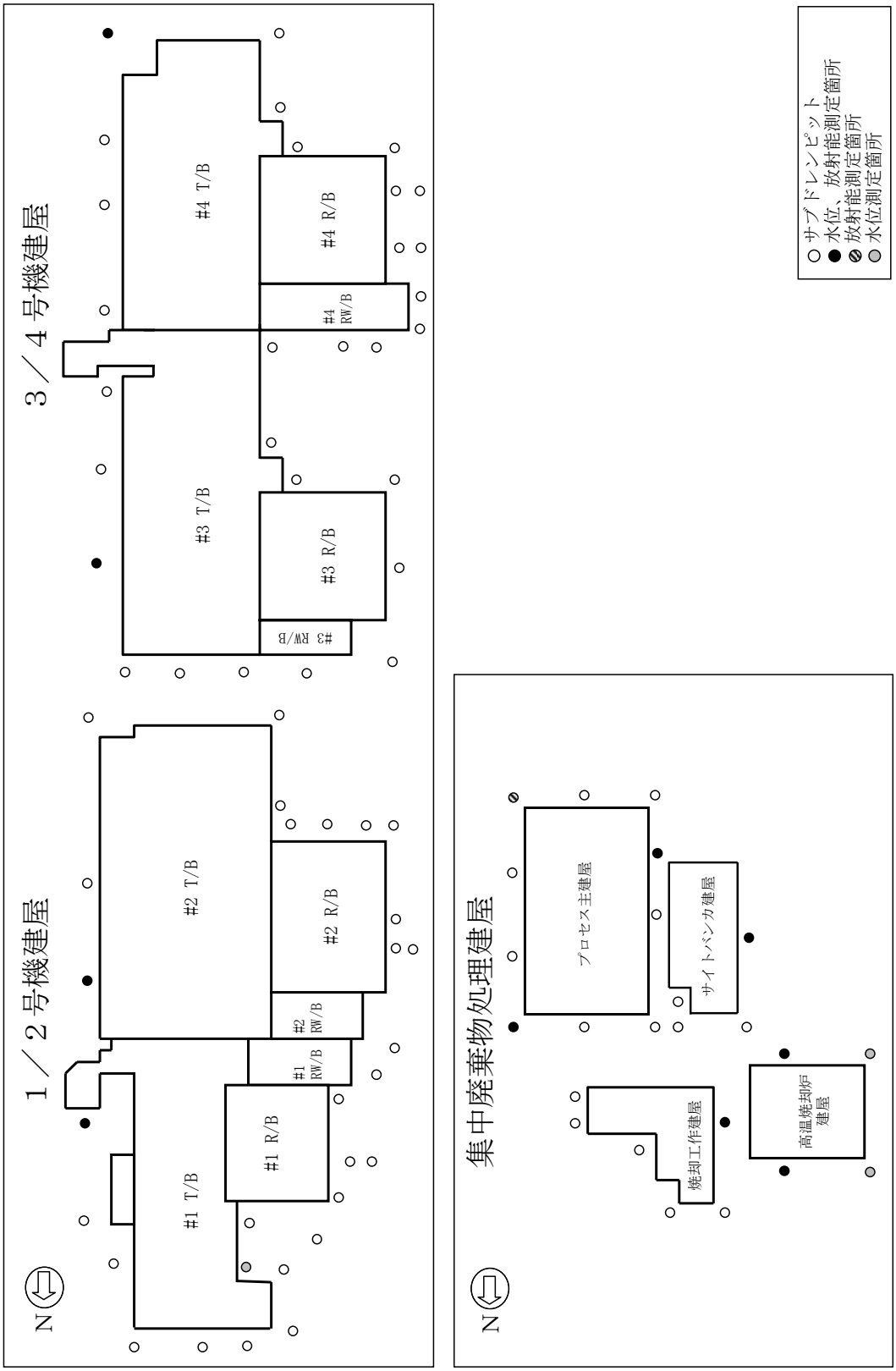


図４　サブドレンピット概略配置図

構造強度及び耐震性
（地下滞留水を考慮した建屋の耐震安全性評価）

１　はじめに

地下に滞留水を貯留する１～４号機原子炉建屋，１～４号機タービン建屋，１～４号機廃棄物処理建屋及び１～４号機コントロール建屋について，地下階に滞留水があることを考慮し，基準地震動 Ss に対し，地下外壁が崩壊しないことを確認する。なお，判定は地下階の耐震壁が終局限界に至らないことを確認する。

１～４号機原子炉建屋について，基準地震動 Ss に対する地下滞留水を考慮した地震応答解析を実施し，地下外壁の耐震安全性を評価する。（４号機原子炉建屋については，Ⅲ.3.1.3 添付資料 3 を参照）

また，１～４号機タービン建屋，１～４号機廃棄物処理建屋及び１～４号機コントロール建屋について，それぞれ代表号機を選定した上で，基準地震動 Ss に対する地下滞留水を考慮した地震応答解析を実施し，地下外壁の耐震安全性を評価する。なお，代表号機以外については，代表号機の耐震安全性評価結果を踏まえ，建屋の類似性等を考慮して，耐震安全性を評価する。ここで，代表号機は滞留水の容量が最大の号機とする。

2　原子炉建屋

2.1　１号機原子炉建屋

2.1.1　解析評価方針

１号機原子炉建屋の地下滞留水を考慮した耐震安全性評価は，基準地震動 Ss を用いた地震応答解析によることを基本とし，建物・構築物や地盤の応答性状を適切に表現できるモデルを設定した上で行う。

解析モデルは，地下１階から地上５階に設置された機器を含む建屋全域を NS，EW 方向とも１軸質点系モデルとする。

地下階への滞留水の付加重量は建屋外形寸法・建屋内部の壁厚・機器容積から体積を算定し，固定水として評価する。

地下耐震壁の評価は，地震応答解析により得られた該当部位の最大せん断ひずみが，評価基準値（4.0×10^{-3}）を超えないことを確認することとする。

１号機原子炉建屋の地震応答解析の評価手順例を，図 2.1.1-1 に示す。

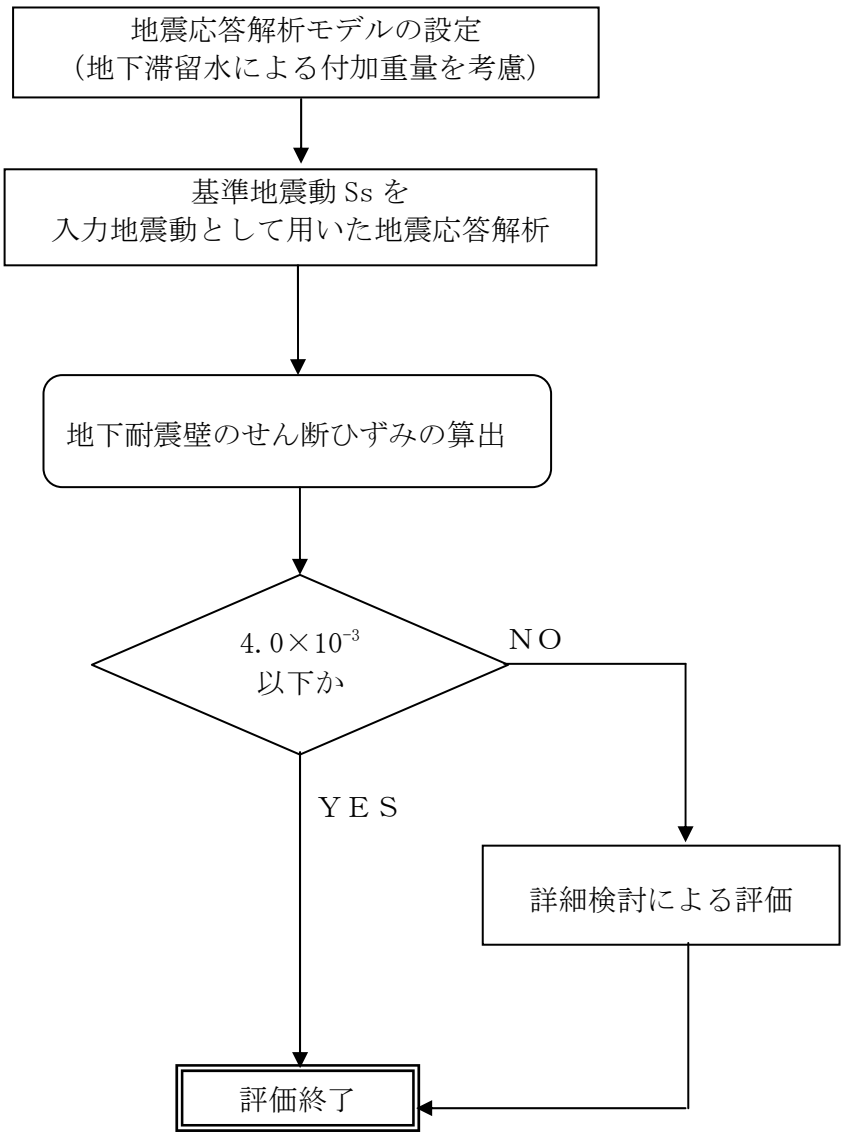


図 2.1.1-1　１号機原子炉建屋の地震応答解析の評価手順例

2.1.2　1号機原子炉建屋の水位及び地下滞留水量

1号機原子炉建屋の満水状態の水位及び地下滞留水量を表2.1.2-1に示す。

表2.1.2-1　1号機原子炉建屋の満水状態の水位及び地下滞留水量

	1号機
水位	O.P. 7,000
貯水量	5,600m^3

2.1.3　解析に用いる入力地震動

１号機原子炉建屋への入力地震動は，「福島第一原子力発電所　『発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針』の改訂に伴う耐震安全性評価結果　中間報告書」（原管発官１９第６０３号　平成２０年３月３１日付け）にて作成した解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 Ss を用いることとする。

地震応答解析に用いる入力地震動の概念図を図 2.1.3-1 に示す。この１号機原子炉建屋の解析モデルに入力する地震動は，一次元波動論に基づき，解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 Ss に対する建屋基礎底面レベルの地盤応答として評価する。また，建屋基礎底面レベルにおけるせん断力を入力地震動に付加することにより，地盤の切欠き効果を考慮する。

このうち，解放基盤表面位置（O.P. -196.0m）における基準地震動 Ss の加速度波形について，図 2.1.3-2 に示す。

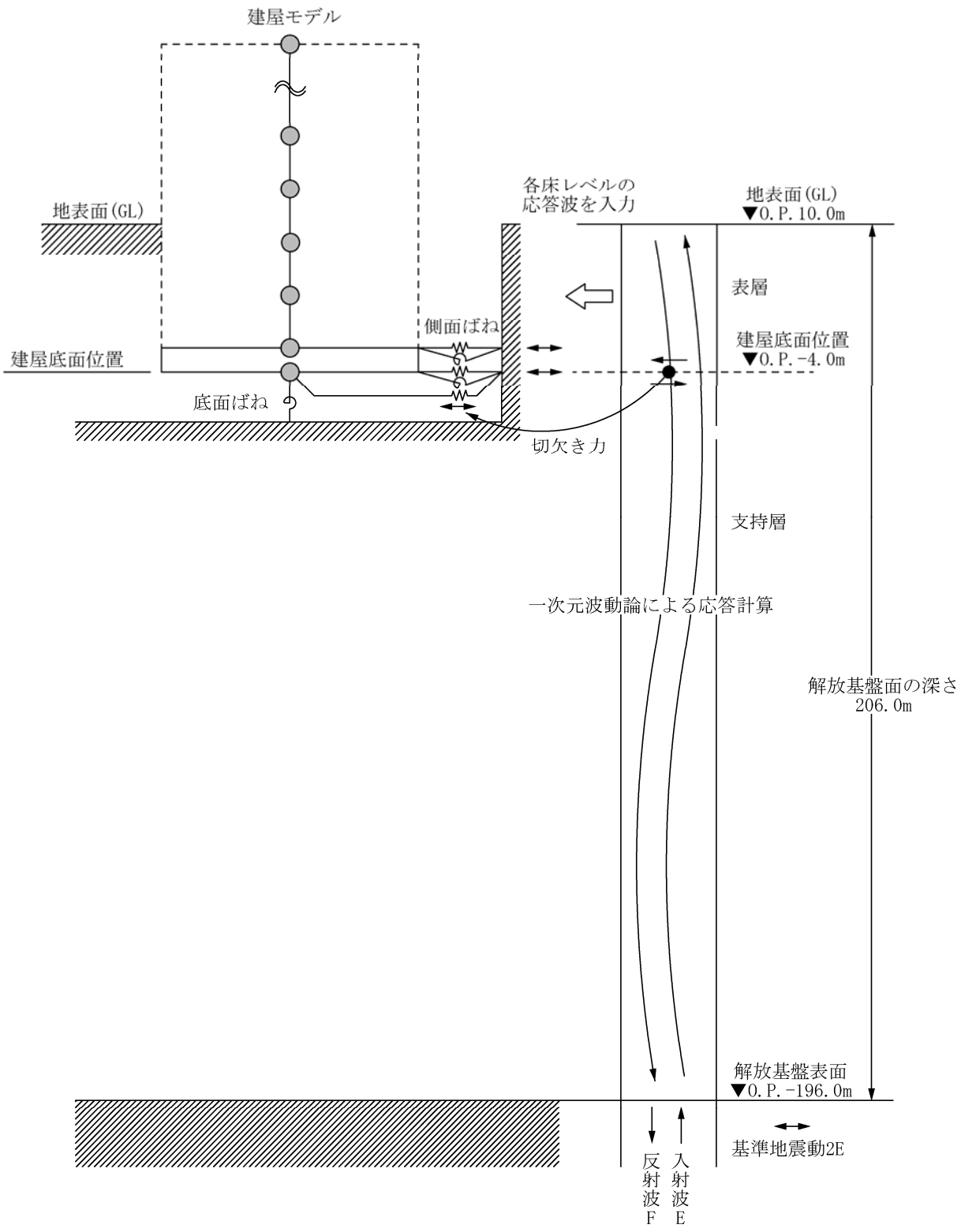
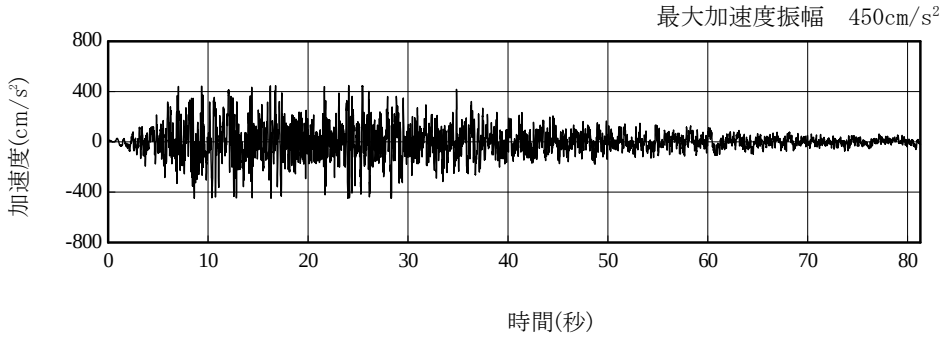
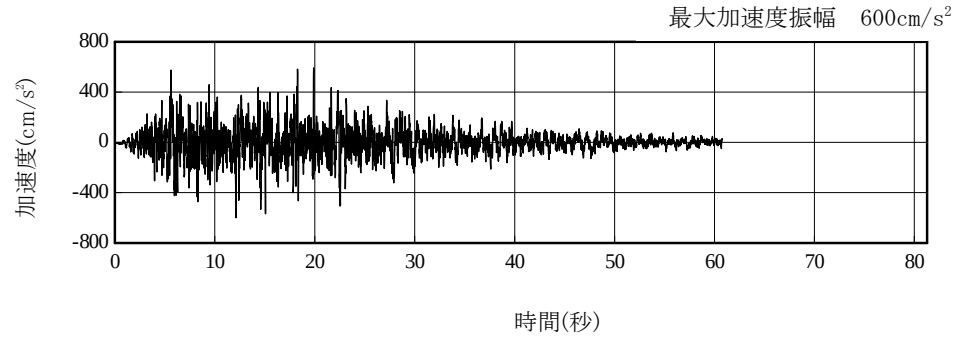


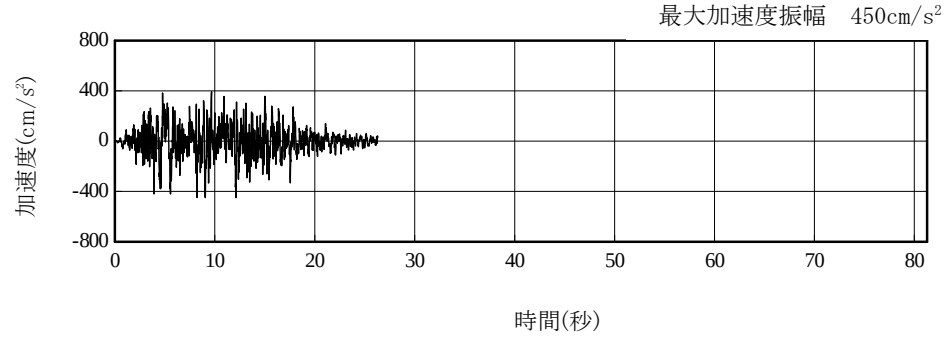
図 2.1.3-1　地震応答解析に用いる入力地震動の概念図



(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

図 2.1.3-2　解放基盤表面位置における地震動の加速度時刻歴波形（水平方向）

2.1.4　地震応答解析モデル

基準地震動 Ss に対する 1 号機原子炉建屋の地震応答解析は，「2.1.3　解析に用いる入力地震動」で算定した入力地震動を用いた動的解析による。

地震応答解析モデルは，図 2.1.4-1 及び図 2.1.4-2 に示すように，建屋を曲げ変形とせん断変形をする質点系とし，地盤を等価なばねで評価した建屋－地盤連成系モデルとする。建屋－地盤連成系としての効果は地盤ばね及び入力地震動によって評価される。解析に用いるコンクリートの物性値を表 2.1.4-1 に，建屋解析モデルの諸元を表 2.1.4-2 に示す。

地盤定数は，水平成層地盤と仮定し，地震時のせん断ひずみレベルを考慮して定めた。解析に用いた地盤定数を表 2.1.4-3 に示す。

解析モデルにおいて，基礎底面地盤ばねについては，「JEAG 4601-1991」に示された手法を参考にして，成層補正を行ったのち，振動アドミッタンス理論に基づいて，スウェイ及びロッキングばね定数を近似的に評価する。また，埋込部分の建屋側面地盤ばねについては，建屋側面位置の地盤定数を用いて，水平及び回転ばねを「JEAG4601-1991」により NOVAK ばねに基づいて近似法により評価する。

地盤ばねは振動数に依存した複素剛性として得られるが，図 2.1.4-3 に示すようにばね定数（Kc）として実部の静的な値を，また，減衰係数（Cc）として建屋－地盤連成系の 1 次固有振動数に対応する虚部の値と原点を結ぶ直線の傾きを採用することにより近似する。

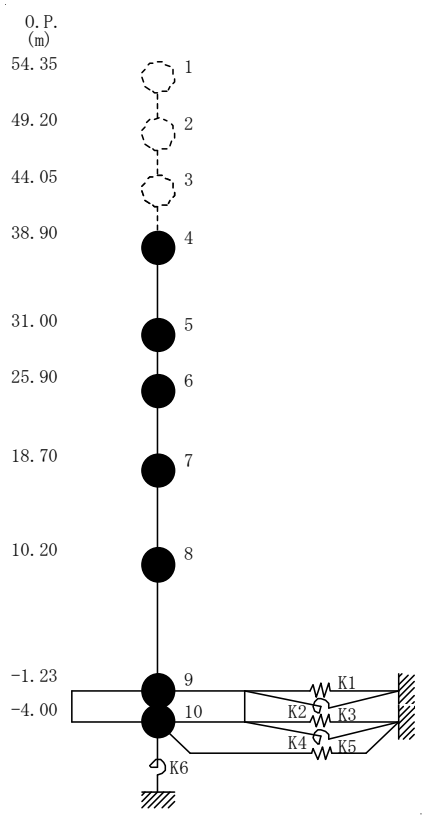


図 2.1.4-1　1 号機原子炉建屋　地震応答解析モデル（NS 方向）

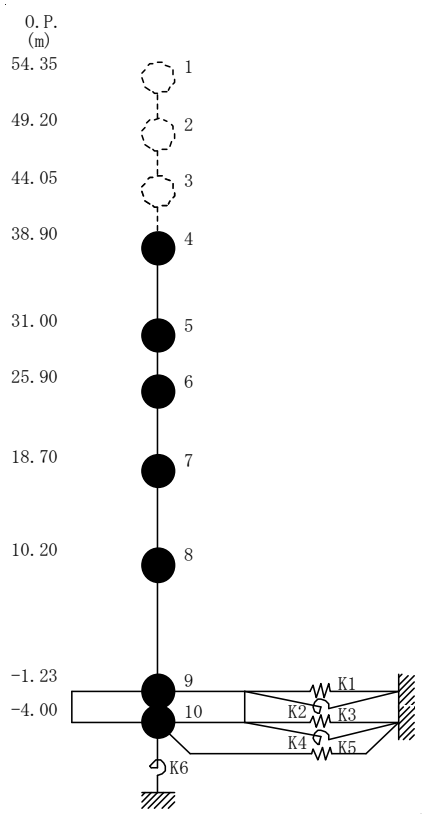


図 2.1.4-2　1 号機原子炉建屋　地震応答解析モデル（EW 方向）

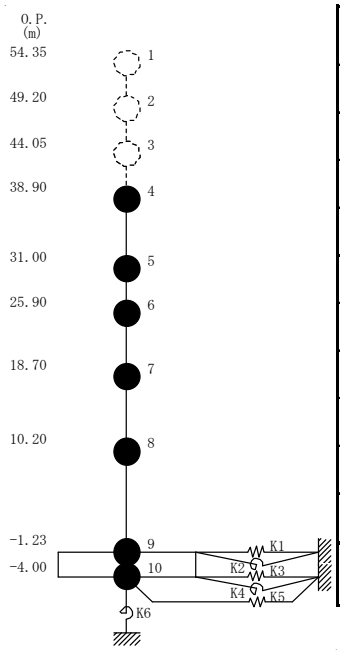
表 2.1.4-1　地震応答解析に用いる物性値

	強度＊1 Ｆｃ （N/mm^2）	ヤング係数*2 E （N/mm^2）	せん断弾性係数*2 G （N/mm^2）	ポアソン比 ν	単位体積重量*3 γ （kN/m^3）
コンクリート	35.0	2.57×10^4	1.07×10^4	0.2	24
鉄筋	SD345相当 (SD35)				

*1：強度は実状に近い強度（以下「実強度」という。）を採用した。実強度の設定は，過去の圧縮強度試験データを収集し試験データのばらつきを考慮し圧縮強度平均値を小さめにまるめた値とした。
*2：実強度に基づく値を示す。
*3：鉄筋コンクリートの値を示す。

表 2.1.4-2　建屋解析モデルの諸元

NS 方向

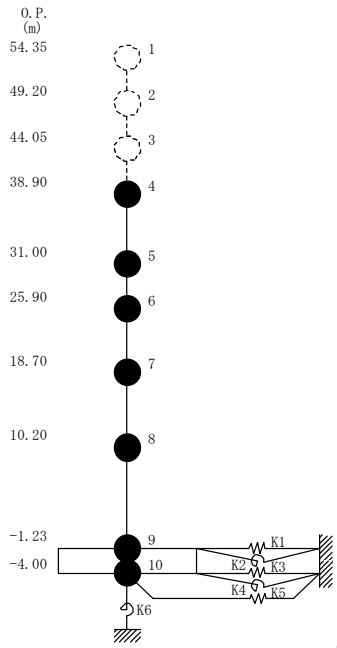


質点番号	質点重量 W(kN)	回転慣性重量 I_G(×10^5kN･m^2)	せん断断面積 A_S(m^2)	断面2次モーメント I(m^4)
1	—	—		
2	—	—	—	—
3	—	—	—	—
4	58,690	84.43	—	—
5	67,910	97.77	135.0	16,012
6	77,220	111.11	160.8	21,727
7	88,440 [1,240]	127.32 [1.79]	132.8	24,274
8	162,800 (16,780)	234.31 (24.15)	155.6	36,481
9	185,210 (38,140)	266.64 (54.91)	294.0	52,858
10	62,400	89.83	1,914.3	275,530
合計	702,670			

注　(　　)内は滞留水による付加分を示す。
　　[　　]内はカバリング工事による付加分を示す。

ヤング係数 Ec	2.57×10^7(kN/m^2)
せん断弾性係数 G	1.07×10^7(kN/m^2)
ポアソン比 ν	0.20
減衰 h	5%
基礎形状	41.56m(NS 方向)×43.56m(EW 方向)

EW 方向



質点番号	質点重量 W(kN)	回転慣性重量 I_G(×10^5kN･m^2)	せん断断面積 A_S(m^2)	断面2次モーメント I(m^4)
1	—	—		
2	—	—	—	—
3	—	—	—	—
4	58,690	48.34	—	—
5	67,910	55.90	102.7	9,702
6	77,220	63.55	163.9	13,576
7	88,440 [1,240]	127.32 [1.79]	131.6	14,559
8	162,800 (16,780)	234.31 (24.15)	197.8	36,427
9	185,210 (38,140)	327.39 (67.42)	294.0	52,858
10	62,400	110.32	1,914.3	338,428
合計	702,670			

注　(　　)内は滞留水による付加分を示す。
　　[　　]内はカバリング工事による付加分を示す。

ヤング係数 Ec	2.57×10^7(kN/m^2)
せん断弾性係数 G	1.07×10^7(kN/m^2)
ポアソン比 ν	0.20
減衰 h	5%
基礎形状	41.56m(NS 方向)×43.56m(EW 方向)

表 2.1.4-3 (1)　地盤定数

(Ss-1)

標高 O.P. (m)	地質	せん断波速度 Vs (m/s)	単位体積重量 γ (kN/m^3)	ﾎﾟｱｿﾝ比 ν	せん断弾性係数 G (×10^{5}kN/m^2)	初期せん断弾性係数 G_0 (×10^{5}kN/m^2)	剛性低下率 G/G_0	ヤング係数 E (×10^{5}kN/m^2)	減衰定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.23	2.62	0.85	6.57	3	8.1
-10.0	泥岩	450	16.5	0.464	2.66	3.41	0.78	7.79	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.40	4.36	0.78	9.89	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.39	5.63	0.78	12.70	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.09	6.53	0.78	14.68	3	88.0
	(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-	-

表 2.1.4-3 (2)　地盤定数

(Ss-2)

標高 O.P. (m)	地質	せん断波速度 Vs (m/s)	単位体積重量 γ (kN/m^3)	ﾎﾟｱｿﾝ比 ν	せん断弾性係数 G (×10^{5}kN/m^2)	初期せん断弾性係数 G_0 (×10^{5}kN/m^2)	剛性低下率 G/G_0	ヤング係数 E (×10^{5}kN/m^2)	減衰定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.23	2.62	0.85	6.57	3	8.1
-10.0	泥岩	450	16.5	0.464	2.76	3.41	0.81	8.08	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.53	4.36	0.81	10.27	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.56	5.63	0.81	13.19	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.29	6.53	0.81	15.26	3	88.0
	(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-	-

表 2.1.4-3 (3)　地盤定数

(Ss-3)

標高 O.P. (m)	地質	せん断波速度 Vs (m/s)	単位体積重量 γ (kN/m^3)	ﾎﾟｱｿﾝ比 ν	せん断弾性係数 G ($\times 10^5$kN/m^2)	初期せん断弾性係数 G_0 ($\times 10^5$kN/m^2)	剛性低下率 G/G_0	ヤング係数 E ($\times 10^5$kN/m^2)	減衰定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
	砂岩	380	17.8	0.473	2.25	2.62	0.86	6.63	3	8.1
1.9										
	泥岩	450	16.5	0.464	2.66	3.41	0.78	7.79	3	11.9
-10.0										
		500	17.1	0.455	3.40	4.36	0.78	9.89	3	70.0
-80.0										
		560	17.6	0.446	4.39	5.63	0.78	12.70	3	28.0
-108.0										
		600	17.8	0.442	5.09	6.53	0.78	14.68	3	88.0
-196.0										
	(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-	-

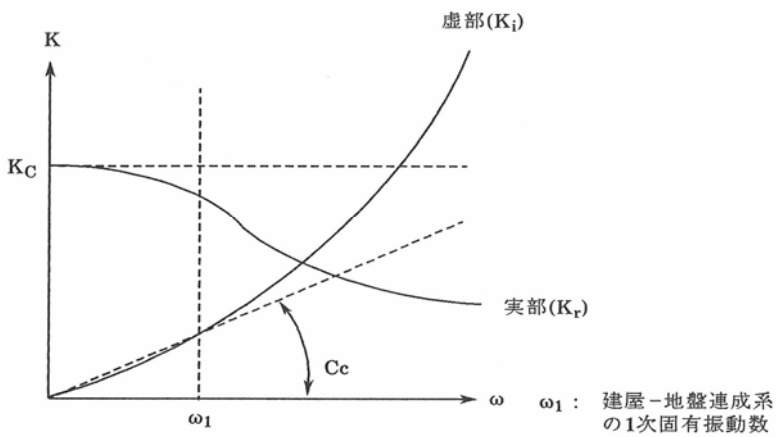


図 2.1.4-3　地盤ばねの近似

2.1.5　地震応答解析結果

地震応答解析により求められたNS方向，EW方向の最大応答加速度を，滞留水を未考慮の場合と比較して*注，図2.1.5-1～図2.1.5-6に示す。

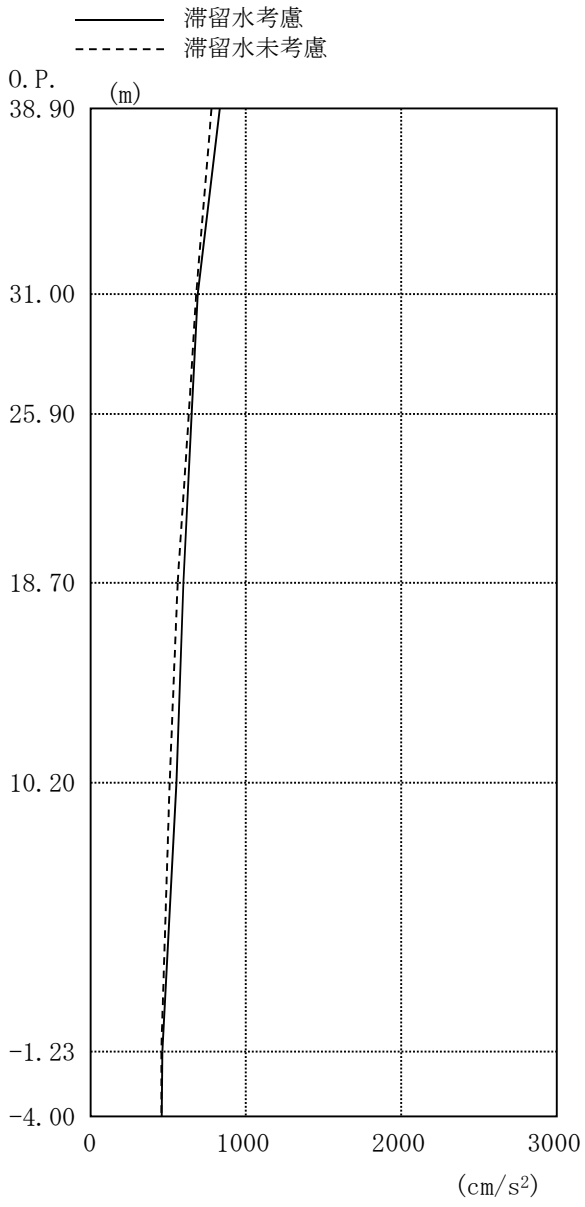


図2.1.5-1　最大応答加速度（NS方向・Ss-1H）

*注：滞留水考慮：本検討における結果であり，滞留水の重量の他，原子炉建屋カバーの重量を考慮したもの。
滞留水未考慮：損傷前の「福島第一原子力発電所　『発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針』の改訂に伴う耐震安全性評価結果　中間報告書（改訂版）」（原管発官21第110号　平成21年6月19日付け）の結果。

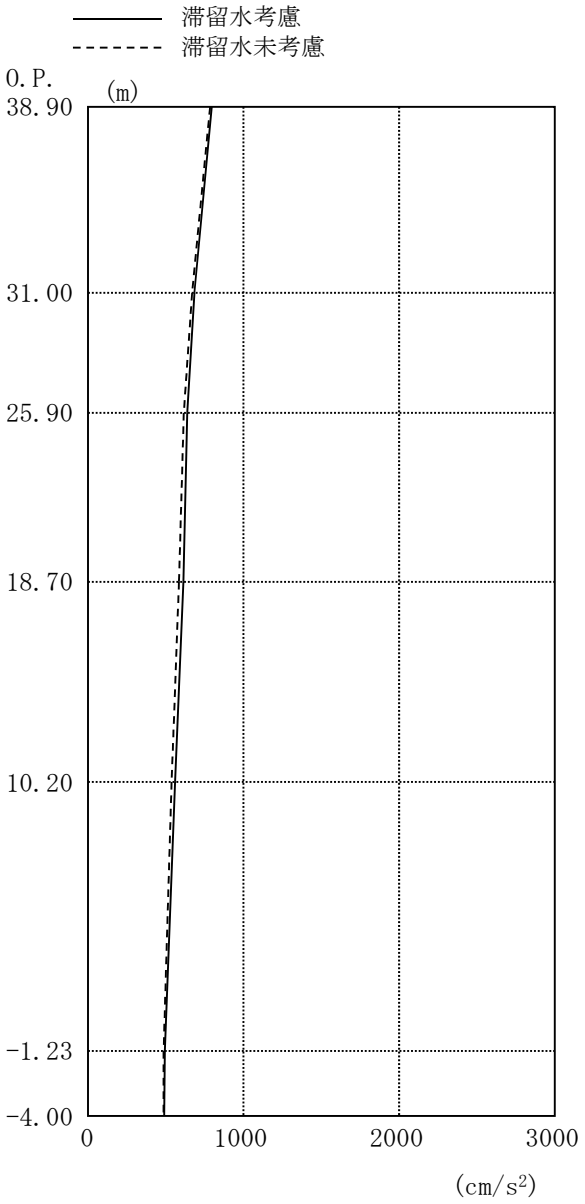


図 2.1.5-2　最大応答加速度（NS 方向・Ss-2H）

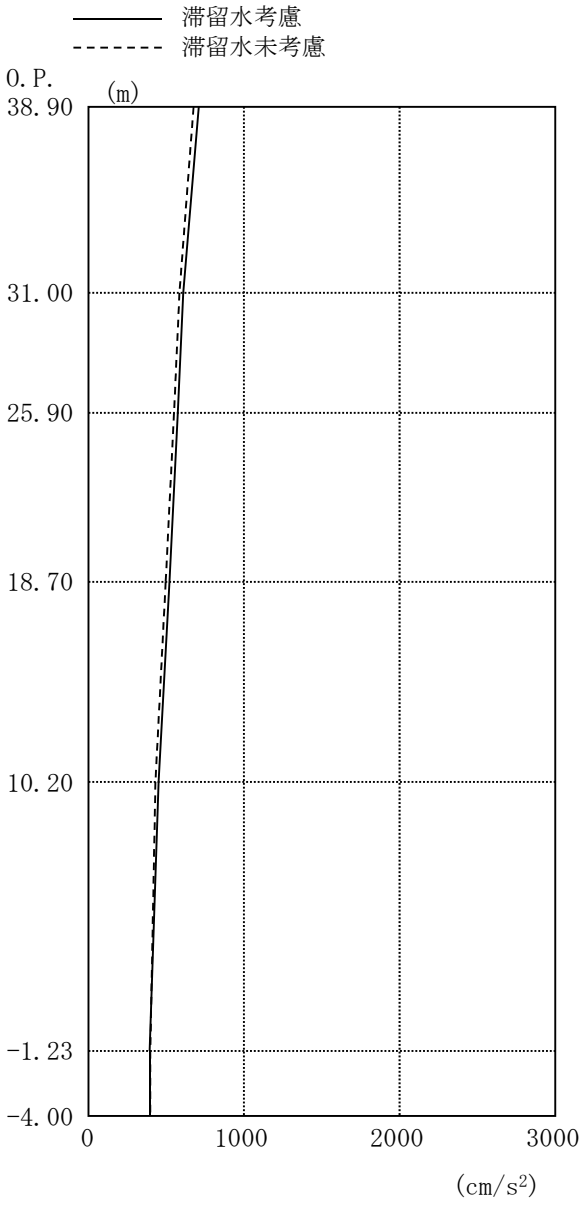


図 2.1.5-3　最大応答加速度（NS 方向・Ss-3H）

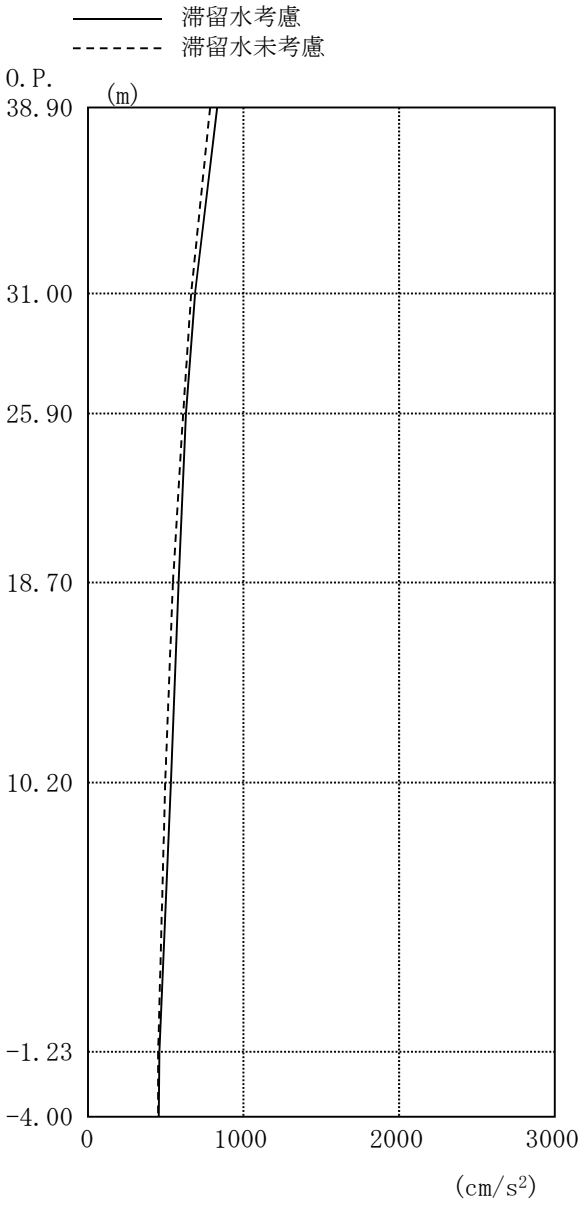


図 2.1.5-4　最大応答加速度（EW 方向・Ss-1H）

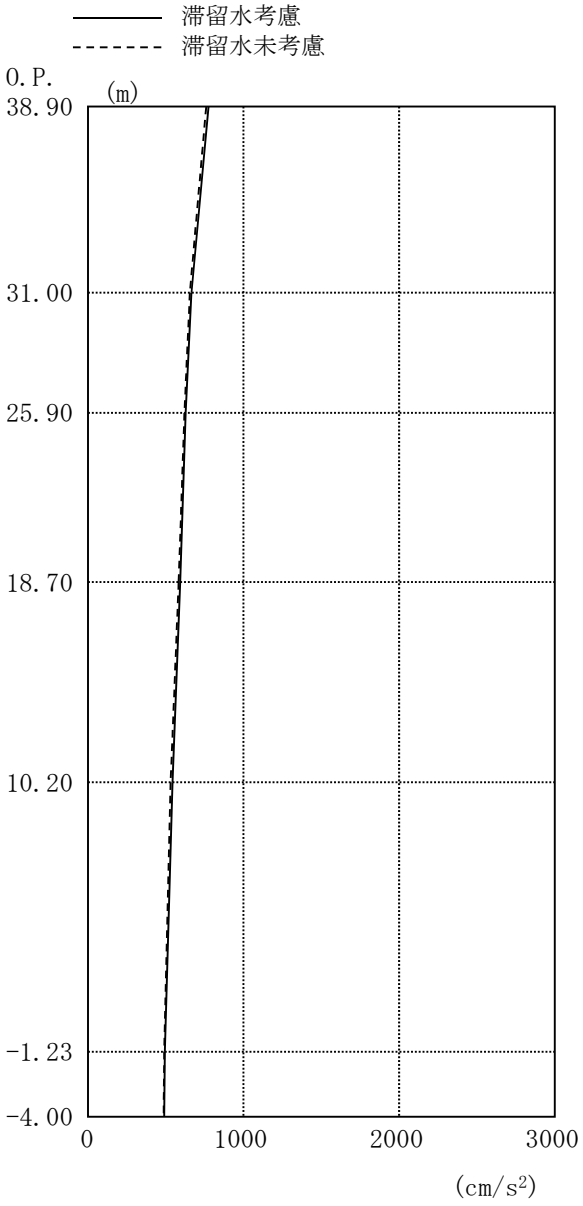


図 2.1.5-5　最大応答加速度（EW 方向・Ss-2H）

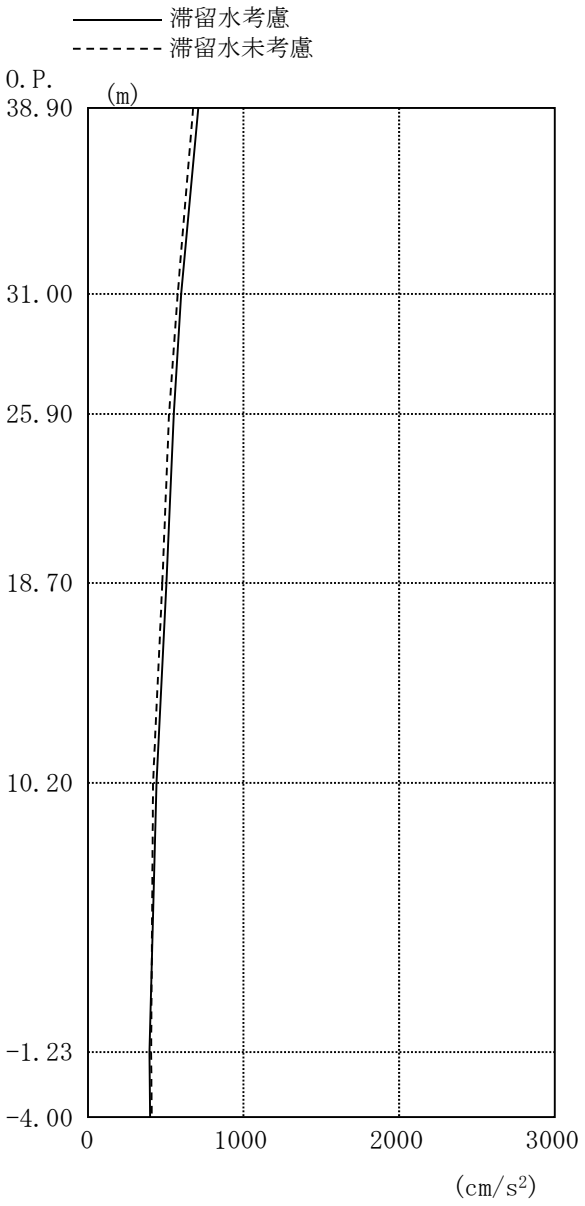


図 2.1.5-6　最大応答加速度（EW 方向・Ss-3H）

2.1.6　耐震安全性評価結果

地震応答解析により得られた地下耐震壁のせん断ひずみ一覧を，滞留水を未考慮の場合と比較して，表 2.1.6-1 及び表 2.1.6-2 に示す。また，図 2.1.6-1 及び図 2.1.6-2 に基準地震動 Ss に対する最大応答値を，滞留水を未考慮の場合と比較して，耐震壁のスケルトン曲線上に示す。せん断ひずみは，滞留水を考慮した場合でも，最大で 0.09×10^{-3} であり，評価基準値（4.0×10^{-3}）に対して十分余裕がある。なお，スケルトン曲線は，建屋の方向別に，層を単位とした水平断面形状より「JEAG4601-1991」に基づいて設定したものである。

以上のことから，１号機原子炉建屋の耐震安全性は確保されているものと評価した。

表 2.1.6-1　耐震壁のせん断ひずみ一覧（NS 方向）

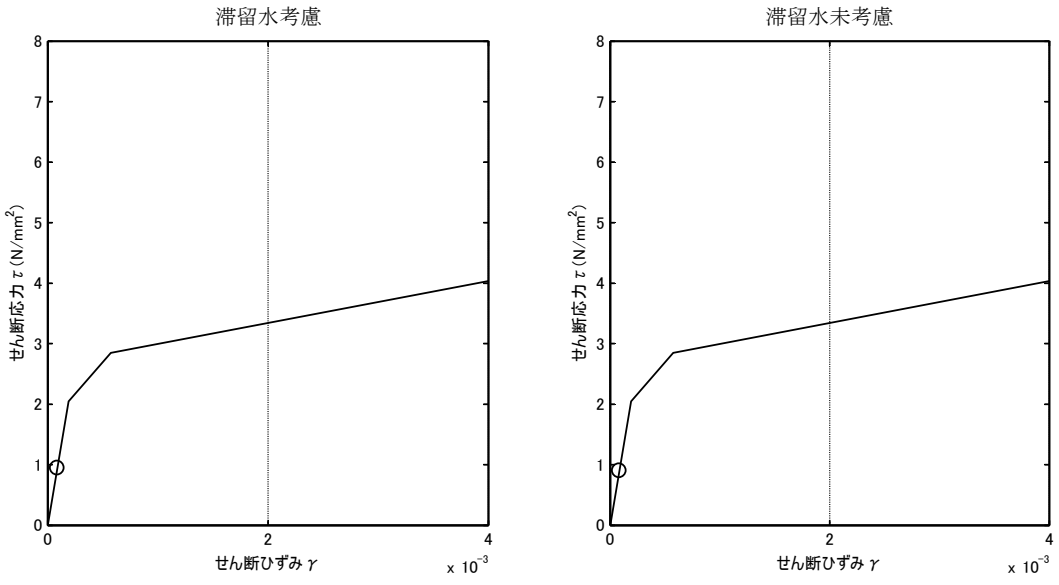
（単位：$\times10^{-3}$）

階	O.P.	滞留水	Ss-1H	Ss-2H	Ss-3H	評価基準
B1F	10.20～ -1.23	考慮	0.09	0.09	0.08	4.0 以下
		未考慮	0.08	0.09	0.07	

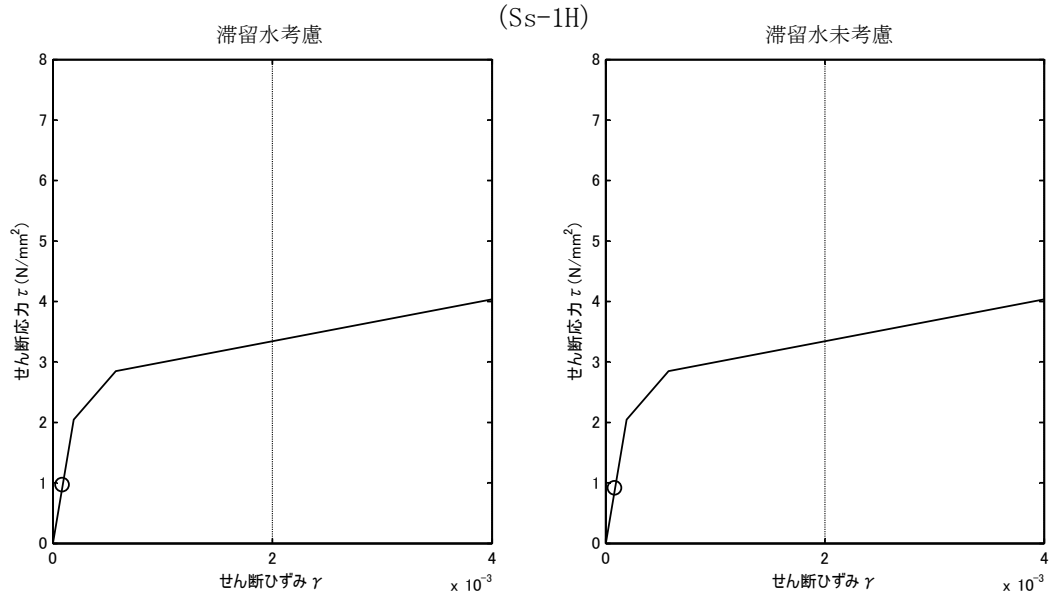
表 2.1.6-2　耐震壁のせん断ひずみ一覧（EW 方向）

（単位：$\times10^{-3}$）

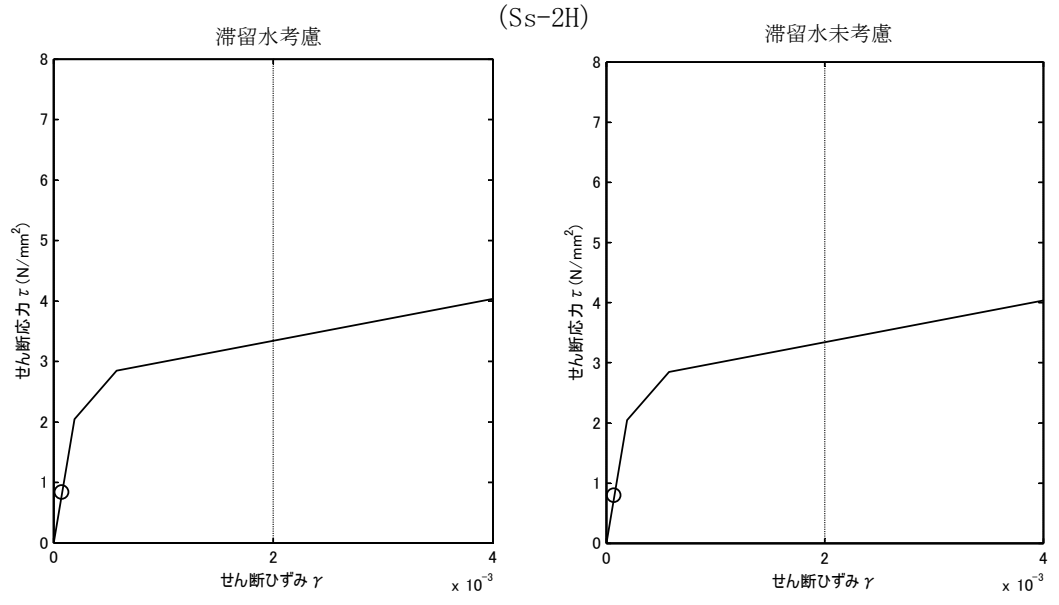
階	O.P.	滞留水	Ss-1H	Ss-2H	Ss-3H	評価基準
B1F	10.20～ -1.23	考慮	0.09	0.09	0.08	4.0 以下
		未考慮	0.08	0.09	0.07	



(Ss-1H)

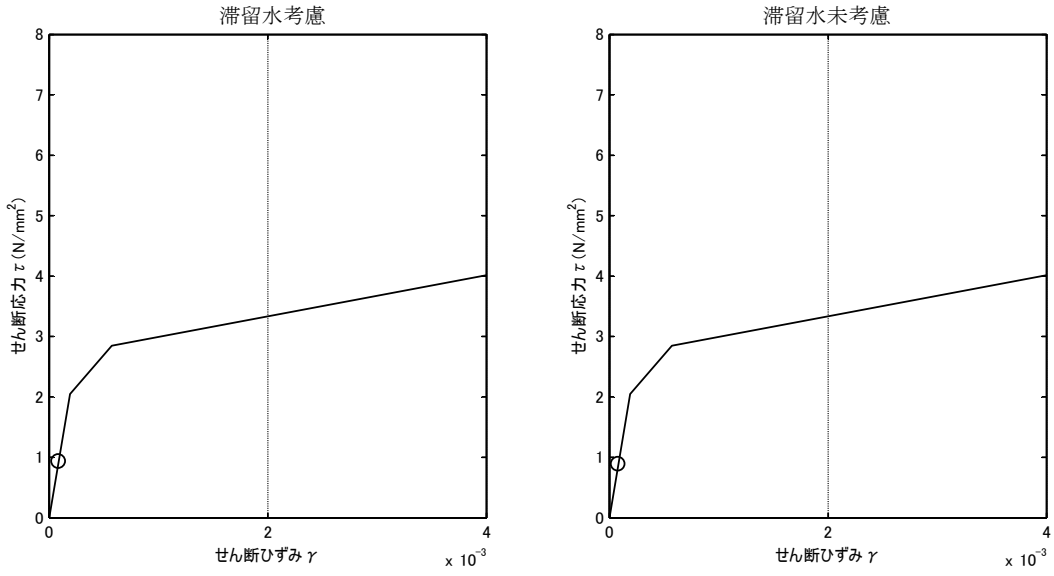


(Ss-2H)

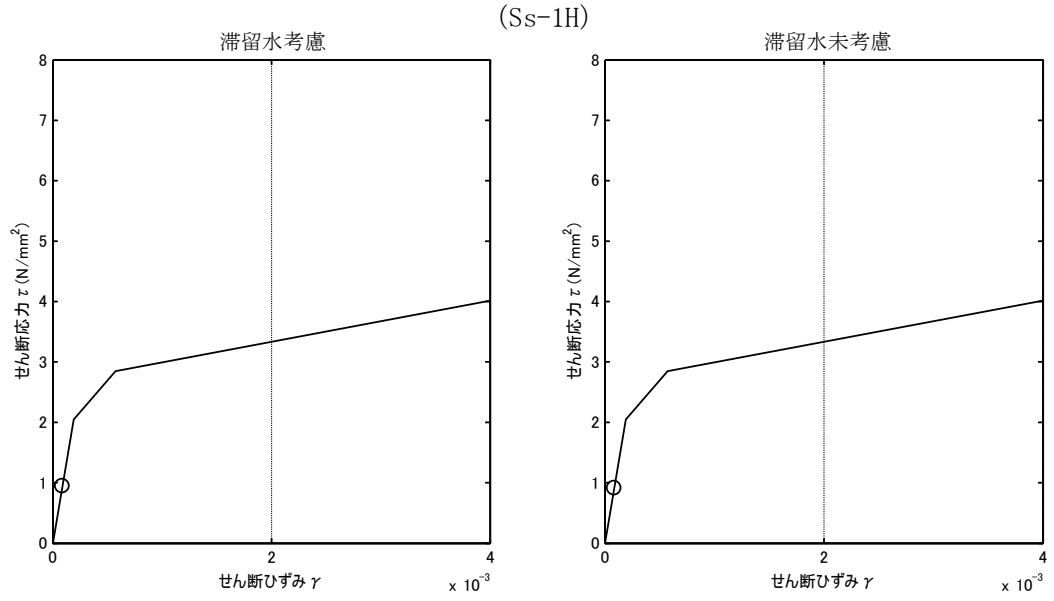


(Ss-3H)

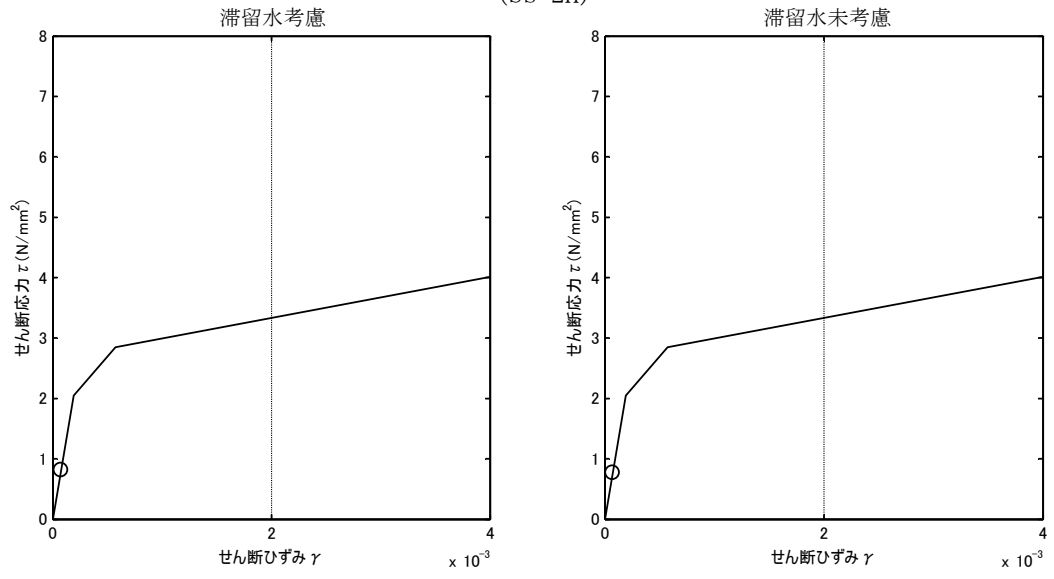
図 2.1.6-1　耐震壁のせん断ひずみ（NS 方向）



(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

図 2.1.6-2　耐震壁のせん断ひずみ（EW 方向）

2.2 ２号機原子炉建屋

2.2.1 解析評価方針

２号機原子炉建屋の地下滞留水を考慮した耐震安全性評価は，基準地震動 Ss を用いた地震応答解析によることを基本とし，建物・構築物や地盤の応答性状を適切に表現できるモデルを設定した上で行う。

解析モデルは，地下１階から地上 5 階に設置された機器を含む建屋全域を NS，EW 方向とも１軸質点系モデルとする。

地下階への滞留水の付加重量は建屋外形寸法・建屋内部の壁厚・機器容積から体積を算定し，固定水として評価する。

地下耐震壁の評価は，地震応答解析により得られた該当部位の最大せん断ひずみが，評価基準値（4.0×10^{-3}）を超えないことを確認することとする。

２号機原子炉建屋の地震応答解析の評価手順例を，図 2.2.1-1 に示す。

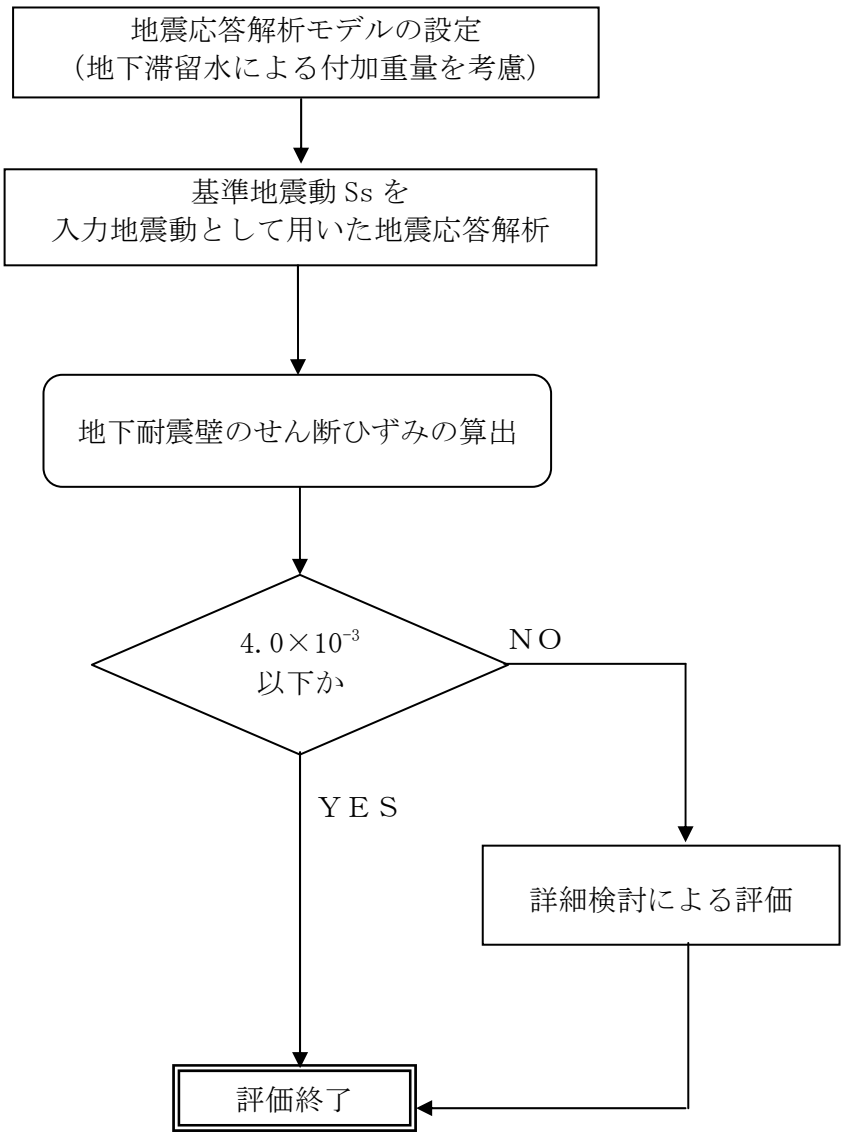


図 2.2.1-1　２号機原子炉建屋の地震応答解析の評価手順例

2.2.2　２号機原子炉建屋の水位及び地下滞留水量

２号機原子炉建屋の満水状態の水位及び地下滞留水量を表 2.2.2-1 に示す。

表 2.2.2-1　２号機原子炉建屋の満水状態の水位及び地下滞留水量

	２号機
水位	O.P. 4,000
貯水量	6,500m^3

2.2.3　解析に用いる入力地震動

２号機原子炉建屋への入力地震動は，「福島第一原子力発電所　『発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針』の改訂に伴う耐震安全性評価結果　中間報告書」（原管発官１９第６０３号　平成２０年３月３１日付け）にて作成した解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 Ss を用いることとする。

地震応答解析に用いる入力地震動の概念図を図 2.2.3-1 に示す。この２号機原子炉建屋の解析モデルに入力する地震動は，一次元波動論に基づき，解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 Ss に対する建屋基礎底面レベルの地盤応答として評価する。また，建屋基礎底面レベルにおけるせん断力を入力地震動に付加することにより，地盤の切欠き効果を考慮する。

このうち，解放基盤表面位置（O.P. -196.0m）における基準地震動 Ss の加速度波形について，図 2.2.3-2 に示す。

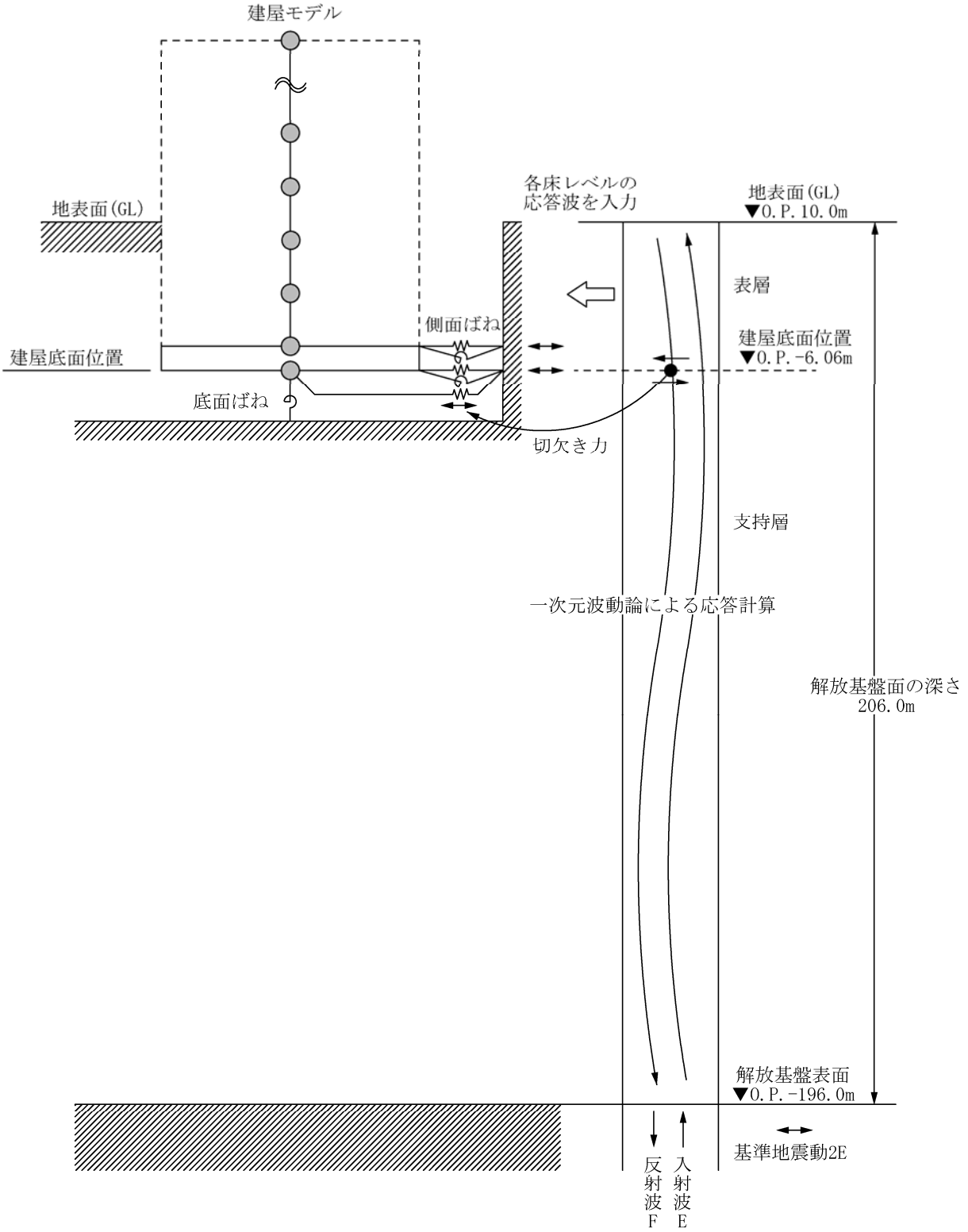
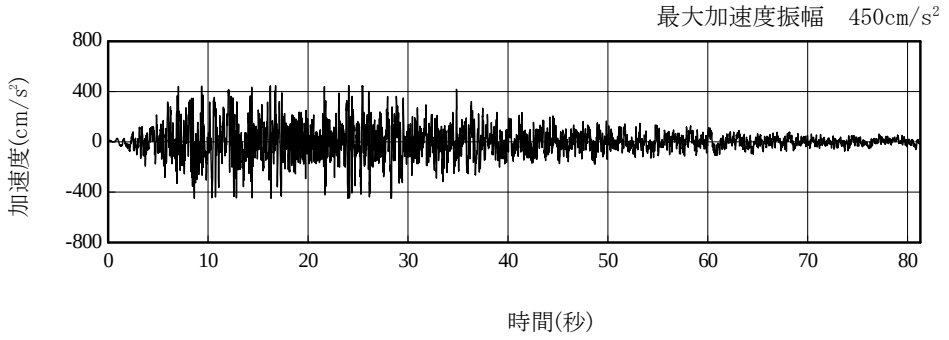
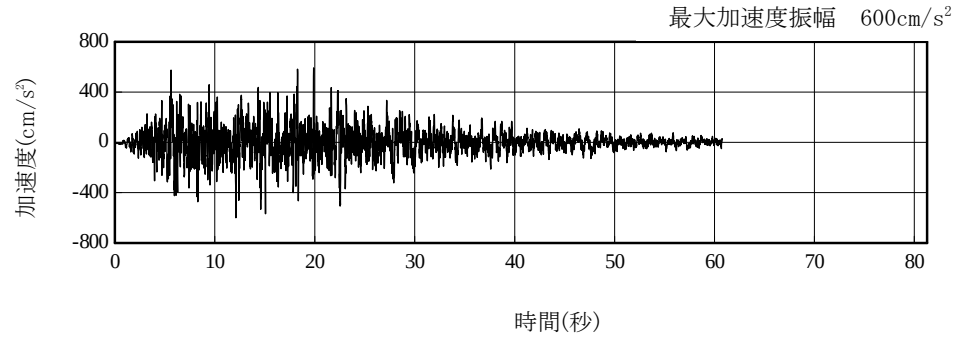


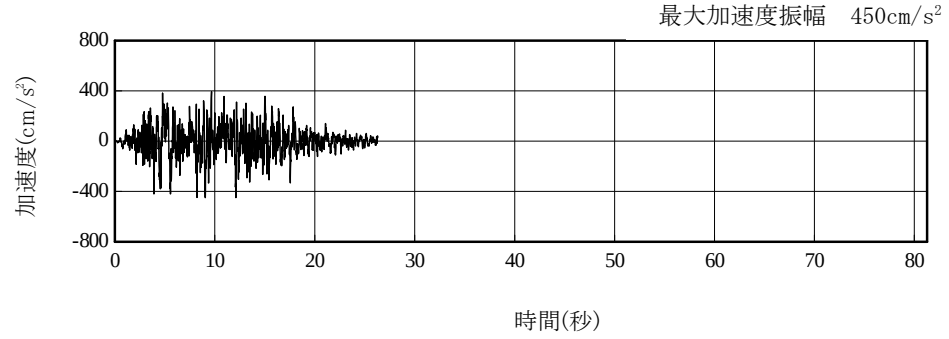
図 2.2.3-1　地震応答解析に用いる入力地震動の概念図



(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

図 2.2.3-2　解放基盤表面位置における地震動の加速度時刻歴波形（水平方向）

2.2.4　地震応答解析モデル

基準地震動 Ss に対する２号機原子炉建屋の地震応答解析は，「2.2.3　解析に用いる入力地震動」で算定した入力地震動を用いた動的解析による。

地震応答解析モデルは，図 2.2.4-1 に示すように，建屋を曲げ変形とせん断変形をする質点系とし，地盤を等価なばねで評価した建屋－地盤連成系モデルとする。建屋－地盤連成系としての効果は地盤ばね及び入力地震動によって評価される。解析に用いるコンクリートの物性値を表 2.2.4-1 に，建屋解析モデルの諸元を表 2.2.4-2 に示す。

地盤定数は，水平成層地盤と仮定し，地震時のせん断ひずみレベルを考慮して定めた。解析に用いた地盤定数を表 2.2.4-3 に示す。

解析モデルにおいて，基礎底面地盤ばねについては，「JEAG 4601-1991」に示された手法を参考にして，成層補正を行ったのち，振動アドミッタンス理論に基づいて，スウェイ及びロッキングばね定数を近似的に評価する。また，埋込部分の建屋側面地盤ばねについては，建屋側面位置の地盤定数を用いて，水平及び回転ばねを「JEAG4601-1991」により NOVAK ばねに基づいて近似法により評価する。

地盤ばねは振動数に依存した複素剛性として得られるが，図 2.2.4-2 に示すようにばね定数（Kc）として実部の静的な値を，また，減衰係数（Cc）として建屋－地盤連成系の 1 次固有振動数に対応する虚部の値と原点を結ぶ直線の傾きを採用することにより近似する。

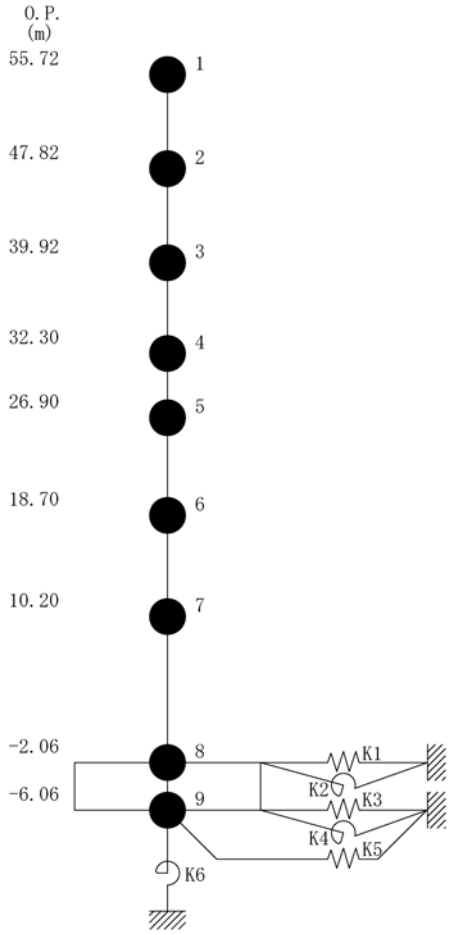


図 2.2.4-1　２号機原子炉建屋　地震応答解析モデル（NS・EW 方向）

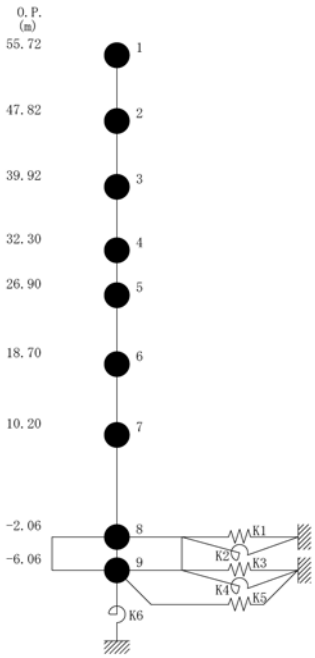
表 2.2.4-1　地震応答解析に用いる物性値

	強度＊1 Ｆｃ （N/mm^2）	ヤング係数*2 E （N/mm^2）	せん断弾性係数*2 G （N/mm^2）	ポアソン比 ν	単位体積重量*3 γ （kN/m^3）
コンクリート	35.0	2.57×10^4	1.07×10^4	0.2	24
鉄筋	SD345相当 (SD35)				

*1：強度は実状に近い強度（以下「実強度」という。）を採用した。実強度の設定は，過去の圧縮強度試験データを収集し試験データのばらつきを考慮し圧縮強度平均値を小さめにまるめた値とした。
*2：実強度に基づく値を示す。
*3：鉄筋コンクリートの値を示す。

表 2.2.4-2　建屋解析モデルの諸元

NS 方向

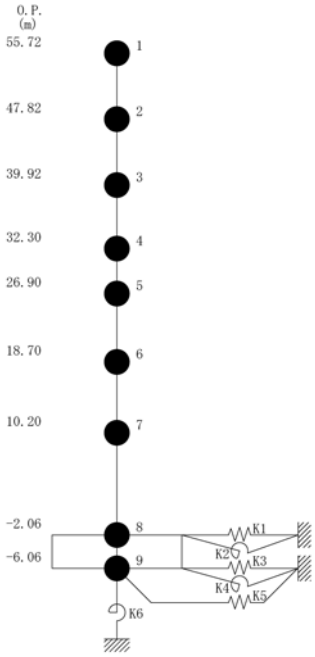


質点番号	質点重量 W(kN)	回転慣性重量 I_G(×10^5kN･m^2)	せん断断面積 A_S(m^2)	断面2次モーメント I(m^4)
1	14,380	25.99		
2	10,220	18.53	18.6	10,154
3	58,470	105.81	18.6	10,675
4	70,440	127.49	184.3	22,551
5	107,720	194.96	166.8	24,629
6	116,670	211.14	249.3	44,401
7	199,190	360.49	157.1	40,661
8	341,290 (63,750)	617.55 (115.35)	456.8	110,444
9	125,030	226.24	2,656.2	480,675
合計	1,043,410			

注　(　　)内は滞留水による付加分を示す。

ヤング係数 Ec　　2.57×10^7(kN/m^2)
せん断弾性係数 G　　1.07×10^7(kN/m^2)
ポアソン比 ν　　0.20
減衰 h　　5%
基礎形状　　46.60m(NS 方向)×57.00m(EW 方向)

EW 方向



質点番号	質点重量 W(kN)	回転慣性重量 I_G(×10^5kN･m^2)	せん断断面積 A_S(m^2)	断面2次モーメント I(m^4)
1	14,380	14.71		
2	10,220	10.40	14.0	5,941
3	58,470	59.72	14.0	6,307
4	70,440	71.88	108.2	11,927
5	107,720	194.96	117.3	14,199
6	116,670	211.14	185.7	33,796
7	199,190	539.37	173.1	41,960
8	341,290 (63,750)	923.98 (172.59)	418.1	132,121
9	125,030	338.53	2,656.2	719,166
合計	1,043,410			

注　(　　)内は滞留水による付加分を示す。

ヤング係数 Ec　　2.57×10^7(kN/m^2)
せん断弾性係数 G　　1.07×10^7(kN/m^2)
ポアソン比 ν　　0.20
減衰 h　　5%
基礎形状　　46.60m(NS 方向)×57.00m(EW 方向)

表 2.2.4-3 (1)　地盤定数

(Ss-1)

標高 O.P. (m)	地質	せん断波速度 Vs (m/s)	単位体積重量 γ (kN/m^3)	ポアソン比 ν	せん断弾性係数 G ($\times 10^5 kN/m^2$)	初期せん断弾性係数 G_0 ($\times 10^5 kN/m^2$)	剛性低下率 G/G_0	ヤング係数 E ($\times 10^5 kN/m^2$)	減衰定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
	砂岩	380	17.8	0.473	2.23	2.62	0.85	6.57	3	8.1
1.9										
		450	16.5	0.464	2.66	3.41	0.78	7.79	3	11.9
-10.0										
		500	17.1	0.455	3.40	4.36	0.78	9.89	3	70.0
-80.0	泥岩									
		560	17.6	0.446	4.39	5.63	0.78	12.70	3	28.0
-108.0										
		600	17.8	0.442	5.09	6.53	0.78	14.68	3	88.0
-196.0										
	(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-	-

表 2.2.4-3 (2)　地盤定数

(Ss-2)

標高 O.P. (m)	地質	せん断波速度 Vs (m/s)	単位体積重量 γ (kN/m^3)	ポアソン比 ν	せん断弾性係数 G ($\times 10^5 kN/m^2$)	初期せん断弾性係数 G_0 ($\times 10^5 kN/m^2$)	剛性低下率 G/G_0	ヤング係数 E ($\times 10^5 kN/m^2$)	減衰定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
	砂岩	380	17.8	0.473	2.23	2.62	0.85	6.57	3	8.1
1.9										
		450	16.5	0.464	2.76	3.41	0.81	8.08	3	11.9
-10.0										
		500	17.1	0.455	3.53	4.36	0.81	10.27	3	70.0
-80.0	泥岩									
		560	17.6	0.446	4.56	5.63	0.81	13.19	3	28.0
-108.0										
		600	17.8	0.442	5.29	6.53	0.81	15.26	3	88.0
-196.0										
	(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-	-

表 2.2.4-3 (3)　地盤定数

(Ss-3)

標高 O.P. (m)	地質	せん断波速度 Vs (m/s)	単位体積重量 γ (kN/m^3)	ﾎﾟｱｿﾝ比 ν	せん断弾性係数 G ($\times 10^5$kN/m^2)	初期せん断弾性係数 G_0 ($\times 10^5$kN/m^2)	剛性低下率 G/G_0	ヤング係数 E ($\times 10^5$kN/m^2)	減衰定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
	砂岩	380	17.8	0.473	2.25	2.62	0.86	6.63	3	8.1
1.9										
	泥岩	450	16.5	0.464	2.66	3.41	0.78	7.79	3	11.9
-10.0										
		500	17.1	0.455	3.40	4.36	0.78	9.89	3	70.0
-80.0										
		560	17.6	0.446	4.39	5.63	0.78	12.70	3	28.0
-108.0										
		600	17.8	0.442	5.09	6.53	0.78	14.68	3	88.0
-196.0										
	(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-	-

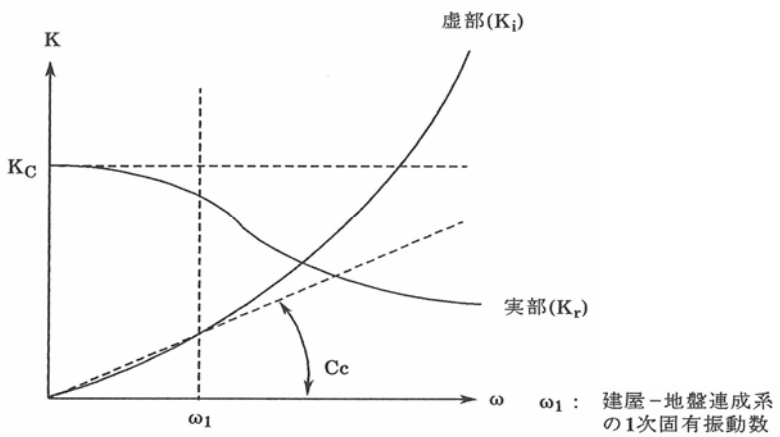


図 2.2.4-2　地盤ばねの近似

2.2.5　地震応答解析結果

地震応答解析により求められたNS方向，EW方向の最大応答加速度を，滞留水を未考慮の場合と比較して，図2.2.5-1～図2.2.5-6に示す。

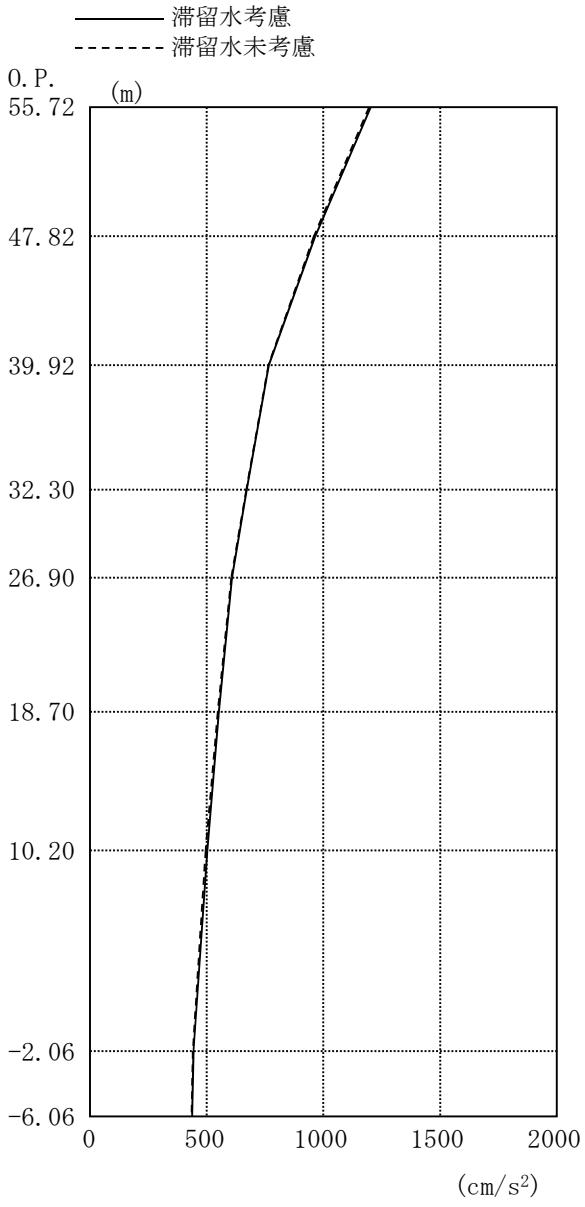


図2.2.5-1　最大応答加速度（NS方向・Ss-1H）

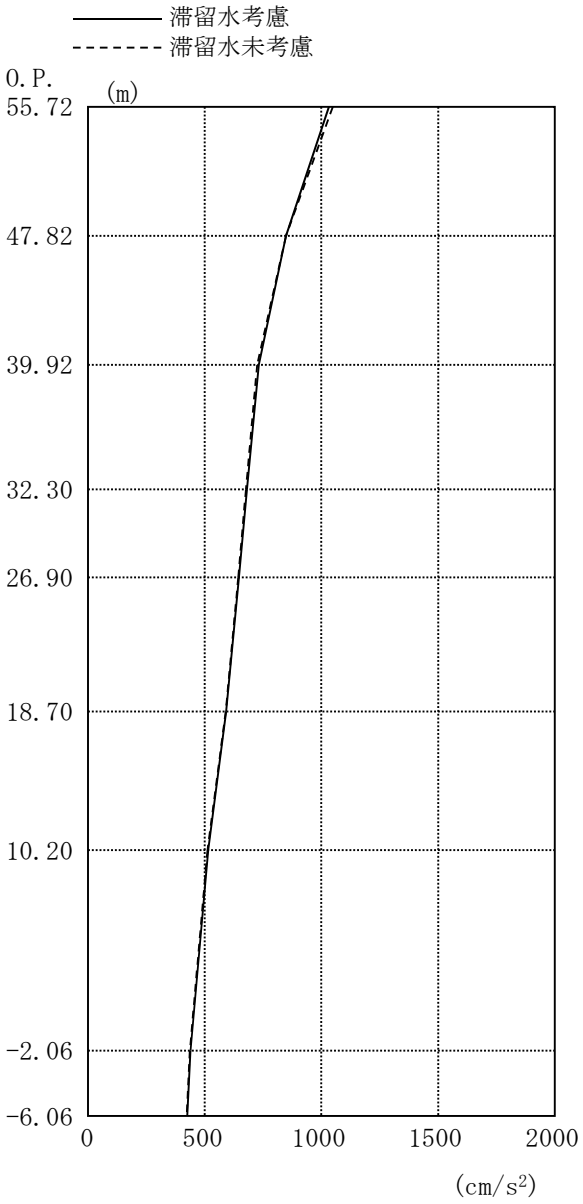


図 2.2.5-2　最大応答加速度（NS 方向・Ss-2H）

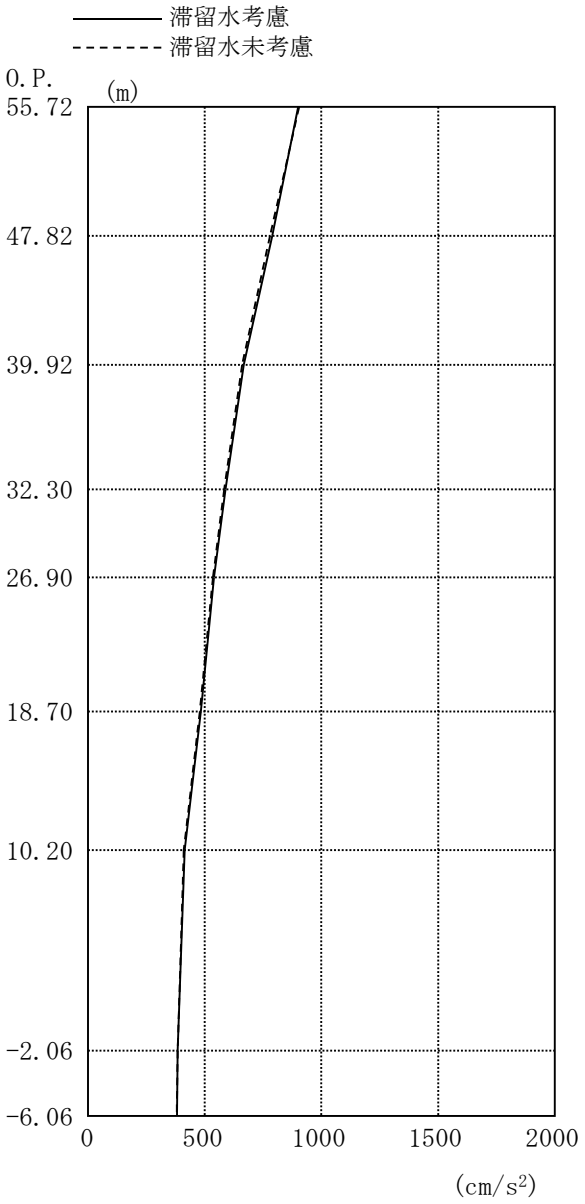


図 2.2.5-3　最大応答加速度（NS 方向・Ss-3H）

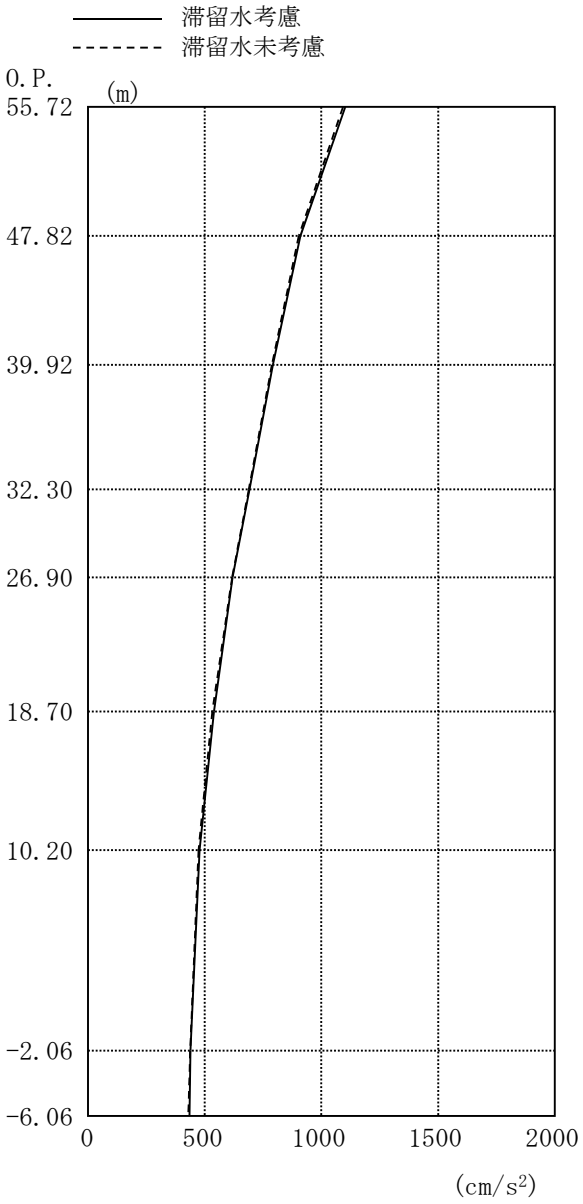


図 2.2.5-4　最大応答加速度（EW 方向・Ss-1H）

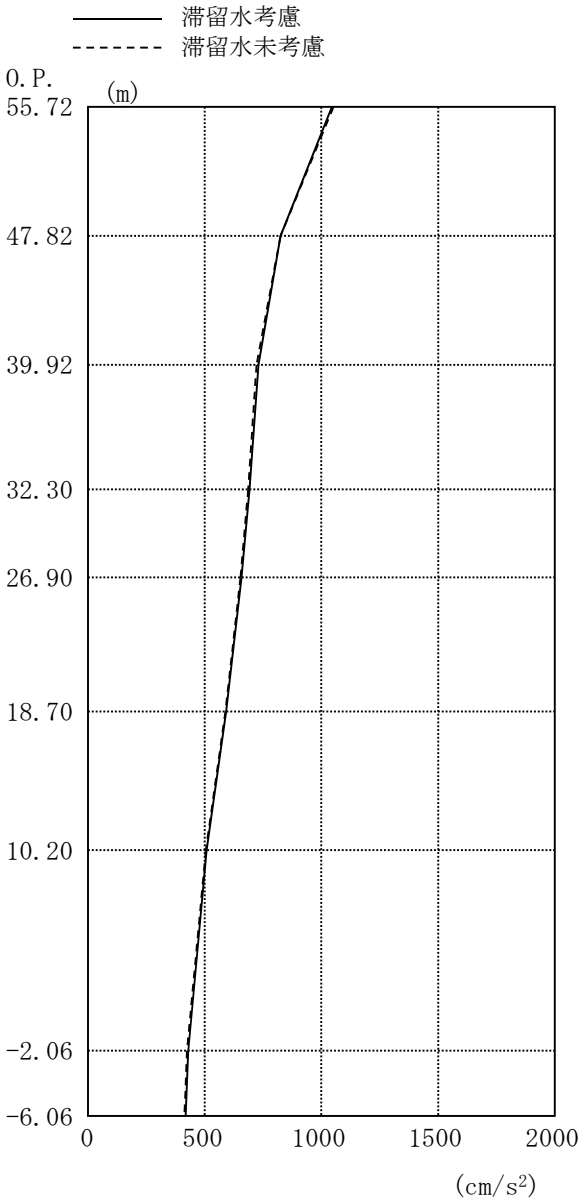


図 2.2.5-5　最大応答加速度（EW 方向・Ss-2H）

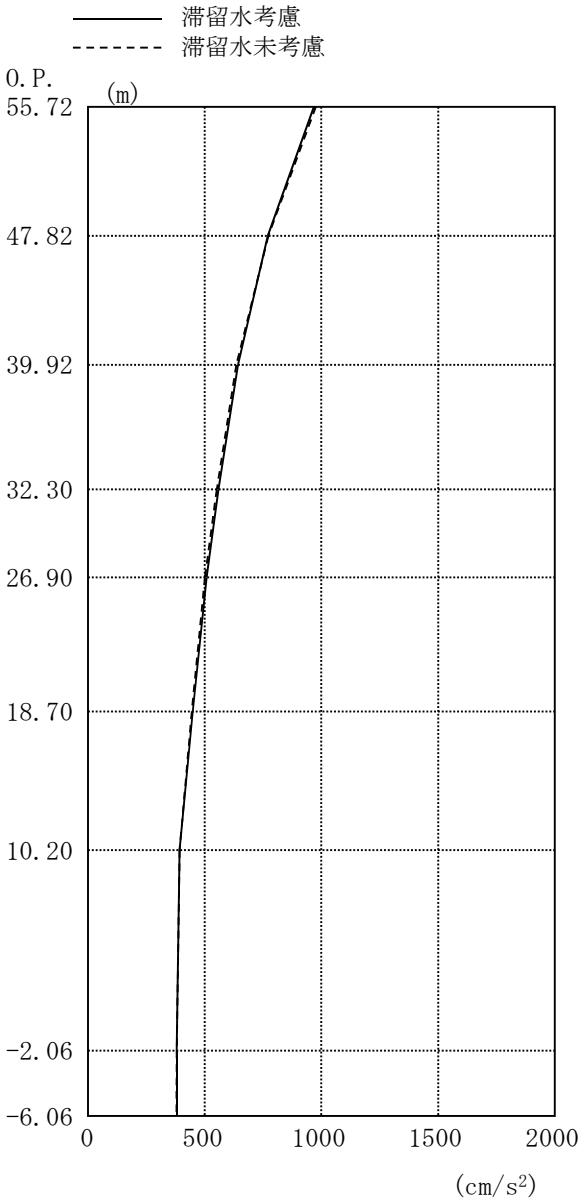


図 2.2.5-6　最大応答加速度（EW 方向・Ss-3H）

2.2.6　耐震安全性評価結果

地震応答解析により得られた地下耐震壁のせん断ひずみ一覧を，滞留水を未考慮の場合と比較して，表 2.2.6-1 及び表 2.2.6-2 に示す。また，図 2.2.6-1 及び図 2.2.6-2 に基準地震動 Ss に対する最大応答値を，滞留水を未考慮の場合と比較して，耐震壁のスケルトン曲線上に示す。せん断ひずみは，滞留水を考慮した場合でも，最大で 0.08×10^{-3} であり，評価基準値（4.0×10^{-3}）に対して十分余裕がある。なお，スケルトン曲線は，建屋の方向別に，層を単位とした水平断面形状より「JEAG4601-1991」に基づいて設定したものである。

以上のことから，２号機原子炉建屋の耐震安全性は確保されているものと評価した。

表 2.2.6-1　耐震壁のせん断ひずみ一覧（NS 方向）

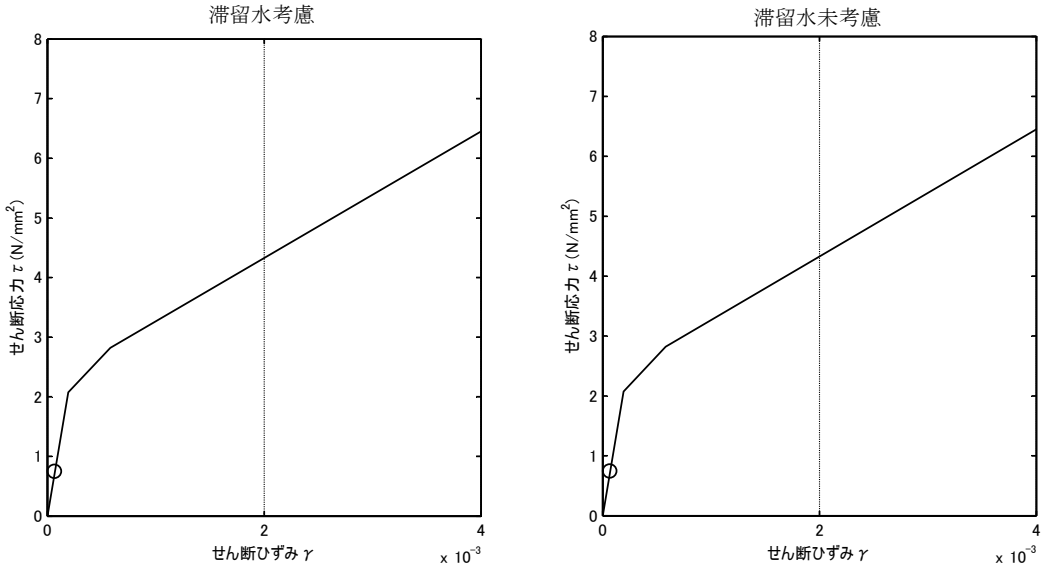
（単位：$\times10^{-3}$）

階	O.P.	滞留水	Ss-1H	Ss-2H	Ss-3H	評価基準
B1F	10.20～-2.06	考慮	0.07	0.08	0.07	4.0 以下
		未考慮	0.07	0.07	0.06	

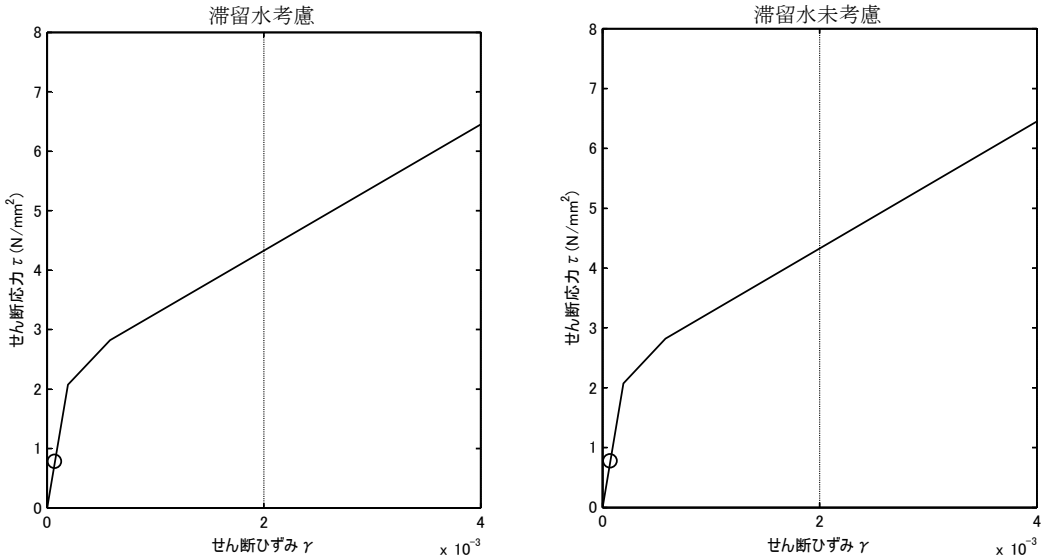
表 2.2.6-2　耐震壁のせん断ひずみ一覧（EW 方向）

（単位：$\times10^{-3}$）

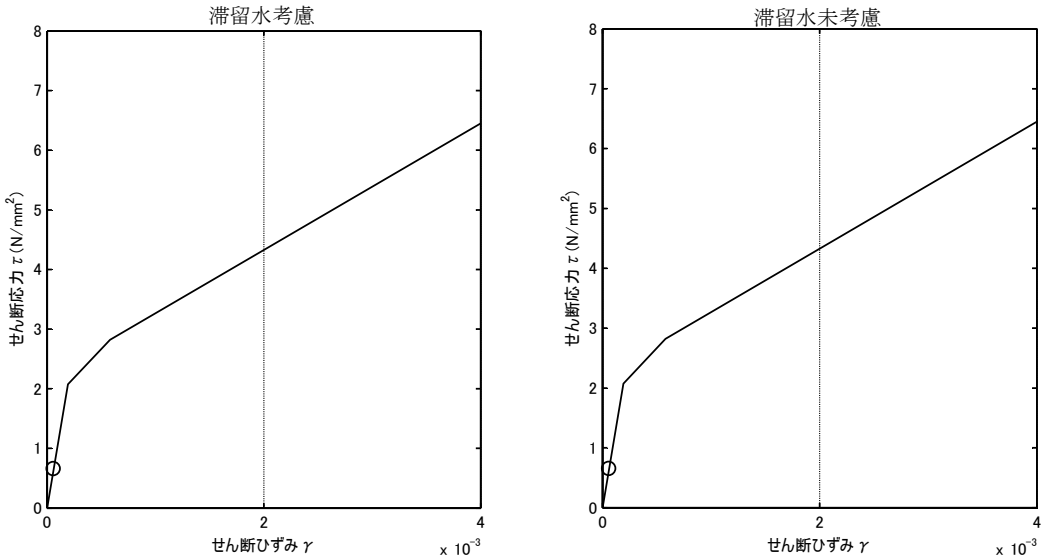
階	O.P.	滞留水	Ss-1H	Ss-2H	Ss-3H	評価基準
B1F	10.20～-2.06	考慮	0.08	0.08	0.07	4.0 以下
		未考慮	0.07	0.08	0.06	



(Ss-1H)

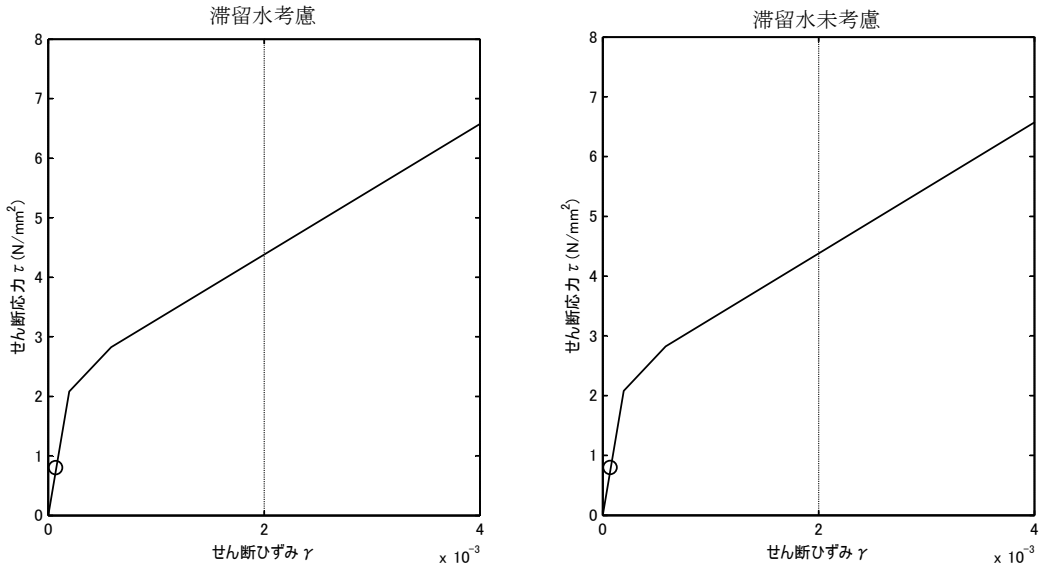


(Ss-2H)

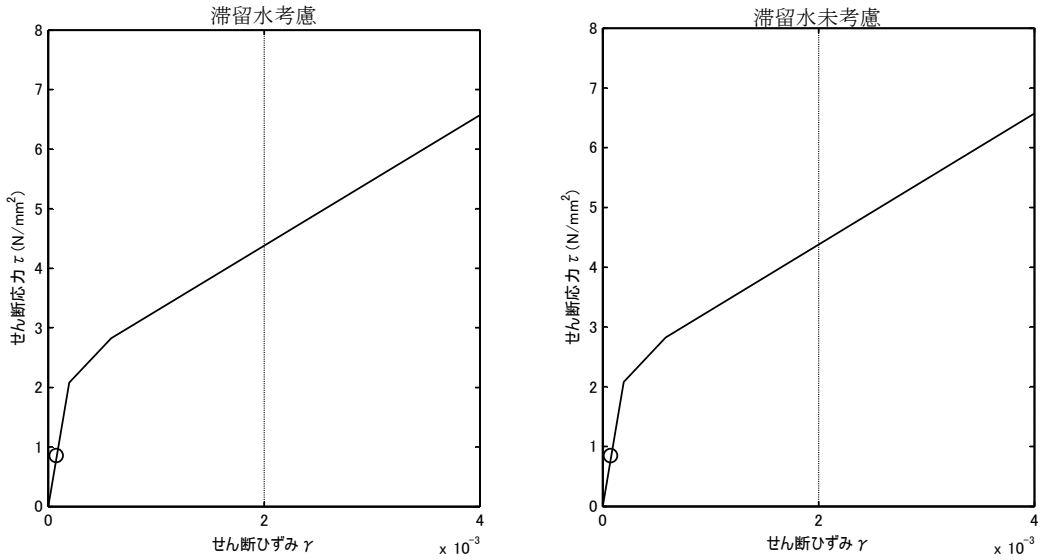


(Ss-3H)

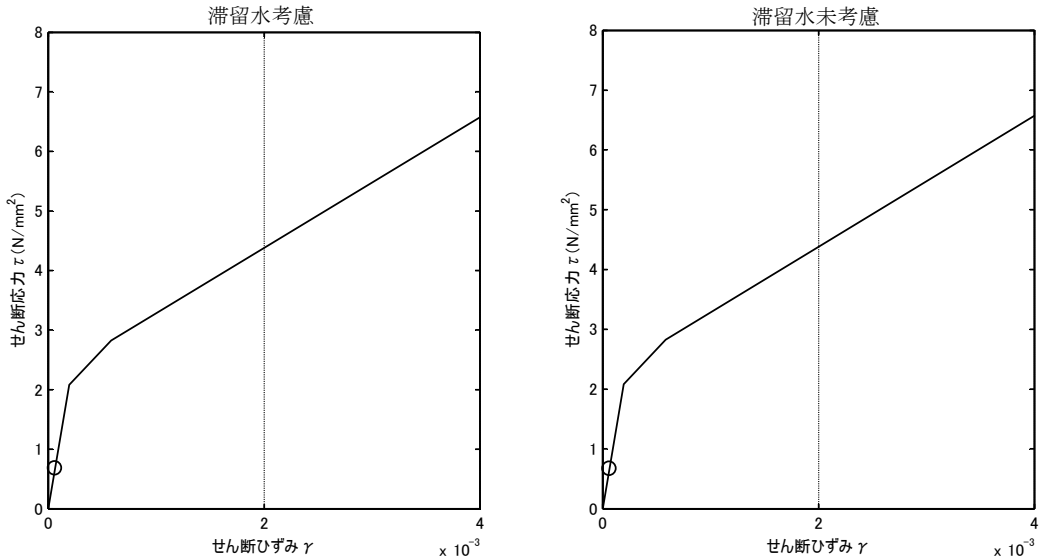
図 2.2.6-1　耐震壁のせん断ひずみ（NS 方向）



(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

図 2.2.6-2　耐震壁のせん断ひずみ（EW 方向）

2.3　３号機原子炉建屋

2.3.1　解析評価方針

３号機原子炉建屋の地下滞留水を考慮した耐震安全性評価は，基準地震動 Ss を用いた地震応答解析によることを基本とし，建物・構築物や地盤の応答性状を適切に表現できるモデルを設定した上で行う。

解析モデルは，地下１階から地上５階に設置された機器を含む建屋全域を NS，EW 方向とも１軸質点系モデルとする。

地下階への滞留水の付加重量は建屋外形寸法・建屋内部の壁厚・機器容積から体積を算定し，固定水として評価する。

地下耐震壁の評価は，地震応答解析により得られた該当部位の最大せん断ひずみが，評価基準値（4.0×10^{-3}）を超えないことを確認することとする。

３号機原子炉建屋の地震応答解析の評価手順例を，図 2.3.1-1 に示す。

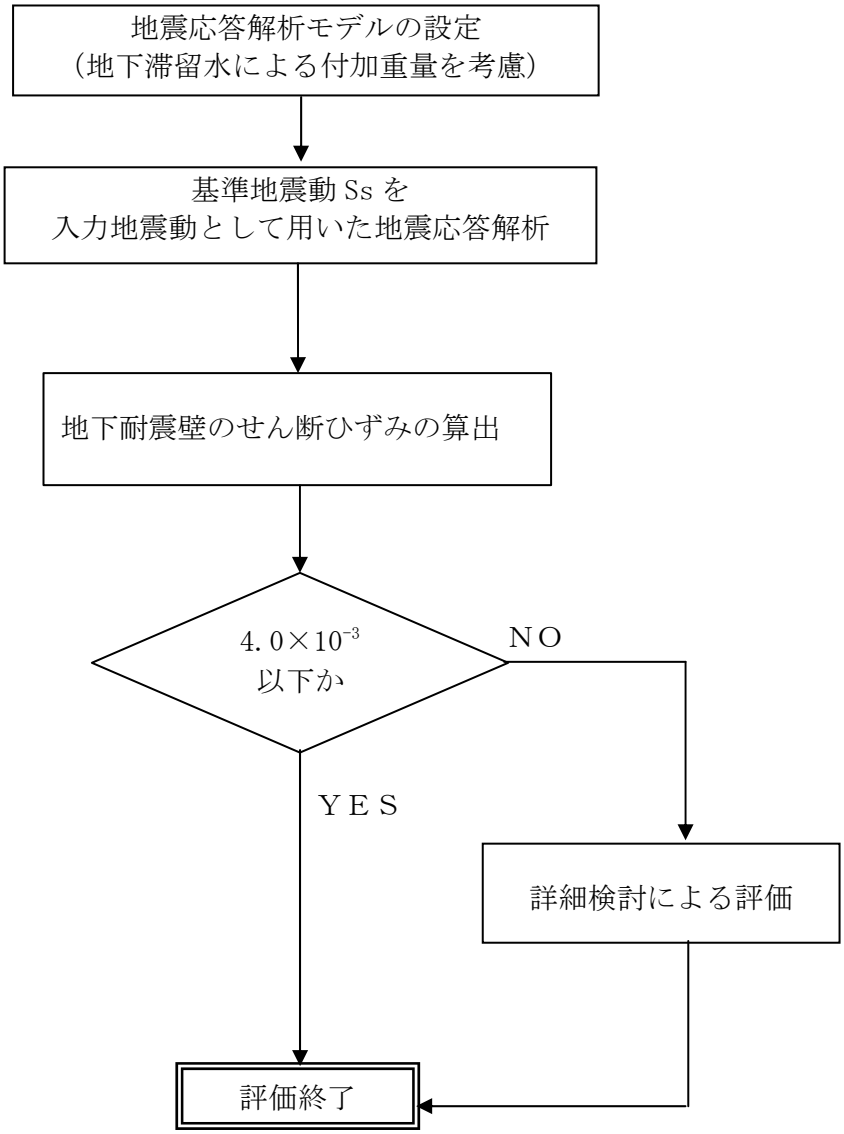


図 2.3.1-1　３号機原子炉建屋の地震応答解析の評価手順例

2.3.2　３号機原子炉建屋の水位及び地下滞留水量

３号機原子炉建屋の満水状態の水位及び地下滞留水量を表 2.3.1-1 に示す。

表 2.3.2-1　３号機原子炉建屋の満水状態の水位及び地下滞留水量

	３号機
水位	O.P.　4,000
貯水量	6,800m^3

2.3.3　解析に用いる入力地震動

３号機原子炉建屋への入力地震動は，「福島第一原子力発電所　『発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針』の改訂に伴う耐震安全性評価結果　中間報告書」（原管発官１９第６０３号　平成２０年３月３１日付け）にて作成した解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 Ss を用いることとする。

地震応答解析に用いる入力地震動の概念図を図 2.3.3-1 に示す。この３号機原子炉建屋の解析モデルに入力する地震動は，一次元波動論に基づき，解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 Ss に対する建屋基礎底面レベルの地盤応答として評価する。また，建屋基礎底面レベルにおけるせん断力を入力地震動に付加することにより，地盤の切欠き効果を考慮する。

このうち，解放基盤表面位置（O.P. -196.0m）における基準地震動 Ss の加速度波形について，図 2.3.3-2 に示す。

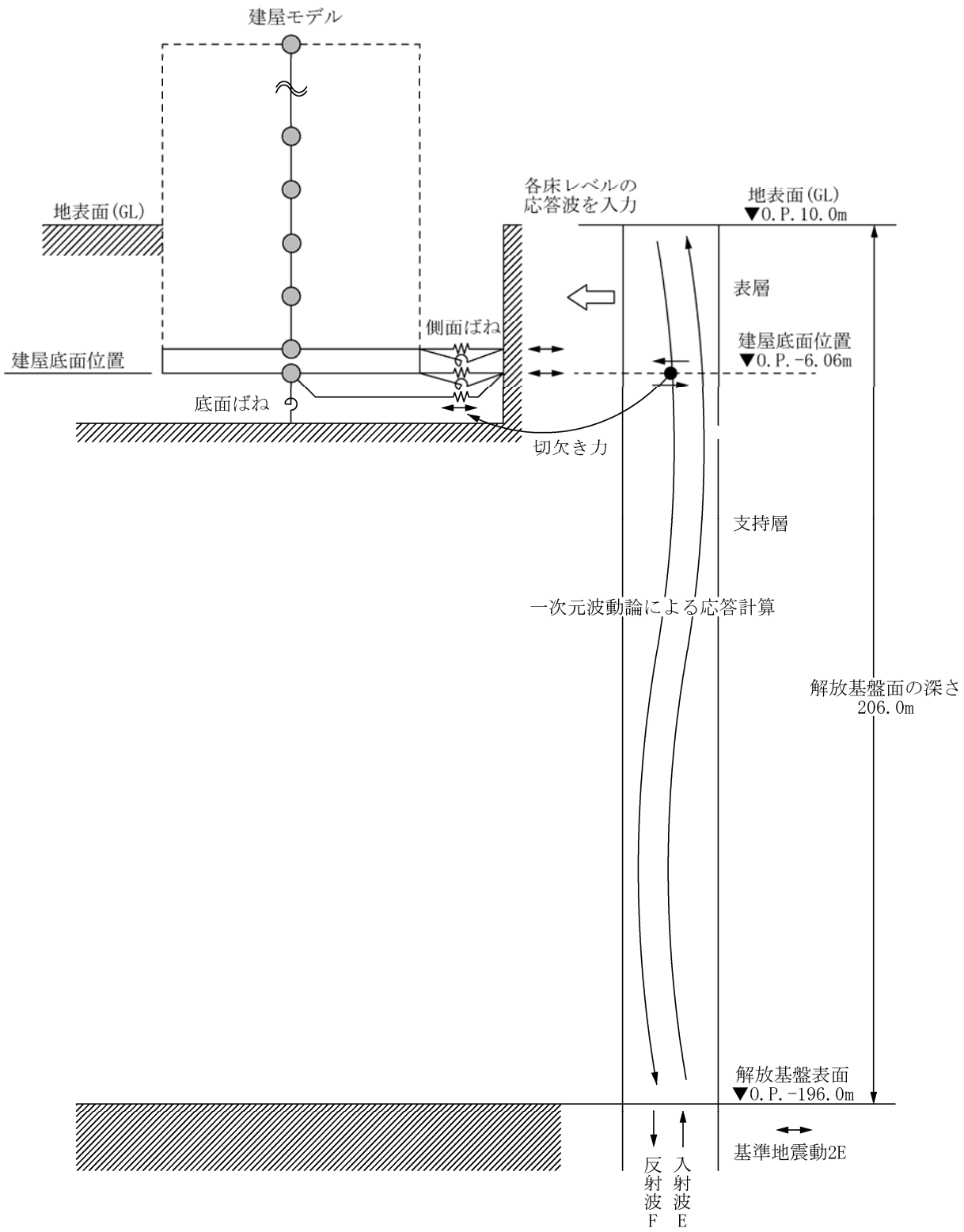
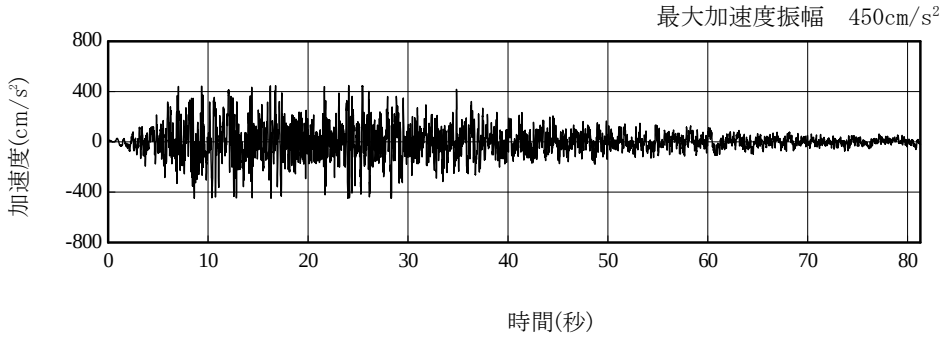
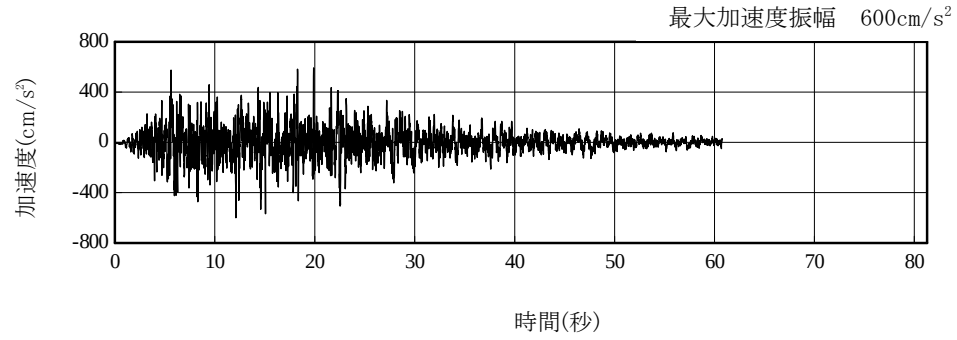


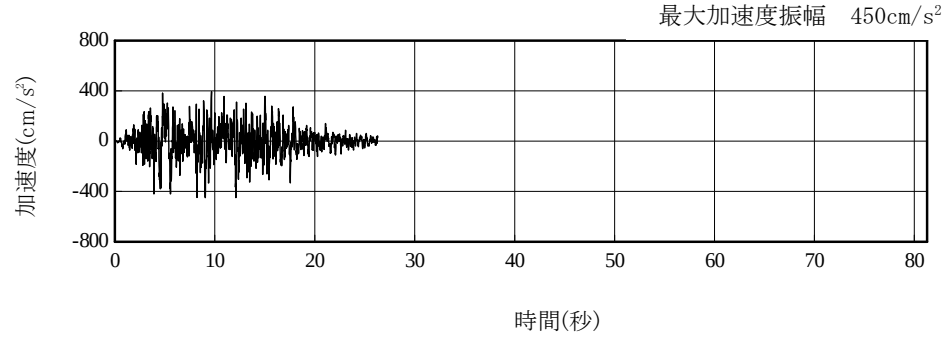
図 2.3.3-1　地震応答解析に用いる入力地震動の概念図



(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

図 2.3.3-2　解放基盤表面位置における地震動の加速度時刻歴波形（水平方向）

2.3.4　地震応答解析モデル

基準地震動 Ss に対する３号機原子炉建屋の地震応答解析は，「2.3.3　解析に用いる入力地震動」で算定した入力地震動を用いた動的解析による。

地震応答解析モデルは，図 2.3.4-1 及び図 2.3.4-2 に示すように，建屋を曲げ変形とせん断変形をする質点系とし，地盤を等価なばねで評価した建屋－地盤連成系モデルとする。建屋－地盤連成系としての効果は地盤ばね及び入力地震動によって評価される。解析に用いるコンクリートの物性値を表 2.3.4-1 に，建屋解析モデルの諸元*注を表 2.3.4-2 に示す。

地盤定数は，水平成層地盤と仮定し，地震時のせん断ひずみレベルを考慮して定めた。解析に用いた地盤定数を表 2.3.4-3 に示す。

解析モデルにおいて，基礎底面地盤ばねについては，「JEAG 4601-1991」に示された手法を参考にして，成層補正を行ったのち，振動アドミッタンス理論に基づいて，スウェイ及びロッキングばね定数を近似的に評価する。また，埋込部分の建屋側面地盤ばねについては，建屋側面位置の地盤定数を用いて，水平及び回転ばねを「JEAG4601-1991」により NOVAK ばねに基づいて近似法により評価する。

地盤ばねは振動数に依存した複素剛性として得られるが，図 2.3.4-3 に示すようにばね定数（Kc）として実部の静的な値を，また，減衰係数（Cc）として建屋－地盤連成系の 1 次固有振動数に対応する虚部の値と原点を結ぶ直線の傾きを採用することにより近似する。

*注：建屋に係る部分の諸元については，「Ⅱ-2-11 添付資料-4-2　3. 第３号機燃料取り出し用カバーの構造強度及び耐震性について」において原子炉建屋の耐震安全性評価に用いたモデルに，滞留水による重量増分を付加したものである。

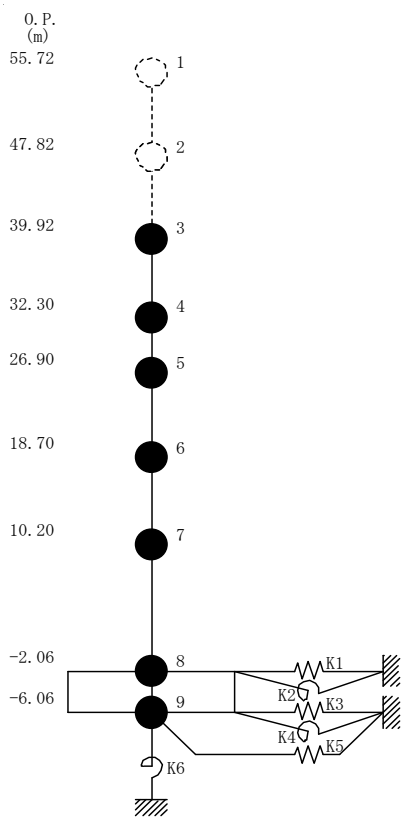


図 2.3.4-1　３号機原子炉建屋　地震応答解析モデル（NS 方向）

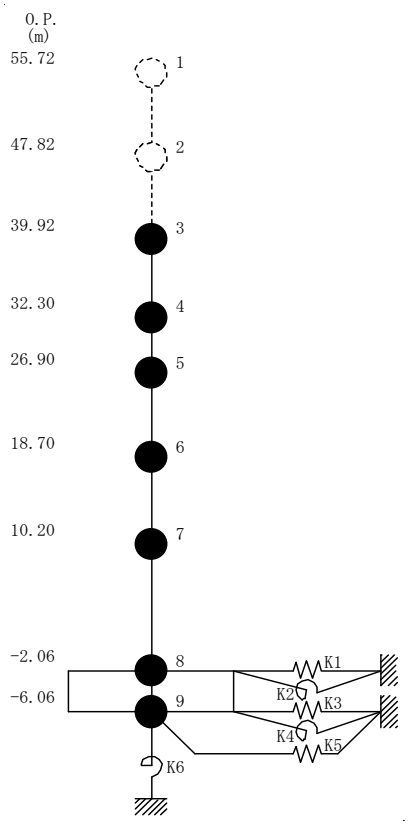


図 2.3.4-2　３号機原子炉建屋　地震応答解析モデル（EW 方向）

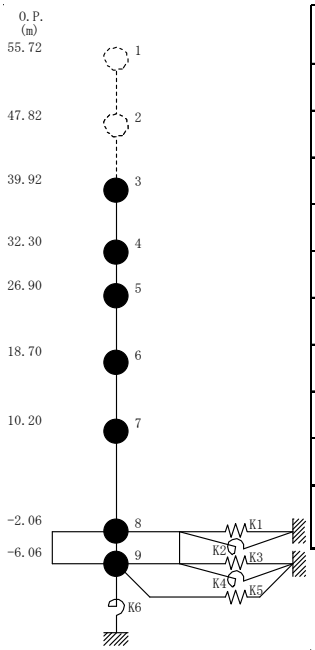
表 2.3.4-1　地震応答解析に用いる物性値

	強度＊1 Ｆｃ （N/mm^2）	ヤング係数*2 E （N/mm^2）	せん断弾性係数*2 G （N/mm^2）	ポアソン比 ν	単位体積重量*3 γ （kN/m^3）
コンクリート	35.0	2.57×10^4	1.07×10^4	0.2	24
鉄筋	SD345相当 (SD35)				

*1：強度は実状に近い強度（以下「実強度」という。）を採用した。実強度の設定は，過去の圧縮強度試験データを収集し試験データのばらつきを考慮し圧縮強度平均値を小さめにまるめた値とした。
*2：実強度に基づく値を示す。
*3：鉄筋コンクリートの値を示す。

表 2.3.4-2　建屋解析モデルの諸元

NS 方向



質点番号	質点重量 W(kN)	回転慣性重量 I_G(×10^5kN·m^2)	せん断断面積 A_S(m^2)	断面2次モーメント I(m^4)
1	—	—		
2	—	—	—	—
3	87,590	92.34	—	—
4	119,490	238.33	145.3	9,598
5	111,340	204.95	146.1	29,271
6	130,160	239.58	237.3	56,230
7	253,710	467.09	208.6	60,144
8	367,710 (66,690)	676.94 (122.77)	458.7	112,978
9	127,000	233.79	2,697.8	496,620
合計	1,197,000			

柱：（　）内は滞留水による付加分を示す

ヤング係数E_c　2.57×10^7 (kN/m^2)

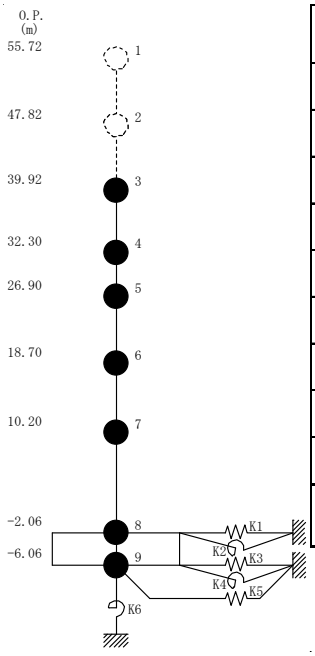
せん断弾性係数G　1.07×10^7 (kN/m^2)

ポアソン比ν　0.20

減衰h　5%

基礎形状　47.0m(NS方向)×57.4m(EW方向)

EW 方向



質点番号	質点重量 W(kN)	回転慣性重量 I_G(×10^5kN·m^2)	せん断断面積 A_S(m^2)	断面2次モーメント I(m^4)
1	—	—		
2	—	—	—	—
3	87,590	67.32	—	—
4	119,490	124.49	61.9	5,665
5	111,340	204.95	123.4	12,460
6	130,160	239.58	204.1	41,352
7	253,710	696.62	226.6	61,084
8	367,710 (66,690)	1,009.61 (183.11)	431.3	135,128
9	127,000	348.72	2,697.8	740,717
合計	1,197,000			

柱：（　）内は滞留水による付加分を示す

ヤング係数E_c　2.57×10^7 (kN/m^2)

せん断弾性係数G　1.07×10^7 (kN/m^2)

ポアソン比ν　0.20

減衰h　5%

基礎形状　47.0m(NS方向)×57.4m(EW方向)

表 2.3.4-3 (1)　地盤定数

(Ss-1)

標高 O.P. (m)	地質	せん断波速度 Vs (m/s)	単位体積重量 γ (kN/m^3)	ﾎﾟｱｿﾝ比 ν	せん断弾性係数 G (×10^{5}kN/m^2)	初期せん断弾性係数 G_0 (×10^{5}kN/m^2)	剛性低下率 G/G_0	ヤング係数 E (×10^{5}kN/m^2)	減衰定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.23	2.62	0.85	6.57	3	8.1
-10.0	泥岩	450	16.5	0.464	2.66	3.41	0.78	7.79	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.40	4.36	0.78	9.89	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.39	5.63	0.78	12.70	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.09	6.53	0.78	14.68	3	88.0
	(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-	-

表 2.3.4-3 (2)　地盤定数

(Ss-2)

標高 O.P. (m)	地質	せん断波速度 Vs (m/s)	単位体積重量 γ (kN/m^3)	ﾎﾟｱｿﾝ比 ν	せん断弾性係数 G (×10^{5}kN/m^2)	初期せん断弾性係数 G_0 (×10^{5}kN/m^2)	剛性低下率 G/G_0	ヤング係数 E (×10^{5}kN/m^2)	減衰定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.23	2.62	0.85	6.57	3	8.1
-10.0	泥岩	450	16.5	0.464	2.76	3.41	0.81	8.08	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.53	4.36	0.81	10.27	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.56	5.63	0.81	13.19	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.29	6.53	0.81	15.26	3	88.0
	(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-	-

表 2.3.4-3 (3)　地盤定数

(Ss-3)

標高 O.P. (m)	地質	せん断波速度 Vs (m/s)	単位体積重量 γ (kN/m^3)	ﾎﾟｱｿﾝ比 ν	せん断弾性係数 G ($\times 10^5$kN/m^2)	初期せん断弾性係数 G_0 ($\times 10^5$kN/m^2)	剛性低下率 G/G_0	ヤング係数 E ($\times 10^5$kN/m^2)	減衰定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
	砂岩	380	17.8	0.473	2.25	2.62	0.86	6.63	3	8.1
1.9										
	泥岩	450	16.5	0.464	2.66	3.41	0.78	7.79	3	11.9
-10.0										
		500	17.1	0.455	3.40	4.36	0.78	9.89	3	70.0
-80.0										
		560	17.6	0.446	4.39	5.63	0.78	12.70	3	28.0
-108.0										
		600	17.8	0.442	5.09	6.53	0.78	14.68	3	88.0
-196.0										
	(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-	-

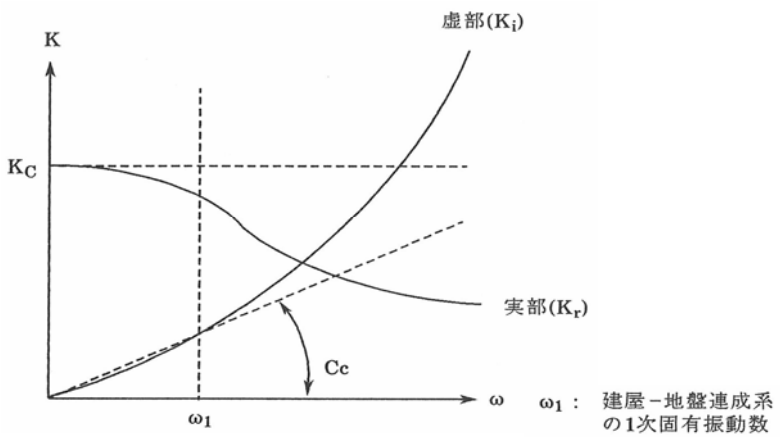


図 2.3.4-3　地盤ばねの近似

2.3.5　地震応答解析結果

地震応答解析により求められたNS方向，EW方向の最大応答加速度を，滞留水を未考慮の場合と比較して*注，図2.3.5-1～図2.3.5-6に示す。

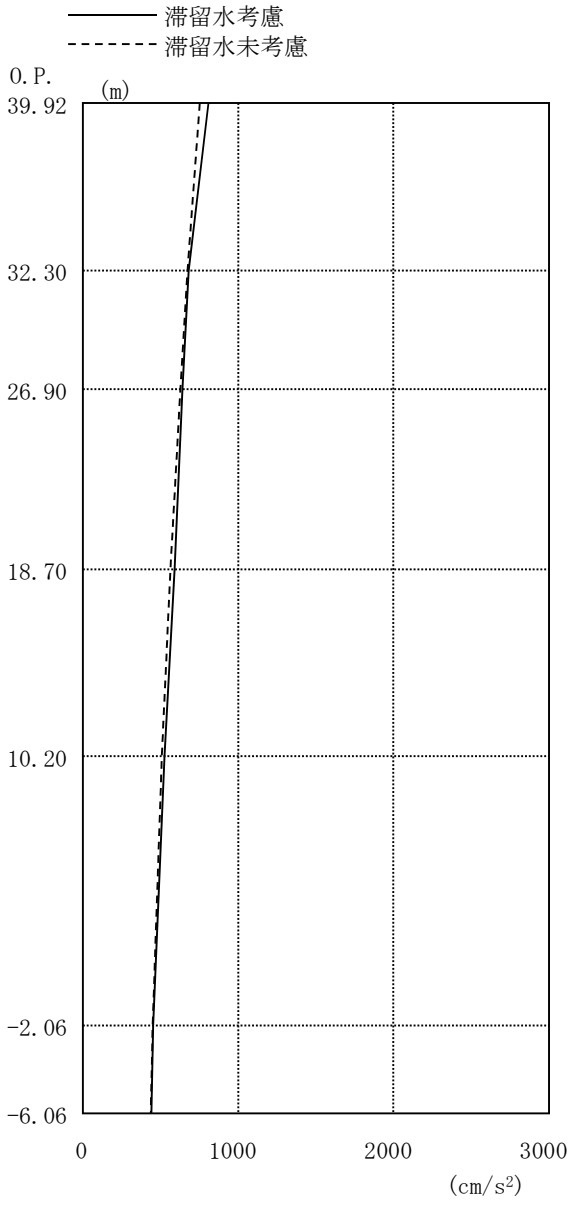


図2.3.5-1　最大応答加速度（NS方向・Ss-1H）

*注：滞留水考慮：本検討における結果であり，滞留水の重量の他，瓦礫撤去等による重量増減や燃料取り出し用カバーの重量を考慮したもの。

滞留水未考慮：損傷前の「福島第一原子力発電所　『発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針』の改訂に伴う耐震安全性評価結果　中間報告書（改訂版）」（原管発官21第110号　平成21年6月19日付け）の結果。

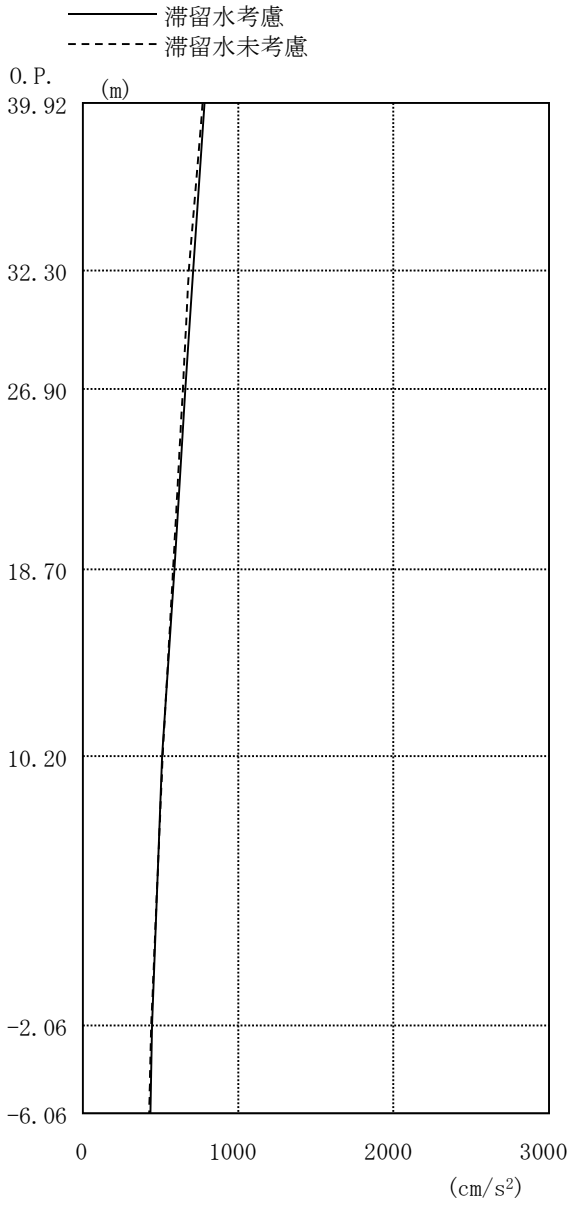


図 2.3.5-2　最大応答加速度（NS 方向・Ss-2H）

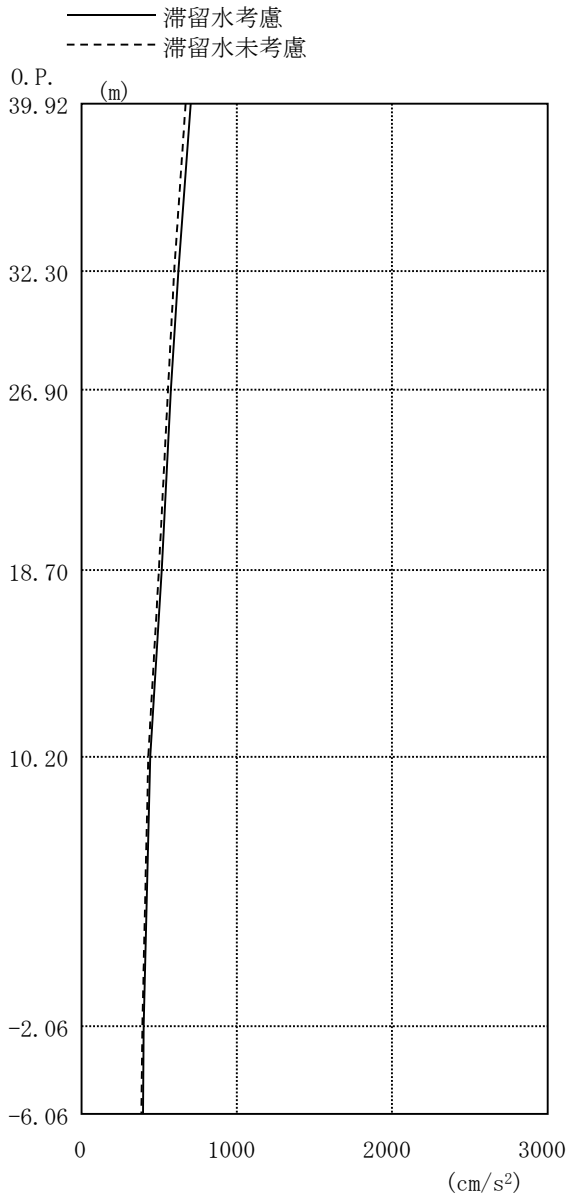


図 2.3.5-3　最大応答加速度（NS 方向・Ss-3H）

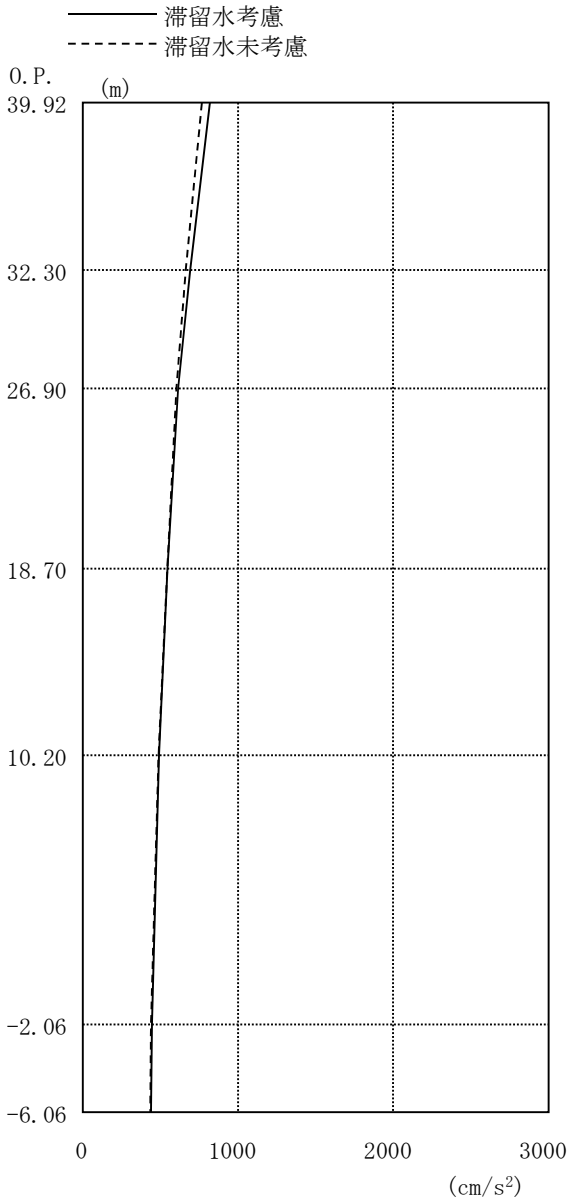


図 2.3.5-4　最大応答加速度（EW 方向・Ss-1H）

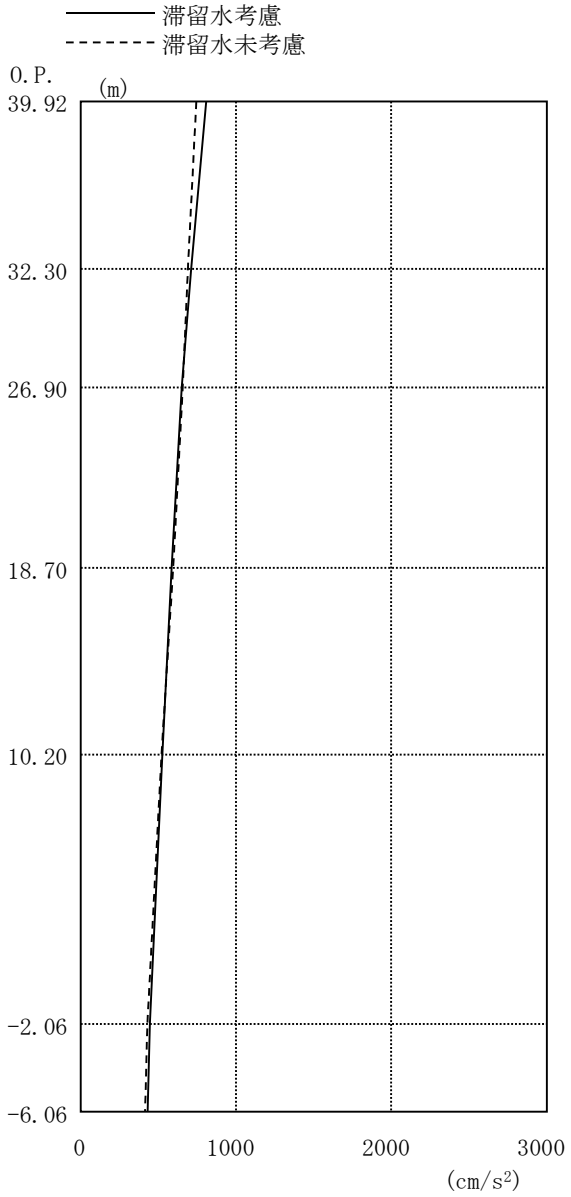


図 2.3.5-5　最大応答加速度（EW 方向・Ss-2H）

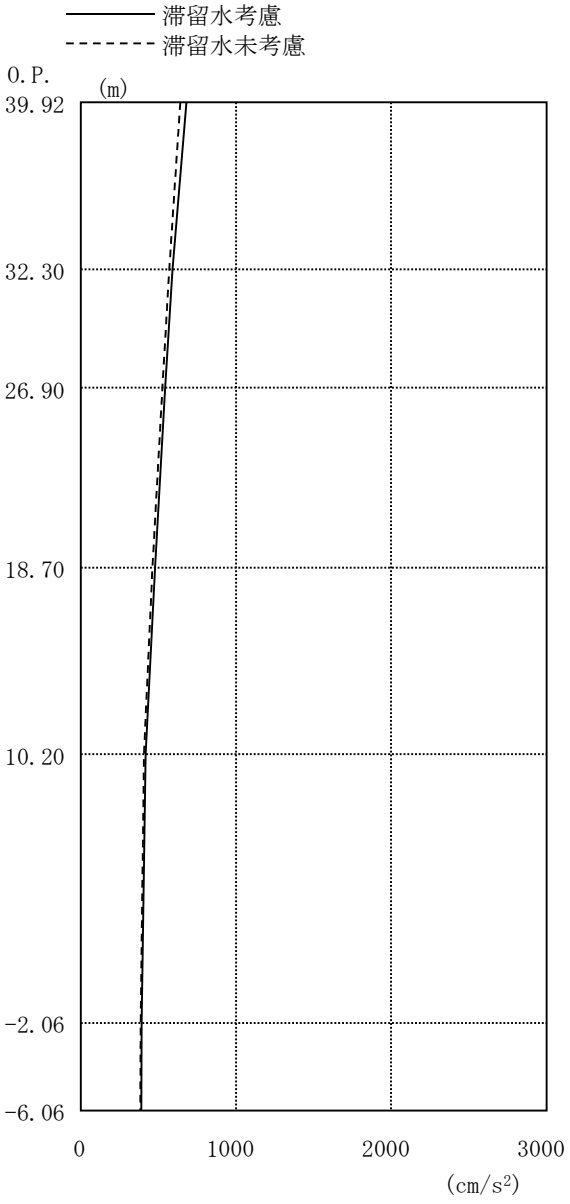


図 2.3.5-6　最大応答加速度（EW 方向・Ss-3H）

2.3.6　耐震安全性評価結果

地震応答解析により得られた地下耐震壁のせん断ひずみ一覧を，滞留水を未考慮の場合と比較して，表 2.3.6-1 及び表 2.3.6-2 に示す。また，図 2.3.6-1 及び図 2.3.6-2 に基準地震動 Ss に対する最大応答値を，滞留水を未考慮の場合と比較して，耐震壁のスケルトン曲線上に示す。せん断ひずみは，滞留水を考慮した場合でも，最大で 0.10×10^{-3} であり，評価基準値（4.0×10^{-3}）に対して十分余裕がある。なお，スケルトン曲線は，建屋の方向別に，層を単位とした水平断面形状より「JEAG4601-1991」に基づいて設定したものである。

以上のことから，３号機原子炉建屋の耐震安全性は確保されているものと評価した。

表 2.3.6-1　耐震壁のせん断ひずみ一覧（NS 方向）

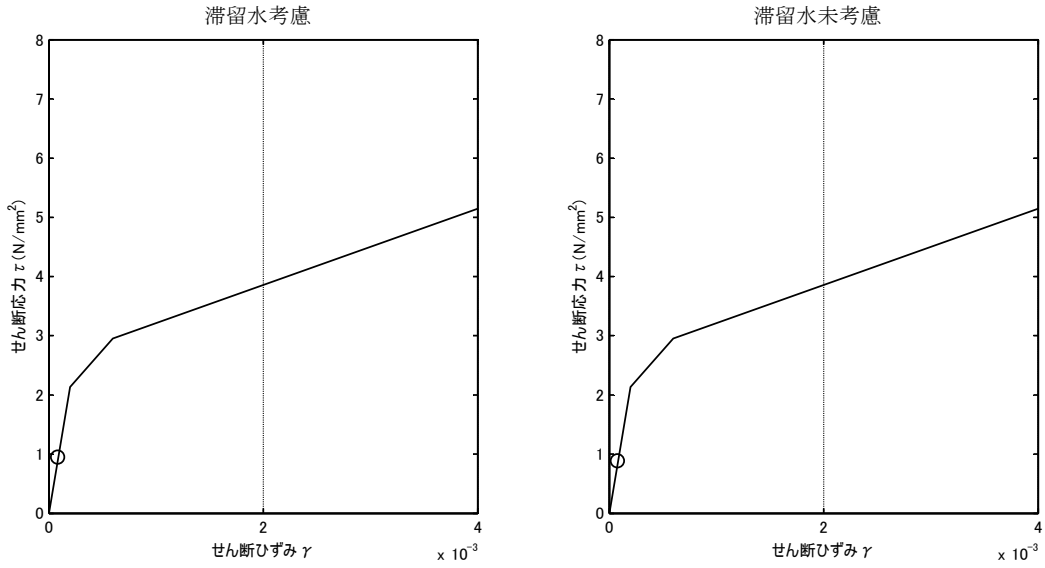
（単位：$\times10^{-3}$）

階	O.P.	滞留水	Ss-1H	Ss-2H	Ss-3H	評価基準
B1F	10.20～ -2.06	考慮	0.09	0.09	0.08	4.0 以下
		未考慮	0.08	0.08	0.07	

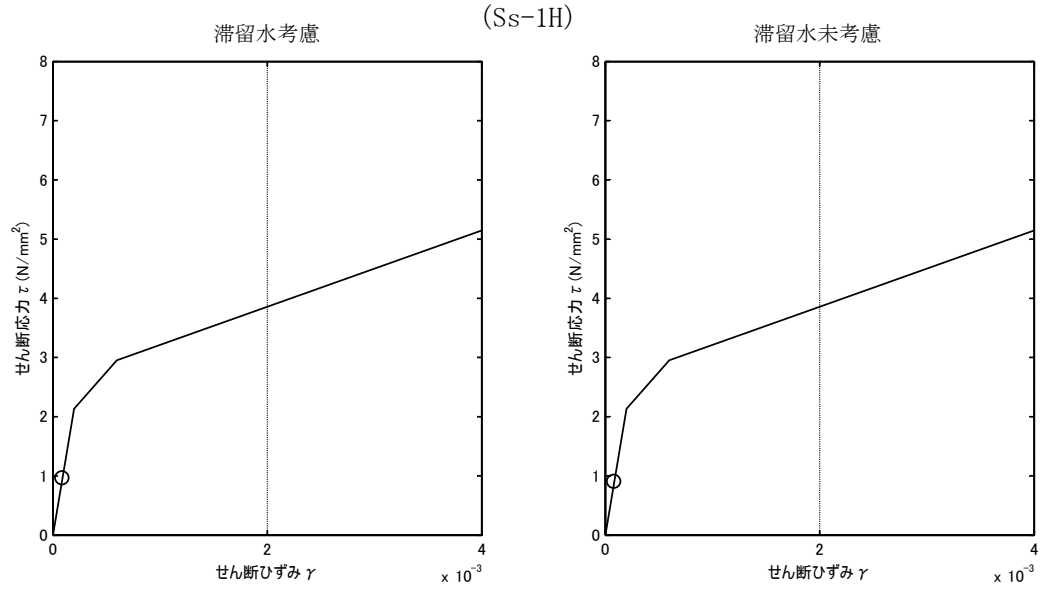
表 2.3.6-2　耐震壁のせん断ひずみ一覧（EW 方向）

（単位：$\times10^{-3}$）

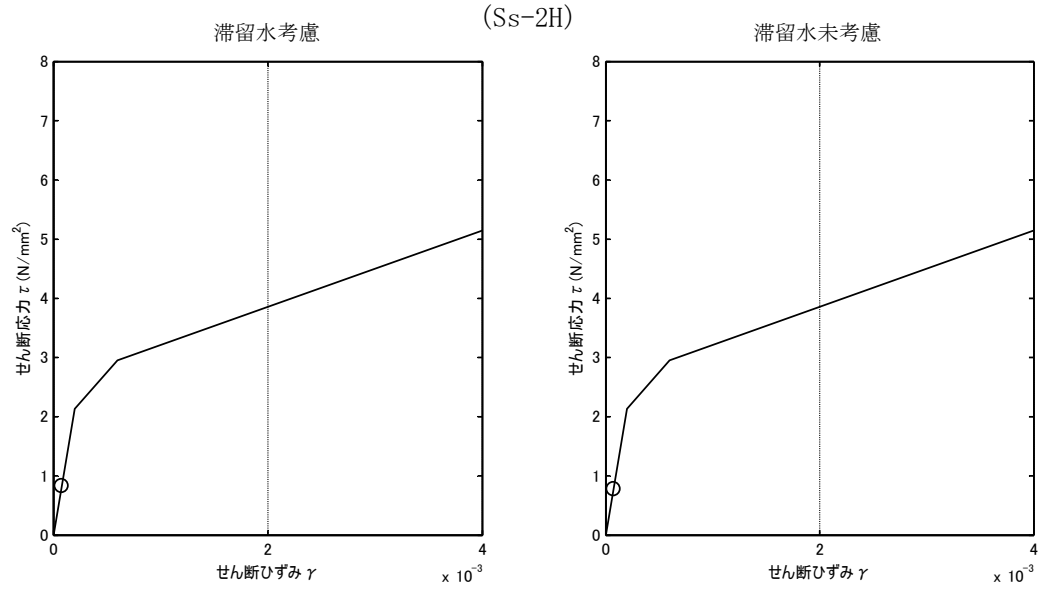
階	O.P.	滞留水	Ss-1H	Ss-2H	Ss-3H	評価基準
B1F	10.20～ -2.06	考慮	0.09	0.10	0.08	4.0 以下
		未考慮	0.08	0.09	0.07	



(Ss-1H)

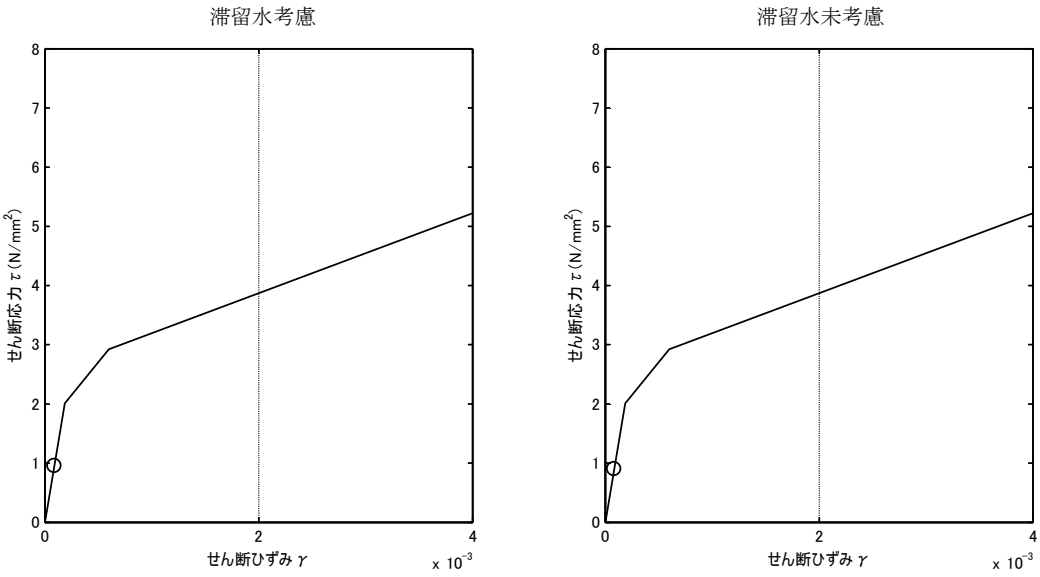


(Ss-2H)

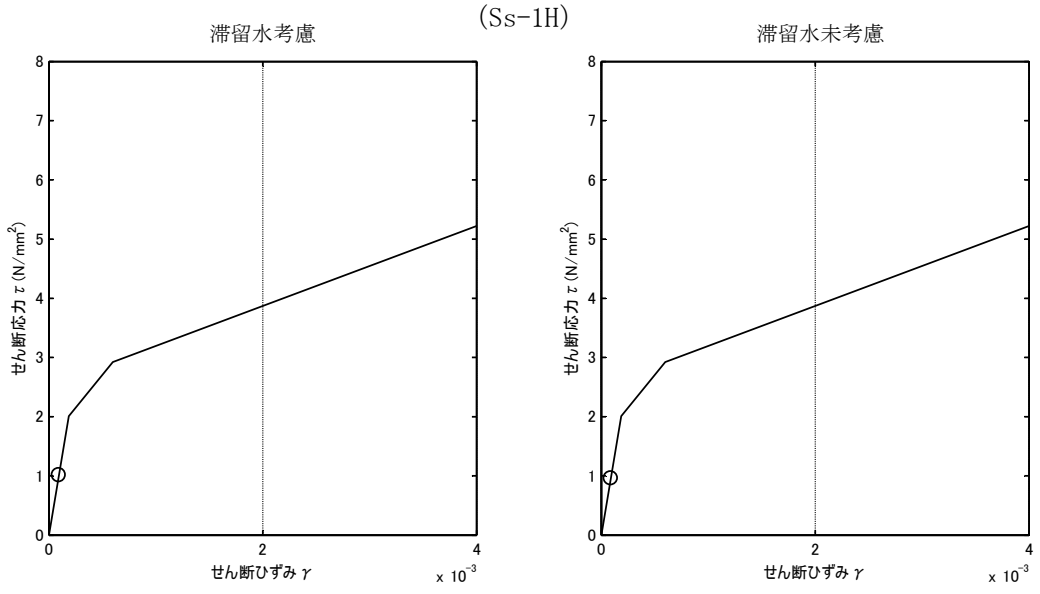


(Ss-3H)

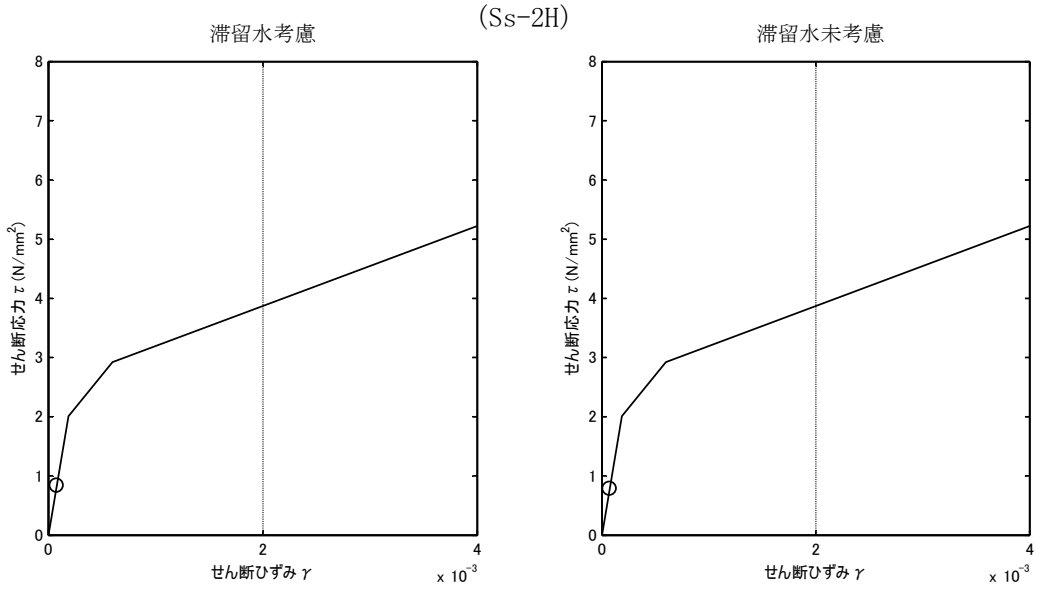
図 2.3.6-1　耐震壁のせん断ひずみ（NS 方向）



(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

図 2.3.6-2　耐震壁のせん断ひずみ（EW 方向）

3　タービン建屋

3.1　3号機タービン建屋（代表号機）

3.1.1　解析評価方針

タービン建屋の地下滞留水を考慮した耐震安全評価は，基準地震動 Ss を用いた地震応答解析によることを基本とし，建物・構築物や地盤の応答性状を適切に表現できるモデルを設定した上で行う。

タービン建屋については地下滞留水量が最大となる代表号機を選定する。

解析モデルは，地下１階から地上３階に設置された機器を含む建屋全域を NS，EW 方向とも多軸質点系モデルとする。

地下階への滞留水の付加重量は建屋外形寸法・建屋内部の壁厚・機器容積から体積を算定し，固定水として評価する。

地下耐震壁の評価は，地震応答解析により得られた該当部位の最大せん断ひずみが，評価基準値（4.0×10^{-3}）を超えないことを確認することとする。

タービン建屋の地震応答解析の評価手順例を，図-3.1.1 に示す。

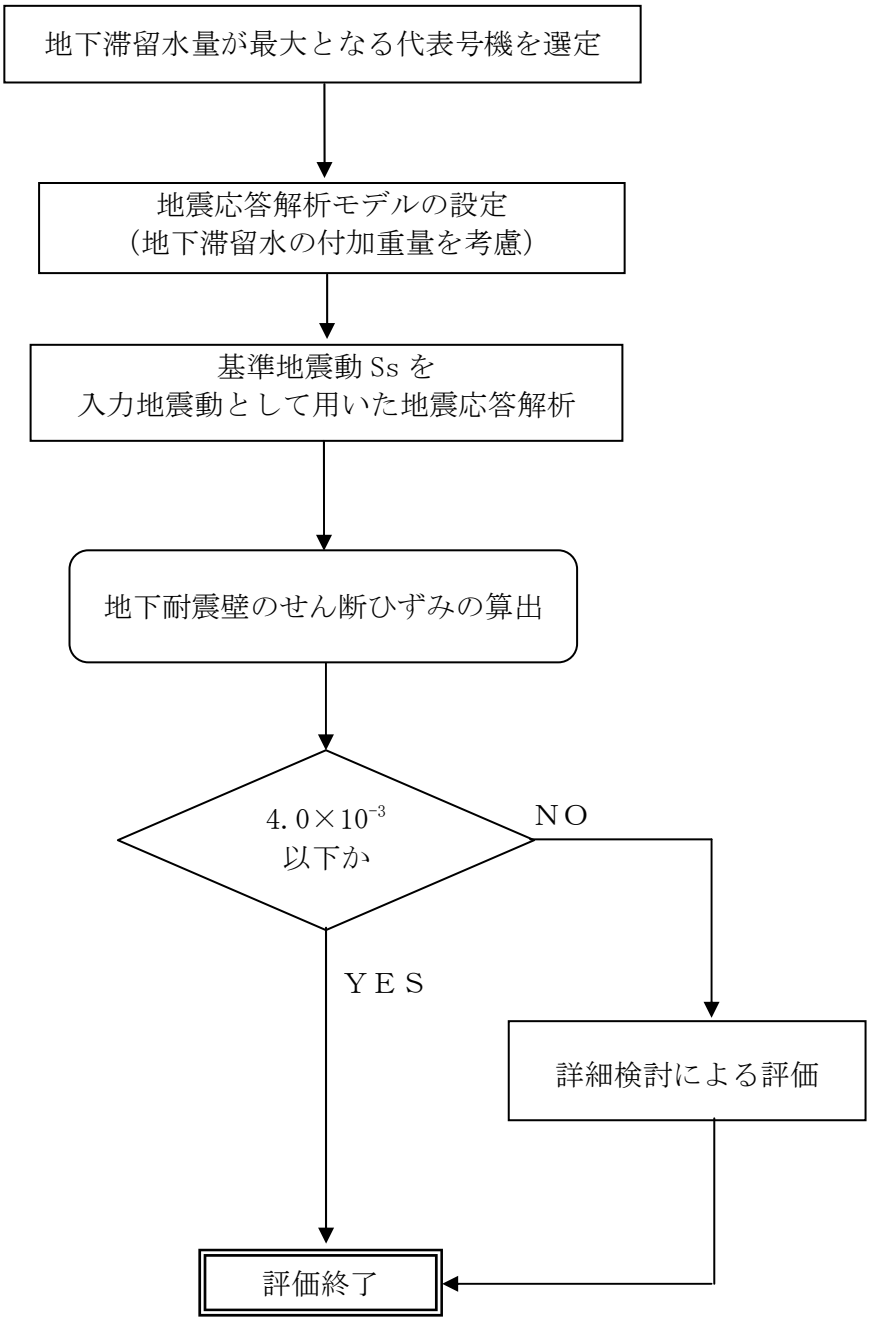


図 3.1.1-1　タービン建屋の地震応答解析の評価手順例

3.1.2　代表号機の選定

タービン建屋の満水状態の水位及び地下滞留水量を表 3.1.2-1 に示す。表 3.1.2-1 より，貯水量の最も多い３号機を代表号機と選定する。

表 3.1.2-1　タービン建屋の満水状態の水位及び地下滞留水量

	１号機	２号機	３号機	４号機
水位	O.P.　5,300	O.P.　4,000	O.P.　4,000	O.P.　4,000
貯水量	9,600m^3	13,500m^3	16,400m^3	12,800m^3

3.1.3　解析に用いる入力地震動

３号機タービン建屋への入力地震動は，「福島第一原子力発電所　『発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針』の改訂に伴う耐震安全性評価結果　中間報告書」（原管発官１９第６０３号　平成２０年３月３１日付け）にて作成した解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 Ss を用いることとする。

地震応答解析に用いる入力地震動の概念図を図 3.1.3-1 に示す。この３号機タービン建屋の解析モデルに入力する地震動は，一次元波動論に基づき，解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 Ss に対する建屋基礎底面レベルの地盤応答として評価する。また，建屋基礎底面レベルにおけるせん断力を入力地震動に付加することにより，地盤の切欠き効果を考慮する。

このうち，解放基盤表面位置（O.P. -196.0m）における基準地震動 Ss の加速度波形について，図 3.1.3-2 に示す。

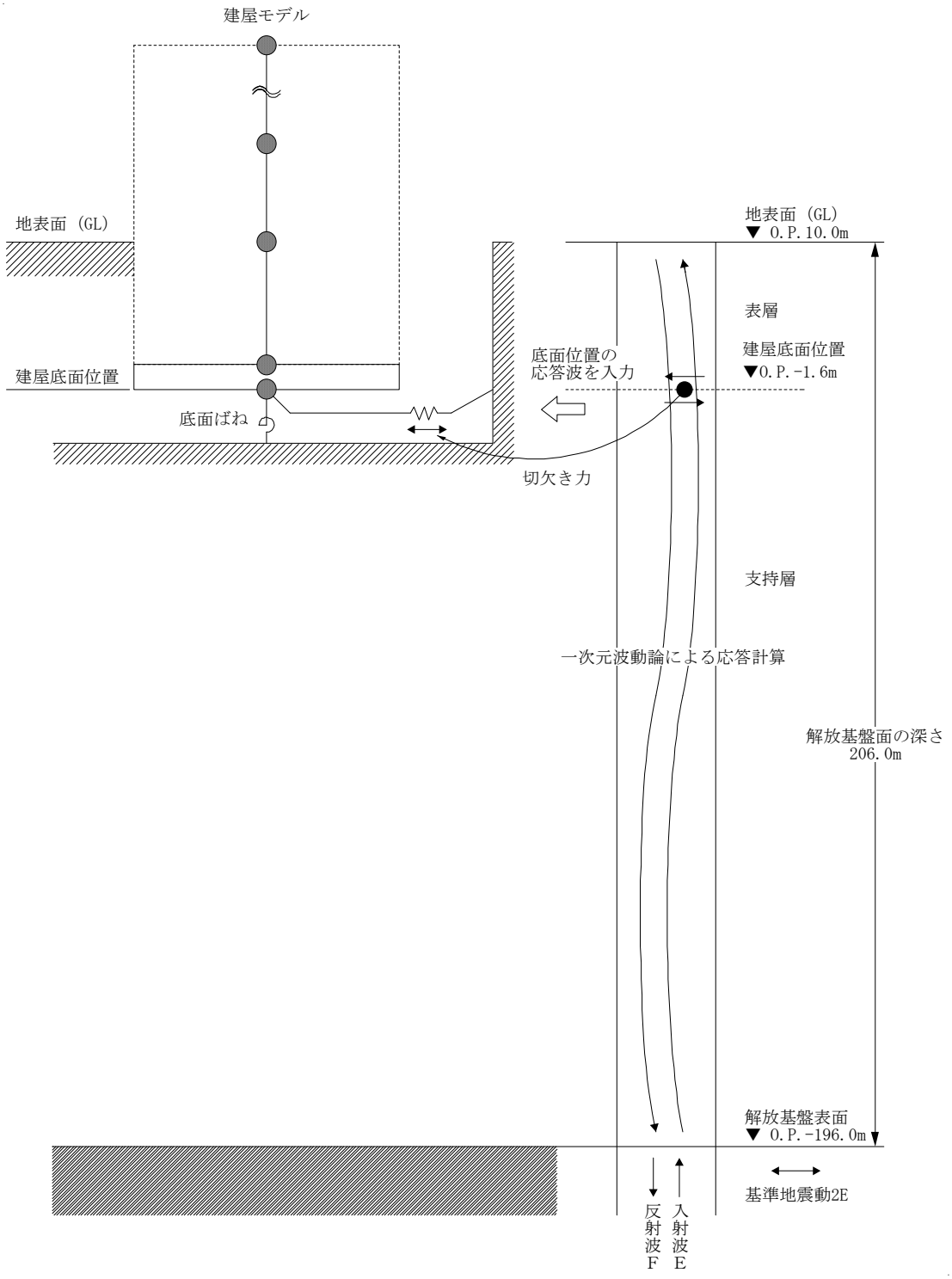
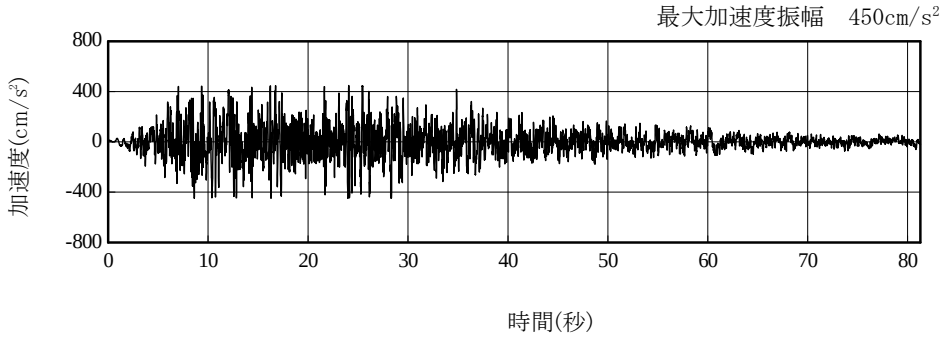
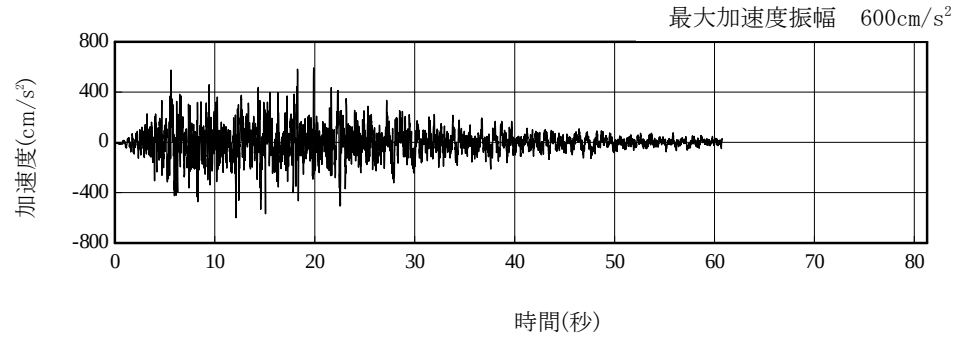


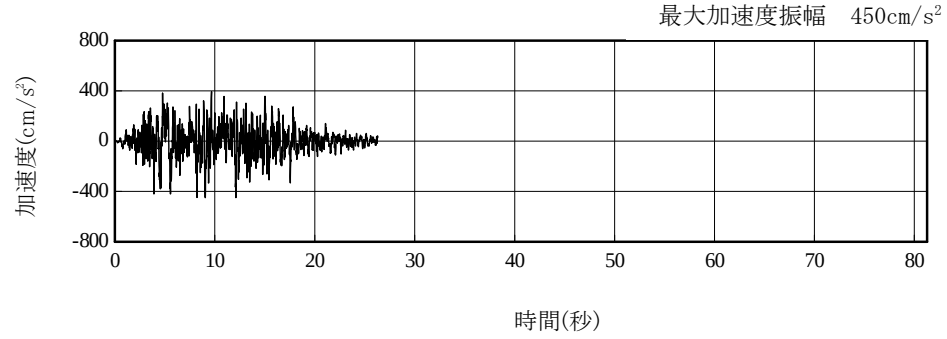
図 3.1.3-1　地震応答解析に用いる入力地震動の概念図



(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

図 3.1.3-2　解放基盤表面位置における地震動の加速度時刻歴波形（水平方向）

3.1.4　地震応答解析モデル

基準地震動 Ss に対する３号機タービン建屋の地震応答解析は，「3.1.3.　解析に用いる入力地震動」で算定した入力地震動を用いた動的解析による。

地震応答解析モデルは，図 3.1.4-1 及び図 3.1.4-2 に示すように，建屋を曲げ変形とせん断変形をする質点系とし，地盤を等価なばねで評価した建屋－地盤連成系モデルとする。建屋－地盤連成系としての効果は地盤ばね及び入力地震動によって評価される。解析に用いるコンクリートの物性値を表 3.1.4-1 に，建屋解析モデルの諸元を図 3.1.4-3～図 3.1.4-6 に示す。

地盤定数は，水平成層地盤と仮定し，地震時のせん断ひずみレベルを考慮して定めた。解析に用いた地盤定数を表 3.1.4-2 に示す。

解析モデルにおいて，基礎底面地盤ばねについては，「JEAG 4601-1991」に示された手法を参考にして，成層補正を行ったのち，振動アドミッタンス理論に基づいて，スウェイ及びロッキングばね定数を近似的に評価する。

地盤ばねは振動数に依存した複素剛性として得られるが，図 3.1.4-7 に示すようにばね定数（Kc）として実部の静的な値を，また，減衰係数（Cc）として建屋－地盤連成系の 1 次固有振動数に対応する虚部の値と原点を結ぶ直線の傾きを採用することにより近似する。

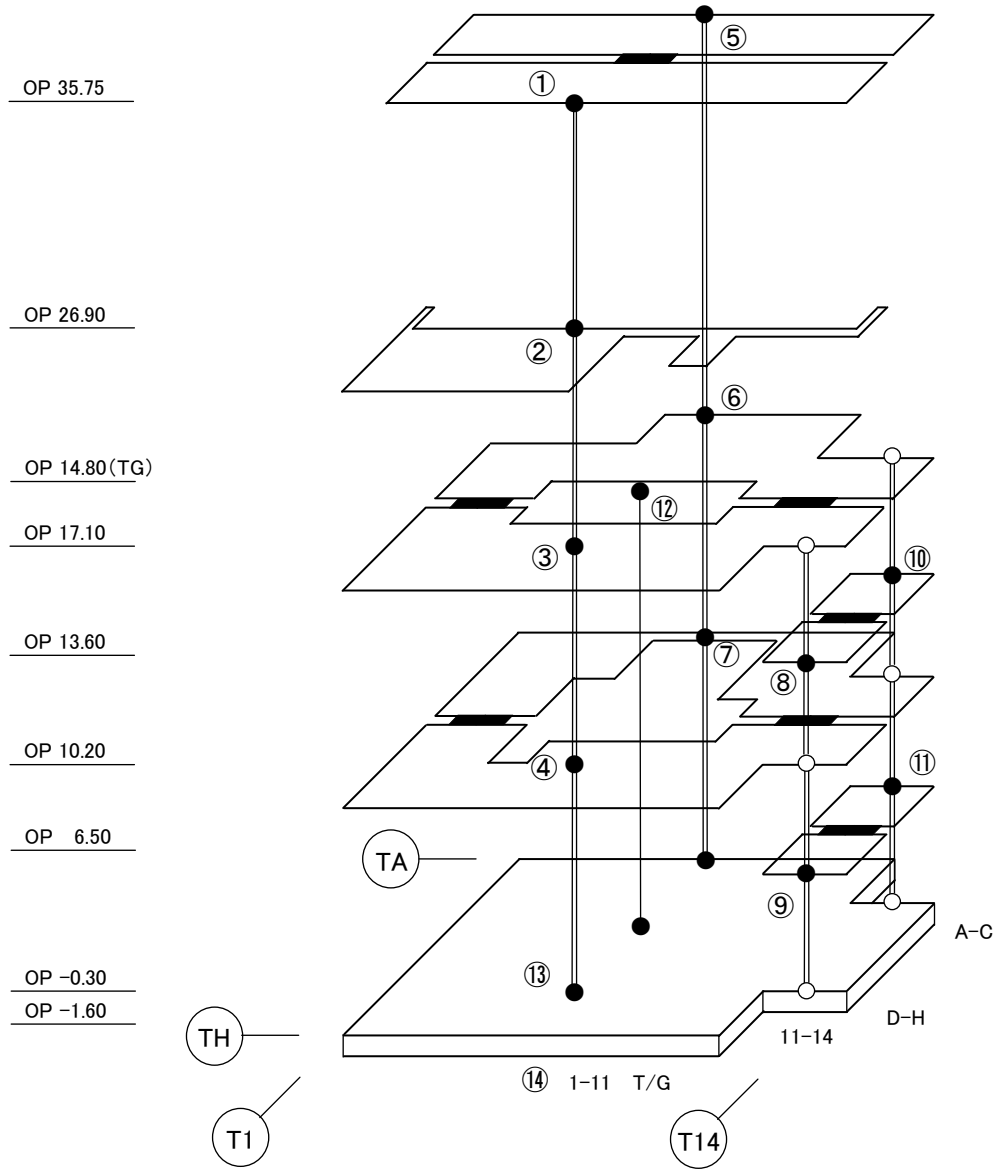


図 3.1.4-1　３号機タービン建屋　地震応答解析モデル（NS 方向）

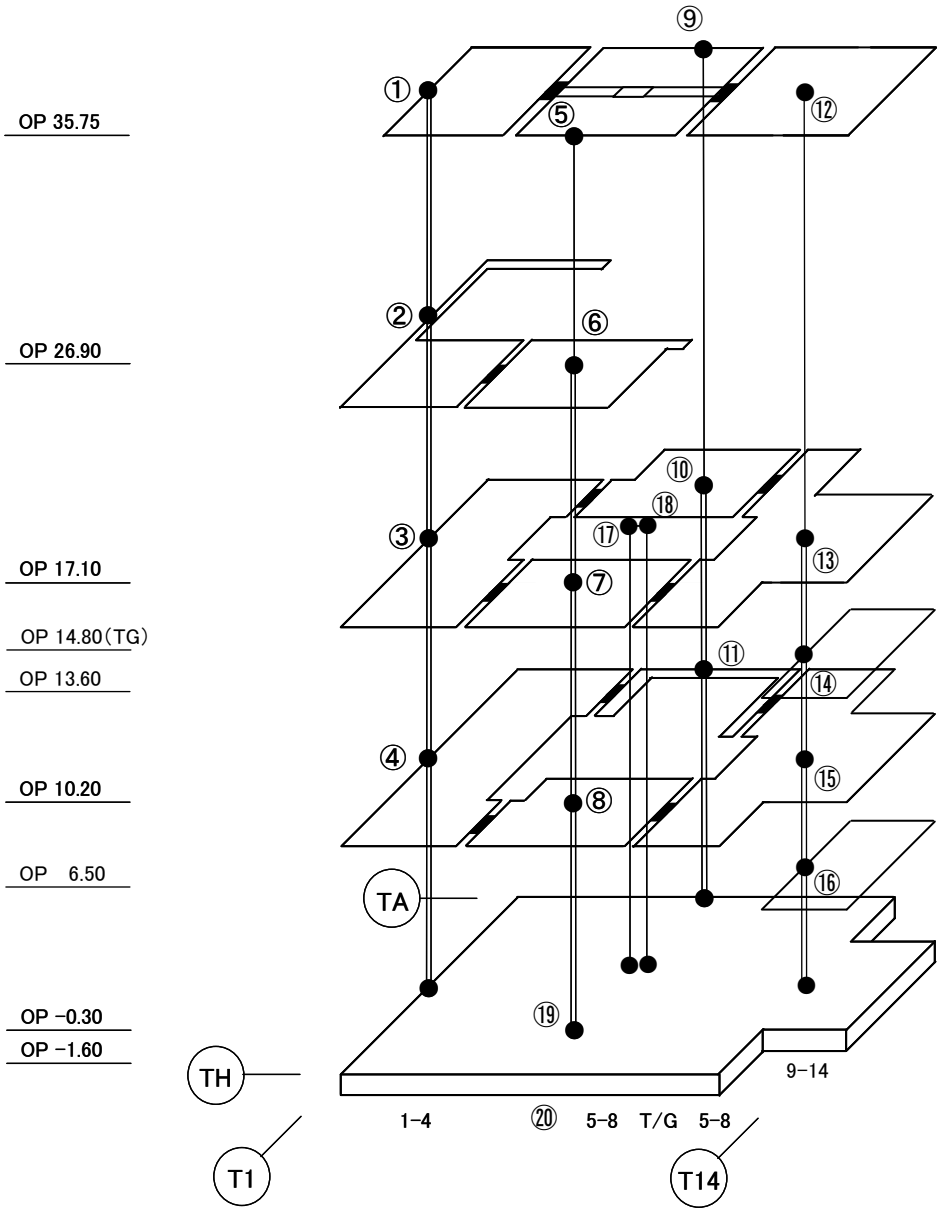


図 3.1.4-2　３号機タービン建屋　地震応答解析モデル（EW 方向）

表 3.1.4-1　地震応答解析に用いる物性値

	強度＊1 Ｆｃ （N/mm^2）	ヤング係数*2 E （N/mm^2）	せん断弾性係数*2 G （N/mm^2）	ポアソン比 ν	単位体積重量*3 γ （kN/m^3）
コンクリート	35.0	2.57×10^4	1.07×10^4	0.2	24
鉄筋	SD345相当 （SD35）				
鋼材	SS400相当 （SS41）				

*1：強度は実状に近い強度（以下「実強度」という。）を採用した。実強度の設定は，過去の圧縮強度試験データを収集し試験データのばらつきを考慮し圧縮強度平均値を小さめにまるめた値とした。
*2：実強度に基づく値を示す。
*3：鉄筋コンクリートの値を示す。

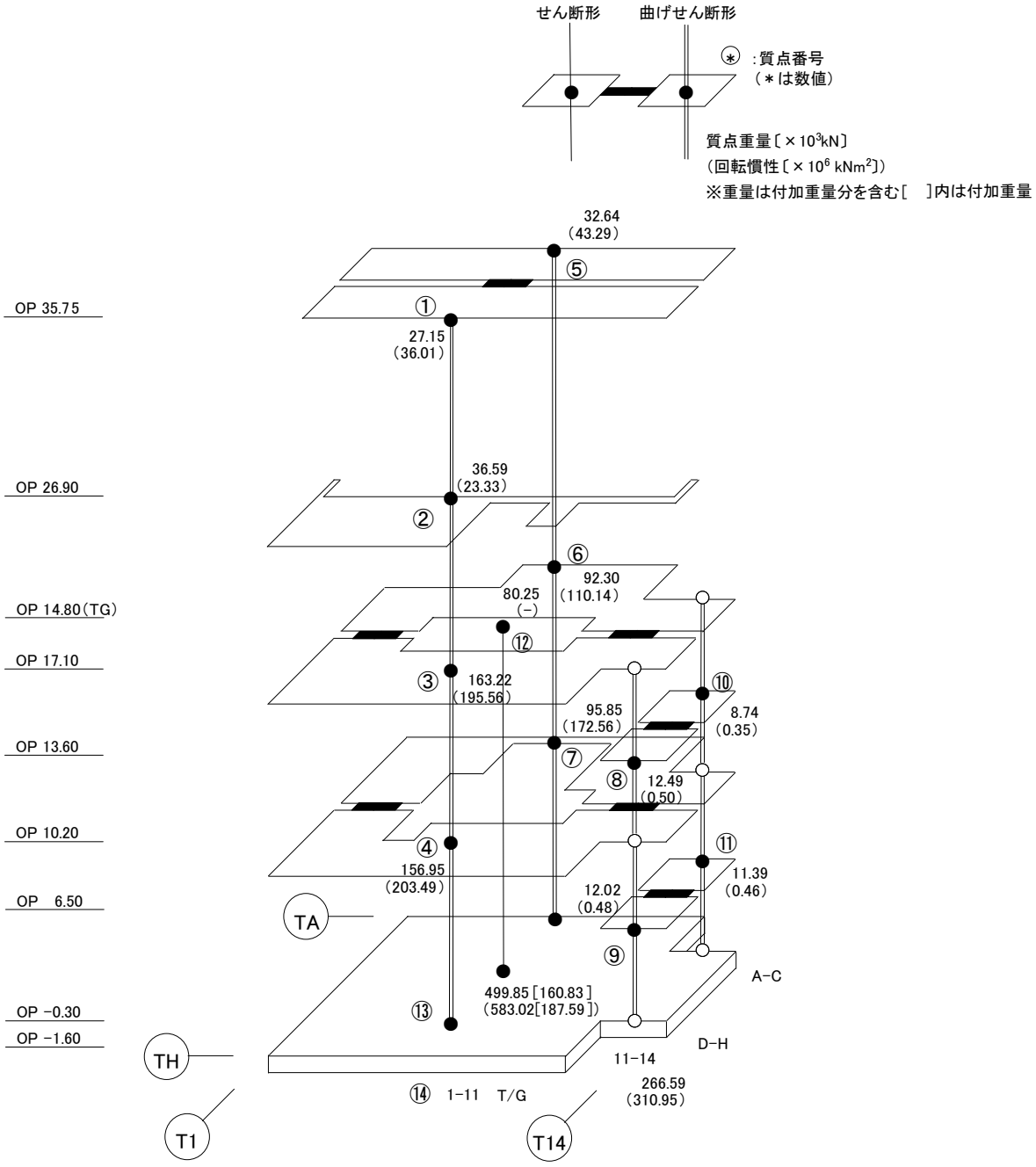
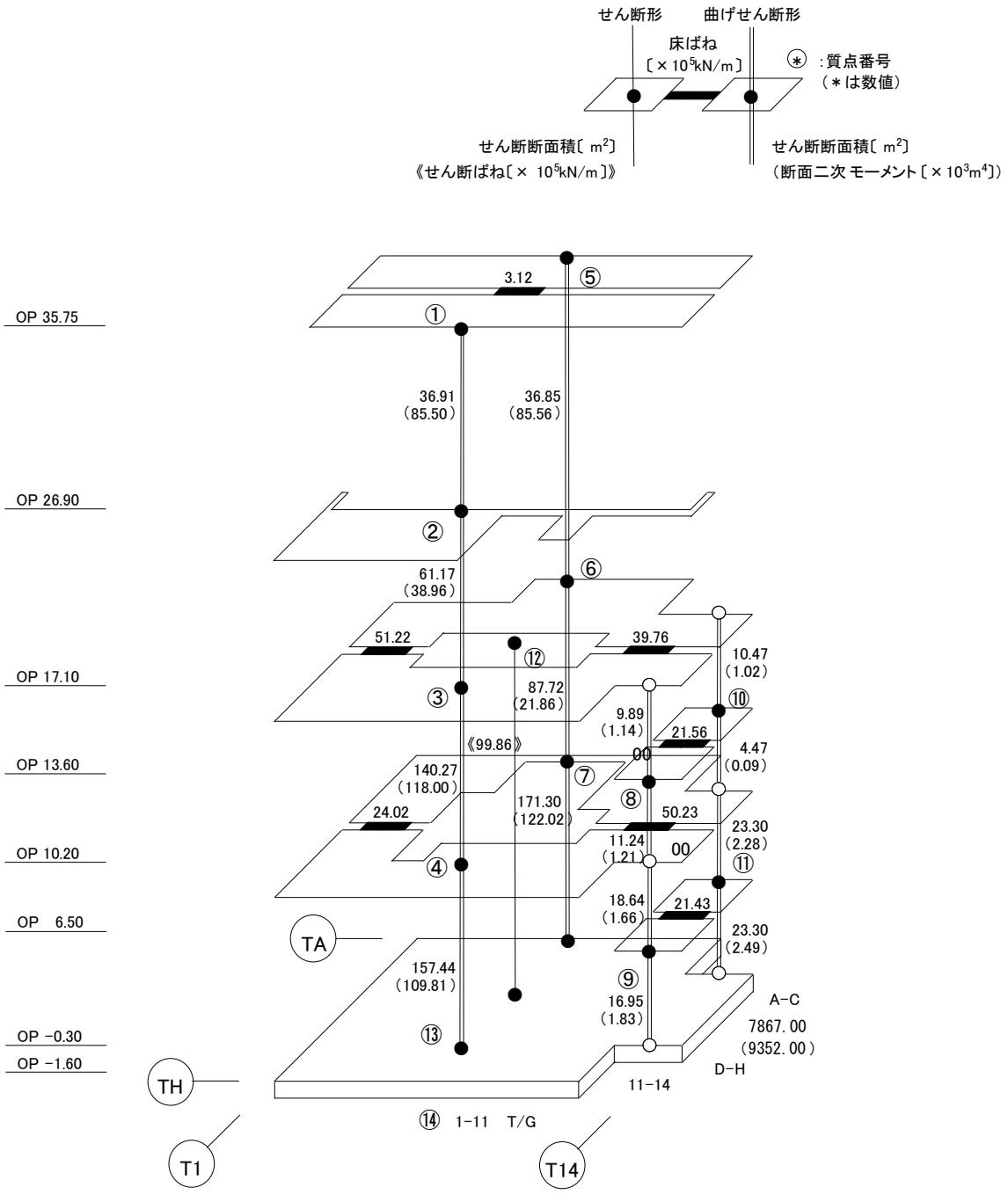


図 3.1.4-3　建屋解析モデルの諸元（重量・回転慣性）（NS 方向）



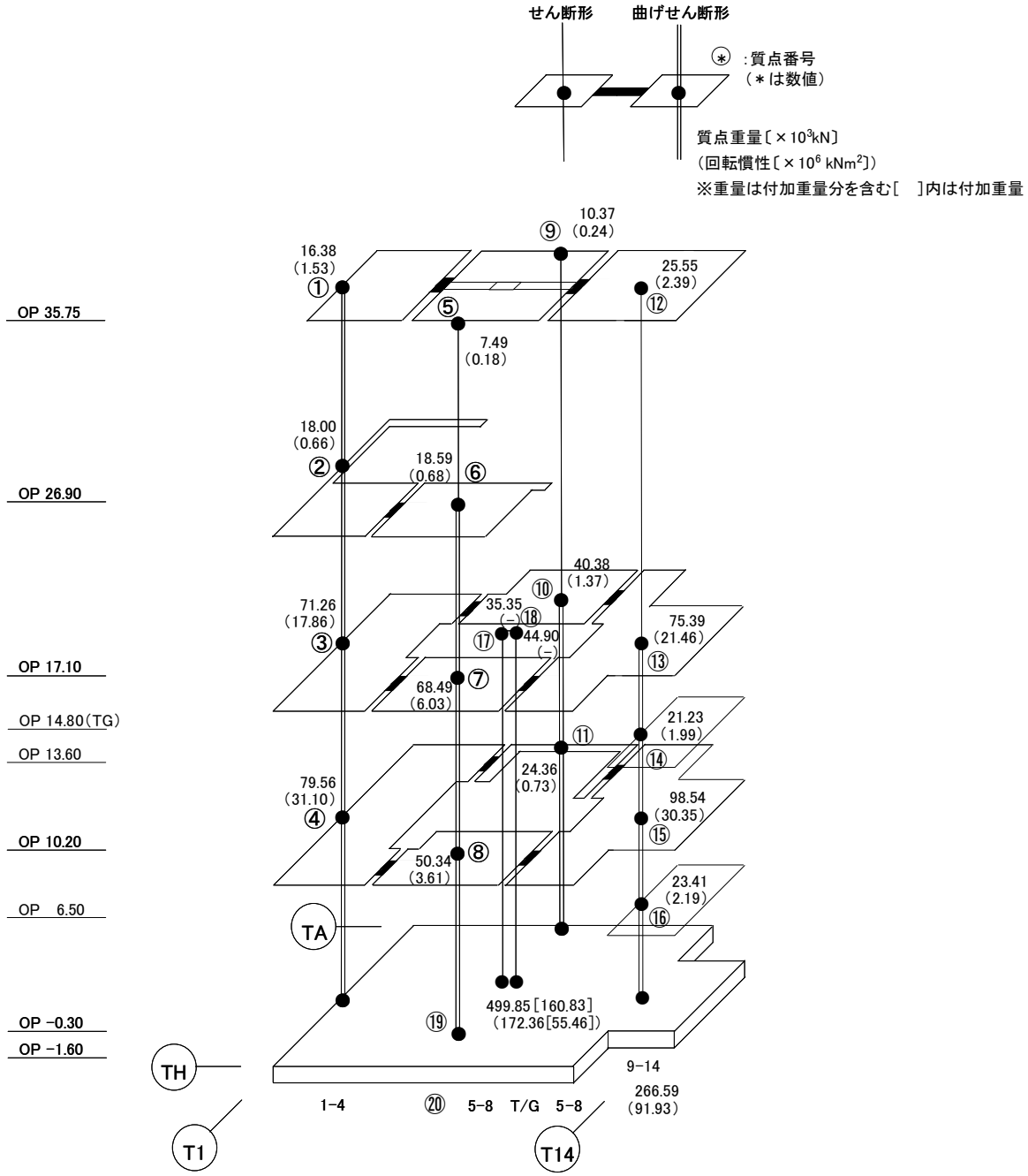
建屋の物性値

ヤング係数　　：E = 2.57×10⁷〔kN/m²〕コンクリートの物性

せん断弾性係数　：G = 10.7×10⁶〔kN/m²〕コンクリートの物性

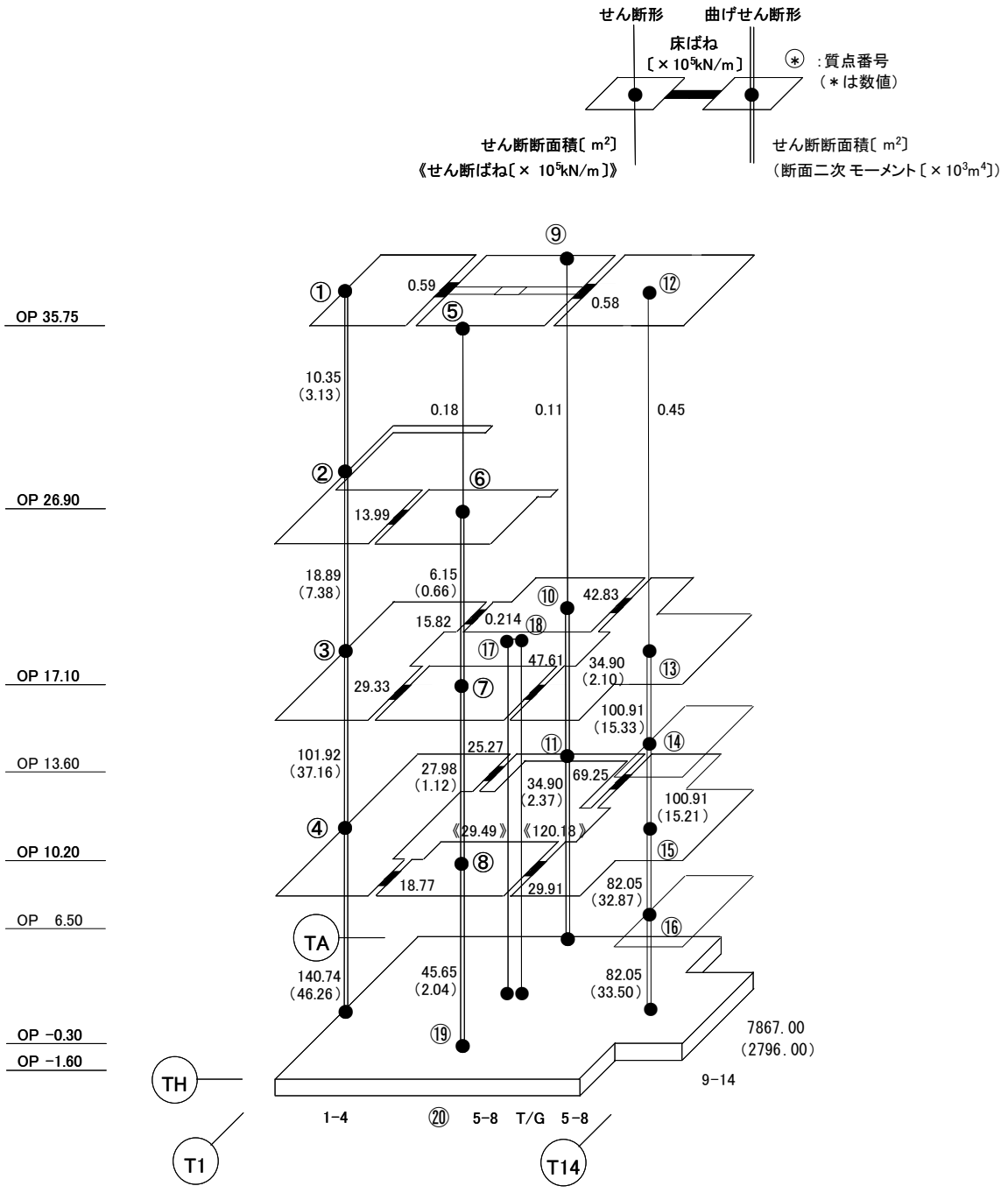
基礎形状　116.38m（NS 方向）x67.60m（EW 方向）

図 3.1.4-4　建屋解析モデルの諸元（剛性）（NS 方向）



総重量：1,496,030 kN

図 3.1.4-5　建屋解析モデルの諸元（重量・回転慣性）（EW 方向）



建屋の物性値

ヤング係数　　：E = 2.57×10⁷〔kN/m²〕コンクリートの物性

せん断弾性係数　：G = 10.7×10⁶〔kN/m²〕コンクリートの物性

基礎形状　116.38m（NS 方向）x67.60m（EW 方向）

図 3.1.4-6　建屋解析モデルの諸元（剛性）（EW 方向）

表 3.1.4-2 (1)　地盤定数

(Ss-1)

標高 O.P. (m)	地質	せん断波速度 Vs (m/s)	単位体積重量 γ (kN/m^3)	ﾎﾟｱｿﾝ比 ν	せん断弾性係数 G (×10^{5}kN/m^2)	初期せん断弾性係数 G_0 (×10^{5}kN/m^2)	剛性低下率 G/G_0	ヤング係数 E (×10^{5}kN/m^2)	減衰定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.23	2.62	0.85	6.57	3	8.1
-10.0	泥岩	450	16.5	0.464	2.66	3.41	0.78	7.79	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.40	4.36	0.78	9.89	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.39	5.63	0.78	12.70	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.09	6.53	0.78	14.68	3	88.0
	(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-	-

表 3.1.4-2 (2)　地盤定数

(Ss-2)

標高 O.P. (m)	地質	せん断波速度 Vs (m/s)	単位体積重量 γ (kN/m^3)	ﾎﾟｱｿﾝ比 ν	せん断弾性係数 G (×10^{5}kN/m^2)	初期せん断弾性係数 G_0 (×10^{5}kN/m^2)	剛性低下率 G/G_0	ヤング係数 E (×10^{5}kN/m^2)	減衰定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.23	2.62	0.85	6.57	3	8.1
-10.0	泥岩	450	16.5	0.464	2.76	3.41	0.81	8.08	3	11.9
-80.0		500	17.1	0.455	3.53	4.36	0.81	10.27	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.56	5.63	0.81	13.19	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.29	6.53	0.81	15.26	3	88.0
	(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-	-

表 3.1.4-2 (3)　地盤定数

(Ss-3)

標高 O.P. (m)	地質	せん断波速度 Vs (m/s)	単位体積重量 γ (kN/m^3)	ﾎﾟｱｿﾝ比 ν	せん断弾性係数 G ($\times 10^5$kN/m^2)	初期せん断弾性係数 G_0 ($\times 10^5$kN/m^2)	剛性低下率 G/G_0	ヤング係数 E ($\times 10^5$kN/m^2)	減衰定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
	砂岩	380	17.8	0.473	2.25	2.62	0.86	6.63	3	8.1
1.9										
	泥岩	450	16.5	0.464	2.66	3.41	0.78	7.79	3	11.9
-10.0										
		500	17.1	0.455	3.40	4.36	0.78	9.89	3	70.0
-80.0										
		560	17.6	0.446	4.39	5.63	0.78	12.70	3	28.0
-108.0										
		600	17.8	0.442	5.09	6.53	0.78	14.68	3	88.0
-196.0										
	(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-	-

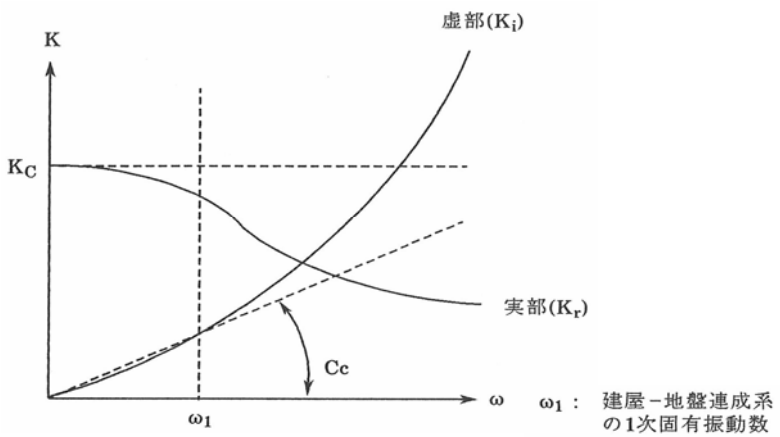


図 3.1.4-7　地盤ばねの近似

3.1.5　地震応答解析結果

地震応答解析により求められたNS方向，EW方向の最大応答加速度を，滞留水を未考慮の場合と比較して，図3.1.5-1～図3.1.5-6に示す。

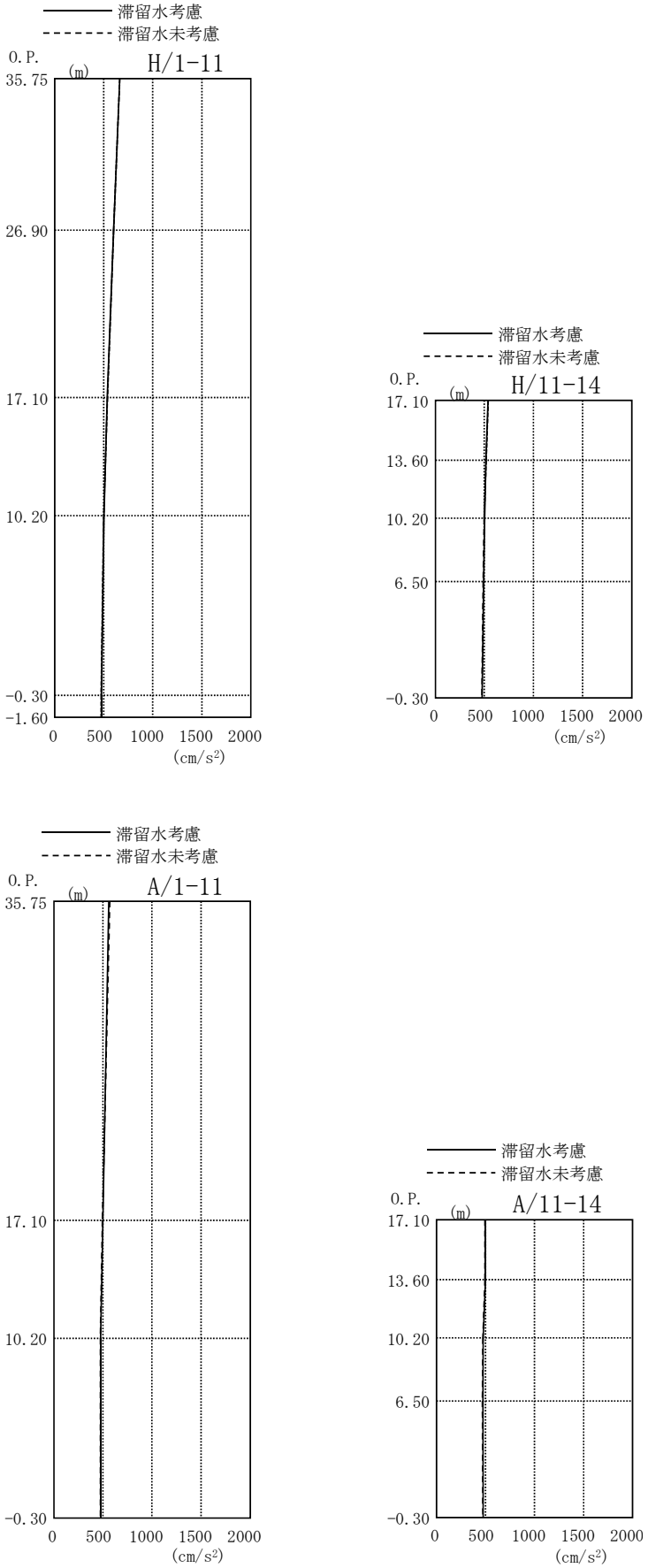


図 3.1.5-1　最大応答加速度（NS 方向・Ss-1H）

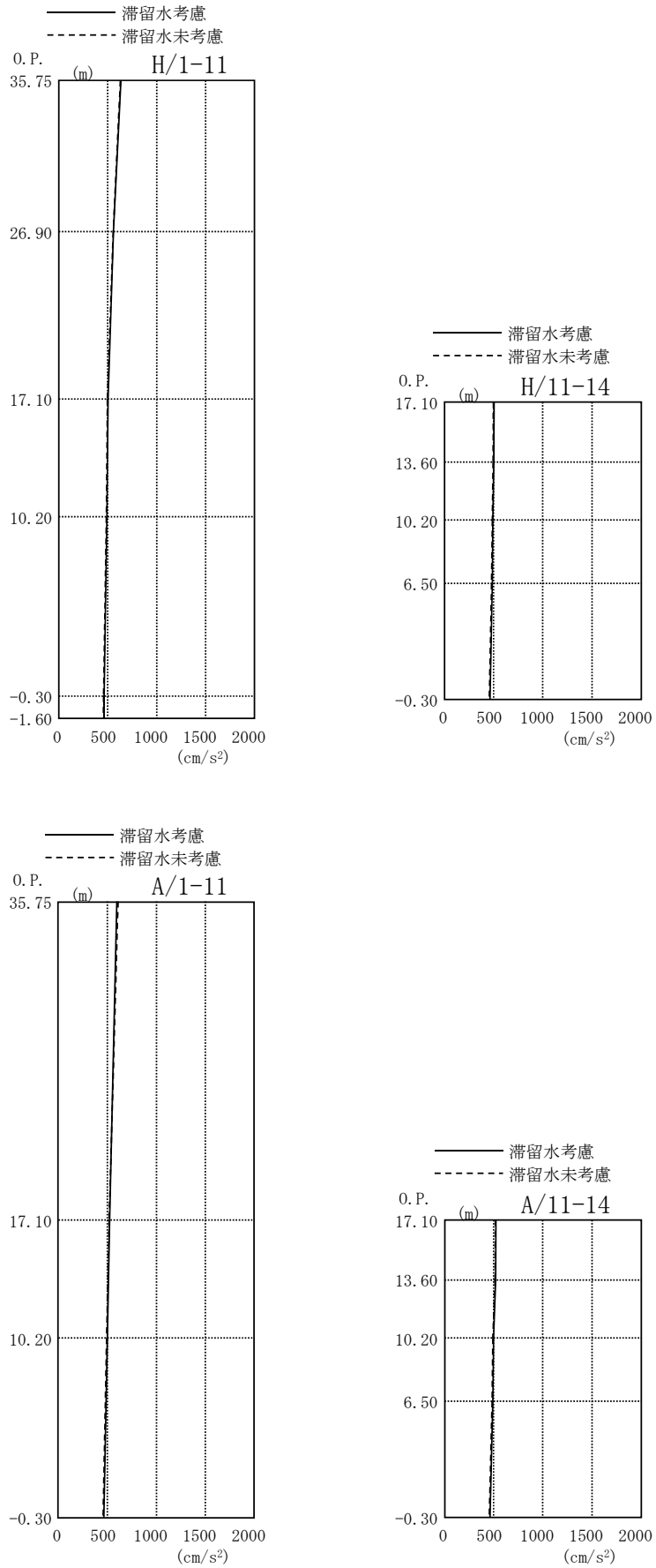


図 3.1.5-2　最大応答加速度（NS 方向・Ss-2H）

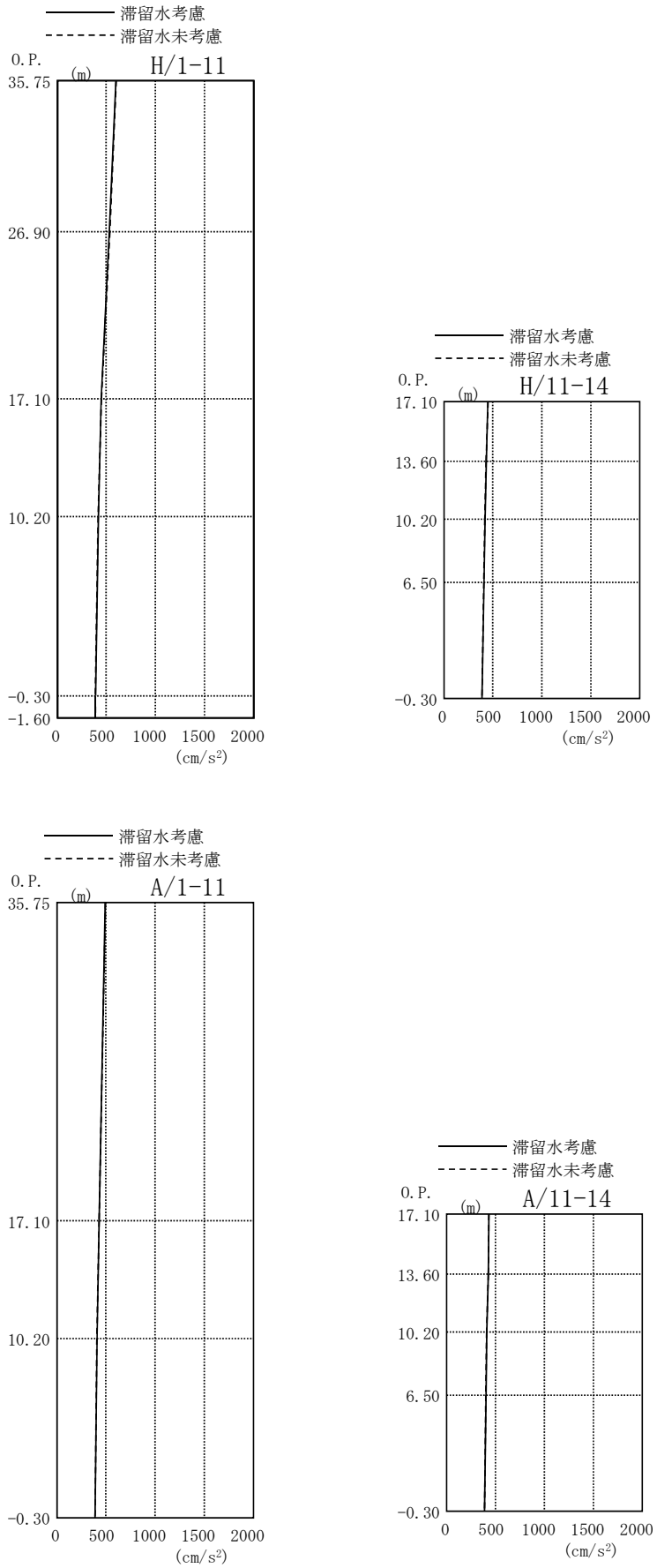


図 3.1.5-3　最大応答加速度（NS 方向・Ss-3H）

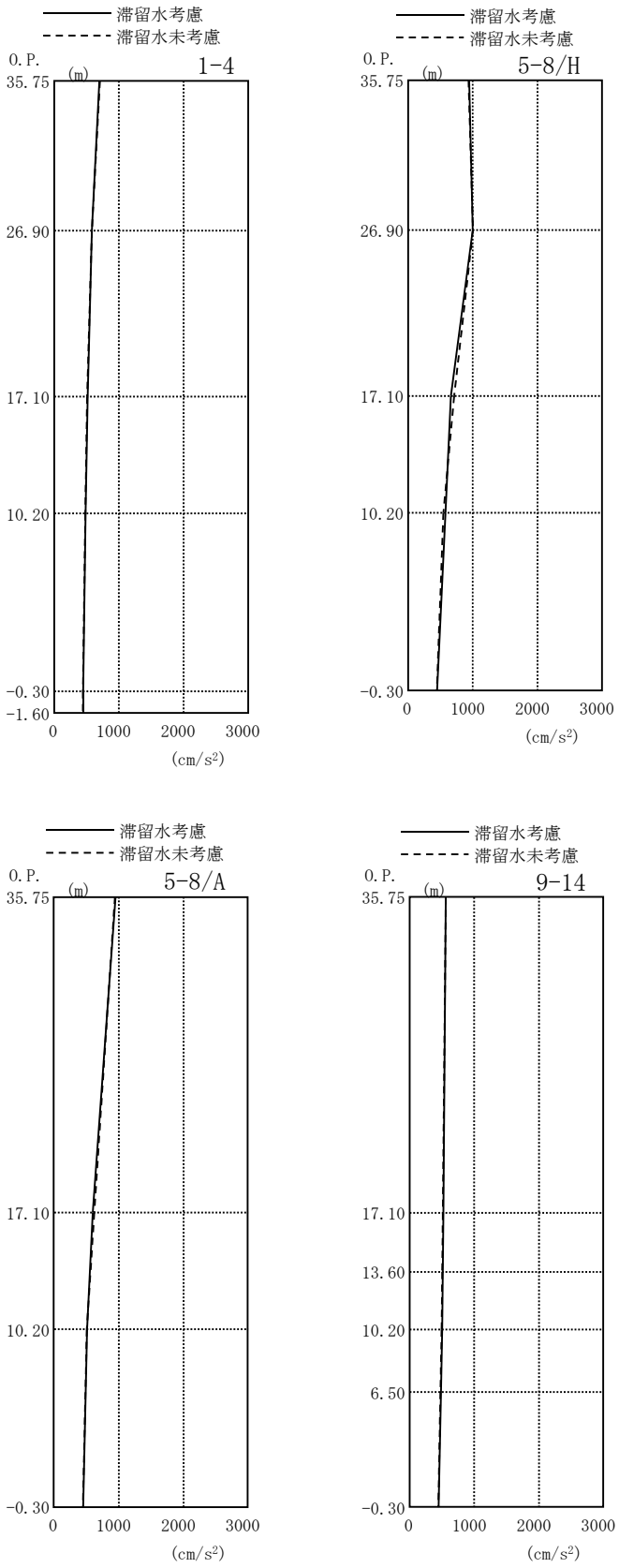


図 3.1.5-4　最大応答加速度（EW 方向・Ss-1H）

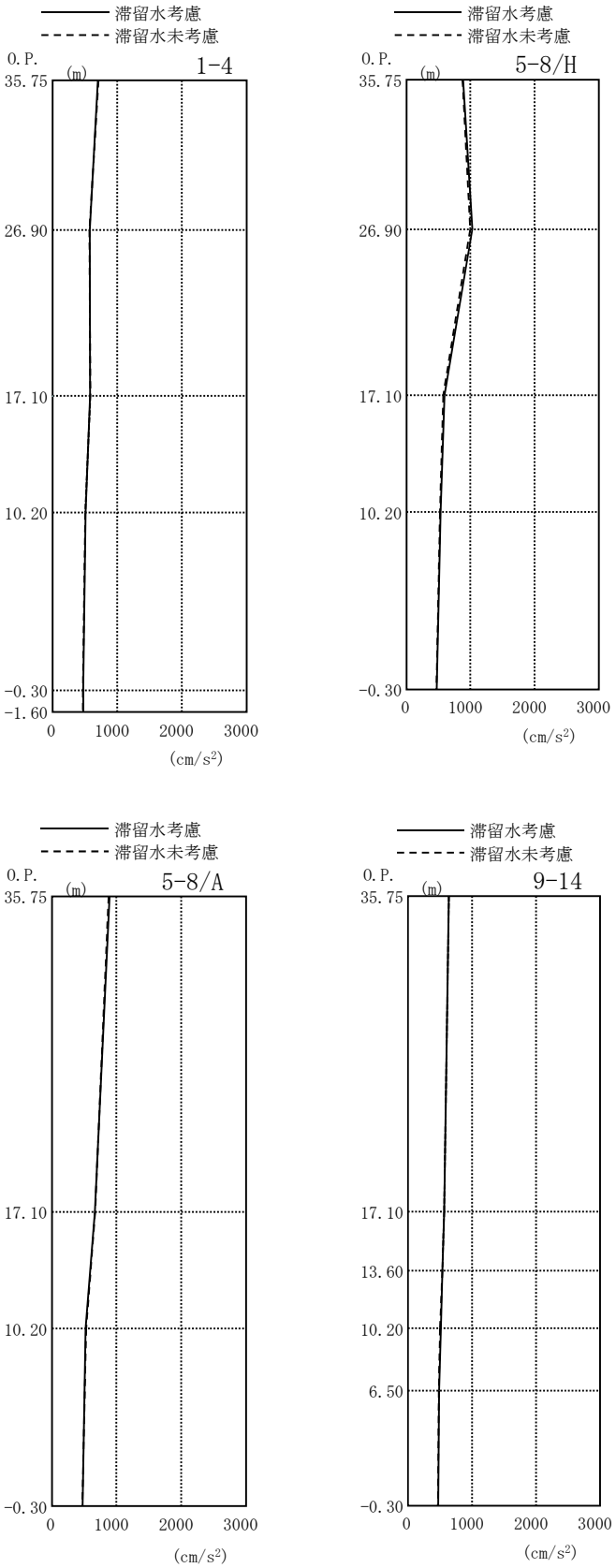


図 3.1.5-5　最大応答加速度（EW 方向・Ss-2H）

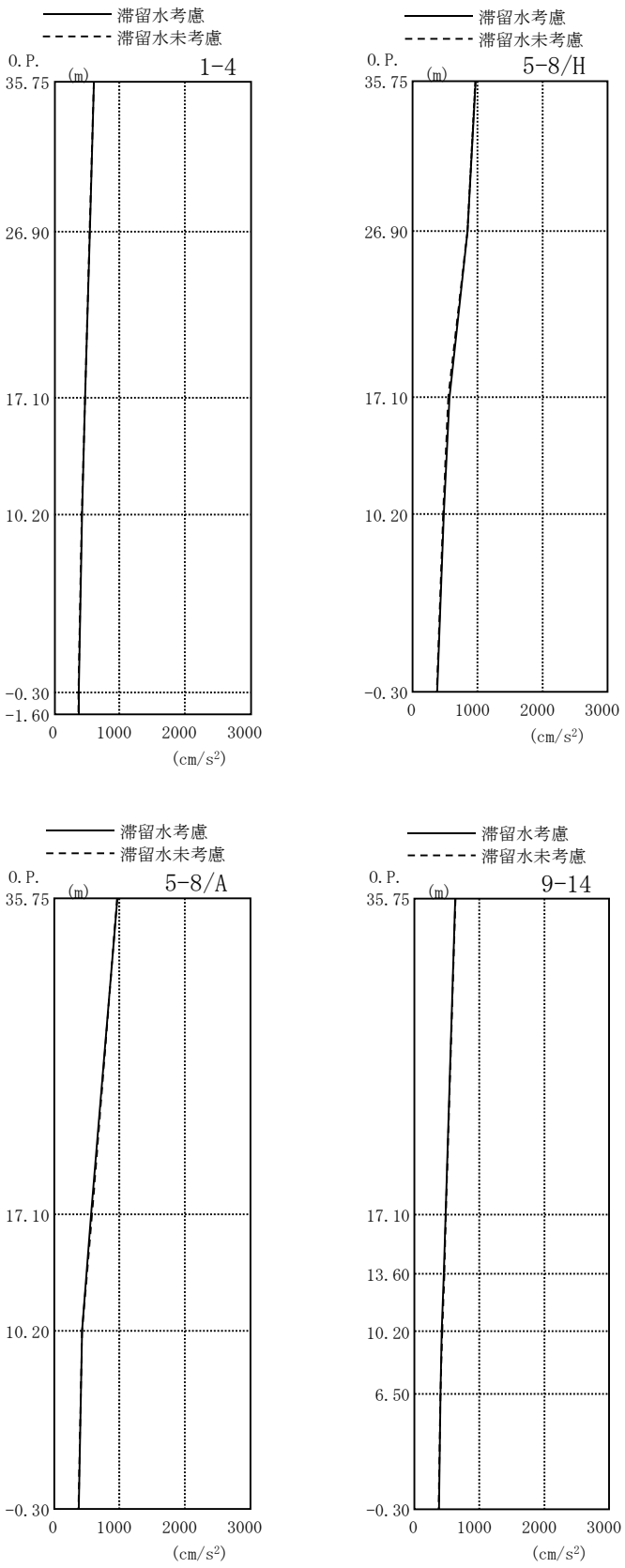


図 3.1.5-6　最大応答加速度（EW 方向・Ss-3H）

3.1.6　耐震安全性評価結果

地震応答解析により得られた地下耐震壁のせん断ひずみ一覧を，滞留水を未考慮の場合と比較して，表 3.1.6-1 及び表 3.1.6-2 に示す。また，図 3.1.6-1 及び図 3.1.6-2 に基準地震動 Ss に対する最大応答値を，滞留水を未考慮の場合と比較して，耐震壁のスケルトン曲線上に示す。せん断ひずみは，滞留水を考慮した場合でも，最大で 0.15×10^{-3} であり，評価基準値（4.0×10^{-3}）に対して十分余裕がある。なお，スケルトン曲線は，建屋の方向別に，層を単位とした水平断面形状より「JEAG4601-1991」に基づいて設定したものである。

以上のことから，３号機タービン建屋の耐震安全性は確保されているものと評価した。

表 3.1.6-1　耐震壁のせん断ひずみ一覧（NS 方向）

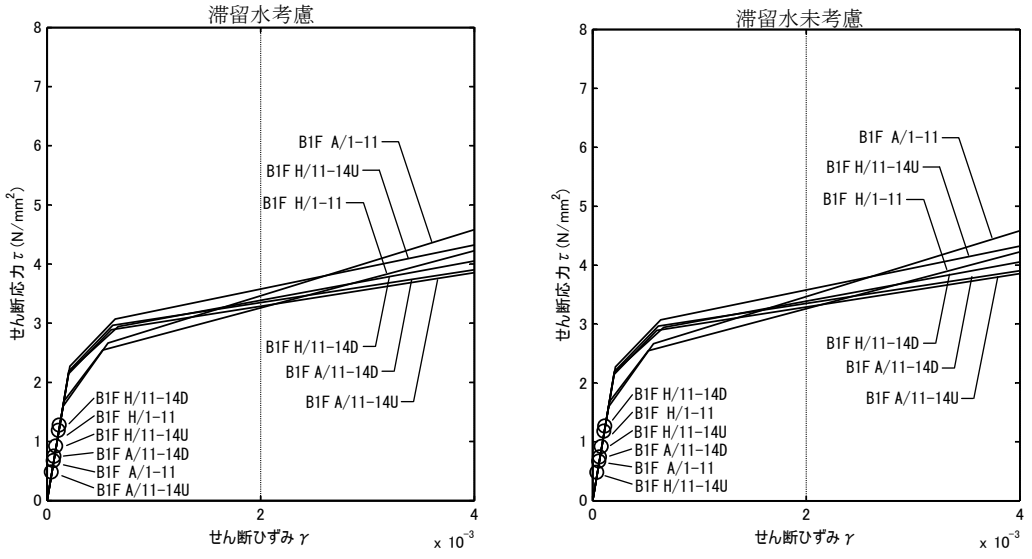
（単位：$\times10^{-3}$）

階	通り		O.P.	Ss-1H		Ss-2H		Ss-3H		評価基準
				滞留水		滞留水		滞留水		
				考慮	未考慮	考慮	未考慮	考慮	未考慮	
B1F	H/1-11		10.20～-0.30	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	4.0 以下
	H/11-14	U	10.20～6.50	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	
		D	6.50～-0.30	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	
	A/1-11		10.20～-0.30	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	
	A/11-14	U	10.20～6.50	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	
		D	6.50～-0.30	0.07	0.07	0.08	0.07	0.06	0.06	

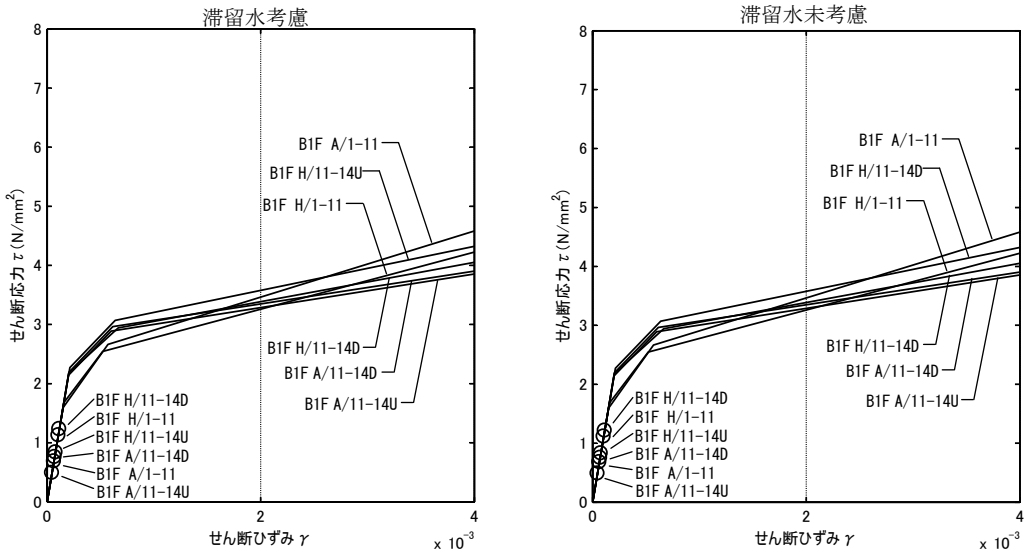
表 3.1.6-2　耐震壁のせん断ひずみ一覧（EW 方向）

（単位：$\times10^{-3}$）

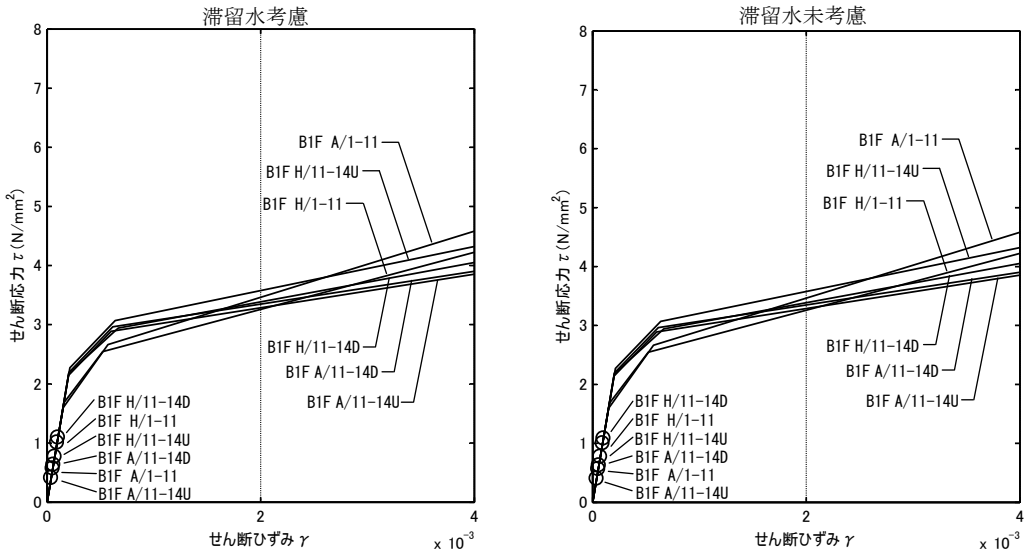
階	通り		O.P.	Ss-1H		Ss-2H		Ss-3H		評価基準
				滞留水		滞留水		滞留水		
				考慮	未考慮	考慮	未考慮	考慮	未考慮	
B1F	1-4		10.20～-0.30	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.07	4.0 以下
	5-8/H		10.20～-0.30	0.09	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	
	5-8/A		10.20～-0.30	0.09	0.09	0.10	0.10	0.08	0.08	
	9-14	U	10.20～6.50	0.13	0.13	0.14	0.13	0.11	0.11	
		D	6.50～-0.30	0.14	0.14	0.15	0.15	0.12	0.12	



(Ss-1H)

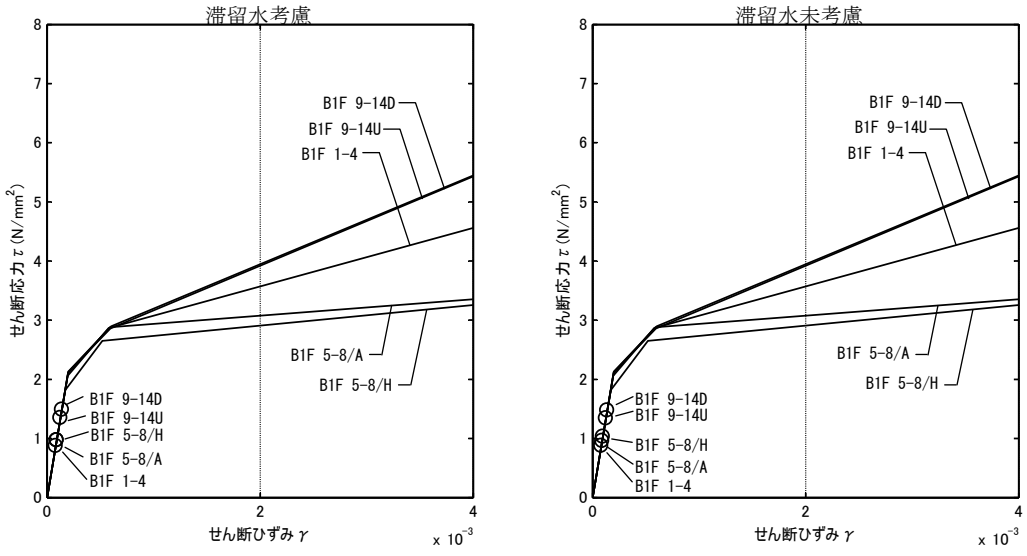


(Ss-2H)

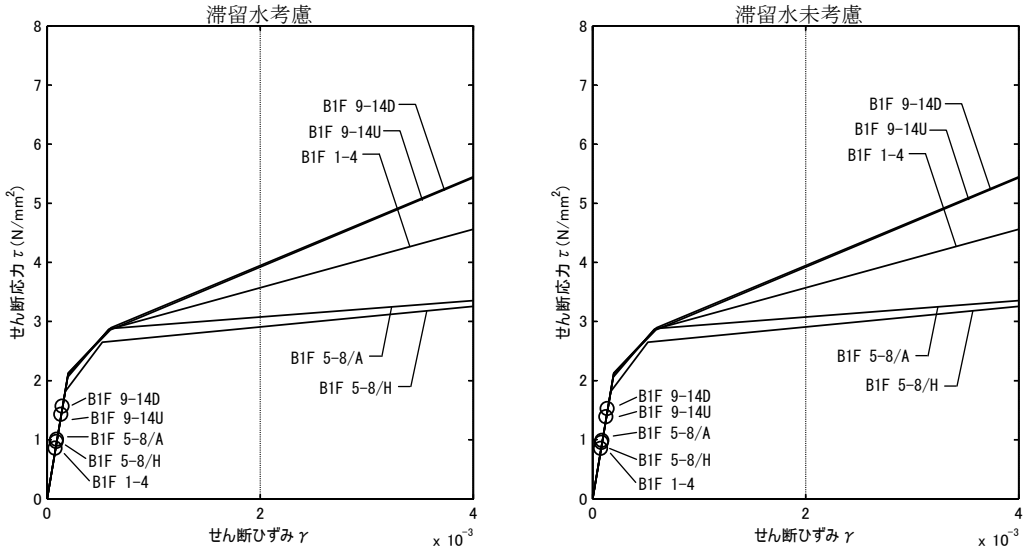


(Ss-3H)

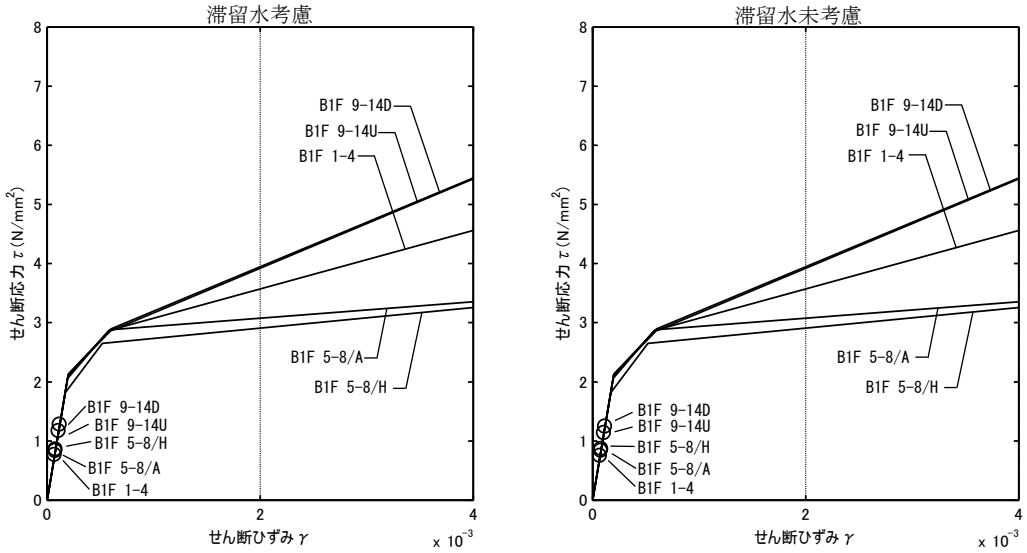
図 3.1.6-1　耐震壁のせん断ひずみ（NS 方向）



(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

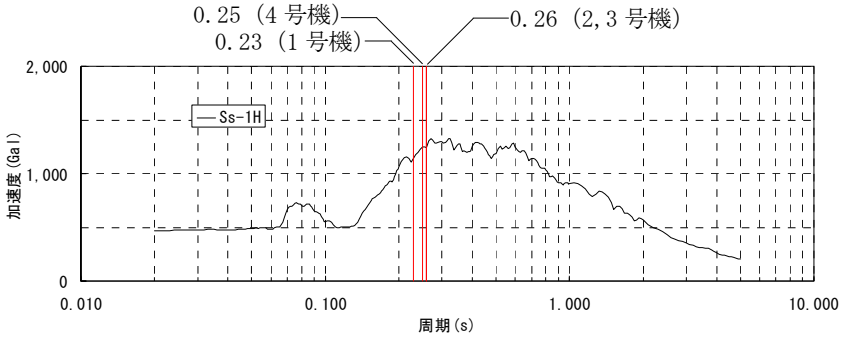
図 3.1.6-2　耐震壁のせん断ひずみ（EW 方向）

3.2　代表号機以外の検討

滞留水による影響を確認するため,滞留水量が最大であり重量変動が最も大きくなる３号機タービン建屋を代表号機として耐震安全性評価を行った結果,滞留水を考慮しても地下外壁の耐震安全性については十分余裕があることを確認している。

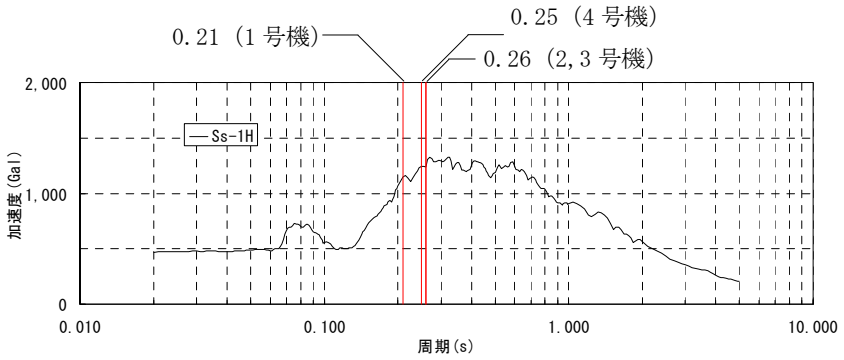
また，タービン建屋は，各号機の機能は同じであることから，構造形式および形状は各号機で同様となっている。各号機のタービン建屋の固有周期を比較した場合，一次固有周期はNS方向で0.23～0.26秒，EW方向で0.21～0.26秒となり，各号機の振動性状に顕著な差はみられない。

代表号機の基礎下の入力動の応答スペクトルに各建屋の一次固有周期を重ね描きしたもの、および代表号機の地下外壁の最大応答せん断ひずみに，代表号機の入力動の応答スペクトルにおける代表号機の一次固有周期の応答加速度α_{T1}と各号機の一次固有周期の応答加速度α_{T1}の比α_{amp}を乗じたγ_{resp}を図3.2-1～図3.2-3に示す。γ_{resp}は各号機ともに評価基準値4×10^{-3}に対して十分に小さいことから，代表号機以外についても地下外壁の耐震安全性は確保されているといえる。



号機	一次固有周期 T1 (sec)	応答加速度 α_{T1} (Gal)	応答加速度比 α_{amp}	γ_{resp} ($\times10^{-3}$)
#1	0.23	1,139	0.92	0.11
#2	0.26	1,238	1.00	0.12
#3	0.26	1,238	—	0.12
#4	0.25	1,247	1.01	0.13

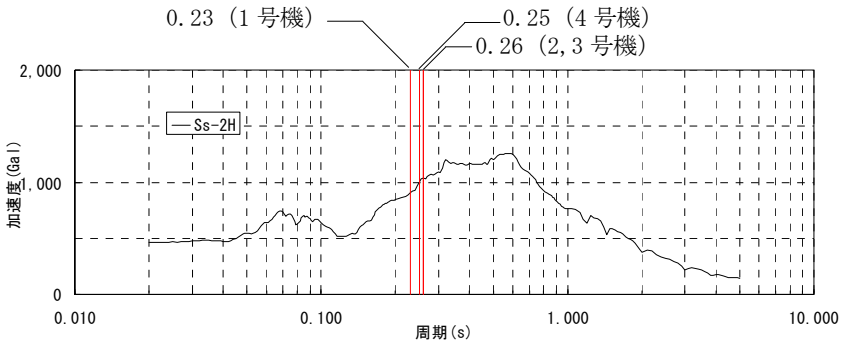
（タービン建屋NS方向）



号機	一次固有周期 T1 (sec)	応答加速度 α_{T1} (Gal)	応答加速度比 α_{amp}	γ_{resp} ($\times10^{-3}$)
#1	0.21	1,150	0.93	0.13
#2	0.26	1,238	1.00	0.14
#3	0.26	1,238	—	0.14
#4	0.25	1,247	1.01	0.15

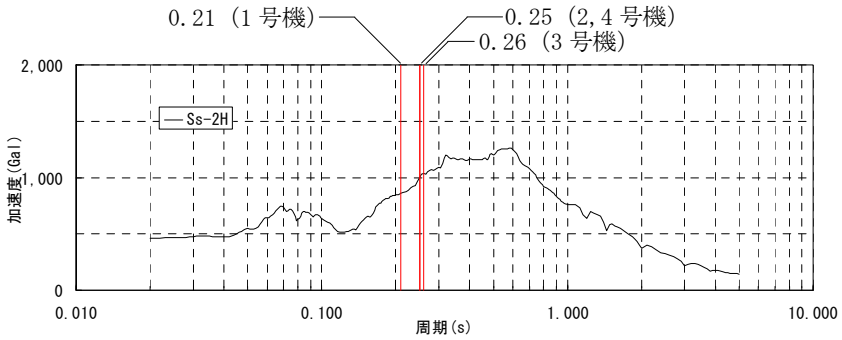
（タービン建屋EW方向）

図3.2-1　代表号機の基礎下の入力動の応答スペクトルと各建屋の一次固有周期（Ss-1H）



号機	一次固有周期 T1 (sec)	応答加速度 α_{T1} (Gal)	応答加速度比 α_{amp}	γ_{resp} ($\times 10^{-3}$)
#1	0.23	909	0.88	0.11
#2	0.26	1,038	1.00	0.12
#3	0.26	1,038	—	0.12
#4	0.25	1,000	0.96	0.12

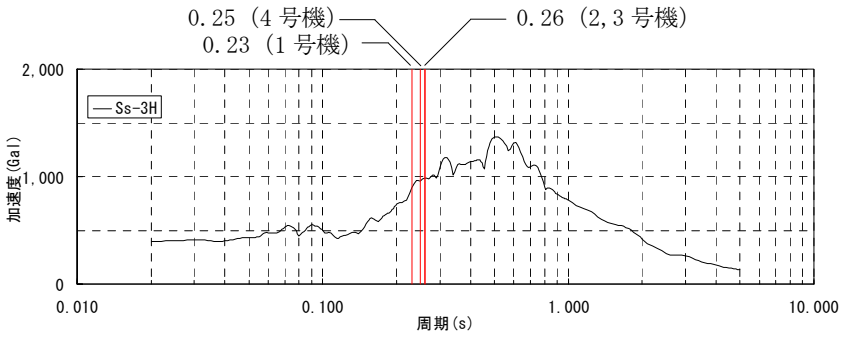
（タービン建屋 NS 方向）



号機	一次固有周期 T1 (sec)	応答加速度 α_{T1} (Gal)	応答加速度比 α_{amp}	γ_{resp} ($\times 10^{-3}$)
#1	0.21	860	0.83	0.13
#2	0.25	1,000	0.96	0.15
#3	0.26	1,038	—	0.15
#4	0.25	1,000	0.96	0.15

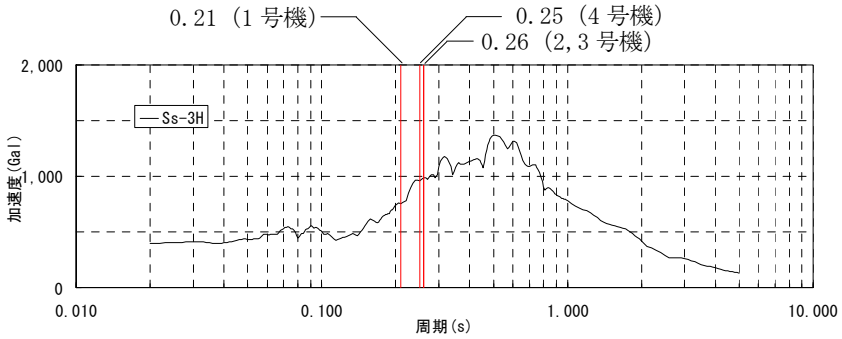
（タービン建屋 EW 方向）

図 3.2-2　代表号機の基礎下の入力動の応答スペクトルと各建屋の一次固有周期（Ss-2H）



号機	一次固有周期 T1 (sec)	応答加速度 α_{T1} (Gal)	応答加速度比 α_{amp}	γ_{resp} ($\times 10^{-3}$)
#1	0.23	898	0.91	0.10
#2	0.26	984	1.00	0.11
#3	0.26	984	—	0.11
#4	0.25	959	0.97	0.11

（タービン建屋 NS 方向）

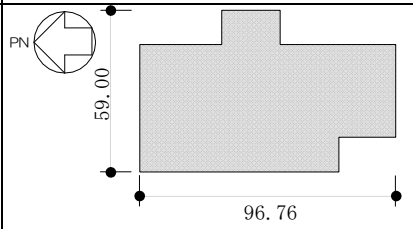
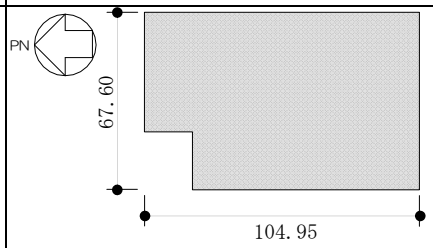
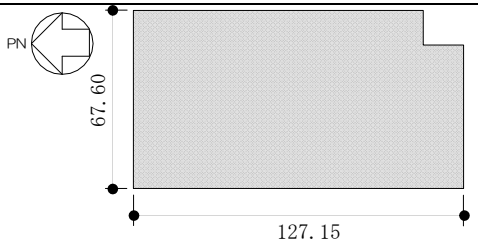
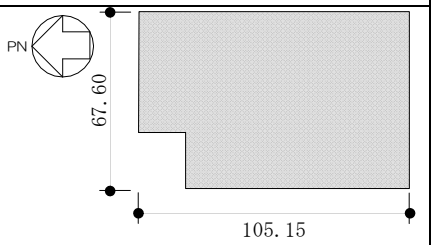
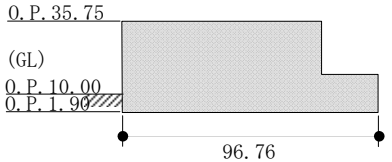
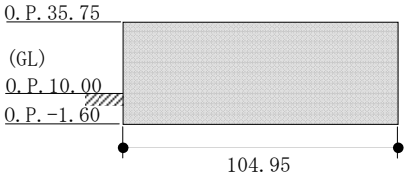
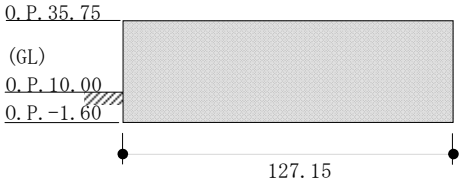
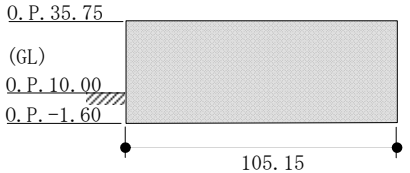
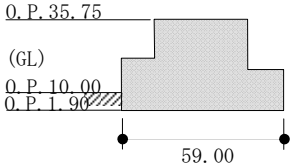
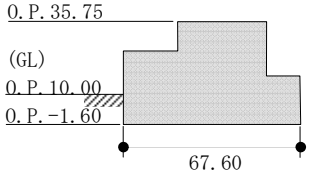
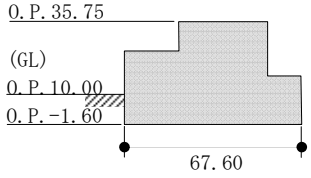
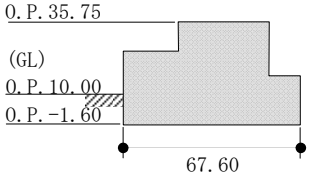


号機	一次固有周期 T1 (sec)	応答加速度 α_{T1} (Gal)	応答加速度比 α_{amp}	γ_{resp} ($\times 10^{-3}$)
#1	0.21	757	0.77	0.10
#2	0.26	984	1.00	0.12
#3	0.26	984	—	0.12
#4	0.25	959	0.97	0.12

（タービン建屋 EW 方向）

図 3.2-3　代表号機の基礎下の入力動の応答スペクトルと各建屋の一次固有周期（Ss-3H）

表 3.2-1　タービン建屋の形状・一次固有周期・滞留水量の比較

			1号機タービン建屋	2号機タービン建屋	3号機タービン建屋（代表号機）	4号機タービン建屋
平面図						
NS方向断面						
EW方向断面						
一次固有周期(s)	NS	Ss-1H	0.23	0.26	0.26	0.25
		Ss-2H	0.23	0.26	0.26	0.25
		Ss-3H	0.23	0.26	0.26	0.25
	EW	Ss-1H	0.21	0.26	0.26	0.25
		Ss-2H	0.21	0.25	0.26	0.25
		Ss-3H	0.21	0.26	0.26	0.25
滞留水量(m^3)			9,600	13,500	16,400	12,800
同一レベルの貯留比率※			B1F:0.330	B1F:0.313	B1F:0.370	B1F:0.285

※同一レベルの滞留水重量と質点重量の比率

4　廃棄物処理建屋

4.1　4号機廃棄物処理建屋（代表号機）

4.1.1　解析評価方針

廃棄物処理建屋の地下滞留水を考慮した耐震安全性評価は，基準地震動Ssを用いた地震応答解析によることを基本とし，建物・構築物や地盤の応答性状を適切に表現できるモデルを設定した上で行う。

廃棄物処理建屋については地下滞留水量が最大となる代表号機を選定する。

解析モデルは，地下1階から地上3階に設置された機器を含む建屋全域をNS，EW方向とも多軸質点系モデルとする。

地下階への滞留水の付加重量は建屋外形寸法・建屋内部の壁厚・機器容積から体積を算定し，保守的にその全てを固定水として評価する。

地下耐震壁の評価は，地震応答解析により得られた該当部位の最大せん断ひずみが，評価基準値（4.0×10^{-3}）を超えないことを確認することとする。

廃棄物処理建屋の地震応答解析の評価手順例を，図4.1.1-1に示す。

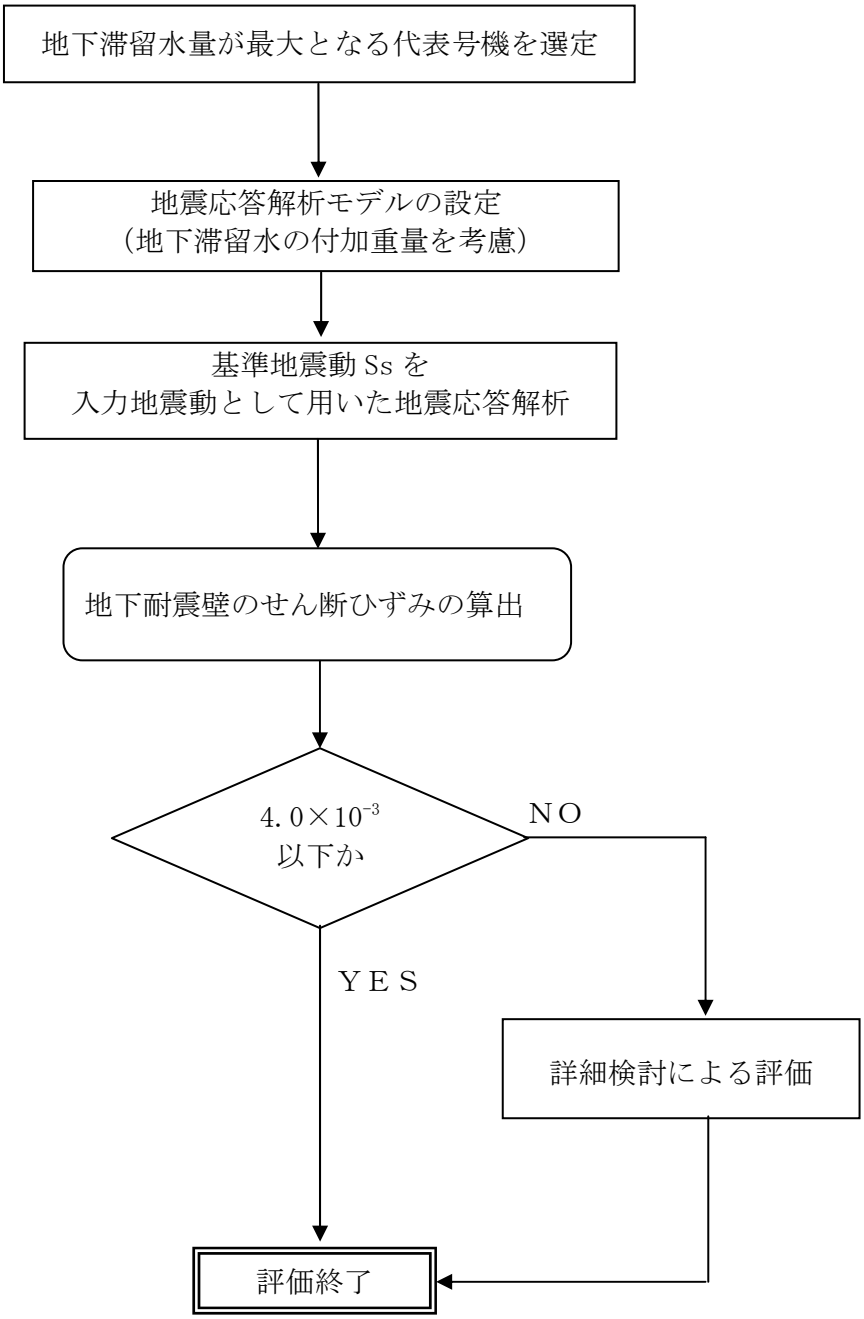


図 4.1.1-1　廃棄物処理建屋の地震応答解析の評価手順例

4.1.2　代表号機の選定

廃棄物処理建屋の満水状態の水位及び地下滞留水量を表 4.1.2-1 に示す。表 4.1.2-1 より，貯水量の最も多い４号機を代表号機と選定する。

表 4.1.2-1　廃棄物処理建屋の満水状態の水位及び地下滞留水量

	１号機	２号機	３号機	４号機
水位	O.P.　4,000	O.P.　4,000	O.P.　4,000	O.P.　4,000
貯水量	1,400m^3	2,600m^3	2,600m^3	4,500m^3

4.1.3　解析に用いる入力地震動

４号機廃棄物処理建屋への入力地震動は，「福島第一原子力発電所　『発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針』の改訂に伴う耐震安全性評価結果　中間報告書」（原管発官１９第６０３号　平成２０年３月３１日付け）にて作成した解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 Ss を用いることとする。

地震応答解析に用いる入力地震動の概念図を図 4.1.3-1 に示す。この廃棄物処理建屋の解析モデルに入力する地震動は，一次元波動論に基づき，解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 Ss に対する建屋基礎底面レベルの地盤応答として評価する。また，建屋基礎底面レベルにおけるせん断力を入力地震動に付加することにより，地盤の切欠き効果を考慮する。

このうち，解放基盤表面位置（0.P. -196.0m）における基準地震動 Ss の加速度波形について，図 4.1.3-2 に示す。

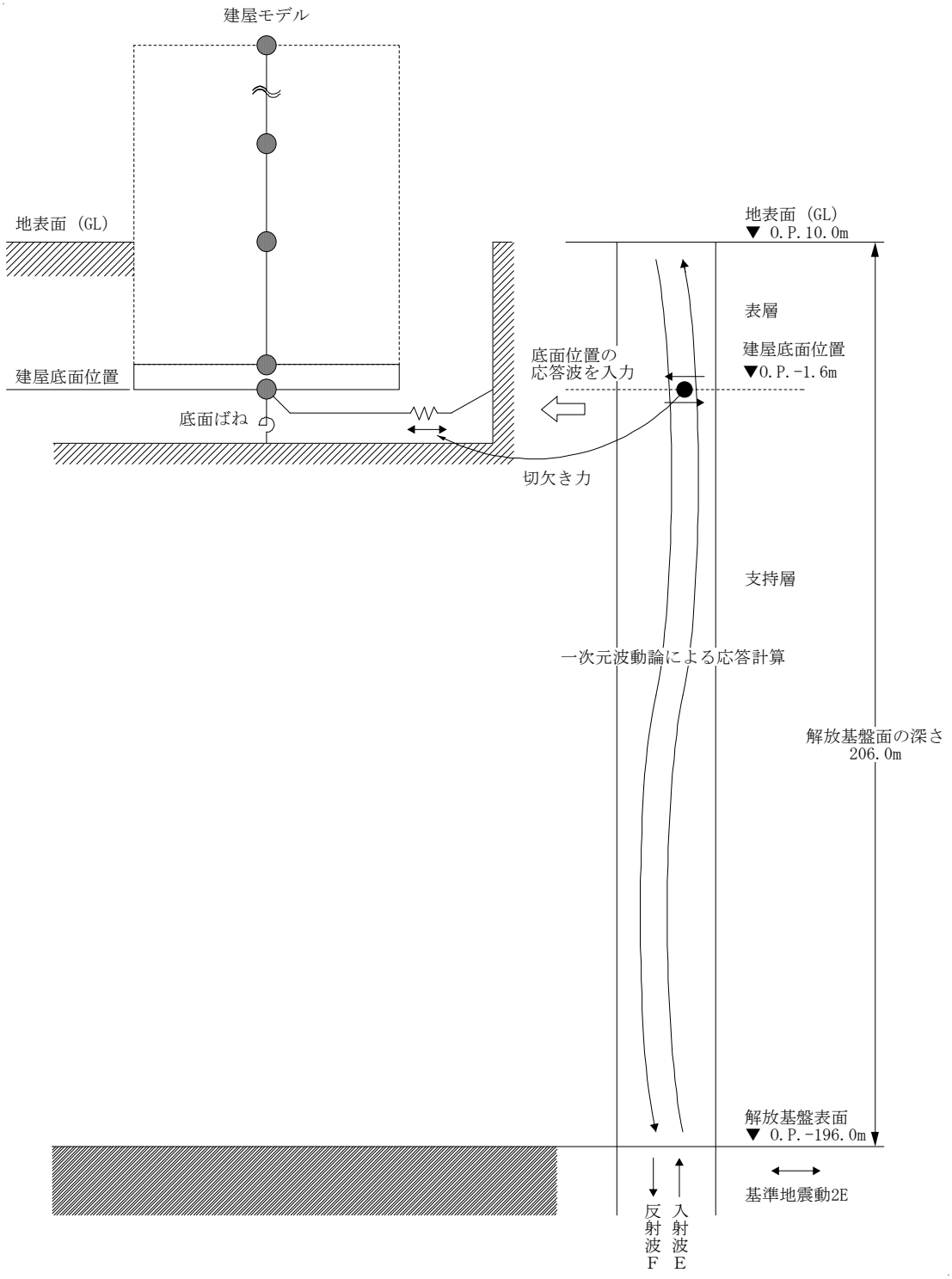
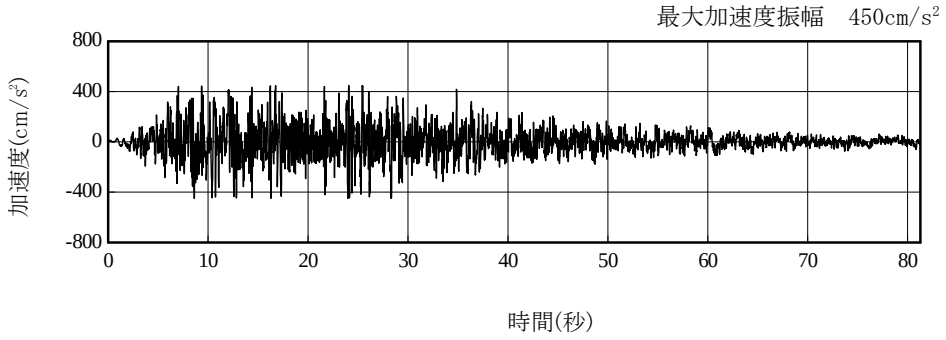
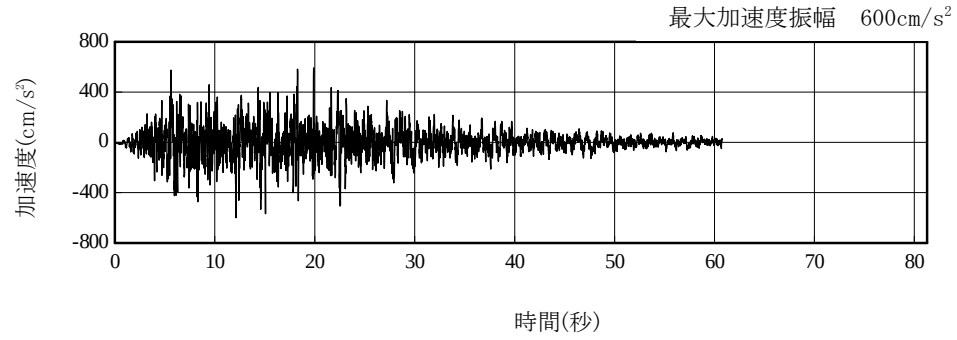


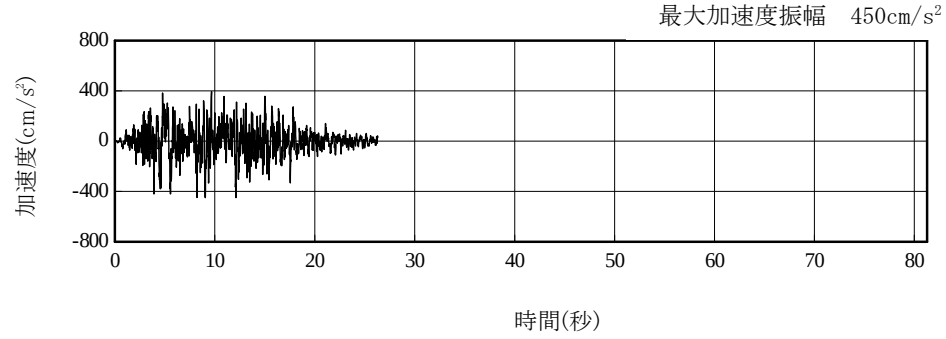
図 4.1.3-1　地震応答解析に用いる入力地震動の概念図



(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

図 4.1.3-2　解放基盤表面位置における地震動の加速度時刻歴波形（水平方向）

4.1.4　地震応答解析モデル

基準地震動 Ss に対する 4 号機廃棄物処理建屋の地震応答解析は,「4.1.3.　解析に用いる入力地震動」で算定した入力地震動を用いた動的解析による。

地震応答解析モデルは，図 4.1.4-1 及び図 4.1.4-2 に示すように，建屋を曲げ変形とせん断変形をする質点系とし，地盤を等価なばねで評価した建屋－地盤連成系モデルとする。建屋－地盤連成系としての効果は地盤ばね及び入力地震動によって評価される。解析に用いるコンクリートの物性値を表 4.1.4-1 に，建屋解析モデルの諸元を表 4.1.4-2 に示す。

地盤定数は，水平成層地盤と仮定し，地震時のせん断ひずみレベルを考慮して定めた。解析に用いた地盤定数を表 4.1.4-3 に示す。

解析モデルにおいて，基礎底面地盤ばねについては,「JEAG 4601-1991」に示された手法を参考にして，成層補正を行ったのち，振動アドミッタンス理論に基づいて，スウェイ及びロッキングばね定数を近似的に評価する。

地盤ばねは振動数に依存した複素剛性として得られるが，図-1.4.3 に示すようにばね定数（Kc）として実部の静的な値を，また，減衰係数（Cc）として建屋－地盤連成系の 1 次固有振動数に対応する虚部の値と原点を結ぶ直線の傾きを採用することにより近似する。

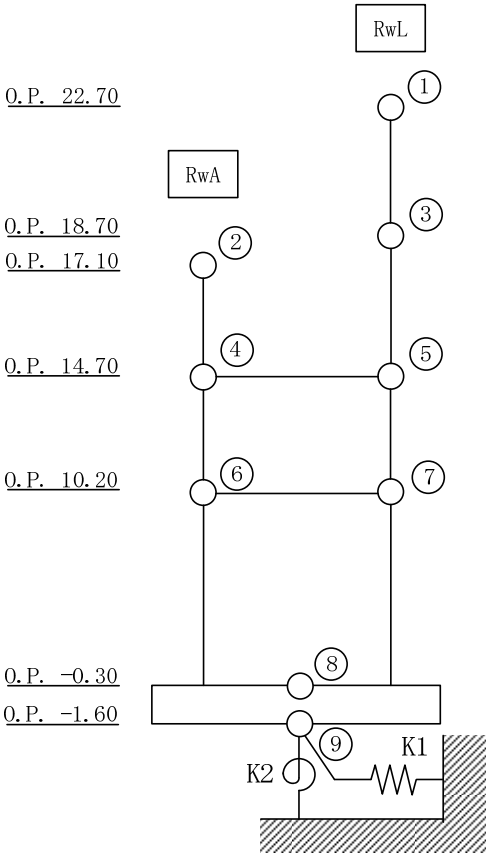


図 4.1.4-1　４号機廃棄物処理建屋　地震応答解析モデル（NS 方向）

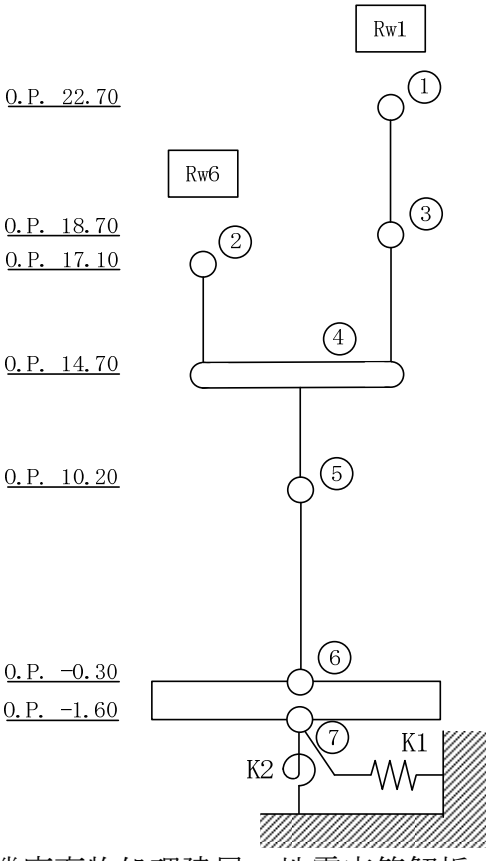


図 4.1.4-2　４号機廃棄物処理建屋　地震応答解析モデル（EW 方向）

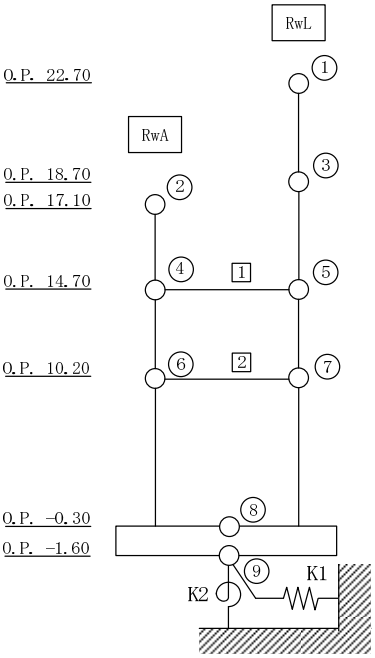
表 4.1.4-1　地震応答解析に用いる物性値

	強度＊1 Ｆｃ （N/mm^2）	ヤング係数*2 E （N/mm^2）	せん断弾性係数*2 G （N/mm^2）	ポアソン比 ν	単位体積重量*3 γ （kN/m^3）
コンクリート	35.0	2.57×10^4	1.07×10^4	0.2	24
鉄筋	SD345相当 (SD35)				

*1：強度は実状に近い強度（以下「実強度」という。）を採用した。実強度の設定は，過去の圧縮強度試験データを収集し試験データのばらつきを考慮し圧縮強度平均値を小さめにまるめた値とした。
*2：実強度に基づく値を示す。
*3：鉄筋コンクリートの値を示す。

表 4.1.4-2　建屋解析モデルの諸元

NS 方向



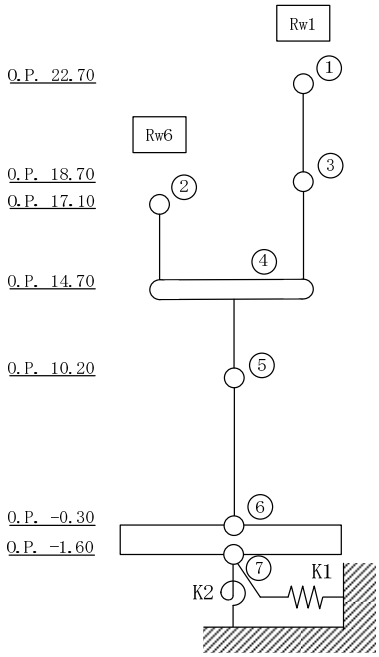
質点番号	質点位置 O.P.（m）	質点重量 W（kN）	回転慣性 I_R（×10⁵ kN/m²）	せん断断面積 As（m²）	断面2次モーメント I_B（m⁴）
②	17.1	1,920	0.65	16.0	987
④	14.7	13,110	5.48	34.3	4,408
⑥	10.2	35,150	14.70	44.1	6,208
⑧	-0.3	129,370 (44,130)	91.69 (31.28)	1,832.6	129,874
⑨	-1.6	28,040	19.87		
合計		323,700			

質点番号	質点位置 O.P.（m）	質点重量 W（kN）	回転慣性 I_R（×10⁵ kN/m²）	せん断断面積 As（m²）	断面2次モーメント I_B（m⁴）
①	22.7	4,050	0.69	13.2	271
③	18.7	11,790	2.33	30.6	1,186
⑤	14.7	24,610	10.29	50.9	6,138
⑦	10.2	75,660	63.32	125.7	25,167

注（　）内は滞留水による付加分を示す。

ヤング係数 Ec	2.57×10^{7}(kN/m²)
せん断弾性係数 G	1.07×10^{7}(kN/m²)
ポアソン比 ν	0.20
減衰 h	5%
基礎形状	25.22m(NS 方向)×72.65m(EW 方向)
床のせん断ばね定数 Ks	1：44.48×10^{5}(kN/m)　2：45.21×10^{5}(kN/m)

EW 方向



質点番号	質点位置 O.P.（m）	質点重量 W（kN）	回転慣性 I_R（×10⁵ kN/m²）	せん断断面積 As（m²）	断面2次モーメント I_B（m⁴）
②	17.1	1,920	0.08	5.4	30
④	14.7	37,730	127.38	151.8	30,007
⑤	10.2	110,800	526.07	176.5	66,926
⑥	-0.3	129,370 (44,130)	614.23 (209.52)	1,832.6	870,078
⑦	-1.6	28,040	133.13		
合計		323,700			

質点番号	質点位置 O.P.（m）	質点重量 W（kN）	回転慣性 I_R（×10⁵ kN/m²）	せん断断面積 As（m²）	断面2次モーメント I_B（m⁴）
①	22.7	4,050	0.52	21.2	280
③	18.7	11,790	5.15	45.2	1,824

注（　）は滞留水による付加分を示す。

ヤング係数 Ec	2.57×10^{7}(kN/m²)
せん断弾性係数 G	1.07×10^{7}(kN/m²)
ポアソン比 ν	0.20
減衰 h	5%
基礎形状	25.22m(NS 方向)×72.65m(EW 方向)

表 4.1.4-3(1)　地盤定数

(Ss-1)

標高 O.P. (m)	地質	せん断波速度 Vs (m/s)	単位体積重量 γ (kN/m^3)	ﾎﾟｱｿﾝ比 ν	せん断弾性係数 G ($\times 10^5 kN/m^2$)	初期せん断弾性係数 G_0 ($\times 10^5 kN/m^2$)	剛性低下率 G/G_0	ヤング係数 E ($\times 10^5 kN/m^2$)	減衰定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
	砂岩	380	17.8	0.473	2.23	2.62	0.85	6.57	3	8.1
1.9										
		450	16.5	0.464	2.66	3.41	0.78	7.79	3	11.9
-10.0										
		500	17.1	0.455	3.40	4.36	0.78	9.89	3	70.0
-80.0	泥岩									
		560	17.6	0.446	4.39	5.63	0.78	12.70	3	28.0
-108.0										
		600	17.8	0.442	5.09	6.53	0.78	14.68	3	88.0
-196.0										
	(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-	-

表 4.1.4-3 (2)　地盤定数

(Ss-2)

標高 O.P. (m)	地質	せん断波速度 Vs (m/s)	単位体積重量 γ (kN/m^3)	ﾎﾟｱｿﾝ比 ν	せん断弾性係数 G ($\times 10^5 kN/m^2$)	初期せん断弾性係数 G_0 ($\times 10^5 kN/m^2$)	剛性低下率 G/G_0	ヤング係数 E ($\times 10^5 kN/m^2$)	減衰定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
	砂岩	380	17.8	0.473	2.23	2.62	0.85	6.57	3	8.1
1.9										
		450	16.5	0.464	2.76	3.41	0.81	8.08	3	11.9
-10.0										
		500	17.1	0.455	3.53	4.36	0.81	10.27	3	70.0
-80.0	泥岩									
		560	17.6	0.446	4.56	5.63	0.81	13.19	3	28.0
-108.0										
		600	17.8	0.442	5.29	6.53	0.81	15.26	3	88.0
-196.0										
	(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-	-

表 4.1.4-3 (3)　地盤定数

(Ss-3)

標高 O.P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m^3)	ﾎﾟｱｿﾝ比 ν	せん断 弾性係数 G ($\times 10^5 kN/m^2$)	初期せん断 弾性係数 G_0 ($\times 10^5 kN/m^2$)	剛性 低下率 G/G_0	ヤング 係数 E ($\times 10^5 kN/m^2$)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
	砂岩	380	17.8	0.473	2.25	2.62	0.86	6.63	3	8.1
1.9										
	泥岩	450	16.5	0.464	2.66	3.41	0.78	7.79	3	11.9
-10.0										
		500	17.1	0.455	3.40	4.36	0.78	9.89	3	70.0
-80.0										
		560	17.6	0.446	4.39	5.63	0.78	12.70	3	28.0
-108.0										
		600	17.8	0.442	5.09	6.53	0.78	14.68	3	88.0
-196.0										
	(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-	-

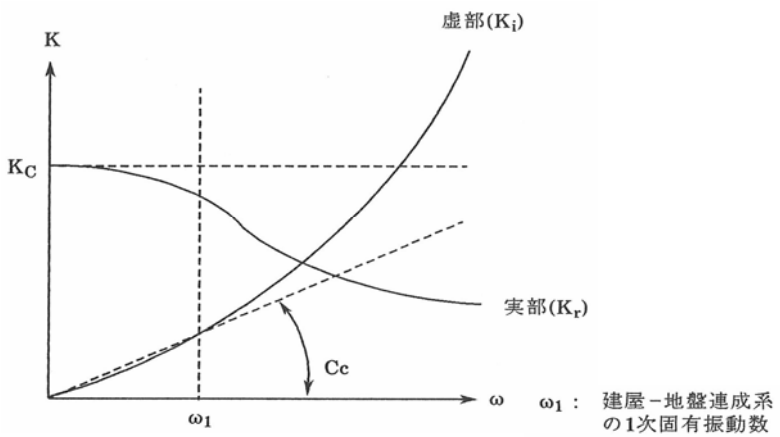


図 4.1.4-3　地盤ばねの近似

4.1.5　地震応答解析結果

地震応答解析により求められたNS方向，EW方向の最大応答加速度を，滞留水を未考慮の場合と比較して，図4.1.5-1～図4.1.5-6に示す。

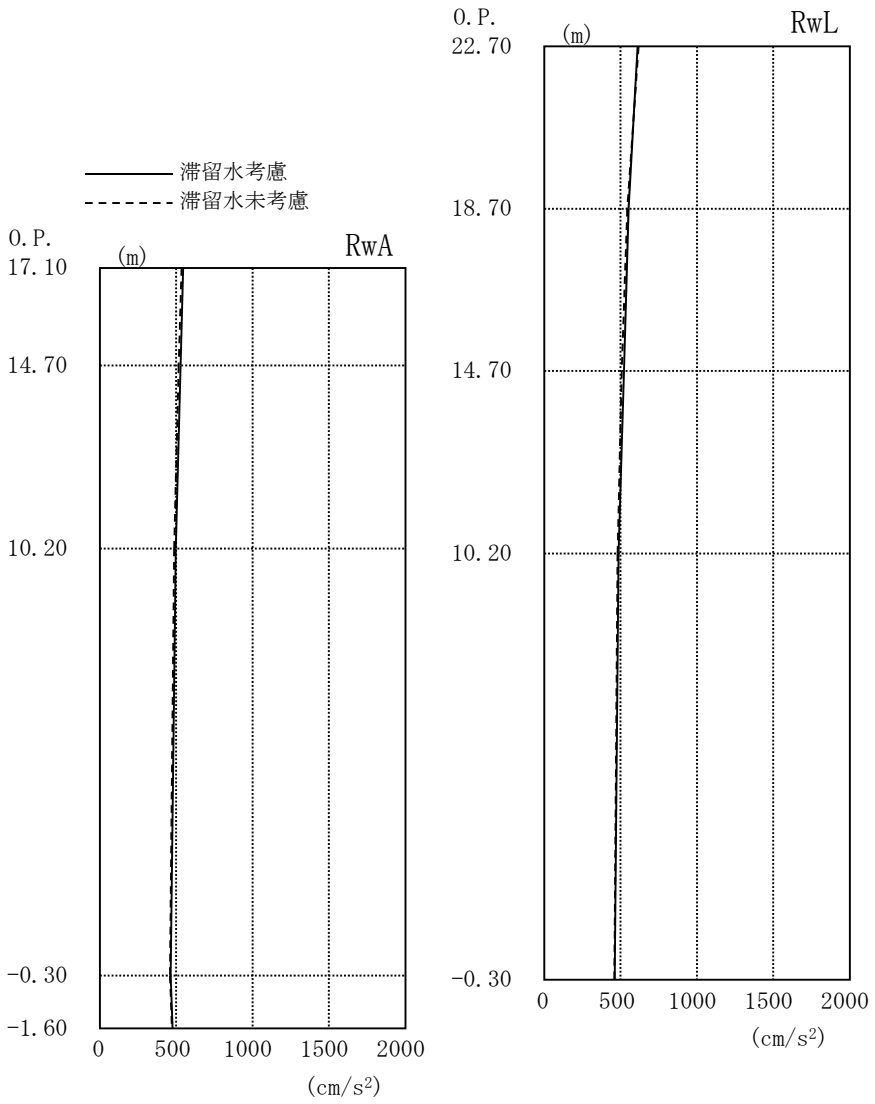


図 4.1.5-1　最大応答加速度（NS 方向・Ss-1H）

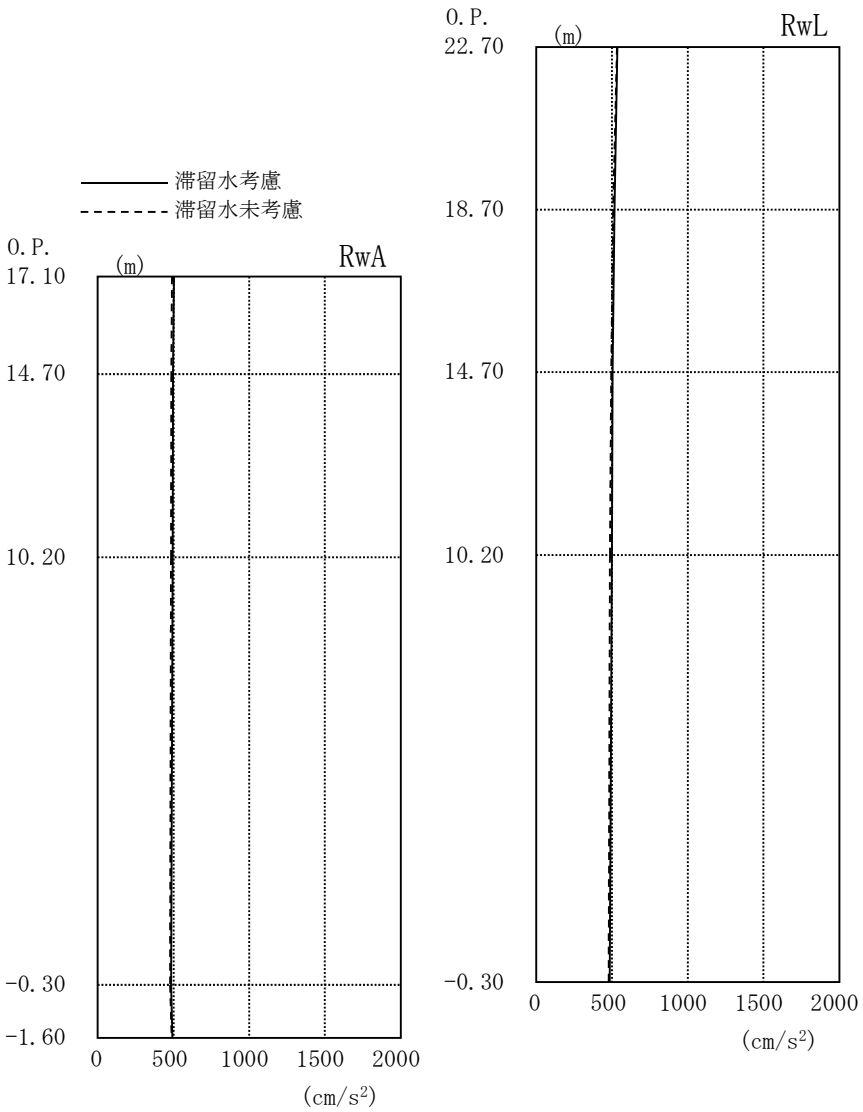


図 4.1.5-2　最大応答加速度（NS 方向・Ss-2H）

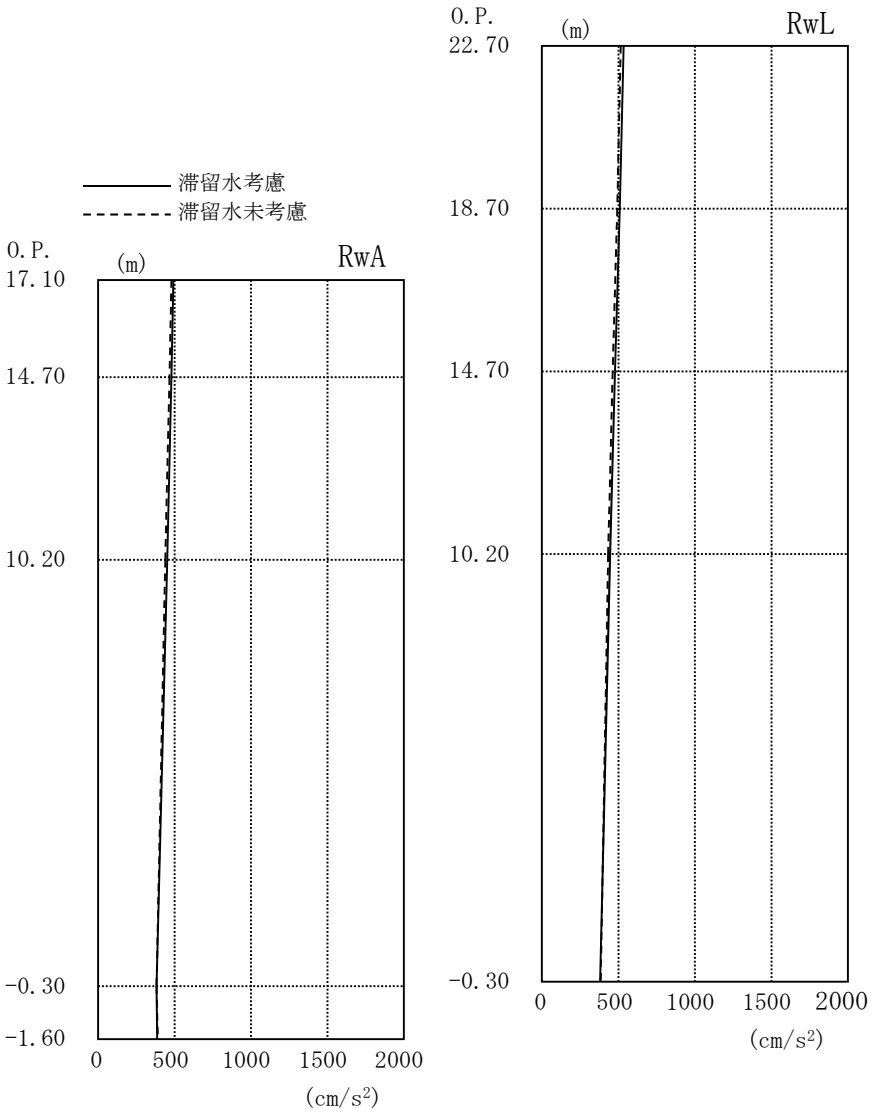


図 4.1.5-3　最大応答加速度（NS 方向・Ss-3H）

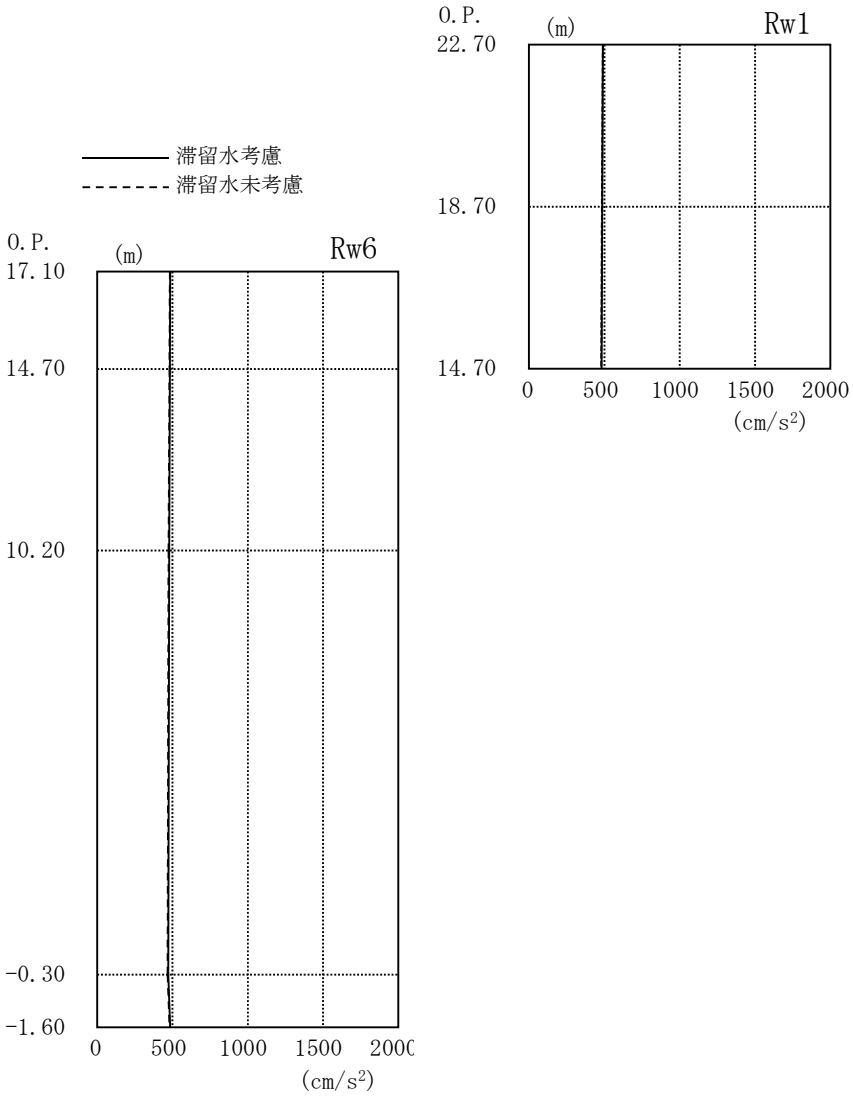


図 4.1.5-4　最大応答加速度（EW 方向・Ss-1H）

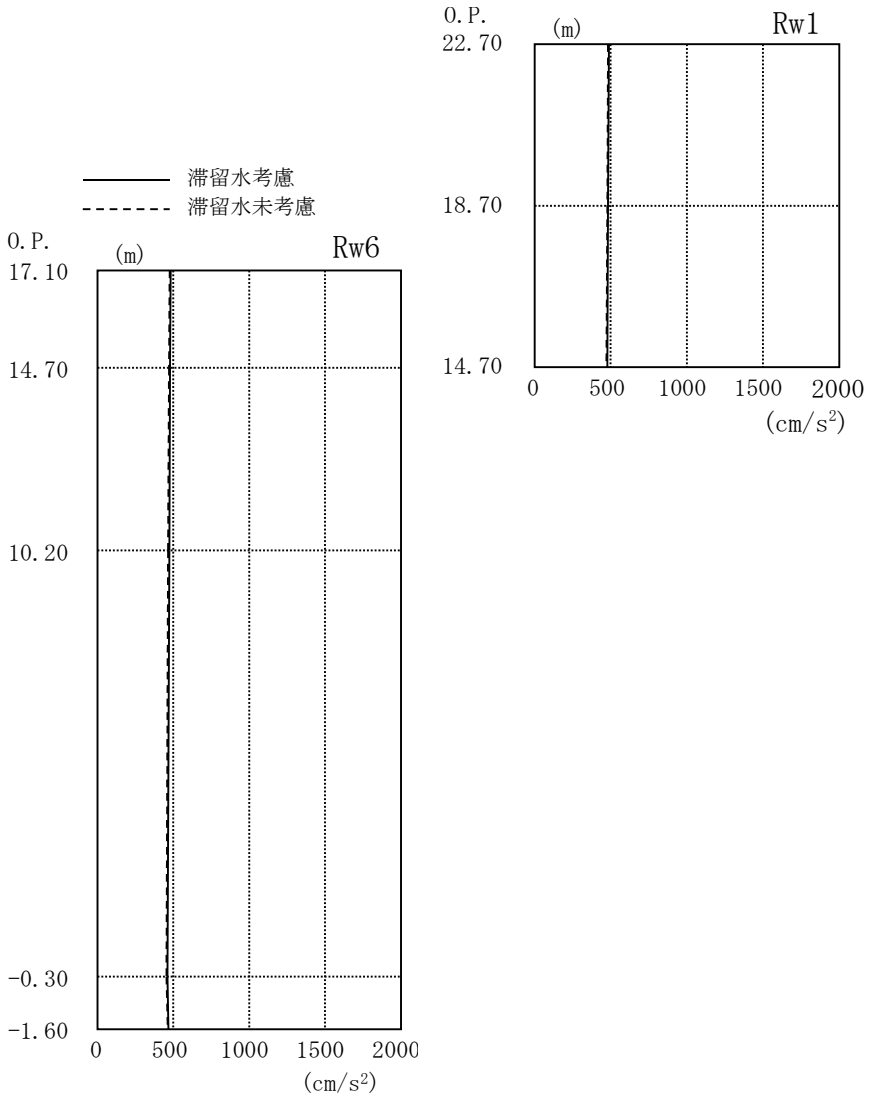


図 4.1.5-5　最大応答加速度（EW 方向・Ss-2H）

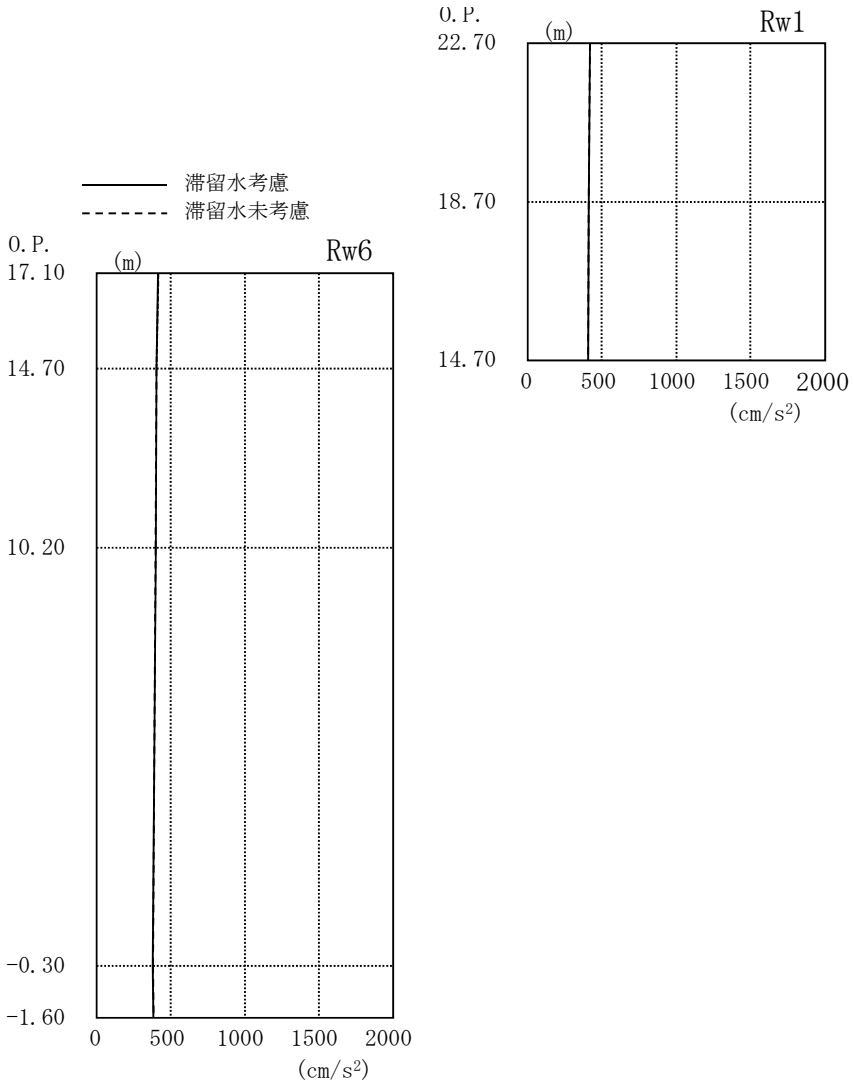


図 4.1.5-6　最大応答加速度（EW 方向・Ss-3H）

4.1.6　耐震安全性評価結果

地震応答解析により得られた地下耐震壁のせん断ひずみ一覧を，滞留水を未考慮の場合と比較して，表 4.1.6-1 及び表 4.1.6-2 に示す。また，図 4.1.6-1 及び図 4.1.6-2 に基準地震動 Ss に対する最大応答値を，滞留水を未考慮の場合と比較して，耐震壁のスケルトン曲線上に示す。せん断ひずみは，滞留水を考慮した場合でも，最大で 0.06×10^{-3} であり，評価基準値（4.0×10^{-3}）に対して十分余裕がある。なお，スケルトン曲線は，建屋の方向別に，層を単位とした水平断面形状より「JEAG4601-1991」に基づいて設定したものである。

以上のことから，４号機廃棄物処理建屋の耐震安全性は確保されているものと評価した。

表 4.1.6-1　耐震壁のせん断ひずみ一覧（NS 方向）

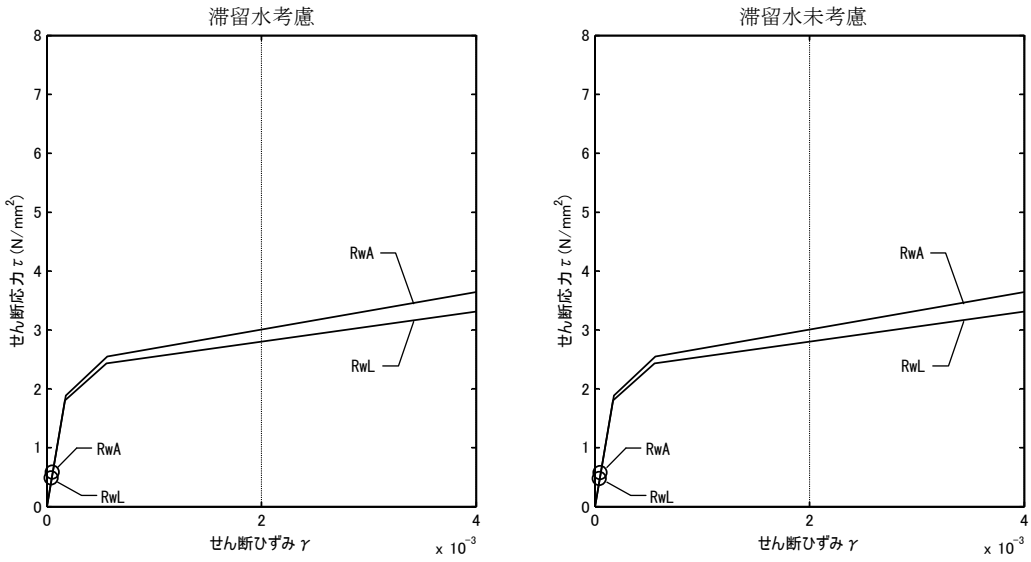
（単位：$\times10^{-3}$）

階	通り	O.P.	滞留水	Ss-1H	Ss-2H	Ss-3H	評価基準
B1F	RwA	10.20～-0.30	考慮	0.06	0.06	0.05	4.0 以下
			未考慮	0.06	0.06	0.05	
	RwL	10.20～-0.30	考慮	0.05	0.05	0.05	
			未考慮	0.05	0.05	0.04	

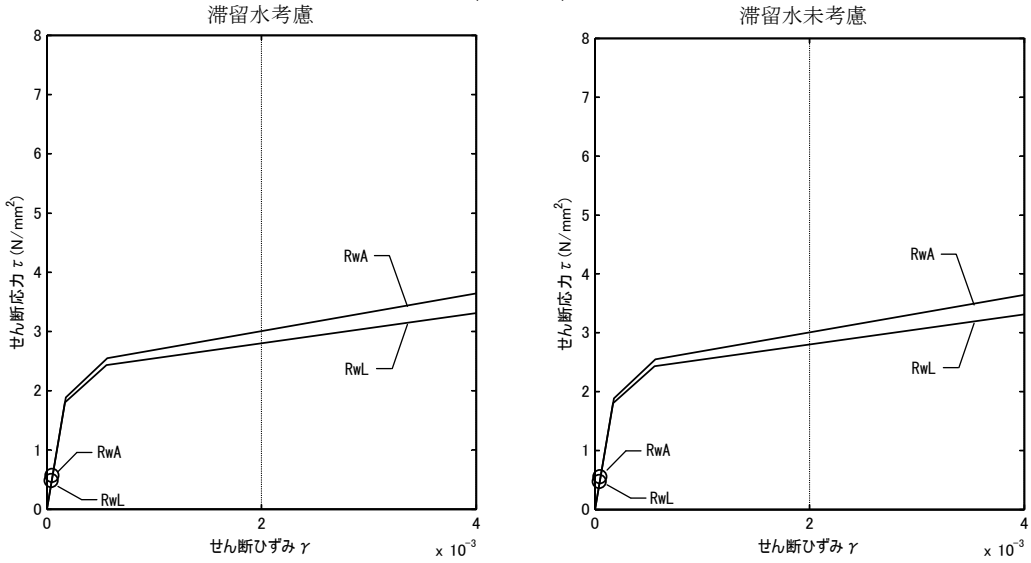
表 4.1.6-2　耐震壁のせん断ひずみ一覧（EW 方向）

（単位：$\times10^{-3}$）

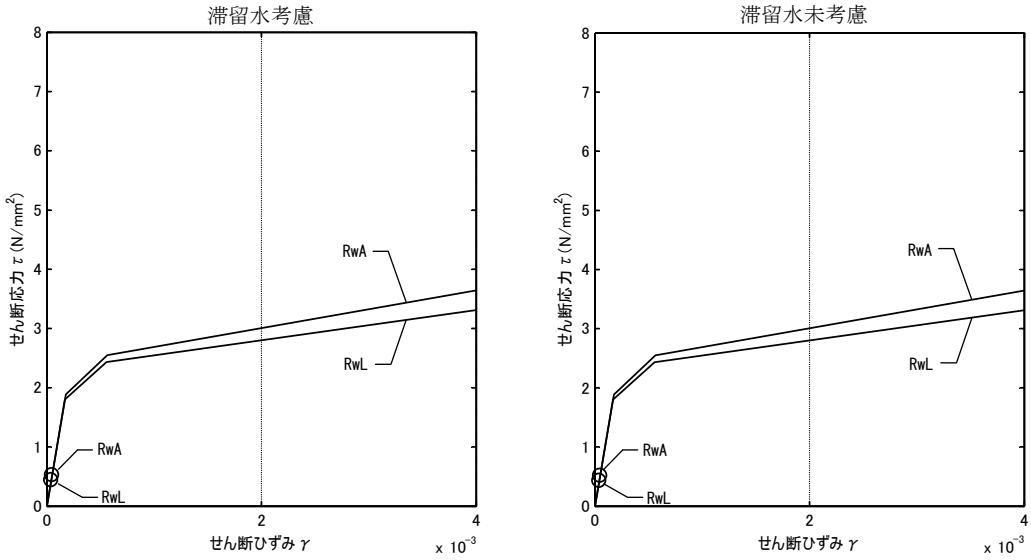
階	O.P.	滞留水	Ss-1H	Ss-2H	Ss-3H	評価基準
B1F	10.20～-0.30	考慮	0.05	0.05	0.04	4.0 以下
		未考慮	0.05	0.05	0.04	



(Ss-1H)

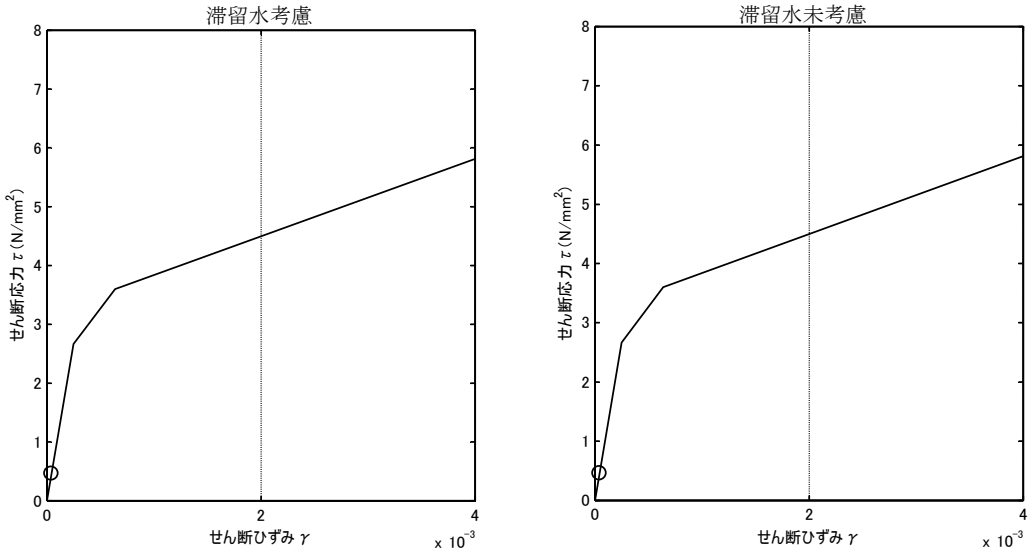


(Ss-2H)

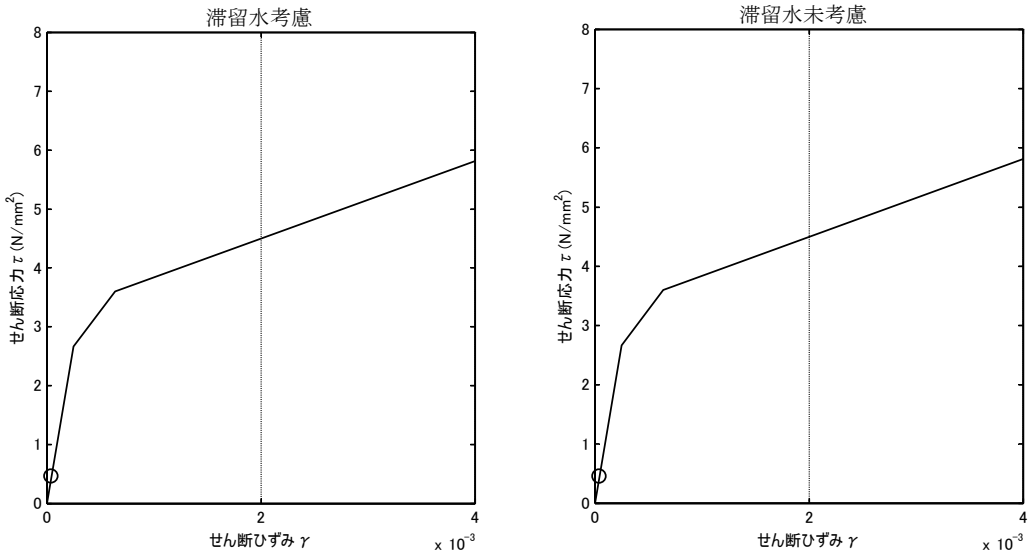


(Ss-3H)

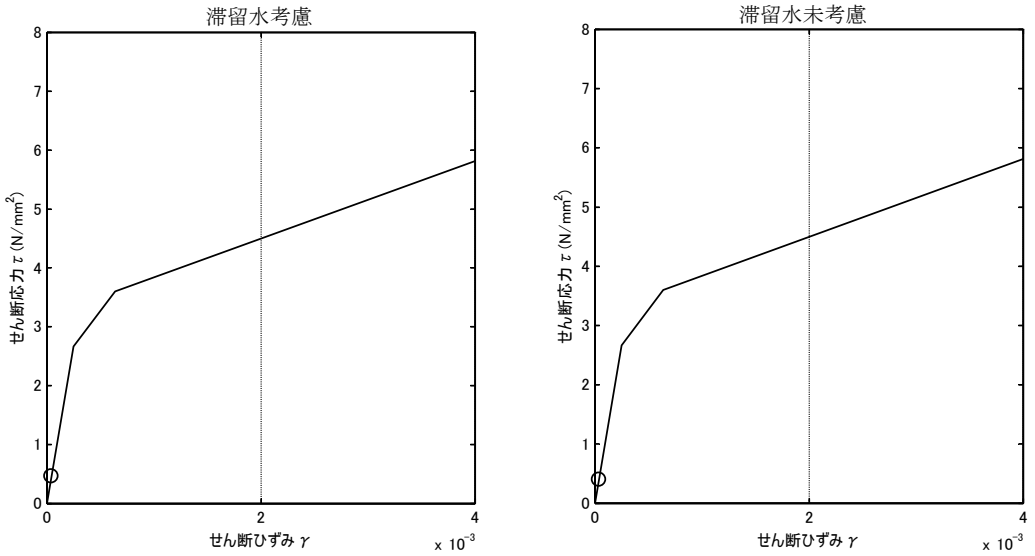
図 4.1.6-1　耐震壁のせん断ひずみ（NS 方向）



(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

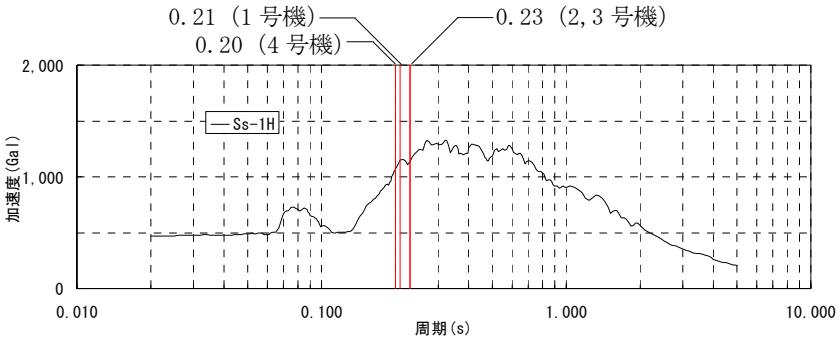
図 4.1.6-2　耐震壁のせん断ひずみ（EW 方向）

4.2　代表号機以外の検討

滞留水による影響を確認するため，滞留水量が最大であり重量変動が最も大きくなる４号機廃棄物処理建屋を代表号機として耐震安全性評価を行った結果，滞留水を考慮しても地下外壁の耐震安全性については十分余裕があることを確認している。

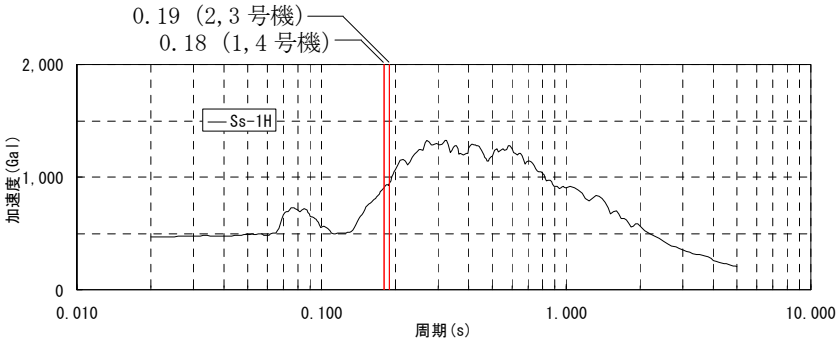
また，廃棄物処理建屋は，各号機の機能は同じであることから，構造形式および形状は各号機で同様となっている。各号機の廃棄物処理建屋の固有周期を比較した場合，一次固有周期はNS方向で0.21～0.23秒，EW方向で0.18～0.19秒となり，各号機の振動性状に顕著な差はみられない。

代表号機の基礎下の入力動の応答スペクトルに各建屋の一次固有周期を重ね描きしたもの、および代表号機の地下外壁の最大応答せん断ひずみに，代表号機の入力動の応答スペクトルにおける代表号機の一次固有周期の応答加速度α_{T1}と各号機の一次固有周期の応答加速度α_{T1}の比α_{amp}を乗じたγ_{resp}を図4.2-1～図4.2-3に示す。γ_{resp}は各号機ともに評価基準値4×10^{-3}に対して十分に小さいことから，代表号機以外についても地下外壁の耐震安全性は確保されているといえる。



号機	一次固有周期 T1 (sec)	応答加速度 α_{T1} (Gal)	応答加速度比 α_{amp}	γ_{resp} ($\times10^{-3}$)
#1	0.21	1,150	1.08	0.07
#2	0.23	1,139	1.07	0.07
#3	0.23	1,139	1.07	0.07
#4	0.20	1,067	－	0.06

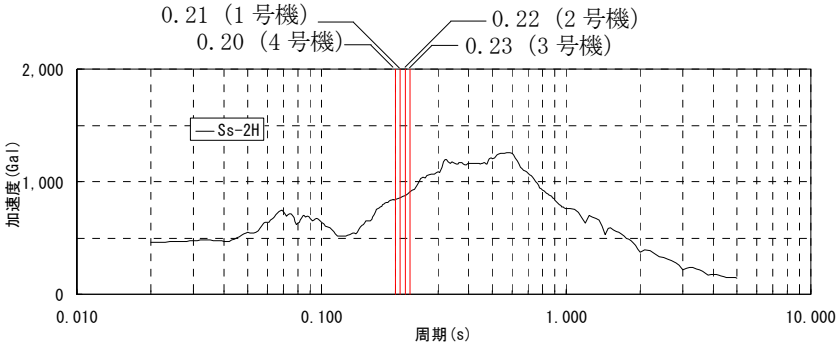
（廃棄物処理建屋NS方向）



号機	一次固有周期 T1 (sec)	応答加速度 α_{T1} (Gal)	応答加速度比 α_{amp}	γ_{resp} ($\times10^{-3}$)
#1	0.18	903	1.00	0.05
#2	0.19	944	1.05	0.06
#3	0.19	944	1.05	0.06
#4	0.18	903	－	0.05

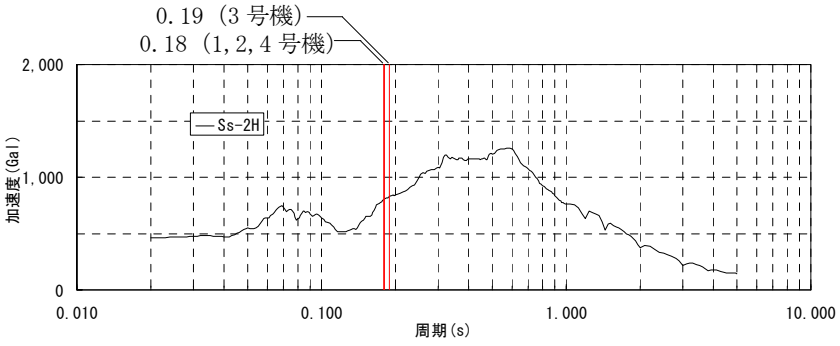
（廃棄物処理建屋EW方向）

図4.2-1　代表号機の基礎下の入力動の応答スペクトルと各建屋の一次固有周期（Ss-1H）



号機	一次固有周期 T1 (sec)	応答加速度 α_{T1} (Gal)	応答加速度比 α_{amp}	γ_{resp} ($\times 10^{-3}$)
#1	0.21	860	1.02	0.07
#2	0.22	877	1.04	0.07
#3	0.23	909	1.07	0.07
#4	0.20	847	—	0.06

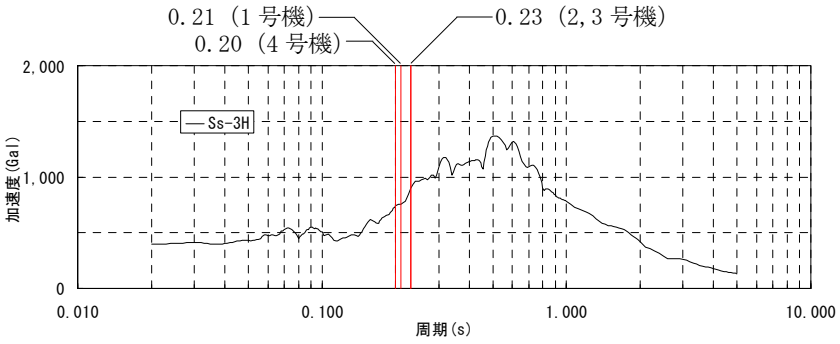
（廃棄物処理建屋 NS 方向）



号機	一次固有周期 T1 (sec)	応答加速度 α_{T1} (Gal)	応答加速度比 α_{amp}	γ_{resp} ($\times 10^{-3}$)
#1	0.18	805	1.00	0.05
#2	0.18	805	1.00	0.05
#3	0.19	832	1.03	0.06
#4	0.18	805	—	0.05

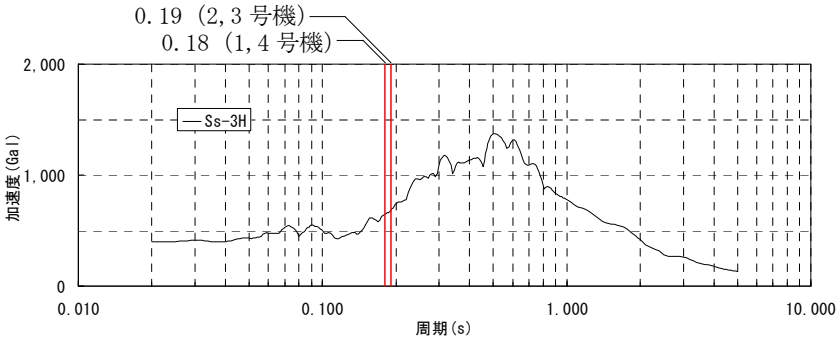
（廃棄物処理建屋 EW 方向）

図 4.2-2　代表号機の基礎下の入力動の応答スペクトルと各建屋の一次固有周期（Ss-2H）



号機	一次固有周期 T1 (sec)	応答加速度 α_{T1} (Gal)	応答加速度比 α_{amp}	γ_{resp} ($\times 10^{-3}$)
#1	0.21	757	1.02	0.06
#2	0.23	898	1.21	0.07
#3	0.23	898	1.21	0.07
#4	0.20	742	—	0.05

（廃棄物処理建屋 NS 方向）

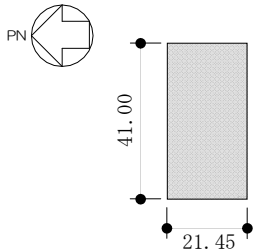
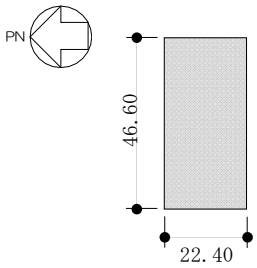
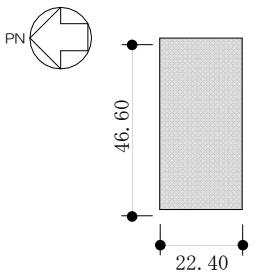
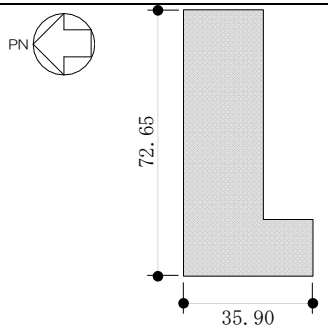
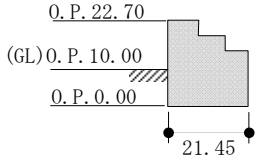
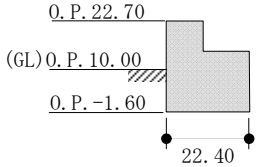
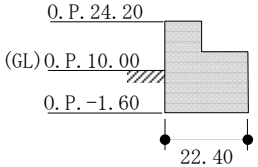
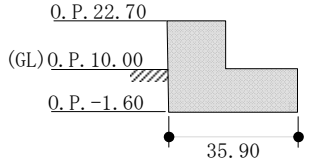
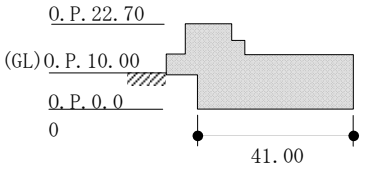
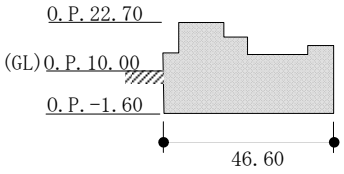
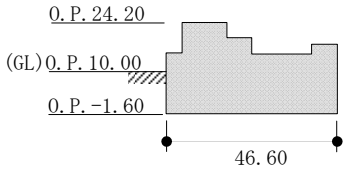
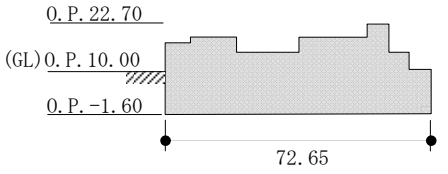


号機	一次固有周期 T1 (sec)	応答加速度 α_{T1} (Gal)	応答加速度比 α_{amp}	γ_{resp} ($\times 10^{-3}$)
#1	0.18	647	1.00	0.04
#2	0.19	683	1.06	0.05
#3	0.19	683	1.06	0.05
#4	0.18	647	—	0.04

（廃棄物処理建屋 EW 方向）

図 4.2-3　代表号機の基礎下の入力動の応答スペクトルと各建屋の一次固有周期（Ss-3H）

表 4.2-1　廃棄物処理建屋の形状・一次固有周期・滞留水量の比較

			1号機廃棄物処理建屋	2号機廃棄物処理建屋	3号機廃棄物処理建屋	4号機廃棄物処理建屋
平面図						
NS方向断面						
EW方向断面						
一次固有周期(s)	NS	Ss-1H	0.21	0.23	0.23	0.20
		Ss-2H	0.21	0.22	0.23	0.20
		Ss-3H	0.21	0.23	0.23	0.20
	EW	Ss-1H	0.18	0.19	0.19	0.18
		Ss-2H	0.18	0.18	0.19	0.18
		Ss-3H	0.18	0.19	0.19	0.18
滞留水量(m^3)			1,400	2,600	2,600	4,500
同一レベルの貯留比率※			B1F:0.286	B1F:0.495	B1F:0.512	B1F:0.518

※同一レベルの滞留水重量と質点重量の比率

5　コントロール建屋

5.1　３号機コントロール建屋（代表号機）

5.1.1　解析評価方針

コントロール建屋の地下滞留水を考慮した耐震安全性評価は，基準地震動 Ss を用いた地震応答解析によることを基本とし，建物・構築物や地盤の応答性状を適切に表現できるモデルを設定した上で行う。

コントロール建屋については，地下滞留水量が最大となる代表号機を選定する。

解析モデルは，地下２階から地上２階に設置された機器を含む建屋全域を NS，EW 方向とも１軸質点系モデルとする。

地下階への滞留水の付加重量は建屋外形寸法・建屋内部の壁厚・機器容積から体積を算定し，固定水として評価する。

地下耐震壁の評価は，地震応答解析により得られた該当部位の最大せん断ひずみが，評価基準値（4.0×10^{-3}）を超えないことを確認することとする。

コントロール建屋の地震応答解析の評価手順例を，図 5.1.1-1 に示す。

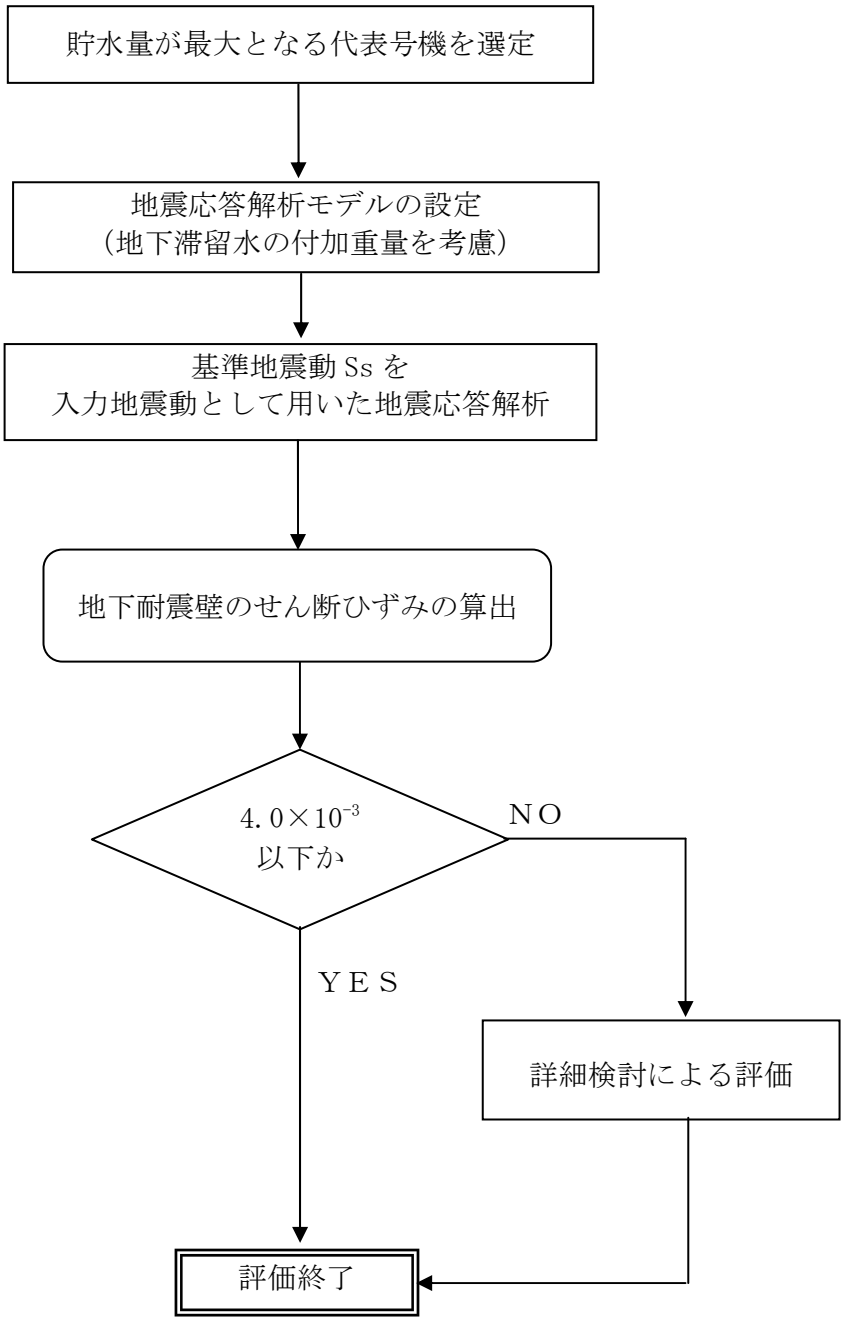


図 5.1.1-1　コントロール建屋の地震応答解析の評価手順例

5.1.2　代表号機の選定

コントロール建屋の満水状態の水位及び地下滞留水量を表 5.1.2-1 に示す。表 5.1.2-1 より，貯水量の最も多い３号機を代表号機と選定する。

表 5.1.2-1　コントロール建屋の満水状態の水位及び地下滞留水量

	１号機	２号機	３号機	４号機
水位	O.P.　5,300	O.P.　4,000	O.P.　4,000	O.P.　4,000
貯水量	700m^3	1,600m^3	1,900m^3	1,600m^3

5.1.3　解析に用いる入力地震動

３号機コントロール建屋への入力地震動は，「福島第一原子力発電所　『発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針』の改訂に伴う耐震安全性評価結果　中間報告書」（原管発官１９第６０３号　平成２０年３月３１日付け）にて作成した解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 Ss を用いることとする。

地震応答解析に用いる入力地震動の概念図を図 5.1.3-1 に示す。このコントロール建屋の解析モデルに入力する地震動は，一次元波動論に基づき，解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 Ss に対する建屋基礎底面レベルの地盤応答として評価する。また，建屋基礎底面レベルにおけるせん断力を入力地震動に付加することにより，地盤の切欠き効果を考慮する。

このうち，解放基盤表面位置（O.P. -196.0m）における基準地震動 Ss の加速度波形について，図 5.1.3-2 に示す。

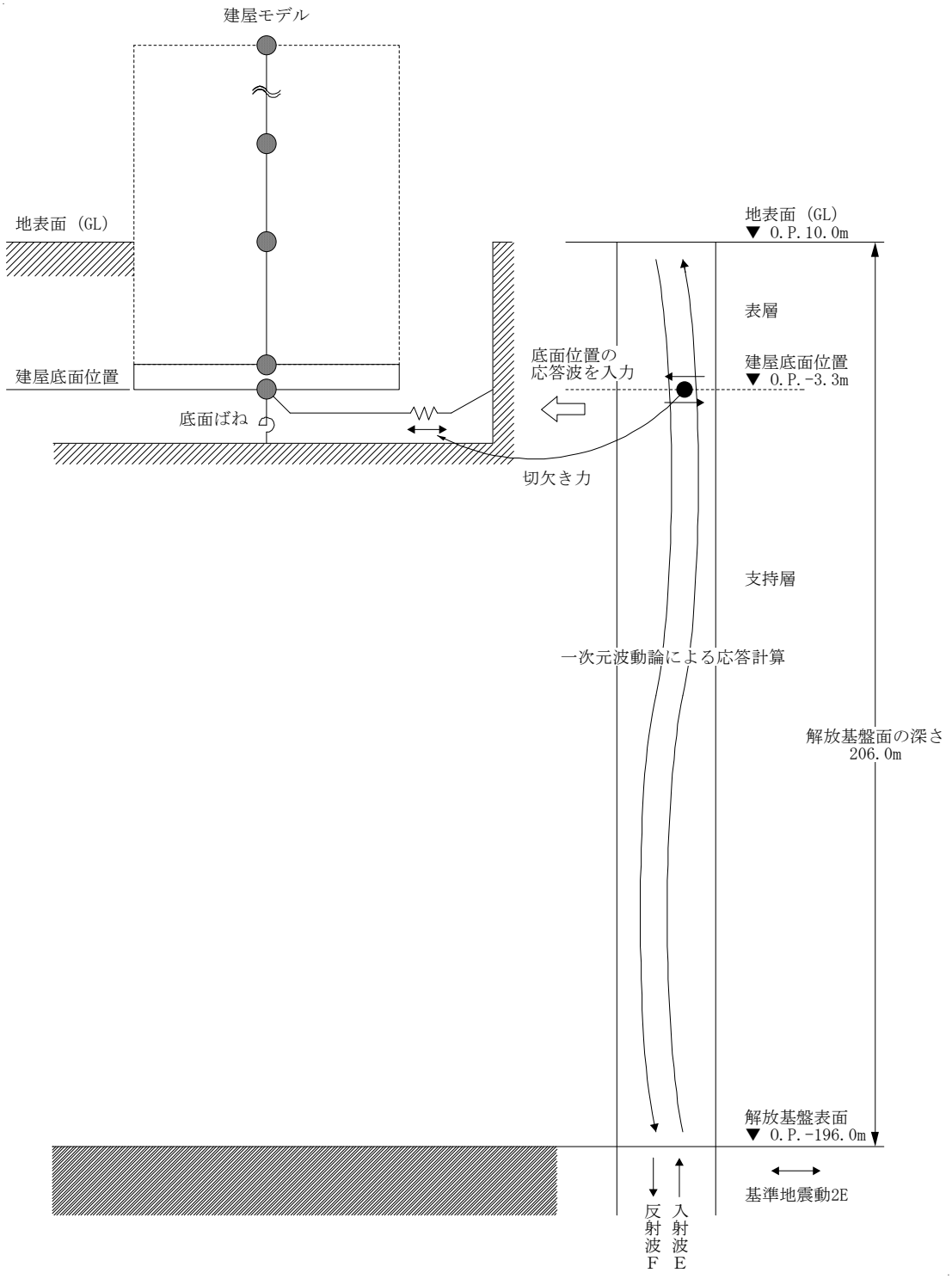
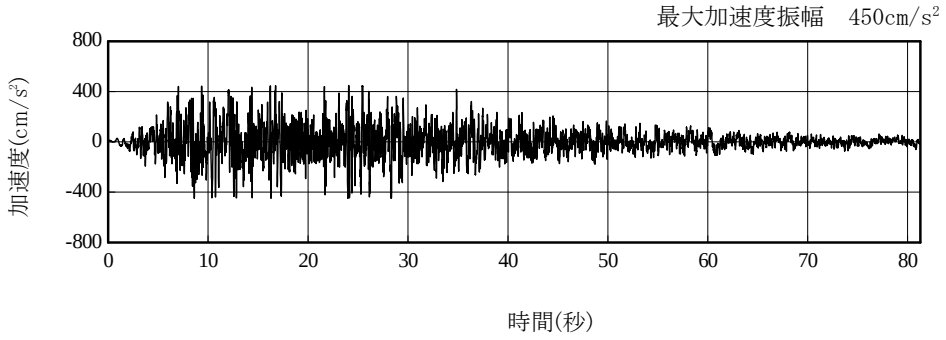
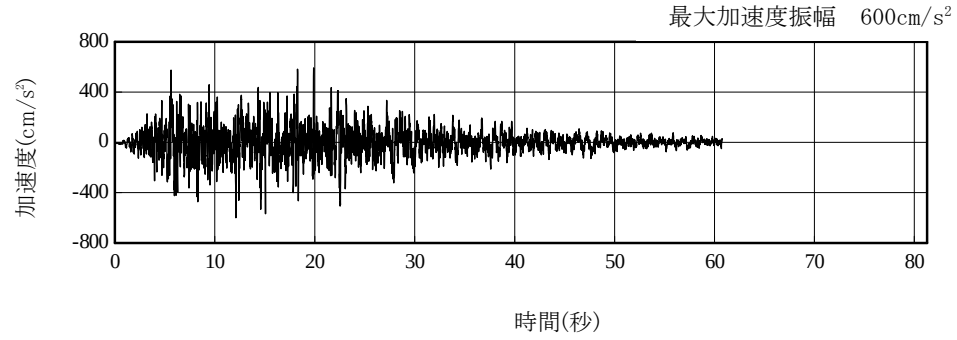


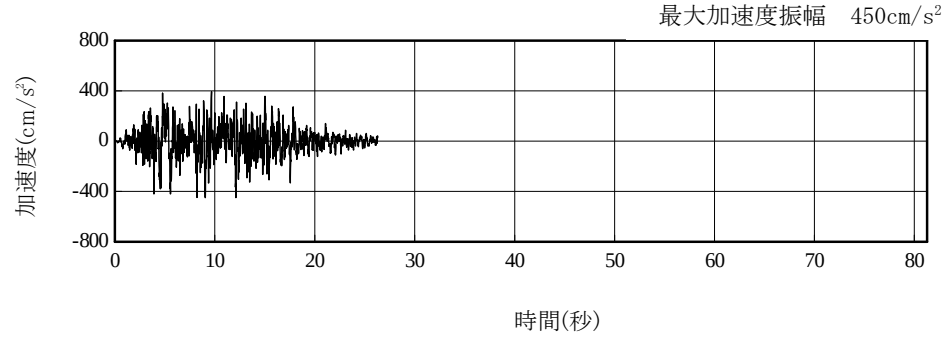
図 5.1.3-1　地震応答解析に用いる入力地震動の概念図



(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

図 5.1.3-2　解放基盤表面位置における地震動の加速度時刻歴波形（水平方向）

5.1.4　地震応答解析モデル

基準地震動 Ss に対する３号機コントロール建屋の地震応答解析は,「5.1.3.　解析に用いる入力地震動」で算定した入力地震動を用いた動的解析による。

水平方向の地震応答解析モデルは，図 5.1.4-1 及び図 5.1.4-2 に示すように，建屋を曲げ変形とせん断変形をする質点系とし，地盤を等価なばねで評価した建屋－地盤連成系モデルとする。建屋－地盤連成系としての効果は地盤ばね及び入力地震動によって評価される。解析に用いるコンクリートの物性値を表 5.1.4-1 に，建屋解析モデルの諸元を表 5.1.4-2 に示す。

地盤定数は，水平成層地盤と仮定し，地震時のせん断ひずみレベルを考慮して定めた。解析に用いた地盤定数を表 5.1.4-3 に示す。

水平方向の解析モデルにおいて，基礎底面地盤ばねについては，「JEAG 4601-1991」に示された手法を参考にして，成層補正を行ったのち，振動アドミッタンス理論に基づいて，スウェイ及びロッキングばね定数を近似的に評価する。

地盤ばねは振動数に依存した複素剛性として得られるが，図 5.1.4-3 に示すようにばね定数（Kc）として実部の静的な値を，また，減衰係数（Cc）として建屋－地盤連成系の 1 次固有振動数に対応する虚部の値と原点を結ぶ直線の傾きを採用することにより近似する。

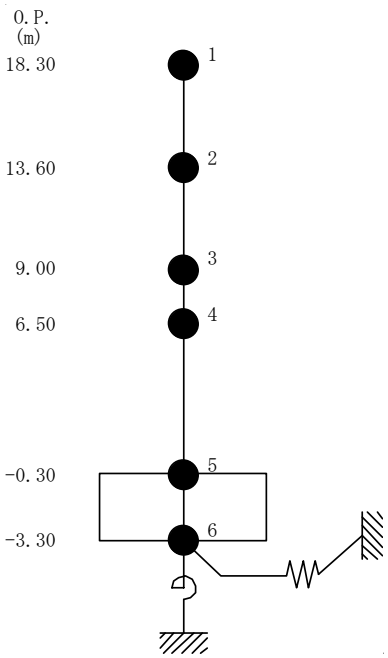


図 5.1.4-1　３号機コントロール建屋　地震応答解析モデル（NS 方向）

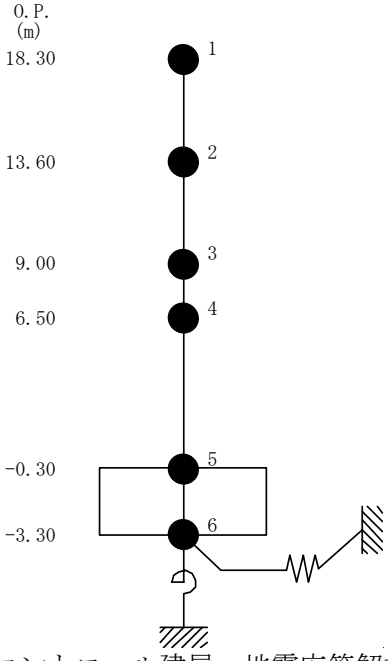


図 5.1.4-2　３号機コントロール建屋　地震応答解析モデル（EW 方向）

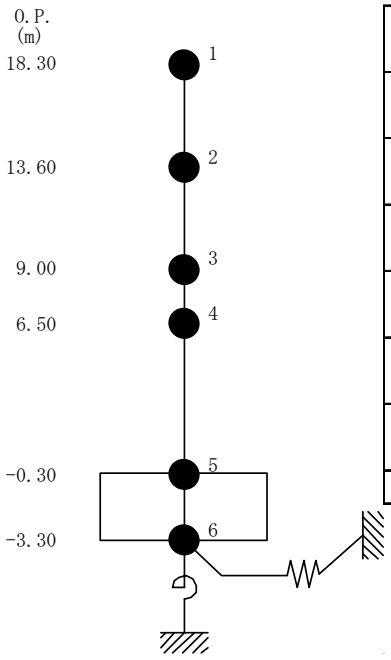
表 5.1.4-1　地震応答解析に用いる物性値

	強度＊1 Ｆｃ （N/mm^2）	ヤング係数*2 E （N/mm^2）	せん断弾性係数*2 G （N/mm^2）	ポアソン比 ν	単位体積重量*3 γ （kN/m^3）
コンクリート	35.0	2.57×10^4	1.07×10^4	0.2	24
鉄筋	SD345相当 (SD35)				

*1：強度は実状に近い強度（以下「実強度」という。）を採用した。実強度の設定は，過去の圧縮強度試験データを収集し試験データのばらつきを考慮し圧縮強度平均値を小さめにまるめた値とした。
*2：実強度に基づく値を示す。
*3：鉄筋コンクリートの値を示す。

表 5.1.4-2　建屋解析モデルの諸元

NS 方向

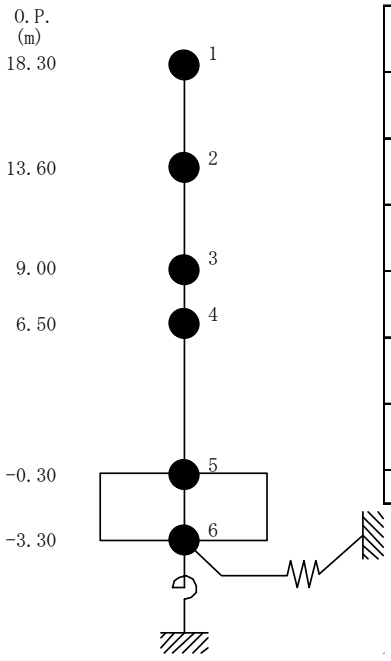


質点番号	質点重量 W(kN)	回転慣性重量 I_G(×10^3kN·m^2)	せん断断面積 As(m^2)	断面2次ﾓｰﾒﾝﾄ I(m^4)
1	13,620	547		
			21.5	2,658
2	9,160	368		
			21.5	3,177
3	8,290	333		
			33.8	5,271
4	15,110 (3,900)	607 (157)		
			33.8	5,271
5	36,680 (14,740)	1,473 (592)		
			459.9	18,463
6	16,230	652		
合計	99,090			

注　(　　)内は滞留水による付加分を示す。

ヤング係数 Ec	2.57×10^7(kN/m^2)
せん断弾性係数 G	1.07×10^7(kN/m^2)
ポアソン比 ν	0.20
減衰 h	5%
基礎形状	21.95m(NS 方向)×20.95m(EW 方向)

EW 方向



質点番号	質点重量 W(kN)	回転慣性重量 I_G(×10^3kN·m^2)	せん断断面積 As(m^2)	断面2次ﾓｰﾒﾝﾄ I(m^4)
1	13,620	498		
			16.0	2,855
2	9,160	335		
			20.5	2,957
3	8,290	303		
			32.2	4,654
4	15,110 (3,900)	553 (143)		
			32.2	4,654
5	36,680 (14,740)	1,342 (539)		
			459.9	16,819
6	16,230	594		
合計	99,090			

注　(　　)内は滞留水による付加分を示す。

ヤング係数 Ec	2.57×10^7(kN/m^2)
せん断弾性係数 G	1.07×10^7(kN/m^2)
ポアソン比 ν	0.20
減衰 h	5%
基礎形状	21.95m(NS 方向)×20.95m(EW 方向)

表 5.1.4-3(1)　地盤定数

(Ss-1)

標高 O.P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m^3)	ﾎﾟｱｿﾝ比 ν	せん断 弾性係数 G ($\times 10^5$kN/m^2)	初期せん断 弾性係数 G_0 ($\times 10^5$kN/m^2)	剛性 低下率 G/G_0	ヤング 係数 E ($\times 10^5$kN/m^2)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
	砂岩	380	17.8	0.473	2.23	2.62	0.85	6.57	3	8.1
1.9										
		450	16.5	0.464	2.66	3.41	0.78	7.79	3	11.9
-10.0										
		500	17.1	0.455	3.40	4.36	0.78	9.89	3	70.0
-80.0	泥岩									
		560	17.6	0.446	4.39	5.63	0.78	12.70	3	28.0
-108.0										
		600	17.8	0.442	5.09	6.53	0.78	14.68	3	88.0
-196.0										
	(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-	-

表 5.1.4-3 (2)　地盤定数

(Ss-2)

標高 O.P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m^3)	ﾎﾟｱｿﾝ比 ν	せん断 弾性係数 G ($\times 10^5$kN/m^2)	初期せん断 弾性係数 G_0 ($\times 10^5$kN/m^2)	剛性 低下率 G/G_0	ヤング 係数 E ($\times 10^5$kN/m^2)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
	砂岩	380	17.8	0.473	2.23	2.62	0.85	6.57	3	8.1
1.9										
		450	16.5	0.464	2.76	3.41	0.81	8.08	3	11.9
-10.0										
		500	17.1	0.455	3.53	4.36	0.81	10.27	3	70.0
-80.0	泥岩									
		560	17.6	0.446	4.56	5.63	0.81	13.19	3	28.0
-108.0										
		600	17.8	0.442	5.29	6.53	0.81	15.26	3	88.0
-196.0										
	(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-	-

表 5.1.4-3 (3)　地盤定数

(Ss-3)

標高 O.P. (m)	地質	せん断波速度 Vs (m/s)	単位体積重量 γ (kN/m^3)	ﾎﾟｱｿﾝ比 ν	せん断弾性係数 G (×10^{5}kN/m^2)	初期せん断弾性係数 G_0 (×10^{5}kN/m^2)	剛性低下率 G/G_0	ヤング係数 E (×10^{5}kN/m^2)	減衰定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
1.9	砂岩	380	17.8	0.473	2.25	2.62	0.86	6.63	3	8.1
-10.0	泥岩	450	16.5	0.464	2.66	3.41	0.78	7.79	3	11.9
-80.0	泥岩	500	17.1	0.455	3.40	4.36	0.78	9.89	3	70.0
-108.0	泥岩	560	17.6	0.446	4.39	5.63	0.78	12.70	3	28.0
-196.0	泥岩	600	17.8	0.442	5.09	6.53	0.78	14.68	3	88.0
	(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-	-

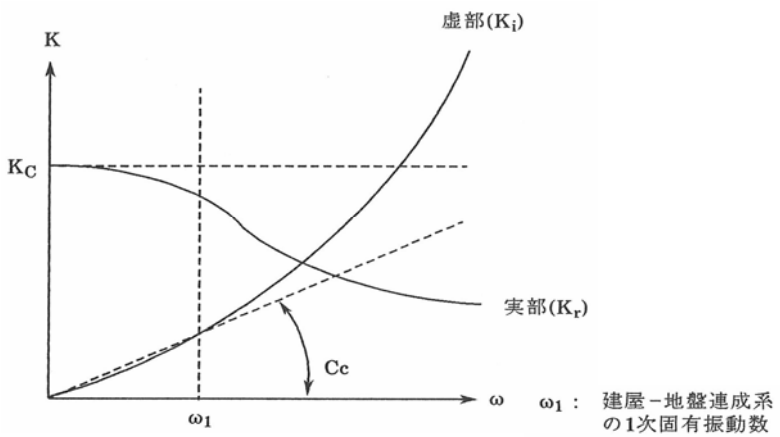
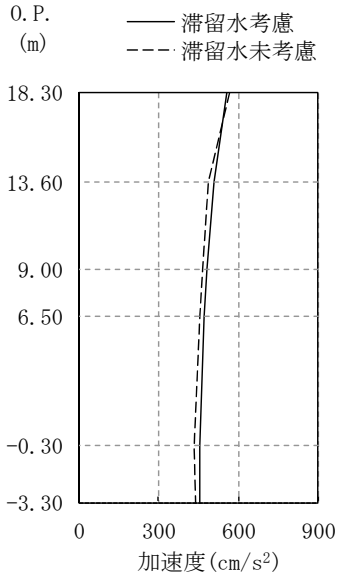


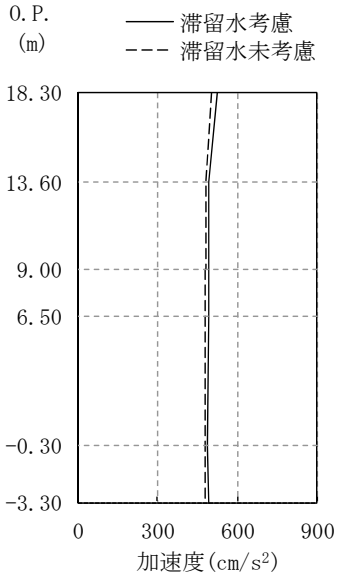
図 5.1.4-3　地盤ばねの近似

5.1.5　地震応答解析結果

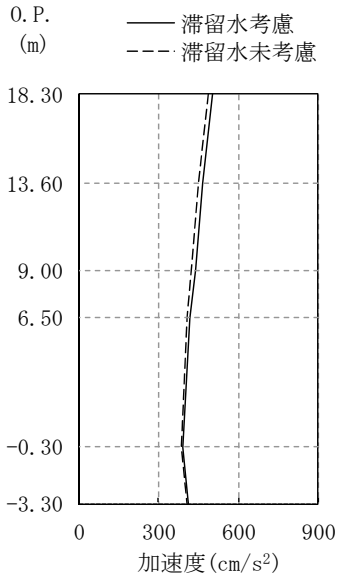
地震応答解析により求められたNS方向,EW方向の最大応答加速度を図5.1.5-1及び図5.1.5-2に,地下滞留水の影響を考慮しない場合と併せて示す。



(Ss-1H)

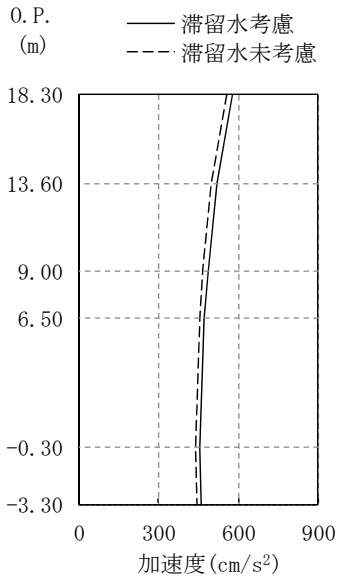


(Ss-2H)

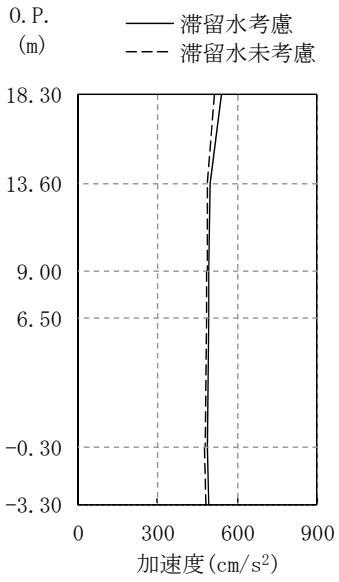


(Ss-3H)

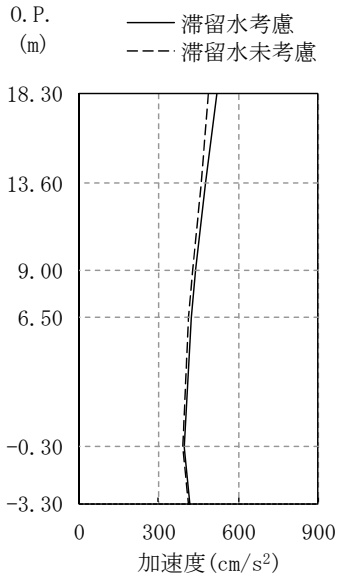
図 5.1.5-1　最大応答加速度（NS 方向）



(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

図 5.1.5-2　最大応答加速度（EW 方向）

5.1.6　耐震安全性評価結果

地震応答解析により得られた地下耐震壁のせん断ひずみ一覧を，表 5.1.6-1 及び表 5.1.6-2 に示す。また，図 5.1.6-1 及び図 5.1.6-2 に基準地震動 Ss に対する最大応答値を耐震壁のスケルトン曲線上に示す。せん断ひずみは，最大で 0.07×10^{-3} であり，評価基準値（4.0×10^{-3}）に対して十分余裕がある。なお，スケルトン曲線は，建屋の方向別に，層を単位とした水平断面形状より「JEAG4601-1991」に基づいて設定したものである。

以上のことから，３号機コントロール建屋の耐震安全性は確保されているものと評価した。

表 5.1.6-1　耐震壁のせん断ひずみ一覧（NS 方向）

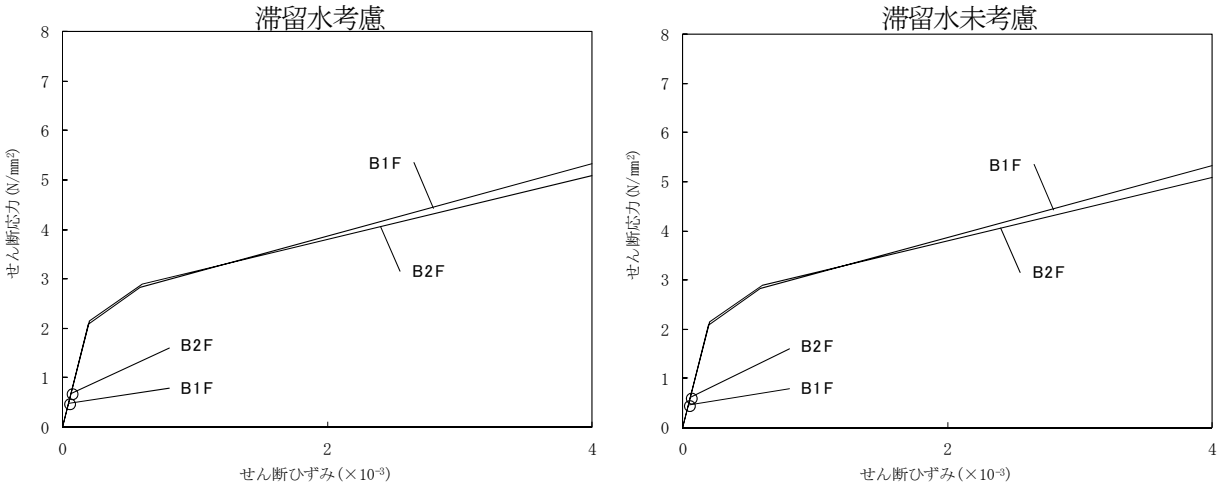
（単位：$\times10^{-3}$）

階	O.P.	地下滞留水	Ss-1H	Ss-2H	Ss-3H	評価基準
B1F	9.00～6.50	考慮	0.05	0.05	0.05	4.0 以下
		未考慮	0.05	0.05	0.04	
B2F	6.50～-0.30	考慮	0.07	0.07	0.06	
		未考慮	0.06	0.06	0.06	

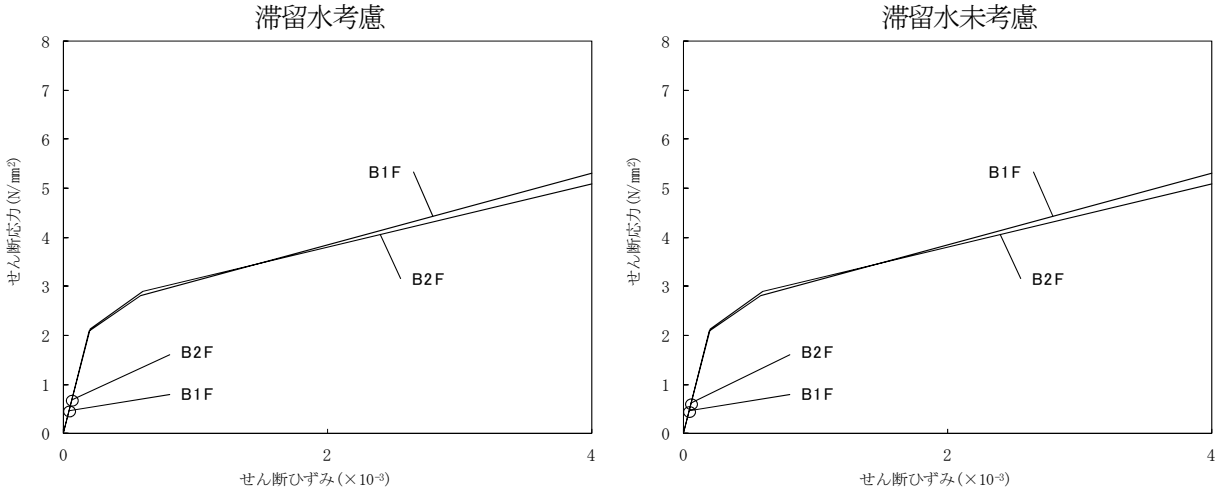
表 5.1.6-2　耐震壁のせん断ひずみ一覧（EW 方向）

（単位：$\times10^{-3}$）

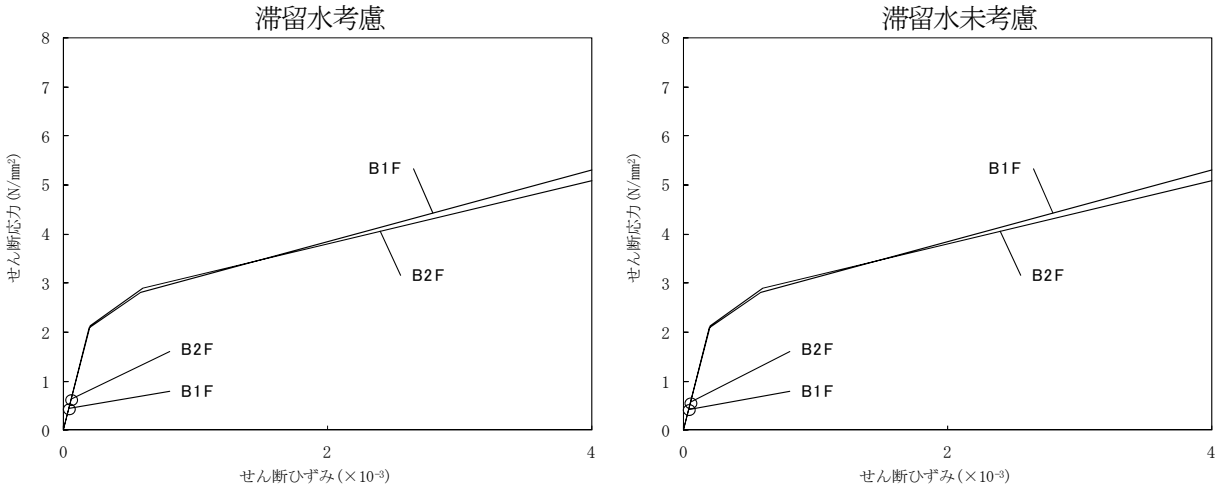
階	O.P.	地下滞留水	Ss-1H	Ss-2H	Ss-3H	評価基準
B1F	9.00～6.50	考慮	0.05	0.05	0.05	4.0 以下
		未考慮	0.05	0.05	0.05	
B2F	6.50～-0.30	考慮	0.07	0.07	0.07	
		未考慮	0.06	0.06	0.06	



(Ss-1H)

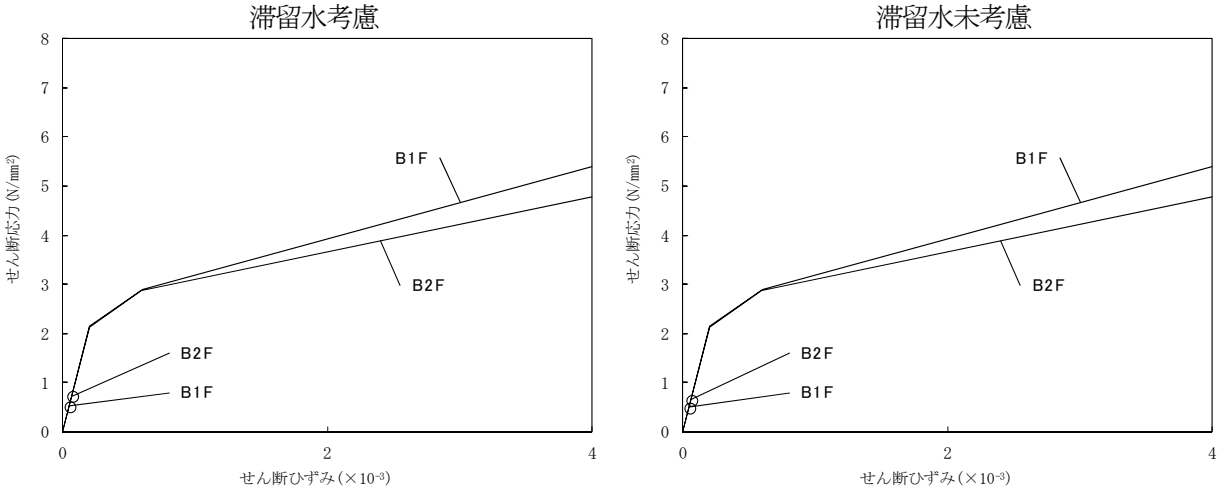


(Ss-2H)

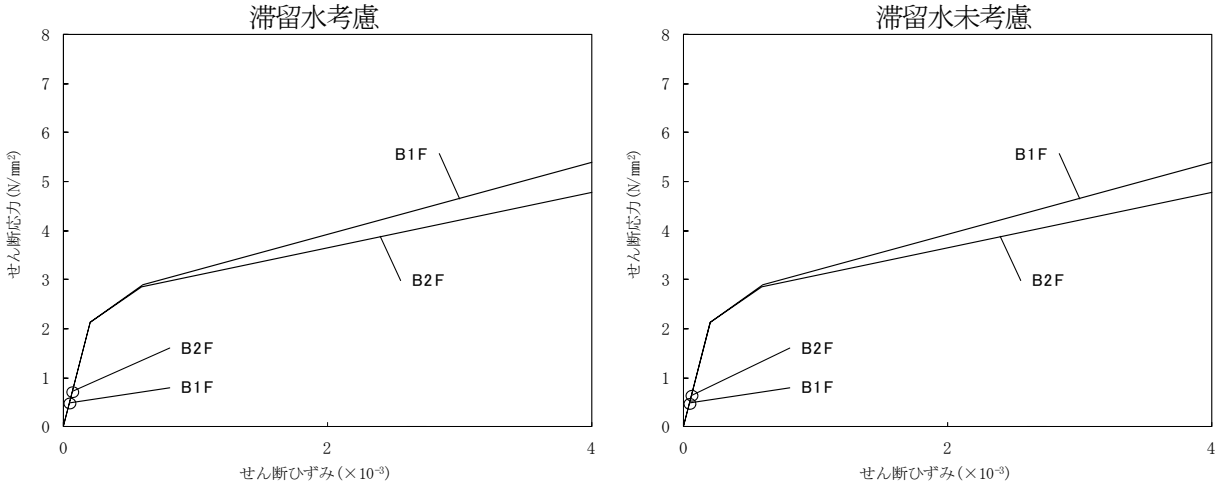


(Ss-3H)

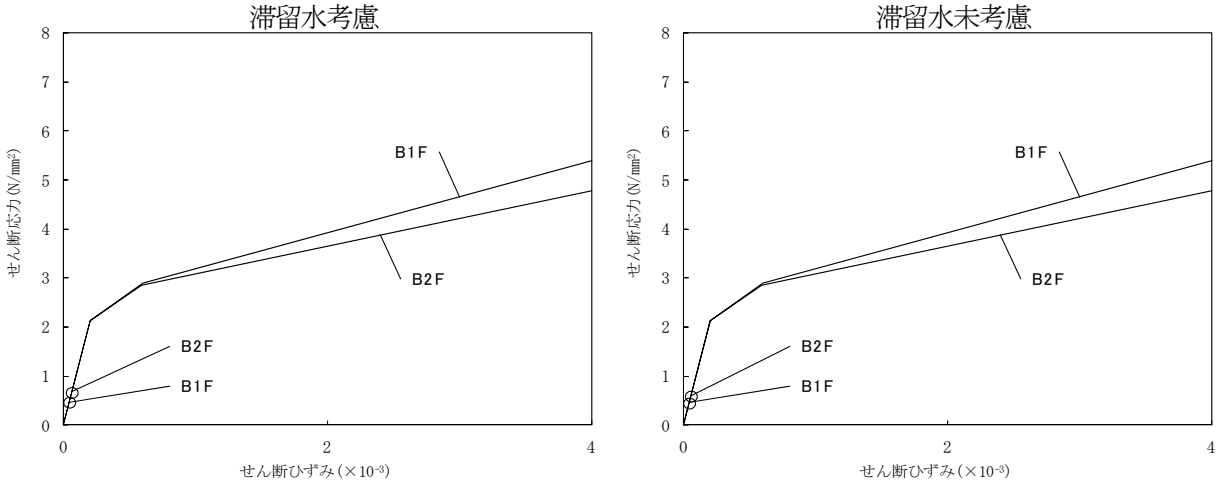
図 5.1.6-1　耐震壁のせん断ひずみ（NS 方向）



(Ss-1H)



(Ss-2H)



(Ss-3H)

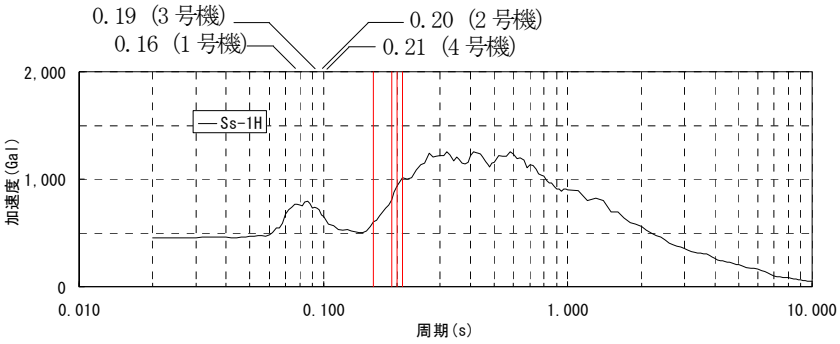
図 5.1.6-2　耐震壁のせん断ひずみ（EW 方向）

5.2　代表号機以外の検討

滞留水による影響を確認するため，滞留水量が最大であり重量変動が最も大きくなる３号機コントロール建屋を代表号機として耐震安全性評価を行った結果，滞留水を考慮しても地下外壁の耐震安全性については十分余裕があることを確認している。

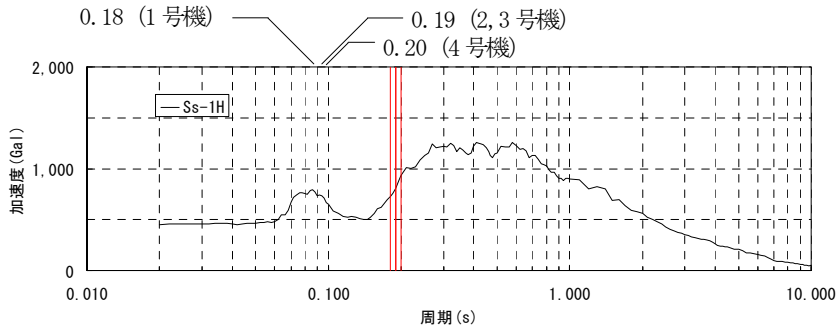
また，コントロール建屋は，各号機の機能は同じであることから，構造形式および形状は各号機で同様となっている。各号機のコントロール建屋の固有周期を比較した場合，一次固有周期は NS 方向で 0.16～0.21 秒，EW 方向で 0.18～0.20 秒となり，各号機の振動性状に顕著な差はみられない。

代表号機の基礎下の入力動の応答スペクトルに各建屋の一次固有周期を重ね描きしたもの、および代表号機の地下外壁の最大応答せん断ひずみに，代表号機の入力動の応答スペクトルにおける代表号機の一次固有周期の応答加速度 α_{T1} と各号機の一次固有周期の応答加速度 α_{T1} の比 α_{amp} を乗じた γ_{resp} を図5.2-1～図5.2-3に示す。γ_{resp} は各号機ともに評価基準値 4×10^{-3} に対して十分に小さいことから，代表号機以外についても地下外壁の耐震安全性は確保されているといえる。



号機	一次固有周期 T1 (sec)	応答加速度 α_{T1} (Gal)	応答加速度比 α_{amp}	γ_{resp} ($\times10^{-3}$)
#1	0.16	606	0.75	0.06
#2	0.20	934	1.16	0.09
#3	0.19	807	－	0.07
#4	0.21	1,012	1.25	0.09

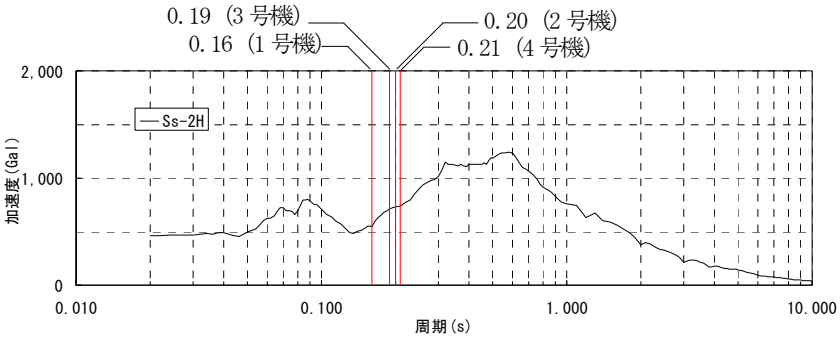
（コントロール建屋 NS 方向）



号機	一次固有周期 T1 (sec)	応答加速度 α_{T1} (Gal)	応答加速度比 α_{amp}	γ_{resp} ($\times10^{-3}$)
#1	0.18	728	0.90	0.07
#2	0.19	807	1.00	0.07
#3	0.19	807	－	0.07
#4	0.20	934	1.16	0.09

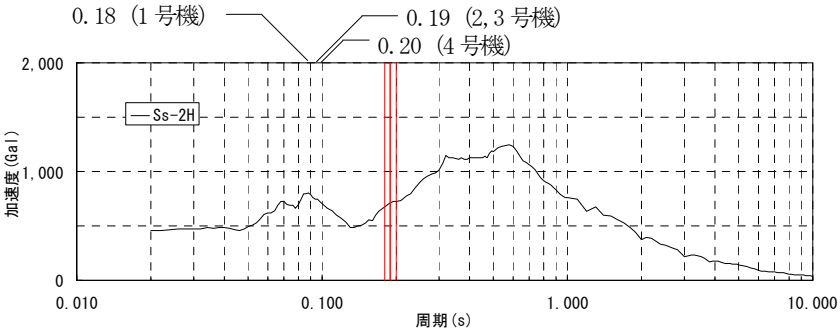
（コントロール建屋 EW 方向）

図 5.2-1　代表号機の基礎下の入力動の応答スペクトルと各建屋の一次固有周期（Ss-1H）



号機	一次固有周期 T1 (sec)	応答加速度 α_{T1} (Gal)	応答加速度比 α_{amp}	γ_{resp} ($\times 10^{-3}$)
#1	0.16	549	0.78	0.06
#2	0.20	728	1.03	0.08
#3	0.19	708	—	0.07
#4	0.21	734	1.04	0.08

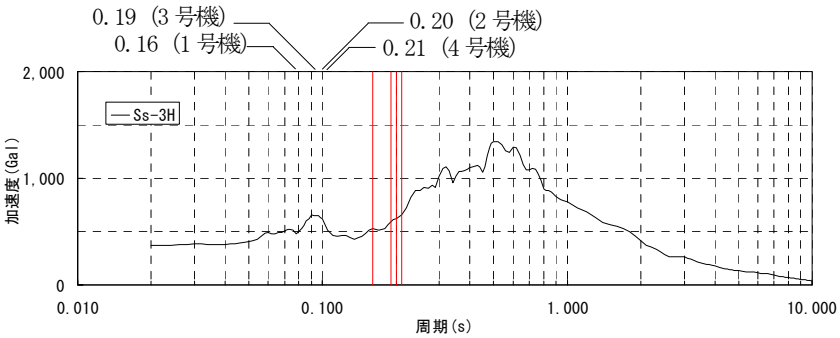
(コントロール建屋 NS 方向)



号機	一次固有周期 T1 (sec)	応答加速度 α_{T1} (Gal)	応答加速度比 α_{amp}	γ_{resp} ($\times 10^{-3}$)
#1	0.18	678	0.96	0.07
#2	0.19	708	1.00	0.07
#3	0.19	708	—	0.07
#4	0.20	728	1.03	0.08

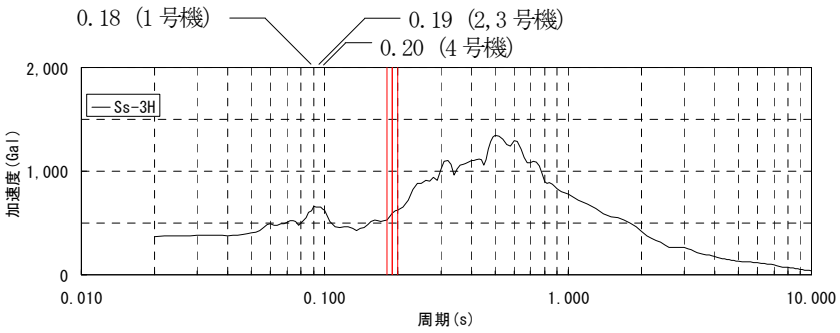
(コントロール建屋 EW 方向)

図 5.2-2　代表号機の基礎下の入力動の応答スペクトルと各建屋の一次固有周期 (Ss-2H)



号機	一次固有周期 T1 (sec)	応答加速度 α_{T1} (Gal)	応答加速度比 α_{amp}	γ_{resp} ($\times 10^{-3}$)
#1	0.16	528	0.89	0.06
#2	0.20	625	1.05	0.07
#3	0.19	594	—	0.06
#4	0.21	655	1.10	0.07

(コントロール建屋 NS 方向)

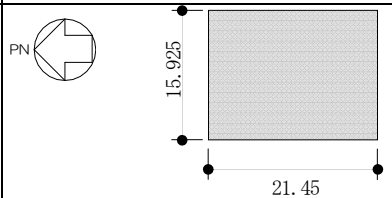
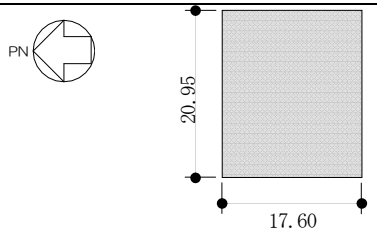
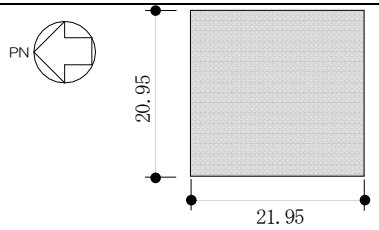
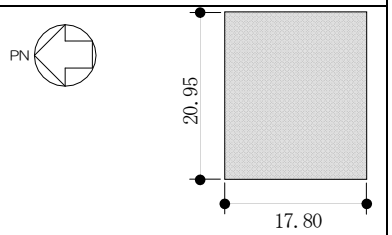
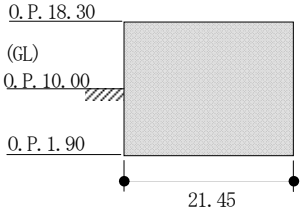
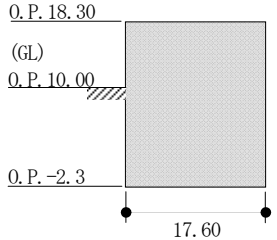
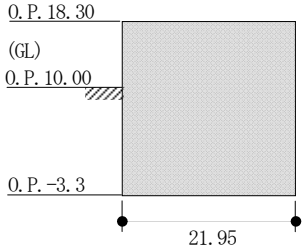
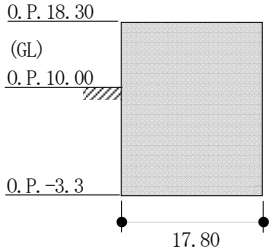
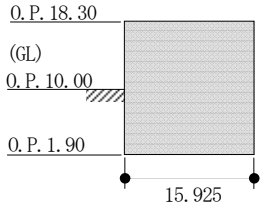
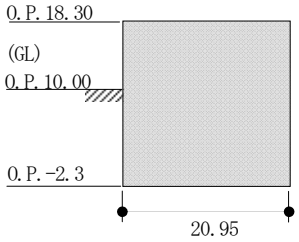
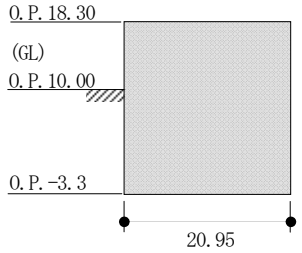
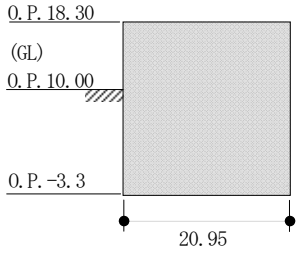


号機	一次固有周期 T1 (sec)	応答加速度 α_{T1} (Gal)	応答加速度比 α_{amp}	γ_{resp} ($\times 10^{-3}$)
#1	0.18	532	0.90	0.07
#2	0.19	594	1.00	0.07
#3	0.19	594	—	0.07
#4	0.20	625	1.05	0.08

(コントロール建屋 EW 方向)

図 5.2-3　代表号機の基礎下の入力動の応答スペクトルと各建屋の一次固有周期 (Ss-3H)

表5.2-1　コントロール建屋の形状・一次固有周期・滞留水量の比較

			1号機コントロール建屋	2号機コントロール建屋	3号機コントロール建屋	4号機コントロール建屋
平面図						
NS方向断面						
EW方向断面						
一次固有周期(s)	NS	Ss-1H	0.16	0.20	0.19	0.21
		Ss-2H	0.16	0.20	0.19	0.21
		Ss-3H	0.16	0.20	0.19	0.21
	EW	Ss-1H	0.18	0.19	0.19	0.20
		Ss-2H	0.18	0.19	0.19	0.20
		Ss-3H	0.18	0.19	0.19	0.20
滞留水量(m^3)			700	1,600	1,900	1,600
同一レベルの貯留比率※			B1F:0.342	B1F:0.623	B1F:0.348	B1F:0.487
				B2F:0.273	B2F:0.672	

※同一レベルの滞留水重量と質点重量の比率

地下水バイパスによる地下水流入量の低減

1 概要

建屋周辺の地下水は，山側から海側に向かって流れていることから，建屋山側の高台で地下水を揚水し，その流路を変更して海にバイパスすることにより，建屋周辺の地下水位を段階的に低下させ，建屋への地下水流入量の低減を図っていく（図１）。

地下水バイパスの設備は，建屋山側で地下水を汲み上げる揚水井及びポンプ，汲み上げた地下水を一時的に貯留して水質を確認するタンク，地下水を移送するための配管等からなる（図２）。

2 地下水バイパスによる地下水の建屋流入抑制効果

建屋周辺の地下水位は，浸透流解析により検討した結果，地下水バイパスの実施に伴い，原子炉建屋山側で現況（Ｏ．Ｐ．＋９ｍ程度）より最大で１．３ｍ程度，タービン建屋海側で現況（Ｏ．Ｐ．＋４ｍ程度）より最大で０．２ｍ程度低下するものと想定され（図３～５），これにより，建屋内への地下水流入量は現況より２０㎥/日～１２０㎥/日程度低減されるものと考えられる。

3 滞留水の建屋外漏えい防止対策への影響

地下水バイパスの実施にあたっては，地下水低下状況及び水質等をモニタリングし，浸透流解析結果の検証を行いつつ，段階的に地下水位を低下させることで（図６），建屋内滞留水が建屋外に漏れ出さないように慎重な水位管理を実施していく。

モニタリングにあたっては，原子炉建屋山側のサブドレンを活用するとともに，原子炉建屋と揚水井の間に観測孔を新設する（図７）。

なお，豪雨等の発生による直接的な雨水の流入及び地下水位上昇による地下水流入量の増加時には，地下水位と建屋内滞留水の水位を注意深く監視し，必要に応じて，集中廃棄物処理建屋への移送量を増加すること等により，建屋内滞留水の水位上昇を抑制する。

4 地下水の汲み上げによる地盤沈下

地下水バイパスの実施に伴い地下水を汲み上げるが，Ｏ．Ｐ．＋１０ｍ盤の原子炉建屋，タービン建屋，運用補助共用施設（共用プール）などの建屋については，直接岩盤に支持されていることから沈下の恐れはないと考えられる。また，建屋周辺の地下水位は，東北地方太平洋沖地震前にはサブドレンが稼働し十分に低下していたことから，地下水バイパスの実施に伴い現況から地下水位が低下しても，建屋周辺の地盤沈下の恐れはないと考えられる。

Ｏ．Ｐ．＋３５ｍ盤のタンクエリア等の一部については，地下水位が若干低下する

が，その量は２ｍ程度以下と少なく，また，揚水する地下水は不圧地下水であり，現況の地下水位よりも下の地層は地質年代が古く（新第三紀），十分圧密されていることから，地下水位の低下に伴う沈下の恐れはないと考えられる。

5 汲み上げた地下水の管理

地下水バイパスの実施に伴い汲み上げた地下水は，一時貯留タンクに貯留し、含まれる放射性物質濃度が告示濃度限度よりも十分に低い運用目標（告示濃度限度に対する割合の和０．２２）を満足することを確認した後に、排水を行う。汲み上げた地下水を汚染させない管理については，以下のとおりである。

- 水質確認のための一時貯留タンクとバイパス用の専用配管を通して移送する。
- 一時貯留タンクエリア周辺の空気は，事故発災後の測定において，管理区域設定基準を超えておらず，現在は基準値の２桁程度低い濃度で安定に推移しているが，万一の空気中放射性物質混入を防止する対策として，一時貯留タンクの吸気管口を汚染のおそれのない管理対象区域に設ける。
- 水質確認の結果，運用目標以上の放射性物質が確認された場合には，揚水井からの地下水くみ上げを停止する。

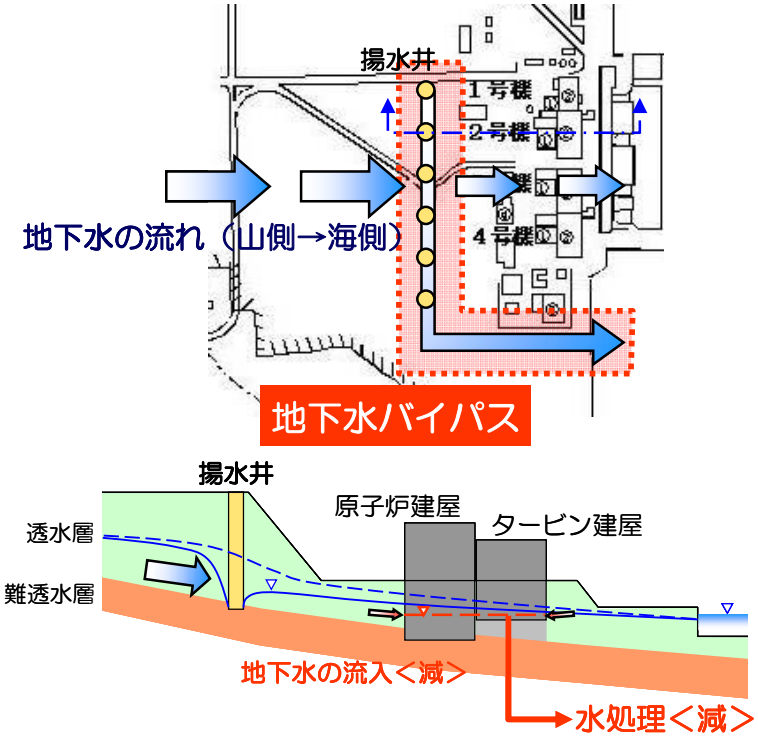


図１　地下水バイパス（イメージ）

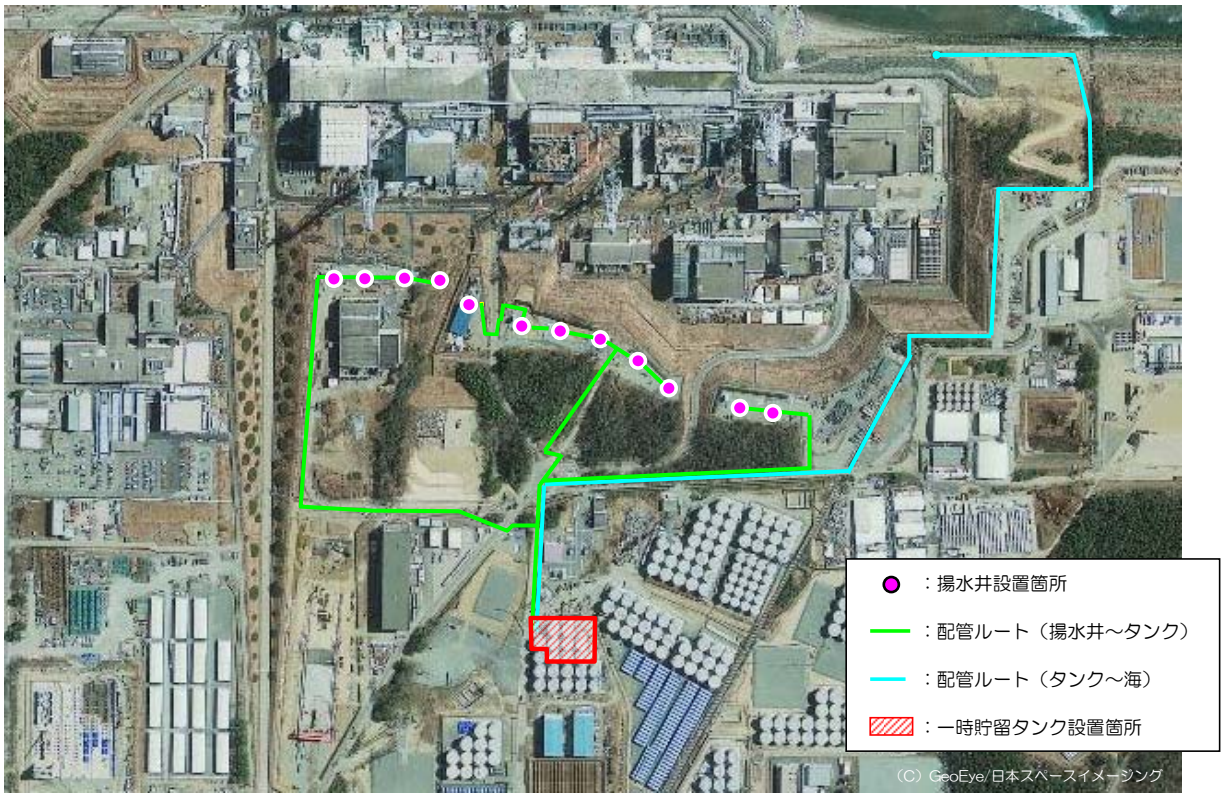


図２　地下水バイパスの設備

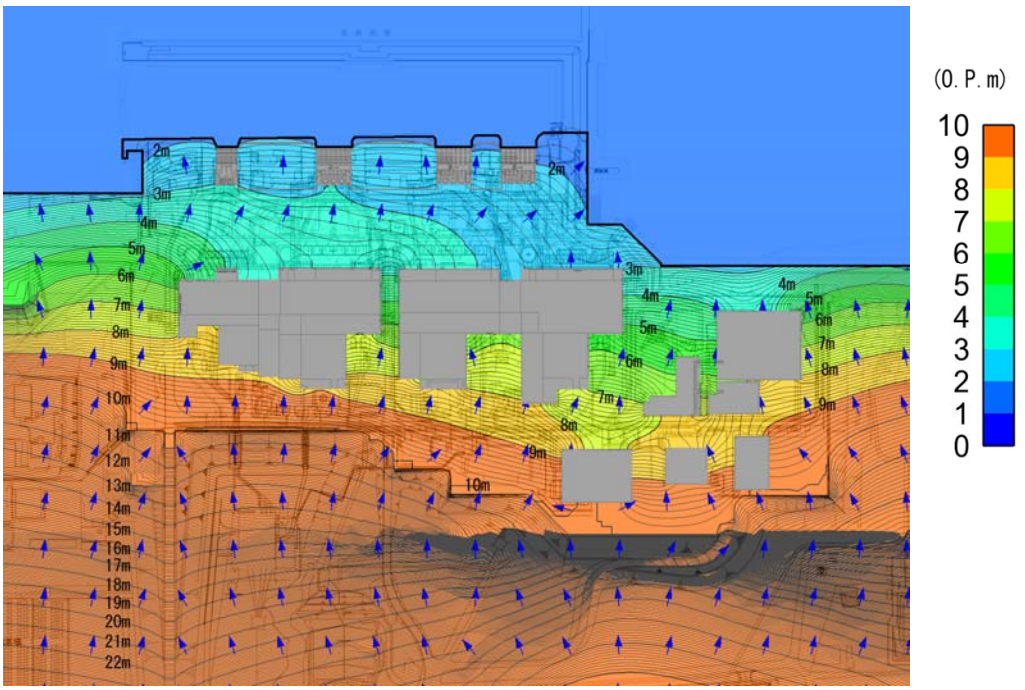


図３　建屋周りの地下水位（現況）

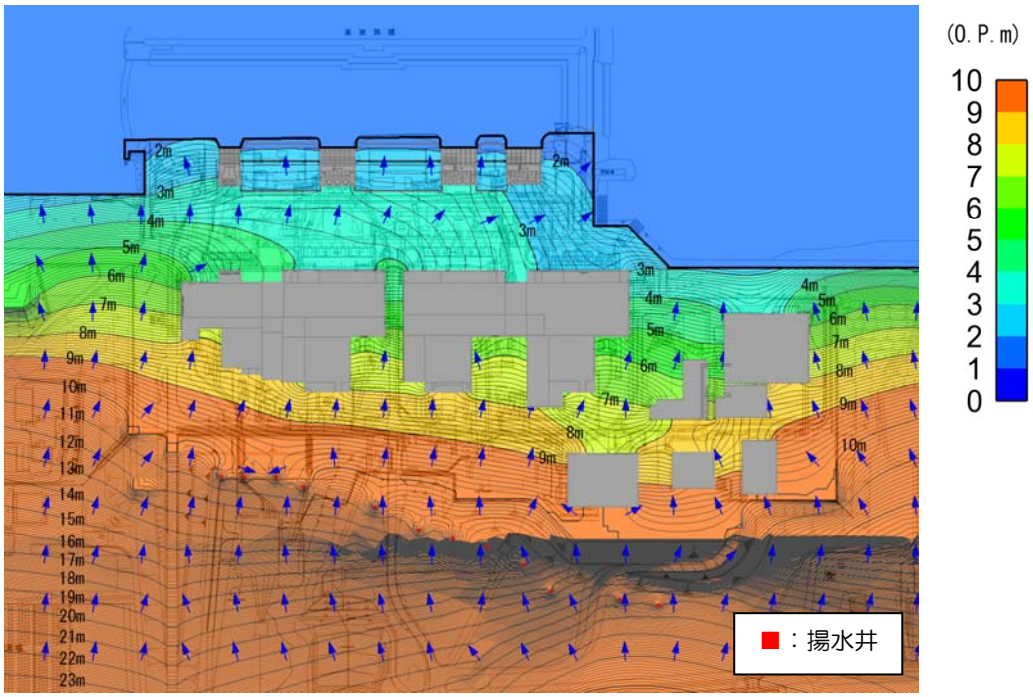


図４　建屋周りの地下水位（地下水バイパス実施後）

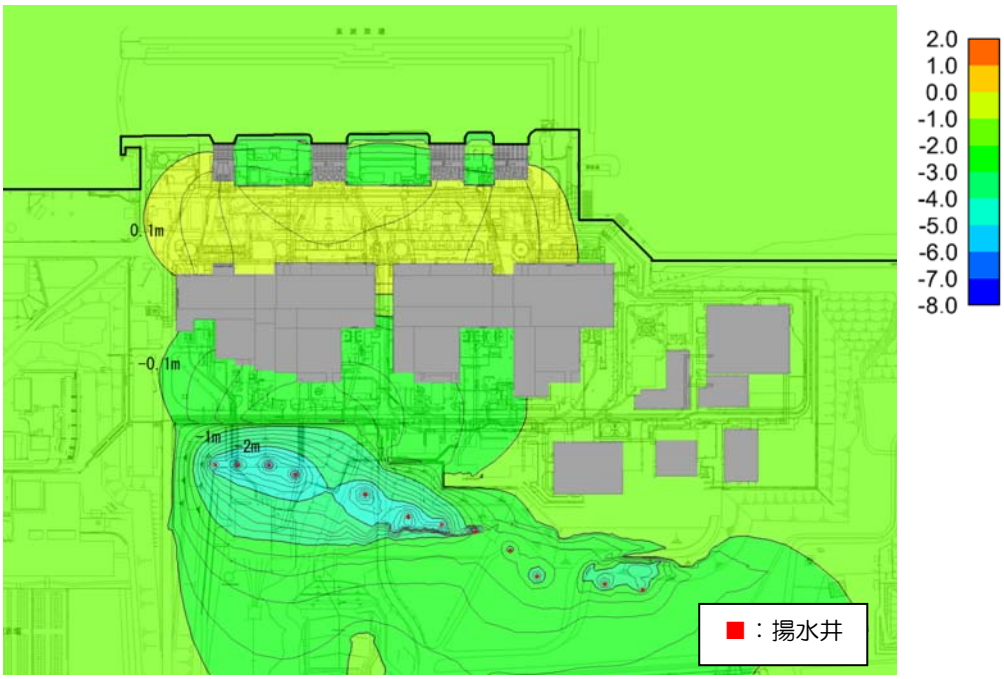


図５　建屋周りの地下水位の低下量（現況と地下水バイパス実施後の差分）

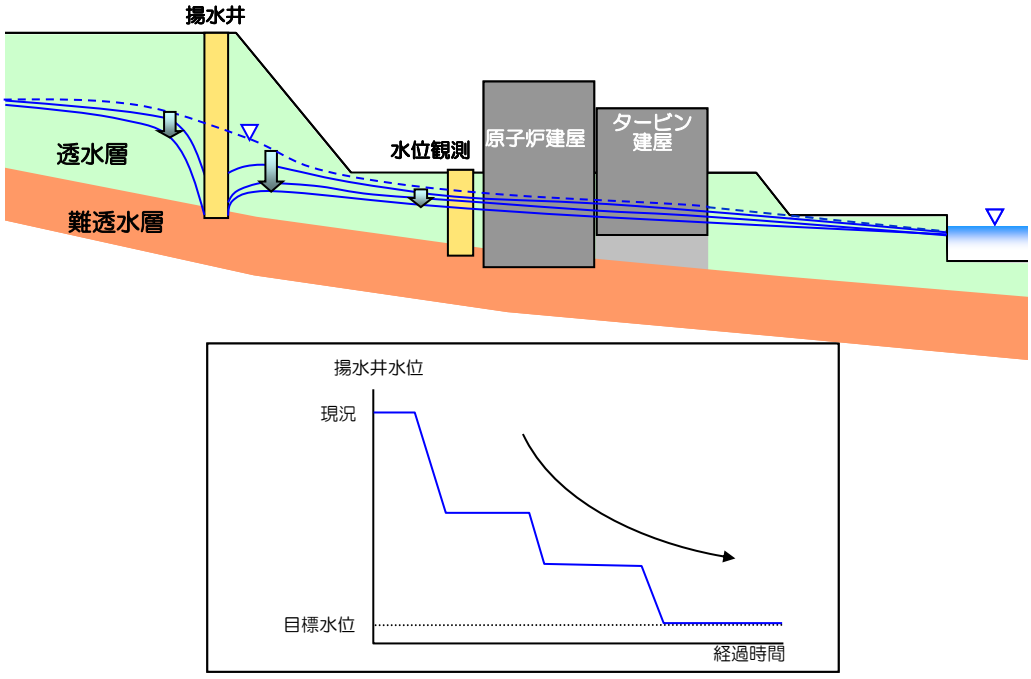


図６　段階的な地下水位低下のイメージ

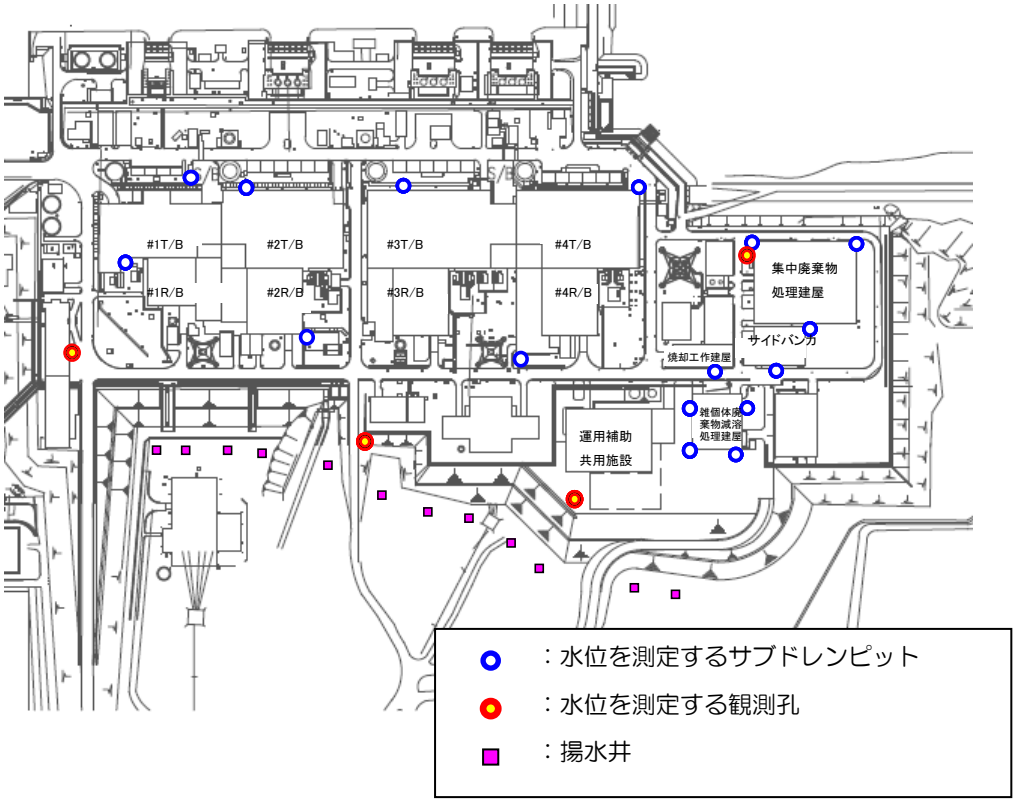
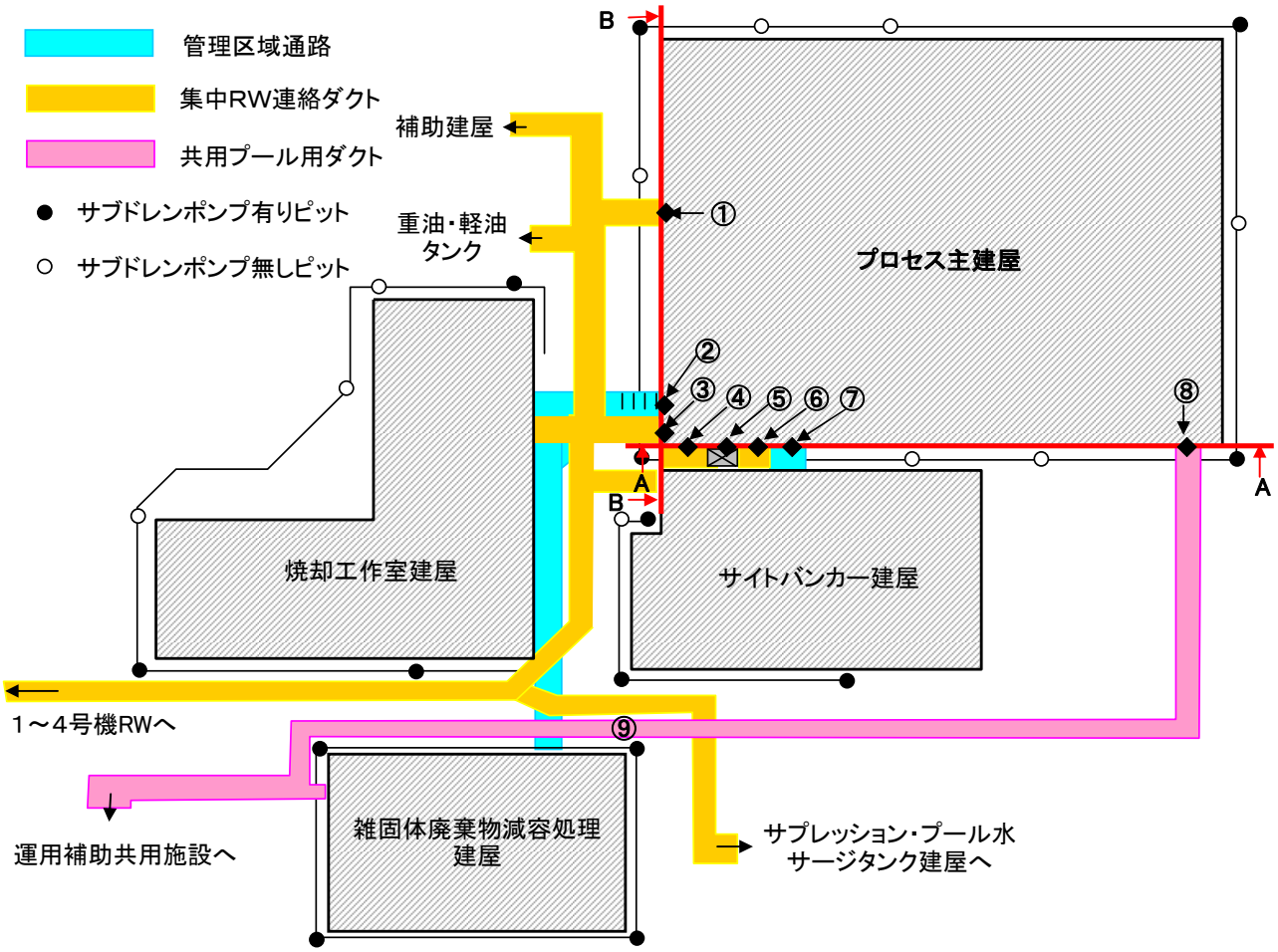
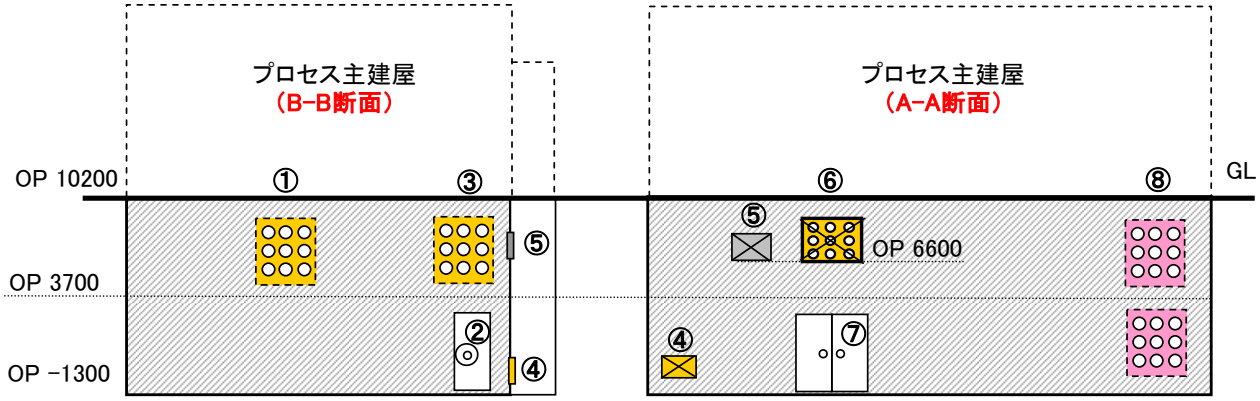

#1T/B
#2T/B
#3T/B
#4T/B
#1R/B
#2R/B
#3R/B
#4R/B
集中廃棄物
処理建屋
サイドバンカ
焼却工作建屋
雑固体廃
棄物減溶
処理建屋
運用補助
共用施設
：水位を測定するサブドレンピット
：水位を測定する観測孔
：揚水井

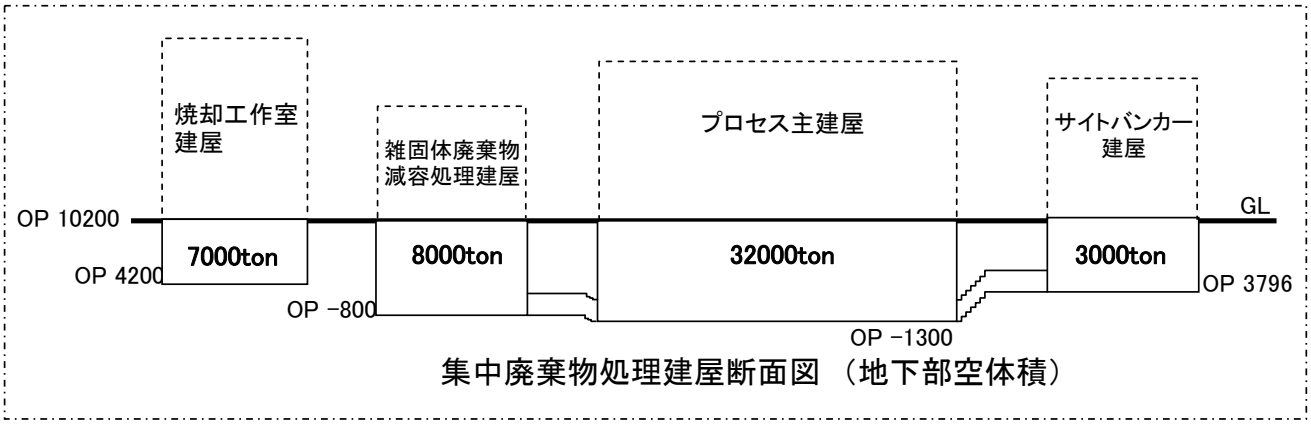
図７　モニタリング計画

プロセス主建屋の貫通部の止水措置



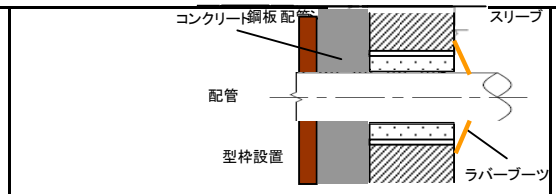
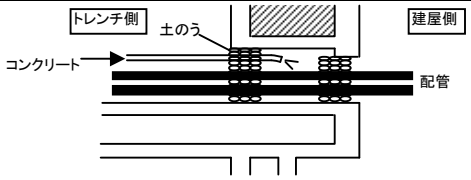
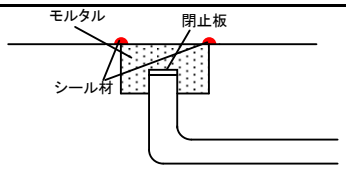
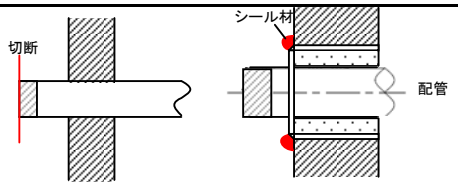
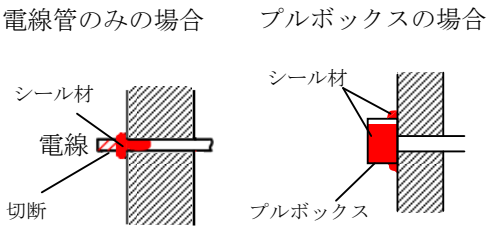
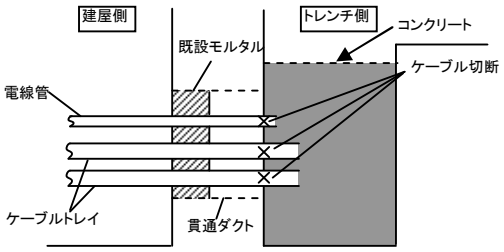


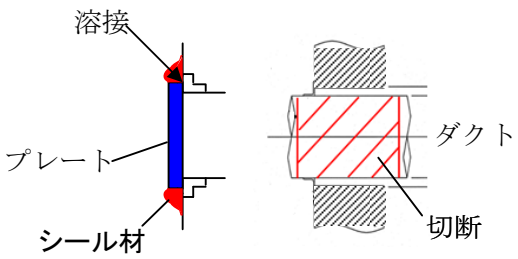
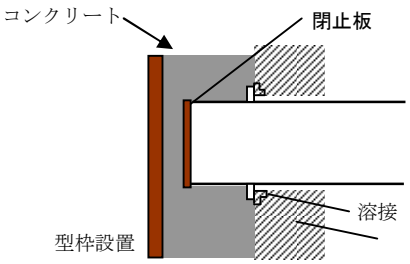
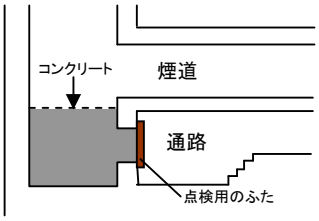
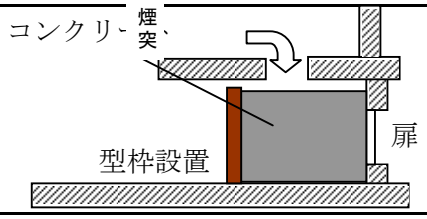
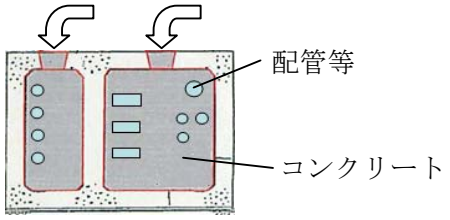
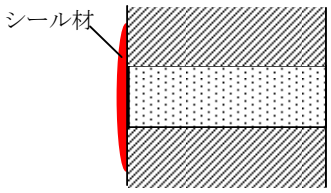
プロセス主建屋位置関係図



集中廃棄物処理建屋断面図（地下部空体積）

貫通部止水工事　施工方法について

	型枠を設置してコンクリートを充填する。		B
	開口部の両端に土のうを積み開口内部にコンクリートを充填する。		C
	ファンネル流入口に閉止板を設置し、モルタルをファンネル内に充填した後、床面と充填したモルタルの境界表面にシール材を塗布する。		D
	配管を切断し，閉止板を溶接にて取り付けることにより閉塞する。	 例：A+E	E
電線管	電線管切断後，シール材を充填する。		F
	トレンチ側の電線を切断し、コンクリートで充填する。		G

設備	処置方法	概要図	記号
ダクト	ダクトを切断し、プレートを溶接にて取り付けて閉止した後、溶接箇所にシール材を塗布する。		H1
	ダクトに閉止板を設置し，型枠との隙間にコンクリートを充填する。		H2
煙道	煙道出口に閉止板を設置した後， コンクリートを充填して閉塞する。	ごと 	I
扉	型枠を設置した後、コンクリートを充填することで閉塞する。		J
トレンチ	地上との貫通部よりコンクリートを充填する。	g 	K
予備スリーブ	予備スリーブの加工箇所の壁面、モルタル充填部表面にシール材を塗布		L

プロセス主建屋の健全性　ひび割れ等の漏えい対策

1 はじめに

プロセス主建屋の地下躯体部分の水密性を確保する観点から，ひび割れ点検を行うとともに，ひび割れ箇所の補修を行った。

2 現場確認方法

プロセス主建屋のひび割れ点検は，日常点検における記録を基に地震後に新たに生じたと考えられるひび割れについて目視点検を行った。

3 点検結果及び評価

点検では，新たに地震により生じたひび割れは確認されなかった。今回の地震前から存在していたと思われるひび割れは確認されたが，縦方向のひび割れであることから，経年によるコンクリートの乾燥収縮によって生じたひび割れと判断した。

その他のひび割れについても，ひび割れ部分にはエフロレッセンス（白華現象）等の変化が見られないことから，通常時には漏水等の問題はなかったものと考えられる。

また，プロセス主建屋は，不透水層である富岡層（泥岩）に基礎マットが設置されていること，地下外壁面周囲にアスファルト防水が施工されていることから，止水性は確保されているものと考えられるが，地下外壁のひび割れ部の補修を行い，水密性を高めるものとする。

4 ひび割れ補修

4.1 補修範囲

ひび割れの補修は，プロセス主建屋の日常点検により記録されたひび割れのほか，目視で確認できる全てのひび割れについて実施した。プロセス主建屋のひび割れの補修本数を表-1 に示す。

表-1　ひび割れ補修本数

	部　位	実施本数 (0.3㎜ 以上のひび割れ)
プロセス主建屋	地下１階	59
	地下２階	249

4.2 補修方法

- 目視で確認できるひび割れを全て補修する。
- 使用材料：ポリマーセメント系塗膜防水材

5 まとめ

対象となるひび割れについて全て補修を実施し，当社は適切に補修されたことを確認した。

6 ひび割れ調査図（壁展開図・ひび割れ幅 0.3mm 以上のものを記録）

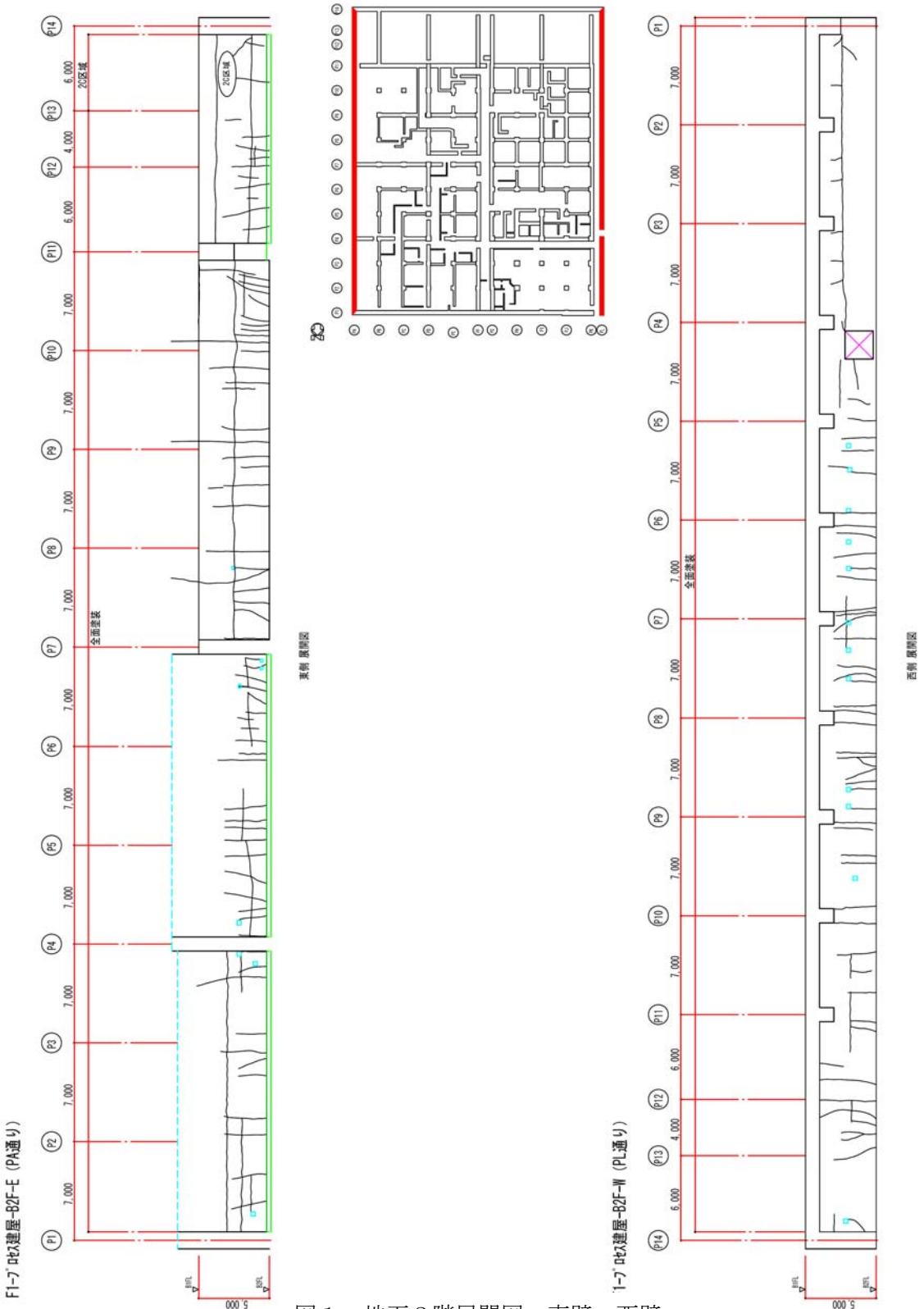


図１　地下２階展開図　東壁，西壁

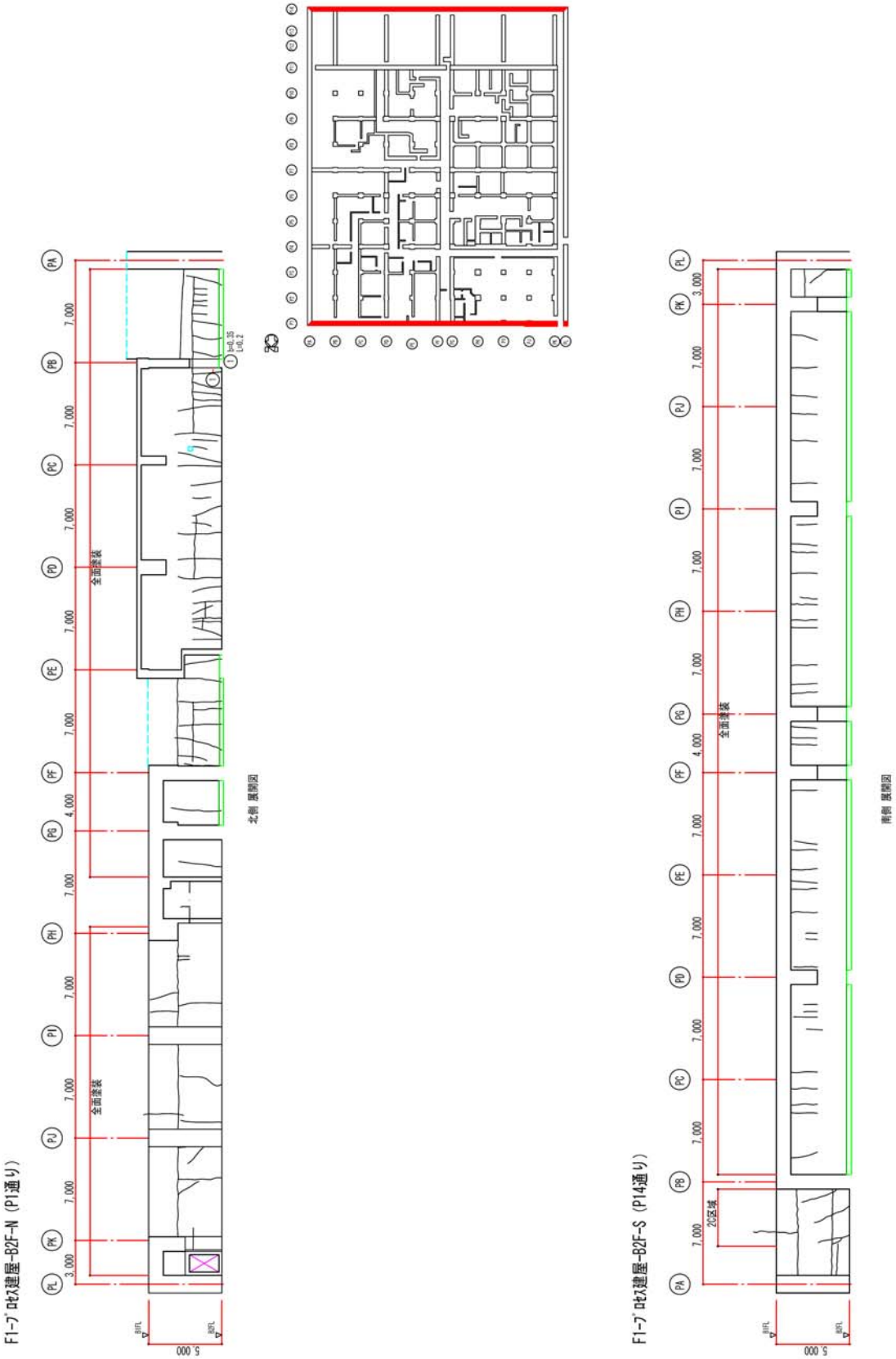


図２　地下２階展開図　北壁，南壁

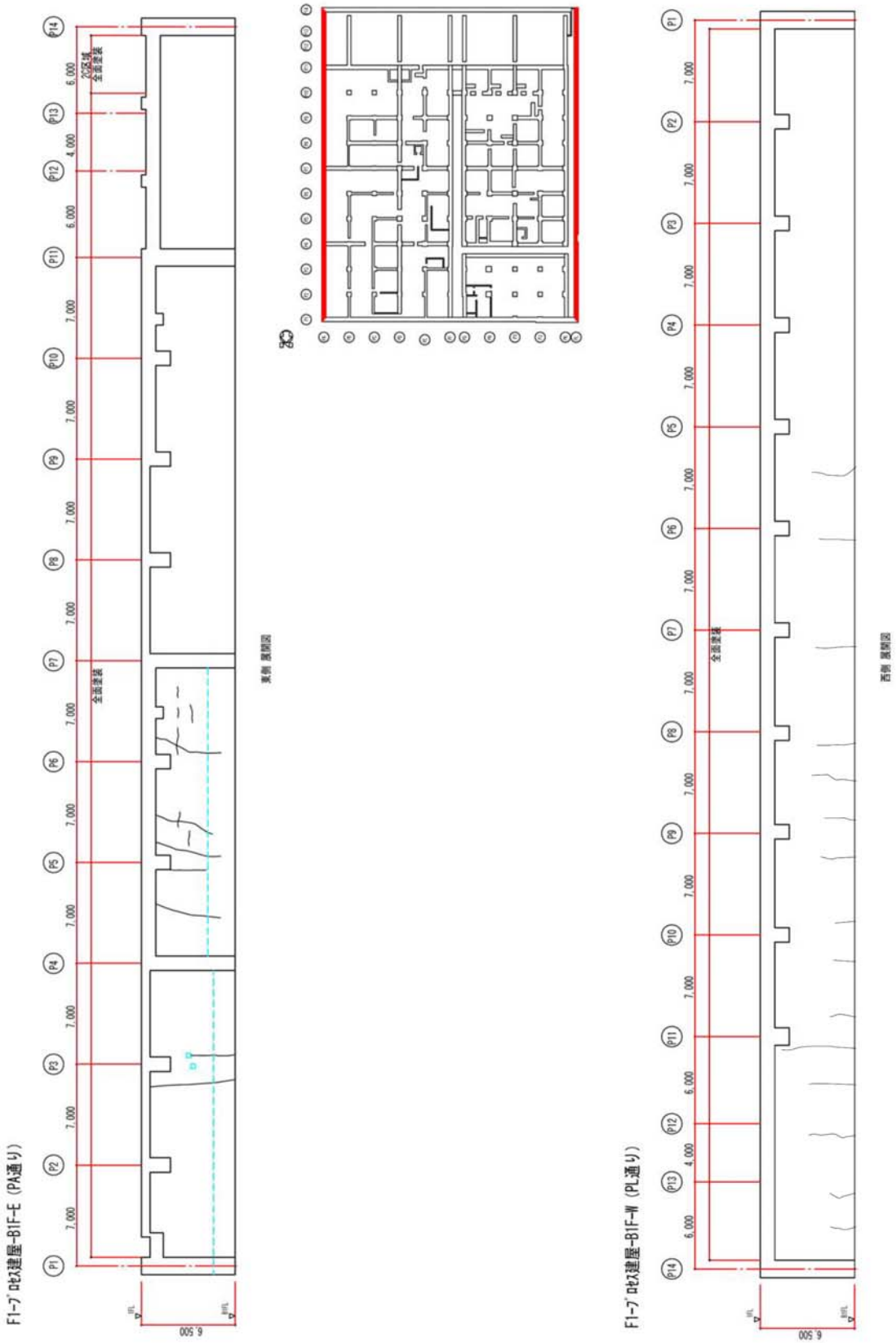


図３　地下１階展開図　東壁，西壁

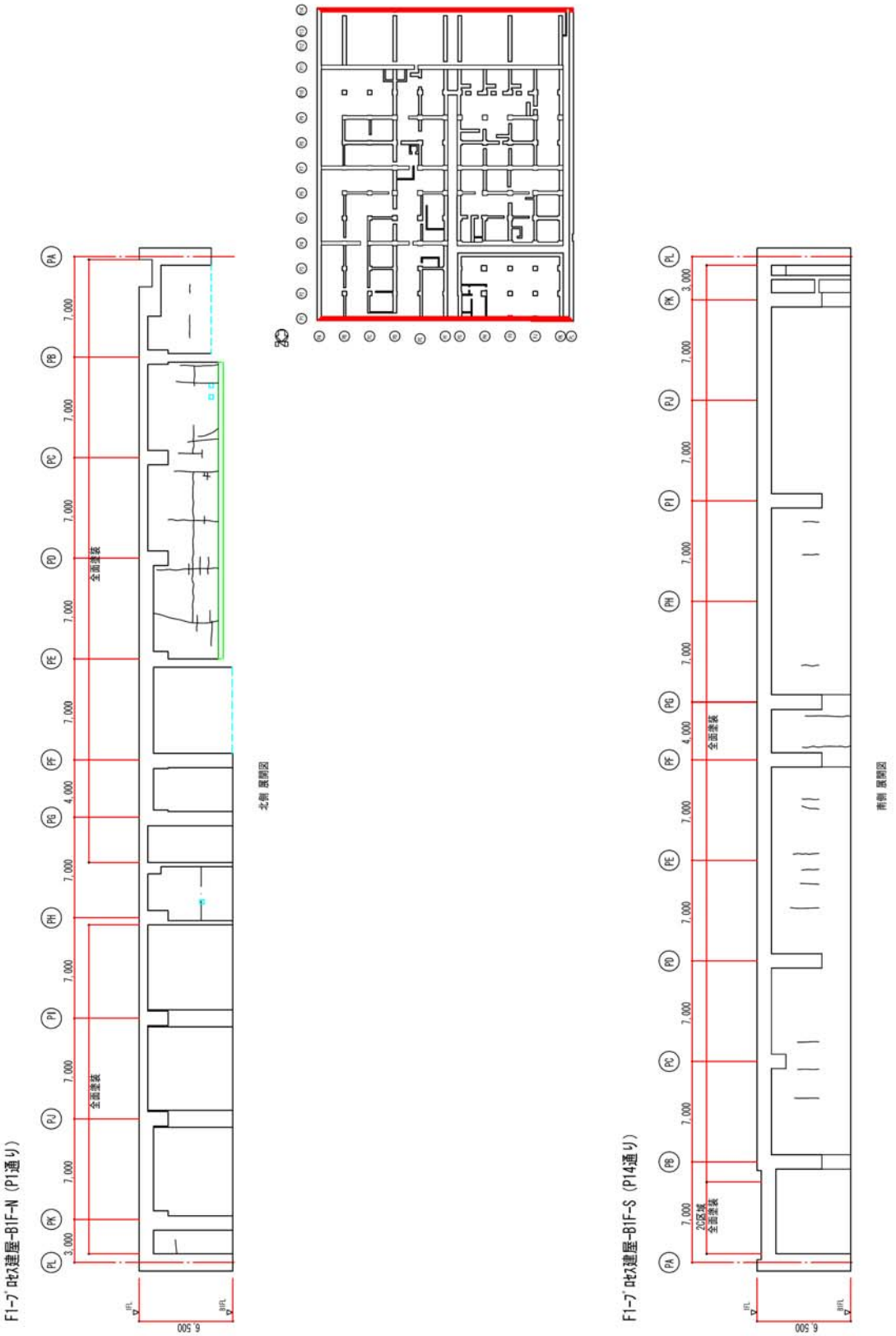
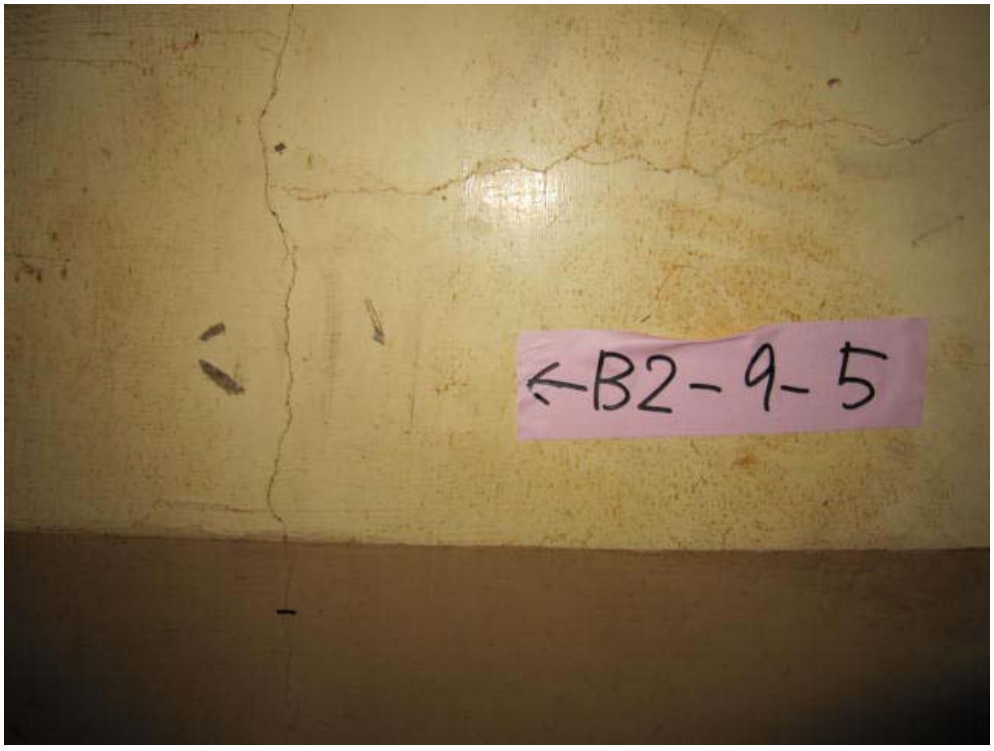
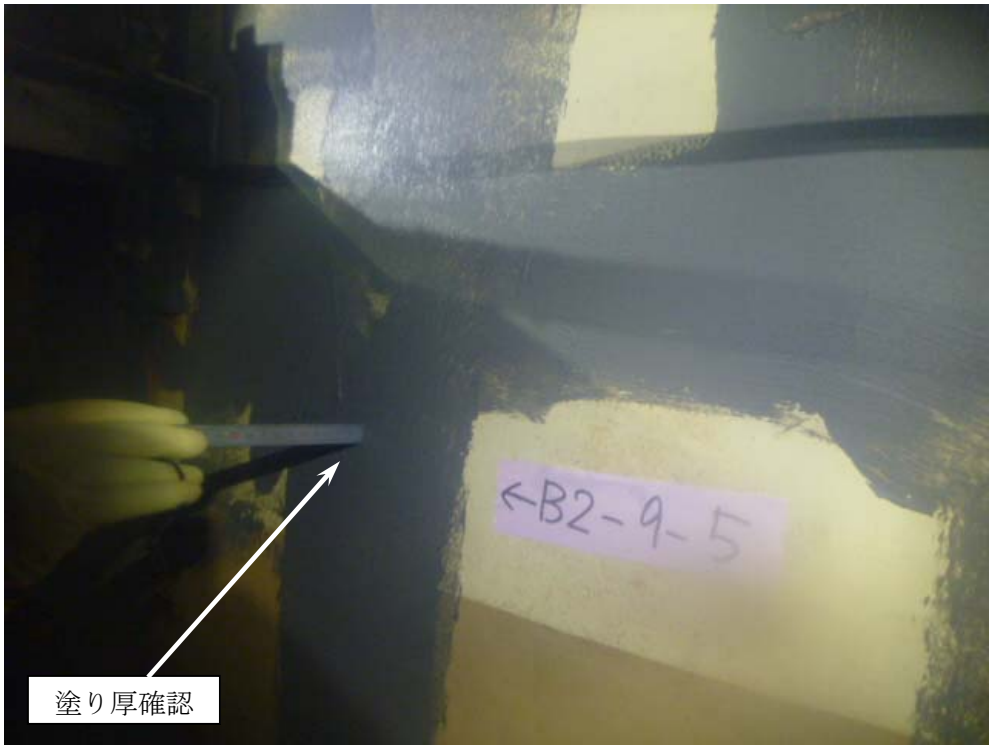


図４　地下１階展開図　北壁，南壁

7 幅 0.3㎜ 以上のひび割れ補修状況



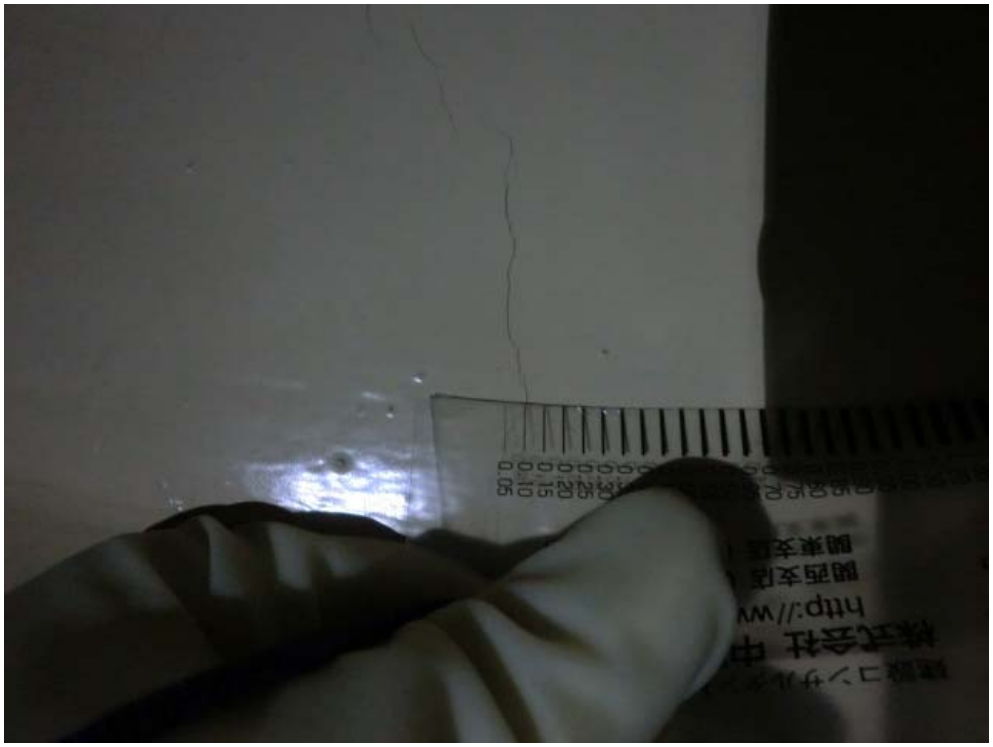
補修前



補修後

図５　幅 0.3㎜ 以上のひび割れ補修状況

8 幅 0.3㎜ 未満のひび割れ補修状況



補修前



補修後

図６　幅 0.3㎜ 未満のひび割れ補修状況

プロセス主建屋の建屋外への放射性物質移行量の評価

1 建屋外への放射性物質の移行

放射性廃液を建屋の地下に貯蔵した場合には，建屋周辺の地下水水頭よりも建屋内部の水頭が高い場合には圧力差による放射性廃液の漏出が考えられる。この圧力差による漏出は建屋内外の水位の管理によって回避することができるが，その場合でも建屋コンクリートの健全部の拡散による移行が考えられるので，ここでは，その移行量を評価する。

2 評価モデルの概念と主要な評価パラメータ

廃液を現状地下水位と同等未満の高さまで貯蔵する場合には，周辺の地下水水頭が建屋内部の水頭よりも大きいので，内向きの流れと拡散による移行が考えられる。ひび割れ部のような透水性の高い開口部では，１ｍｍ程度の水頭差による移流によって拡散移行量が無視小となるので，一定の水位差があれば，健全部の拡散が支配的となる。

地下水位と同等の水頭高さまで貯蔵するケースの建屋からの漏出と放射性物質の地下水移行の概念を図１に示す。

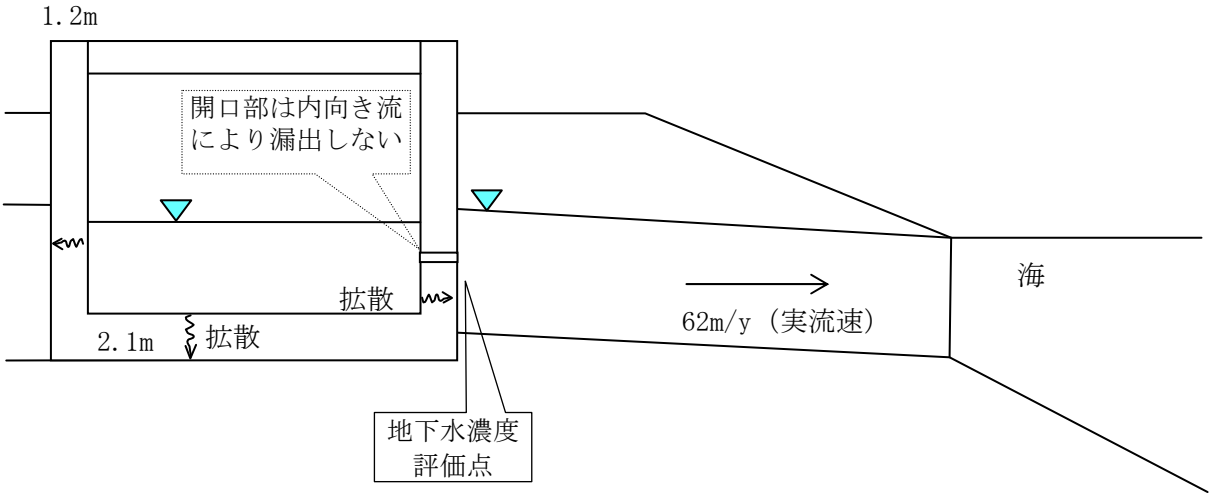


図１　建屋からの漏出と放射性物質の地下水移行の概念

図１の場合には，建屋からの放射性物質の漏出について，地下水流れが生じないこと及びひび割れ等の開口部の拡散は無視小となるので，健全部の拡散だけを考慮した次式で計算できる。

$$R = -Sc \bullet Dec \bullet \left.\frac{\partial Cc(z,t)}{\partial z}\right|_{z=L} \quad \cdots\cdots (1)$$

$$\varepsilon c \bullet Rfc \bullet \frac{\partial Cc(z,t)}{\partial t} = Dec \bullet \frac{\partial^2 Cc(z,t)}{\partial z^2} - \lambda \bullet \varepsilon c \bullet Rfc \bullet Cc(z,t) \quad \cdots\cdots (2)$$

$$\begin{aligned} &Cc(0,t) = Cw = Cw0 \bullet e^{-\lambda \bullet t} \\ &Cc(L,t) = 0 \\ &Cc(z,0) = 0 \\ &Cc(0,t) = 0, \quad (t > Tc) \end{aligned} \quad \cdots\cdots (3)$$

R ： 放射性物質の漏出量（Bq/s）
Cw ： 廃液中の放射性物質の濃度（Bq/m^3）
$Cw0$ ： 廃液中の放射性物質の初期濃度（Bq/m^3）
Sc ： 建屋コンクリートの底面積または側面積（m^2）
Dec ： コンクリート中の放射性物質の実効拡散係数（m^2/s）
$Cc(z, t)$： コンクリート中の放射性物質の間隙水中濃度（Bq/m^3）
・ ： 崩壊定数（1/s）
L ： コンクリートの側面厚さまたは底面厚さ（m）
Rfc ： 放射性物質のコンクリートにおける遅延係数（-）$=1+\frac{1-\varepsilon c}{\varepsilon c} \bullet \rho c \bullet Kdc$
・c ： コンクリートの間隙率（-）
・c ： コンクリートの粒子密度（kg/m^3）
Kdc ： コンクリートの分配係数（m^3/kg）
Tc ： 廃液貯蔵終了時間（s）

3 評価に用いたパラメータ

評価に用いたパラメータの一覧を表１に示す。

表１　評価に用いたパラメータ一覧

パラメータ	設定値	備考
廃液中の放射性物質の濃度（Bq/m^3）	I-131 ： 1.3E+13 Cs-134 ： 3.1E+12 Cs-137 ： 3.0E+12	2011/3/27 採水 _2 号機ﾀｰﾋﾞﾝ建屋滞留水の分析結果に基づく
建屋コンクリートの内面積（m^2）	底面積 ： 5834.24 側面積: 1751.04	底面積 ： 84.8W×68.8L 側面積：84.8W, 68.8L, 5.7H の 4 側面
コンクリート中の放射性物質の実効拡散係数（m^2/s）	1E-11	土木学会技術資料より
コンクリートの間隙率（-）	0.2	
コンクリートの粒子密度（kg/m^3）	2700	単位体積重量 2.15 t/m^{3}と間隙率 0.2 より, 2.15/0.8=2.7（t/m^3）
コンクリートの分配係数（m^3/kg）	I ： 0 Cs ： 0.001	JAEA-Review 2006-011 の海水系地下水のセメントモルタルの値をオーダーでまるめた。
コンクリート健全部のダルシー流速（m/s）	0	健全部の内向き流は小さいので保守的に考慮しない。

パラメータ	設定値	備考
開口部面積（m^2）	実質 0	逆向き流れになるので，拡散に寄与しない。
建屋からの漏出継続期間（y）	0.25～10 継続	3 ヶ月から 10 年の範囲で検討
帯水層のダルシー流速（m/y）	25.42	実流速 62 m/y(2E-5m/s×0.04／0.41) ダルシー流速 = 実流速×0.41
帯水層の厚さ（m）	7	底板下面から地下水面までの高さを保守的に設定

4 評価結果

コンクリートひび割れ部からの流れを内向きになるように管理した場合の評価結果を図２及び図３に示す。継続期間を３ヶ月～１０年及び永年としたケースを合わせて示した。

この結果では，１００年以内に建屋を解体撤去することにより，建屋外への移行は，環境試料の放射能濃度分析におけるCs-137の検出限界である8×10^{-6} Bq/cm^3を下回る値となる。

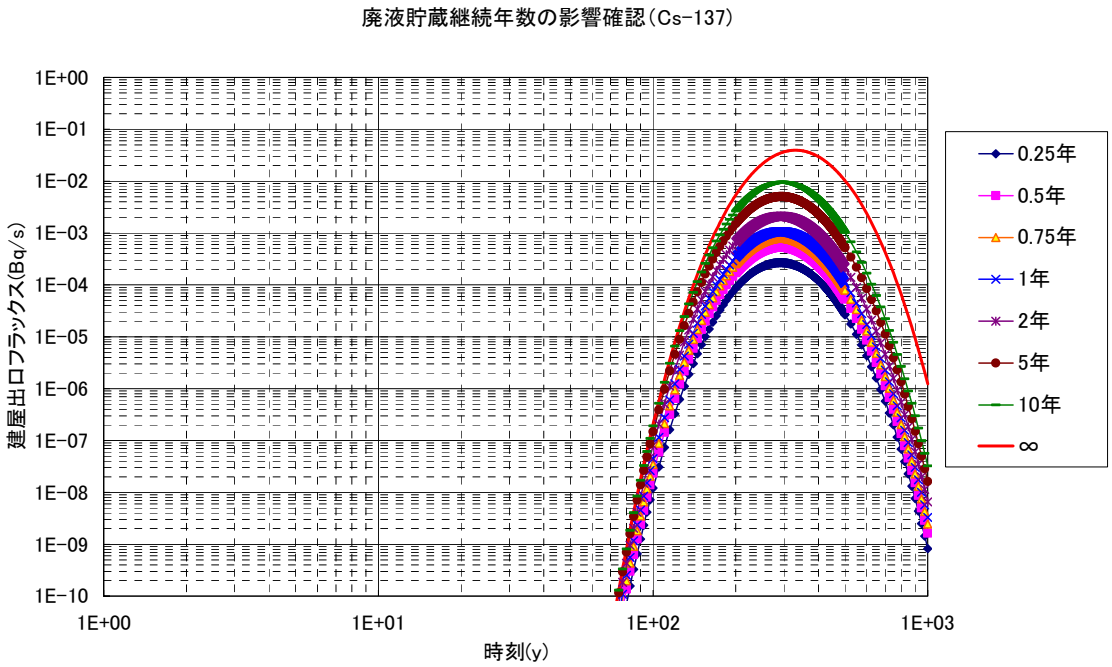
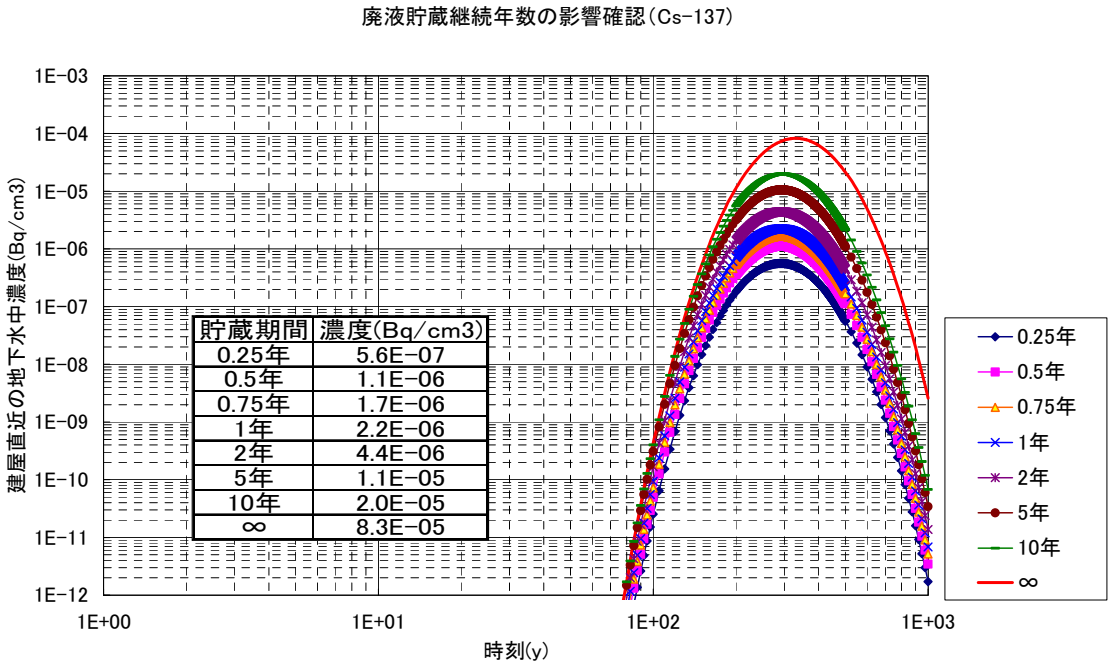


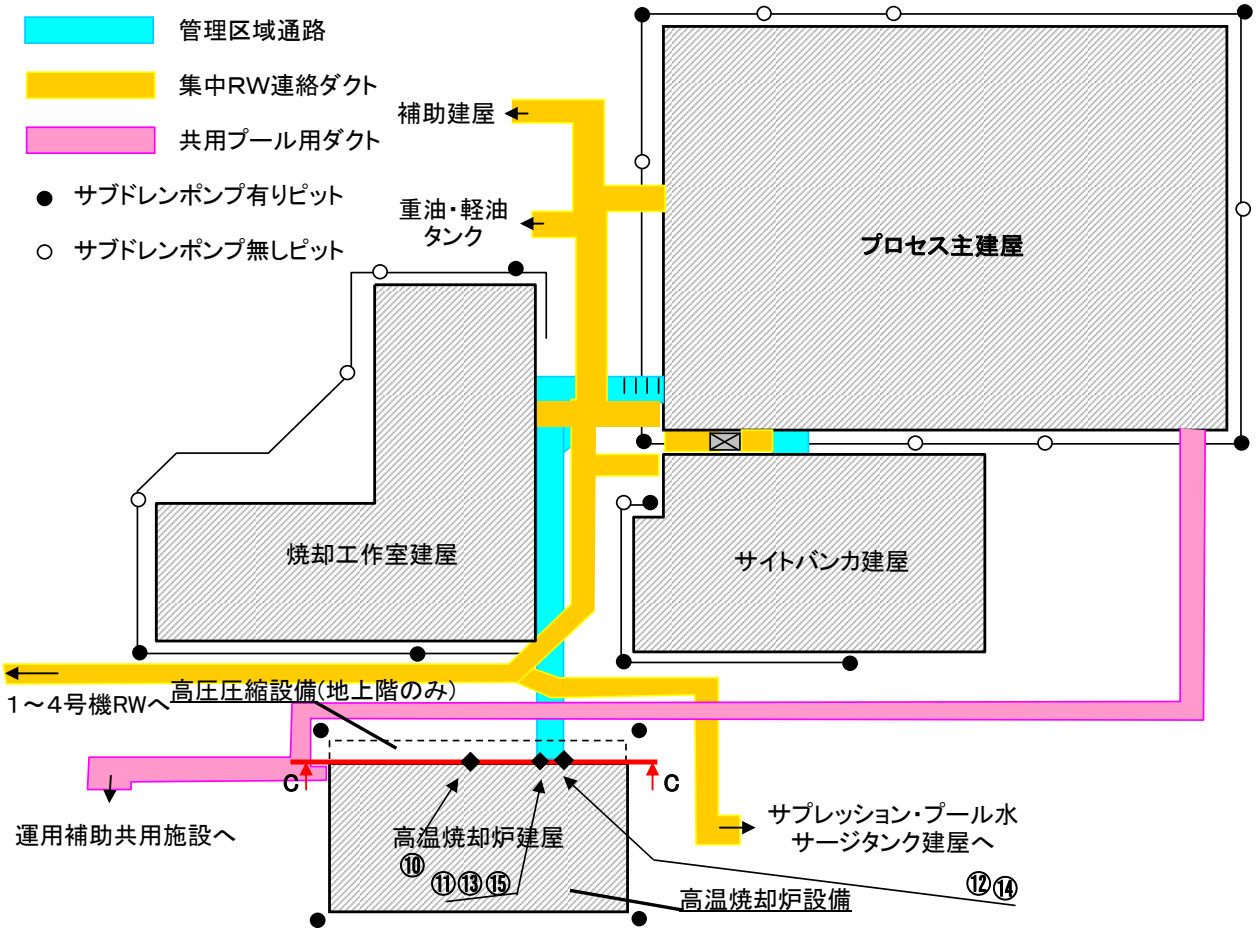
図２　建屋からの流出フラックス
（プロセス主建屋　側壁　１．２ｍ）

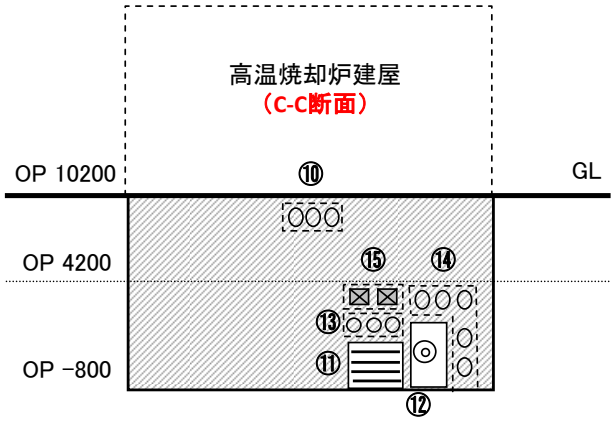


貯蔵期間	濃度(Bq/cm3)
0.25年	5.6E-07
0.5年	1.1E-06
0.75年	1.7E-06
1年	2.2E-06
2年	4.4E-06
5年	1.1E-05
10年	2.0E-05
∞	8.3E-05

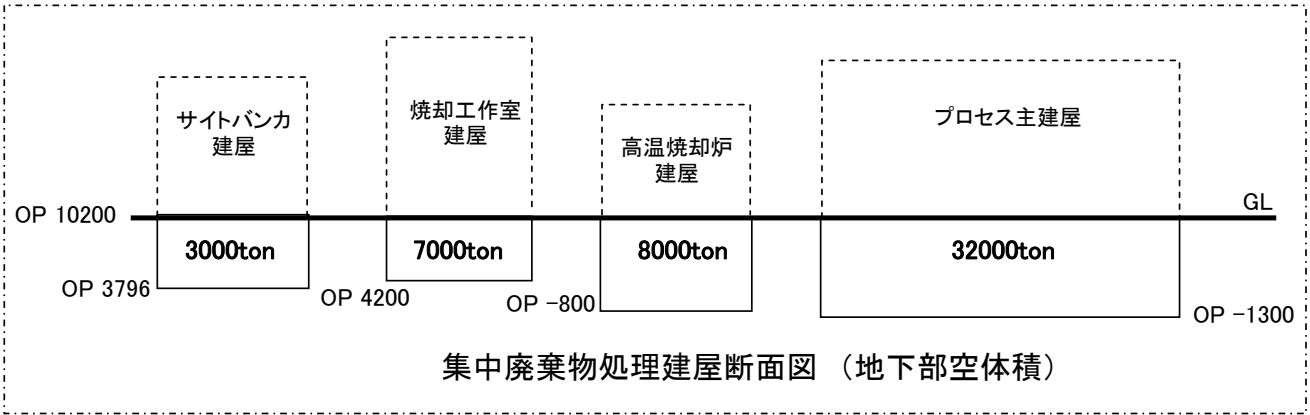
図３　建屋直近の放射性物質の濃度
（プロセス主建屋　側壁　１．２ｍ）

高温焼却炉建屋の貫通部の止水措置





高温焼却炉建屋位置関係図



集中廃棄物処理建屋断面図 （地下部空体積）

高温焼却炉建屋の健全性　ひび割れ等の漏えい対策

1 はじめに

高温焼却炉建屋の地下躯体部分の水密性を確保する観点から，ひび割れ点検を行うとともに，ひび割れ箇所の補修を行った。

2 現場確認方法

高温焼却炉建屋のひび割れ点検は，地下外壁を対象とし，日常点検における記録を基に地震後に新たに生じたと考えられるひび割れについて目視点検を行った。

3 点検結果及び評価

点検では，新たに地震により生じたひび割れは確認されなかった。今回の地震前から存在していたと思われるひび割れは確認されたが，縦方向のひび割れであることから，経年によるコンクリートの乾燥収縮によって生じたひび割れと判断した。

また，その他のひび割れについても，ひび割れ部分にはエフロレッセンス（白華現象）等の変化が見られないことから，通常時には漏水等の問題はなかったものと考えられる。

また，高温焼却炉建屋は，不透水層である富岡層（泥岩）に基礎マットが設置されていること，地下外壁面周囲にアスファルト防水が施工されていることから，止水性は確保されているものと考えられるが，地下外壁のひび割れ部の補修を行い，水密性を高めるものとする。

4 ひび割れ補修

4.1 補修範囲

ひび割れの補修は，高温焼却炉建屋の日常点検により記録されたひび割れのほか，目視で確認できる全てのひび割れについて実施した。高温焼却炉建屋のひび割れの補修本数を表-1 に示す。

表-1　ひび割れ補修本数

	部　位	実施本数 (0.3㎜ 以上のひび割れ)
高温焼却炉建屋	地下１階	42
	地下２階	48

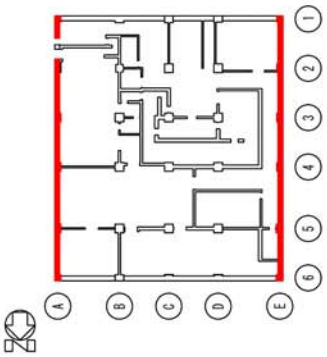
4.2 補修方法

- 目視で確認できるひび割れを全て補修する。
- 使用材料：ポリマーセメント系塗膜防水材

5 まとめ

対象となるひび割れについて全て補修を実施し，当社は適切に補修されたことを確認した。

6 ひび割れ調査図（壁展開図・ひび割れ幅 0.3mm 以上のものを記録）



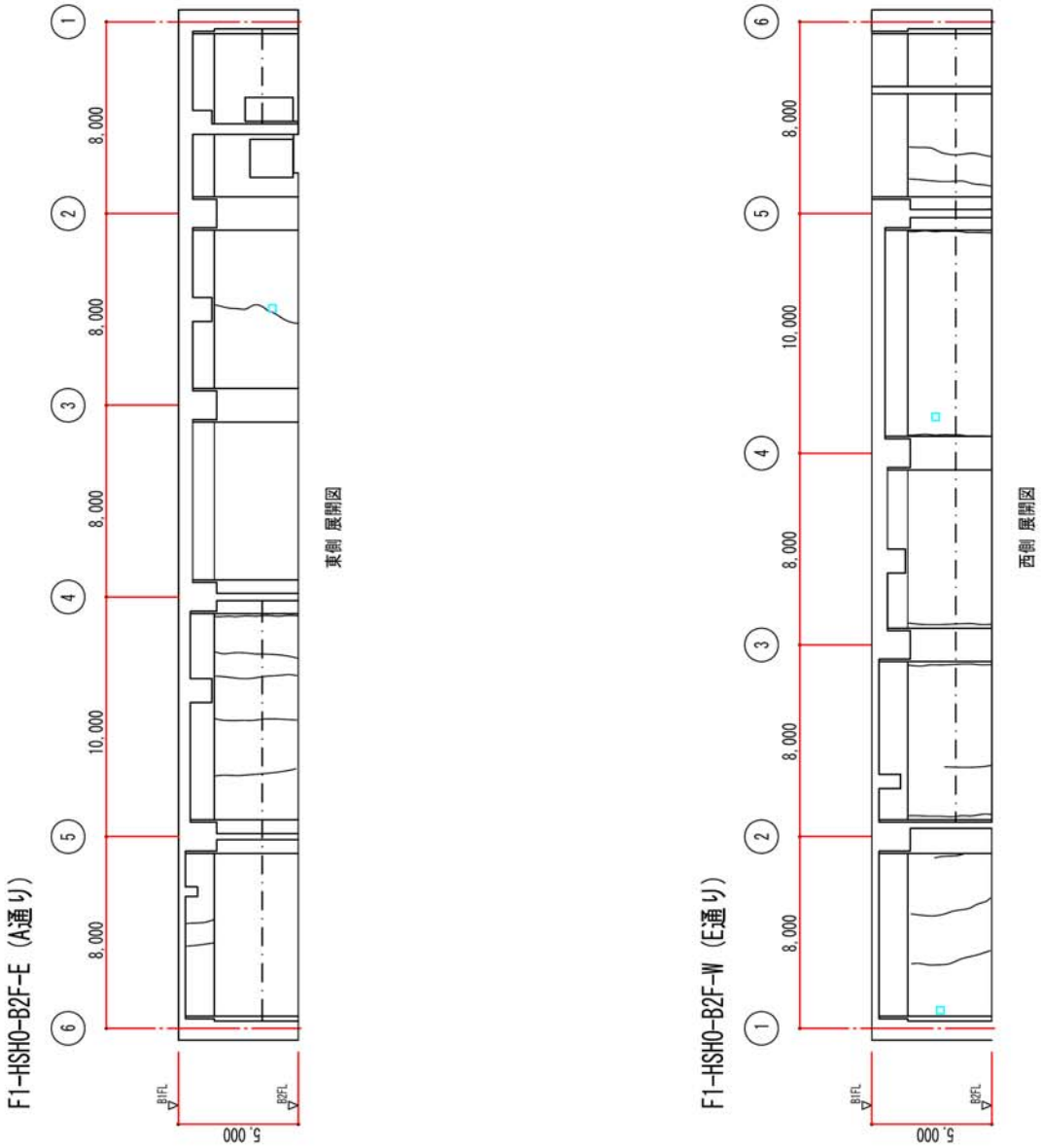


図１　地下２階展開図　東壁，西壁

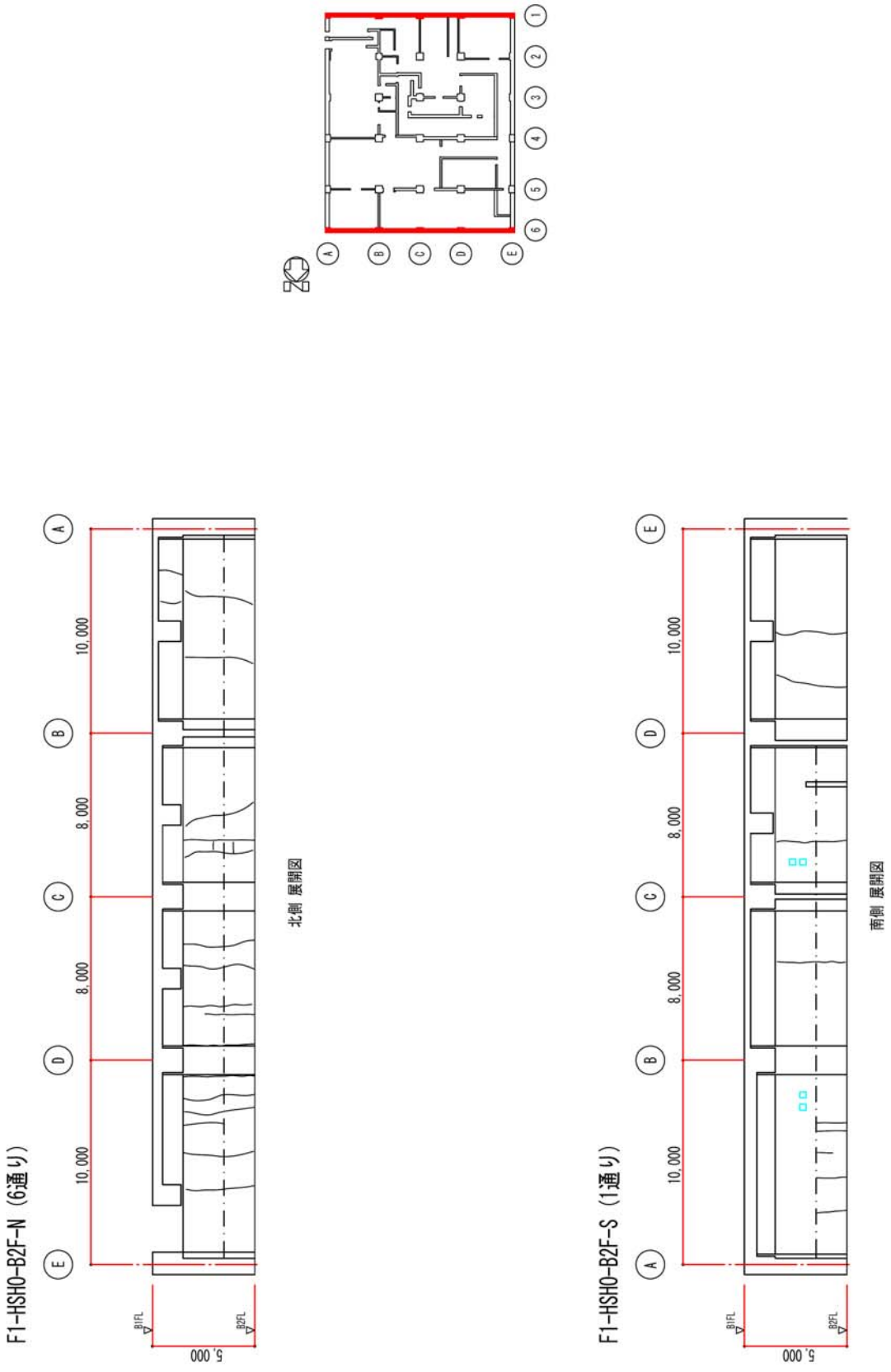


図２　地下２階展開図　北壁，南壁

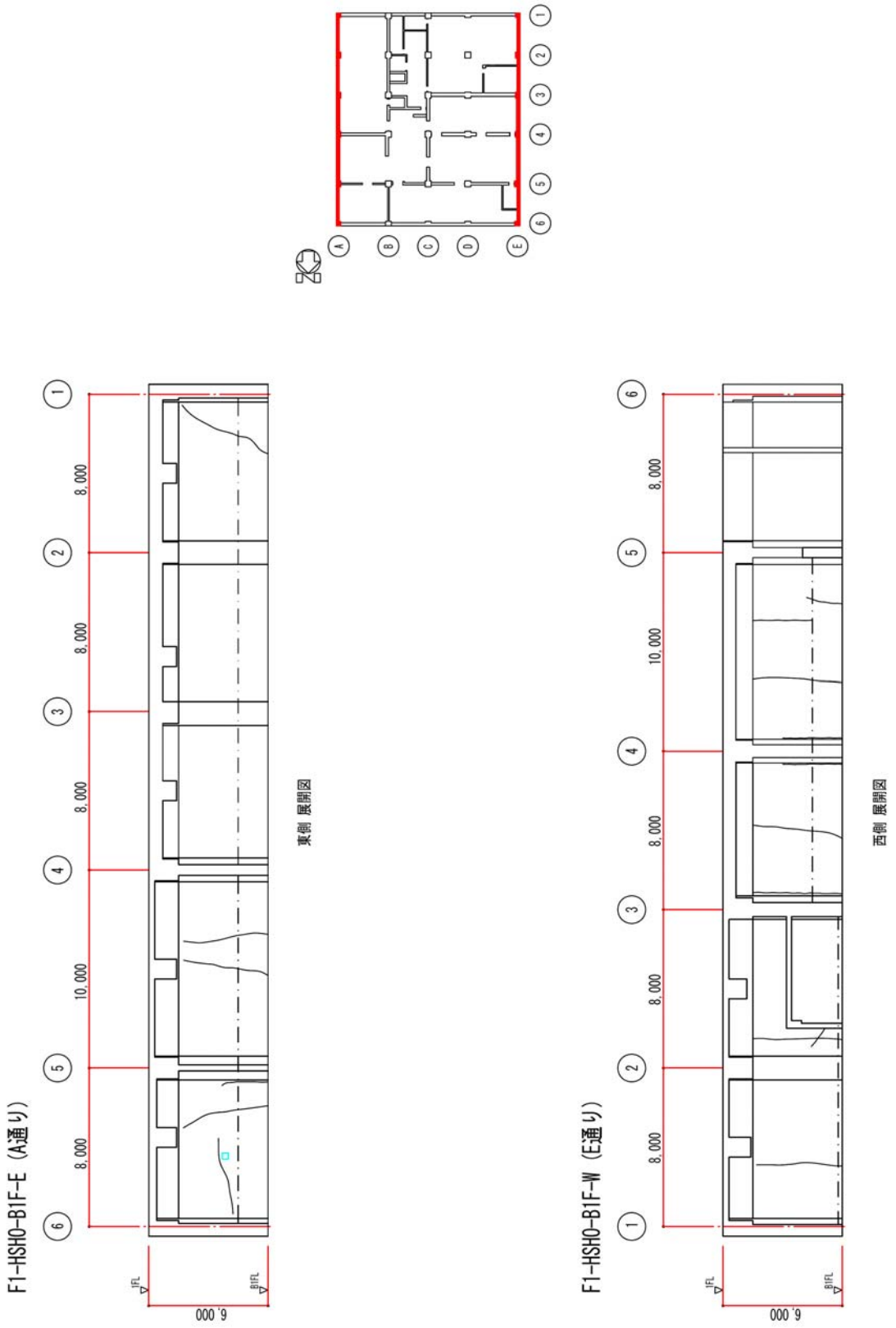


図３　地下１階展開図　東壁，西壁

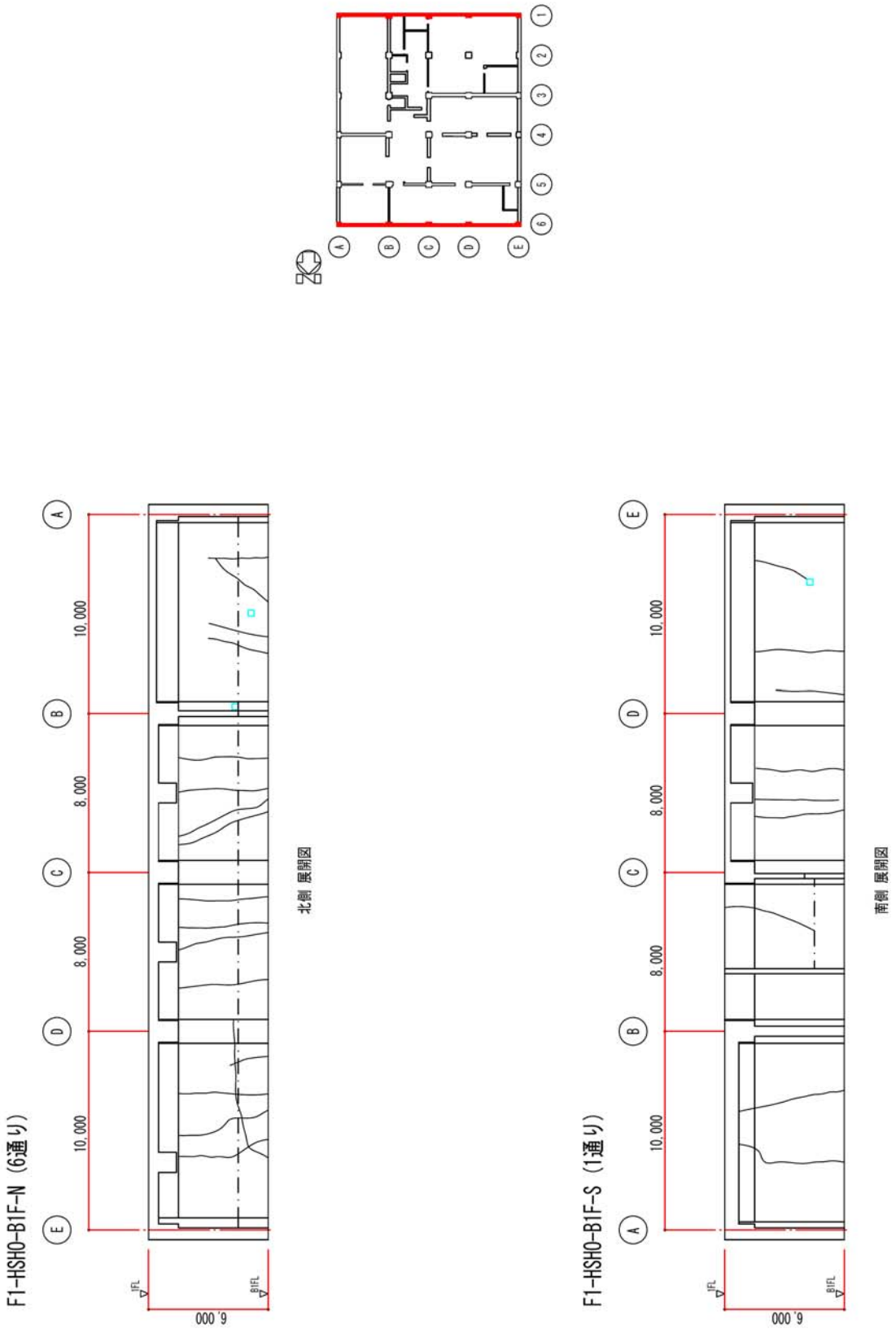
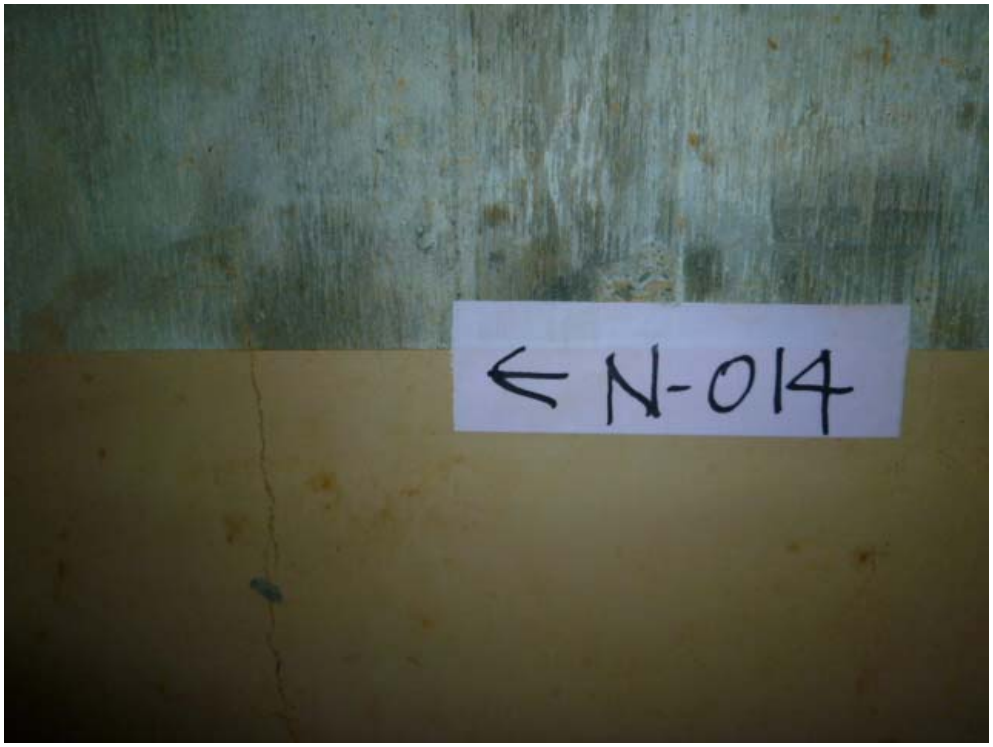
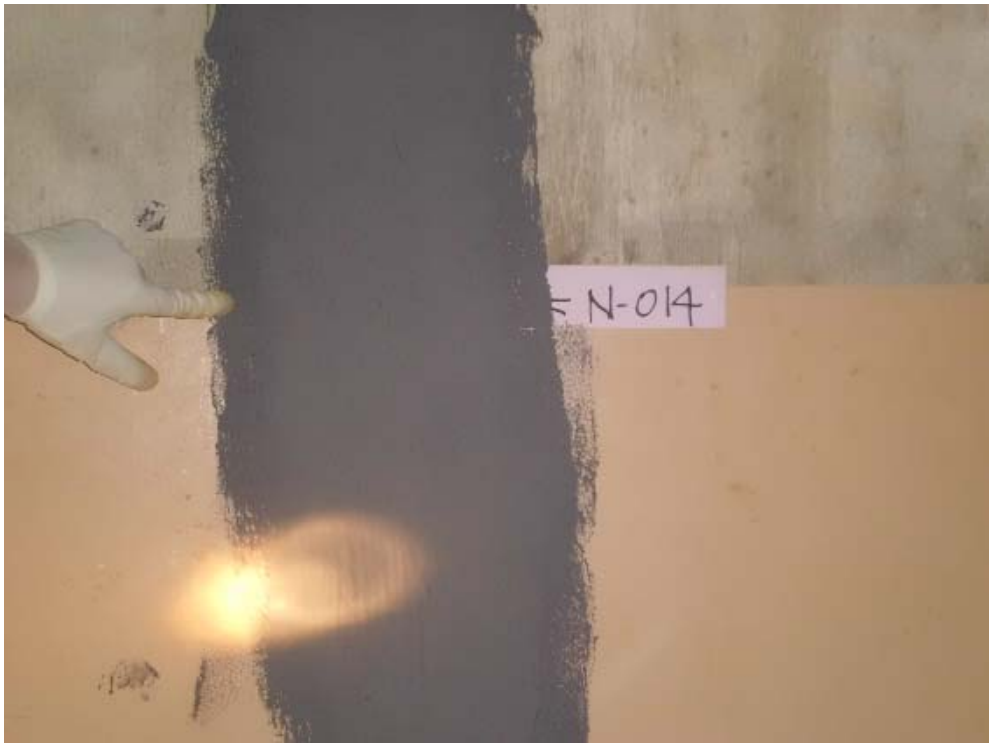


図４　地下１階展開図　北壁，南壁

7 ひび割れ補修状況（幅 0.3㎜ 以上のひび割れ）



補修前



補修後

図５　ひび割れ補修状況（幅 0.3㎜ 以上のひび割れ）

高温焼却炉建屋の建屋外への放射性物質移行量の評価

1 屋外への放射性物質の移行

放射性廃液を建屋の地下に貯蔵した場合には，建屋周辺の地下水水頭よりも建屋内部の水頭が高い場合には圧力差による放射性廃液の漏出が考えられる。この圧力差による漏出は建屋内外の水位の管理によって回避することができるが，その場合でも建屋コンクリートの健全部の拡散による移行が考えられるので，ここでは，その移行量を評価する。

2 評価モデルの概念と主要な評価パラメータ

廃液を現状地下水位と同等未満の高さまで貯蔵する場合には，周辺の地下水水頭が建屋内部の水頭よりも大きいので，内向きの流れと拡散による移行が考えられる。ひび割れ部のような透水性の高い開口部では，１ｍｍ程度の水頭差による移流によって拡散移行量が無視小となるので，一定の水位差があれば，健全部の拡散が支配的となる。

地下水位と同等の水頭高さまで貯蔵するケースの建屋からの漏出と放射性物質の地下水移行の概念を図１に示す。

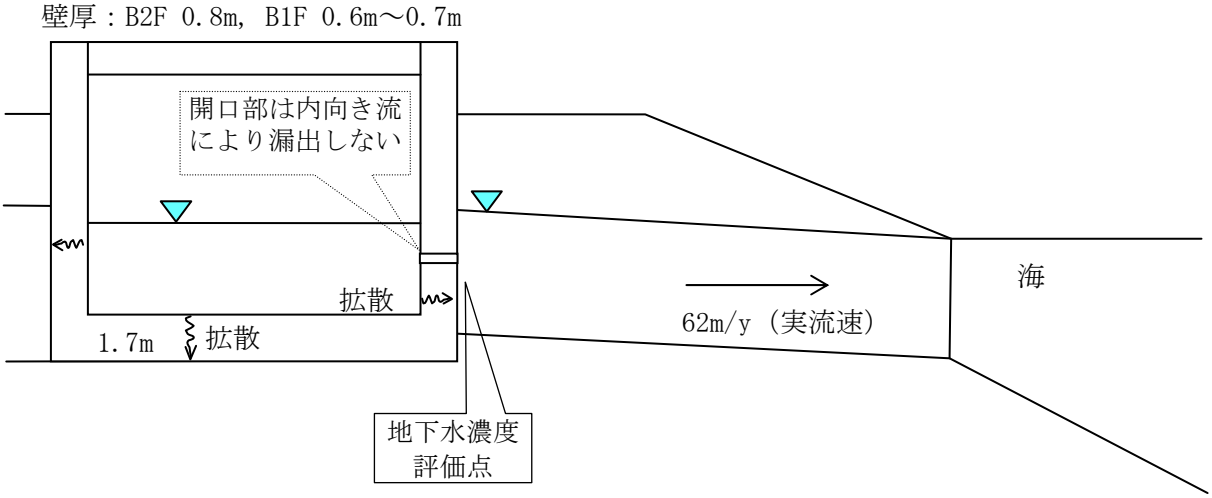


図１　建屋からの漏出と放射性物質の地下水移行の概念

図１の場合には，建屋からの放射性物質の漏出について，地下水流れが生じないこと及びひび割れ等の開口部の拡散は無視小となるので，健全部の拡散だけを考慮した次式で計算できる。

$$R = -Sc \bullet Dec \bullet \left.\frac{\partial Cc(z,t)}{\partial z}\right|_{z=L} \quad \cdots\cdots (1)$$

$$\varepsilon c \bullet Rfc \bullet \frac{\partial Cc(z,t)}{\partial t} = Dec \bullet \frac{\partial^2 Cc(z,t)}{\partial z^2} - \lambda \bullet \varepsilon c \bullet Rfc \bullet Cc(z,t) \quad \cdots\cdots (2)$$

$$\begin{aligned} &Cc(0,t) = Cw = Cw0 \bullet e^{-\lambda \bullet t} \\ &Cc(L,t) = 0 \\ &Cc(z,0) = 0 \\ &Cc(0,t) = 0, \quad (t > Tc) \end{aligned} \quad \cdots\cdots (3)$$

R ： 放射性物質の漏出量（Bq/s）
Cw ： 廃液中の放射性物質の濃度（Bq/m^3）
$Cw0$ ： 廃液中の放射性物質の初期濃度（Bq/m^3）
Sc ： 建屋コンクリートの底面積または側面積（m^2）
Dec ： コンクリート中の放射性物質の実効拡散係数（m^2/s）
$Cc(z, t)$： コンクリート中の放射性物質の間隙水中濃度（Bq/m^3）
・ ： 崩壊定数（1/s）
L ： コンクリートの側面厚さまたは底面厚さ（m）
Rfc ： 放射性物質のコンクリートにおける遅延係数（-）$=1+\frac{1-\varepsilon c}{\varepsilon c} \bullet \rho c \bullet Kdc$
・c ： コンクリートの間隙率（-）
・c ： コンクリートの粒子密度（kg/m^3）
Kdc ： コンクリートの分配係数（m^3/kg）
Tc ： 廃液貯蔵終了時間（s）

3 評価に用いたパラメータ

評価に用いたパラメータの一覧を表１に示す。

表１　評価に用いたパラメータ一覧

パラメータ	設定値	備考
廃液中の放射性物質の濃度（Bq/m^3）	I-131 ： 1.3E+13 Cs-134 ： 3.1E+12 Cs-137 ： 3.0E+12	2011/3/27 採水 _2 号機ﾀｰﾋﾞﾝ建屋滞留水の分析結果に基づく
建屋コンクリートの内面積（m^2）	底面積 ： 1465.56 側面積: B2F(壁厚 0.8m)　768.0 B1F(壁厚 0.6m) 414.96 B1F(壁厚 0.7m) 174.42	底面積 ： 41.4W×35.4L 側面積： B2F 41.4W, 35.4L, 5.0H の 4 側面 B1F(壁厚 0.6m) 壁厚 0.6m, 0.65m 部分の長さ 109.2×3.8H B1F(壁厚 0.7m) 壁厚 0.7m 部分の長さ 45.9×3.8H
コンクリート中の放射性物質の実効拡散係数（m^2/s）	1E-11	土木学会技術資料より
コンクリートの間隙率（-）	0.2	
コンクリートの粒子密度（kg/m^3）	2700	単位体積重量 2.15 t/m^{3}と間隙率 0.2 より，2.15/0.8=2.7（t/m^3）

パラメータ	設定値	備考
コンクリートの分配係数 (m^3/kg)	I ： 0 Cs ： 0.001	JAEA-Review 2006-011 の海水系地下水のセメントモルタルの値をオーダーでまるめた。
コンクリート健全部のダルシー流速 (m/s)	0	健全部の内向き流は小さいので保守的に考慮しない。
開口部面積 (m^2)	実質 0	逆向き流れになるので，拡散に寄与しない。
建屋からの漏出継続期間 (y)	0.25～10 継続	3 ヶ月から 10 年の範囲で検討
帯水層のダルシー流速 (m/y)	25.42	実流速 62 m/y(2E-5m/s×0.04／0.41) ダルシー流速 = 実流速×0.41
帯水層の厚さ (m)	7	底板下面から地下水面までの高さを保守的に設定

4 評価結果

コンクリートひび割れ部からの流れを内向きになるように管理した場合の評価結果を図２及び図３に示す。継続期間を３ヶ月～１０年及び永年としたケースを合わせて示した。

この結果では，３０年以内に建屋を解体撤去することにより，建屋外への移行は，環境試料の放射能濃度分析におけるCs-137 の検出限界である 8×10^{-6} Bq/cm^3を下回る値となる。

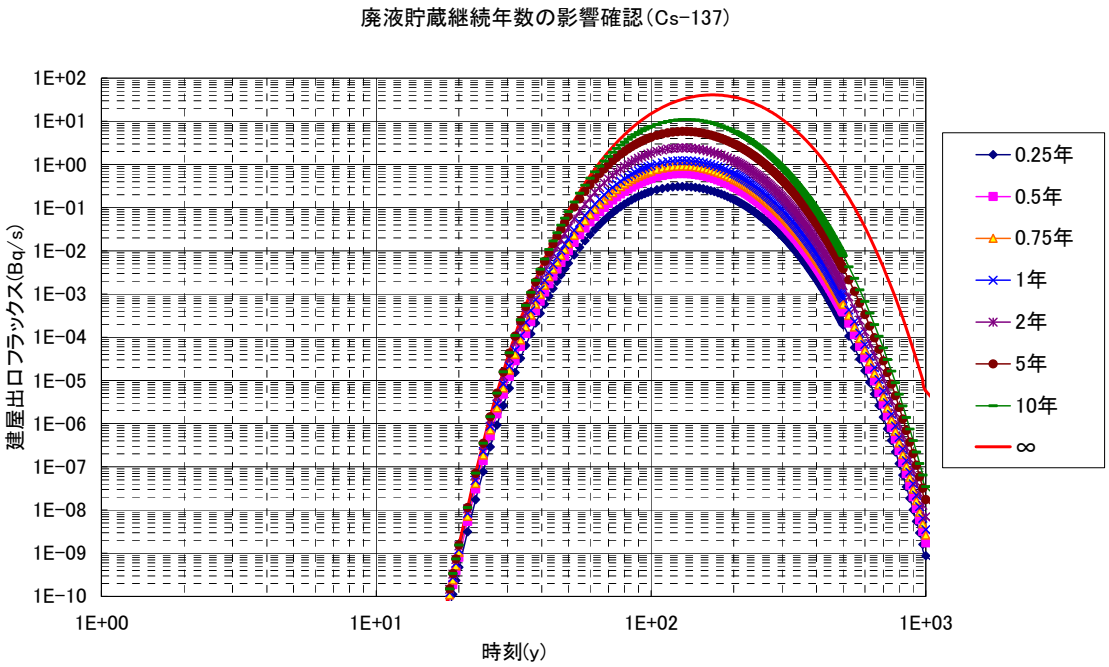
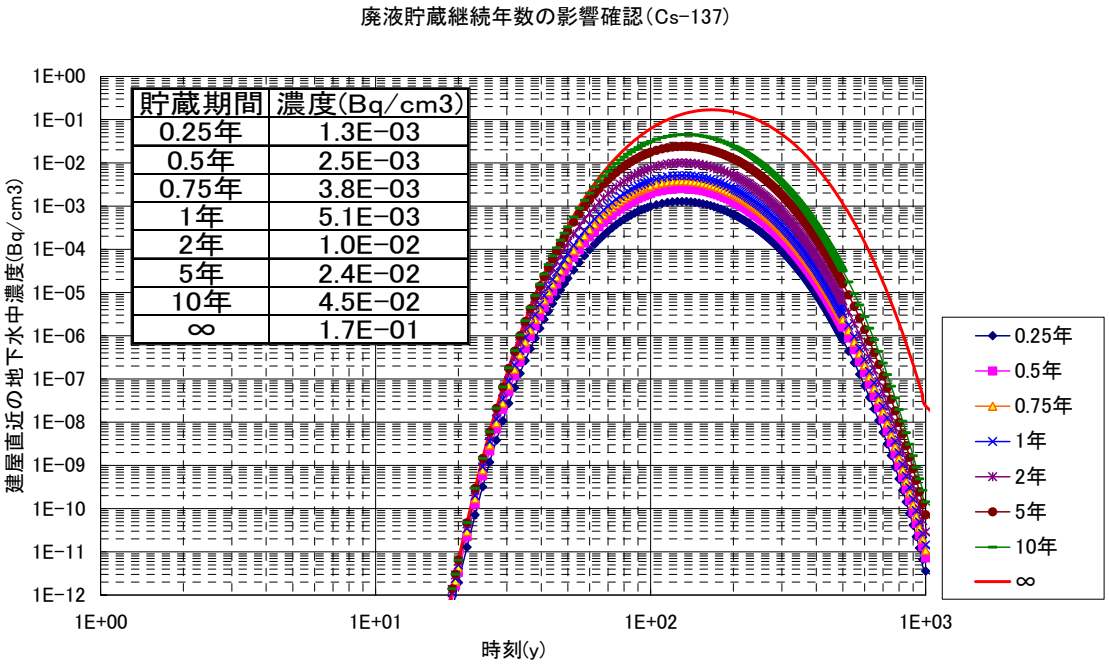


図２　建屋からの流出フラックス
（高温焼却炉建屋）



貯蔵期間	濃度(Bq/cm3)
0.25年	1.3E-03
0.5年	2.5E-03
0.75年	3.8E-03
1年	5.1E-03
2年	1.0E-02
5年	2.4E-02
10年	4.5E-02
∞	1.7E-01

図３　建屋直近の放射性物質の濃度
（高温焼却炉建屋）

１～４号機の各建屋外への放射性物質移行量の評価

1 建屋外への放射性物質の移行

高レベル放射性汚染水（以下，「滞留水」という。）が建屋の地下に滞留した場合，建屋周辺の地下水水頭よりも建屋内部の水頭が高くなったときに圧力差による滞留水の漏出が考えられる。この圧力差による漏出は建屋内外の水位の管理によって回避することができるが，その場合でも建屋コンクリートの健全部の拡散による移行が考えられるので，ここでは，その移行量を評価する。

2 評価モデルの概念と主要な評価パラメータ

滞留水を現状地下水位と同等未満の高さまで貯蔵する場合には，周辺の地下水水頭が建屋内部の水頭よりも大きいので，内向きの流れと拡散による移行が考えられる。ひび割れ部のような透水性の高い開口部では，１ｍｍ程度の水頭差による移流によって拡散移行量が無視小となるので，一定の水位差があれば，健全部の拡散が支配的となる。

地下水位と同等の水頭高さまで貯蔵するケースの建屋からの漏出と放射性物質の地下水移行の概念を図１に示す。

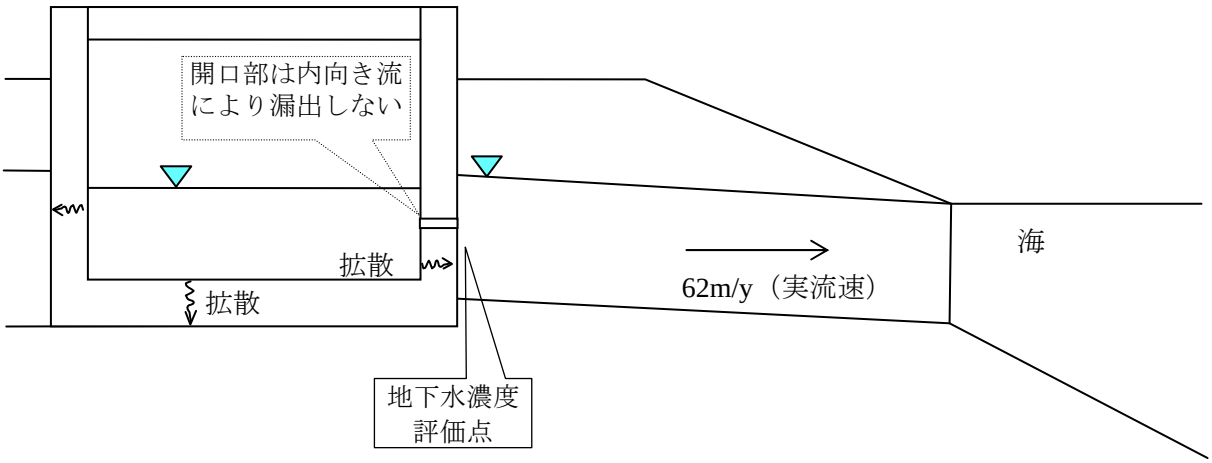


図１　建屋からの漏出と放射性物質の地下水移行の概念

図１の場合には，建屋からの放射性物質の漏出について，地下水流れが生じないこと及びひび割れ等の開口部の拡散は無視小となるので，健全部の拡散だけを考慮した次式で計算できる。

$$R = -Sc \bullet Dec \bullet \left.\frac{\partial Cc(z,t)}{\partial z}\right|_{z=L} \quad \cdots\cdots(1)$$

$$\varepsilon c \bullet Rfc \bullet \frac{\partial Cc(z,t)}{\partial t} = Dec \bullet \frac{\partial^2 Cc(z,t)}{\partial z^2} - \lambda \bullet \varepsilon c \bullet Rfc \bullet Cc(z,t) \quad \cdots\cdots(2)$$

$$\begin{aligned} &Cc(0,t) = Cw = Cw0 \bullet e^{-\lambda \bullet t} \\ &Cc(L,t) = 0 \\ &Cc(z,0) = 0 \\ &Cc(0,t) = 0, \quad (t > Tc) \end{aligned} \quad \cdots\cdots(3)$$

R	:	放射性物質の漏出量 (Bq/s)
Cw	:	滞留水中の放射性物質の濃度 (Bq/m^3)
$Cw0$	:	滞留水中の放射性物質の初期濃度 (Bq/m^3)
Sc	:	建屋コンクリートの底面積または側面積 (m^2)
Dec	:	コンクリート中の放射性物質の実効拡散係数 (m^2/s)
$Cc(z,t)$	:	コンクリート中の放射性物質の間隙水中濃度 (Bq/m^3)
λ	:	崩壊定数 (1/s)
L	:	コンクリートの側面厚さまたは底面厚さ (m)
Rfc	:	放射性物質のコンクリートにおける遅延係数 (-) $=1+\frac{1-\varepsilon c}{\varepsilon c} \bullet \rho c \bullet Kdc$
εc	:	コンクリートの間隙率 (-)
ρc	:	コンクリートの粒子密度 (kg/m^3)
Kdc	:	コンクリートの分配係数 (m^3/kg)
Tc	:	滞留水貯蔵終了時間 (s)

3 評価に用いたパラメータ

評価に用いたパラメータの一覧を表１に示す。

表１　評価に用いたパラメータ一覧

パラメータ	設定値	備考
滞留水中の放射性物質の濃度 (Bq/m^3)	Cs-137 : 1.5E+12	2011/7/17 採水_２号機ﾀｰﾋﾞﾝ建屋滞留水の分析結果に基づく
建屋コンクリートの内面積 (m^2)	－	表２（滞留水に接する表面積）参照
コンクリート中の放射性物質の実効拡散係数 (m^2/s)	1E-11	土木学会技術資料より
コンクリートの間隙率 (-)	0.2	
コンクリートの粒子密度 (kg/m^3)	2700	単位体積重量 2.15 t/m^{3}と間隙率 0.2 より，2.15/0.8=2.7 (t/m^3)
コンクリートの分配係数 (m^3/kg)	I : 0 Cs : 0.001	JAEA-Review 2006-011 の海水系地下水のセメントモルタルの値をオーダーでまるめた。
コンクリート健全部のダルシー流速 (m/s)	0	健全部の内向き流は小さいので保守的に考慮しない。

パラメータ	設定値	備考
開口部面積 (m^2)	実質 0	逆向き流れになるので，拡散に寄与しない。
建屋からの漏出継続期間 (y)	0.25～10 継続	3 ヶ月から 10 年，継続の範囲で検討
帯水層のダルシー流速 (m/y)	25.42	実流速 62m/y（2E-5m/s×0.04／0.41) ダルシー流速 = 実流速×0.41
帯水層の厚さ (m)	7	底板下面から地下水面までの高さを保守的に設定

4 評価結果

コンクリートひび割れ部からの流れを内向きになるように管理した場合の評価結果を図２及び表２に示す。継続期間を 3 ヶ月～10 年及び永年としたケースを合わせて示した。

この結果では，今後３年間程度に１～４号機の各建屋のコンクリート壁中から放射性物質が拡散により建屋外への漏えいする可能性は低いと考える。

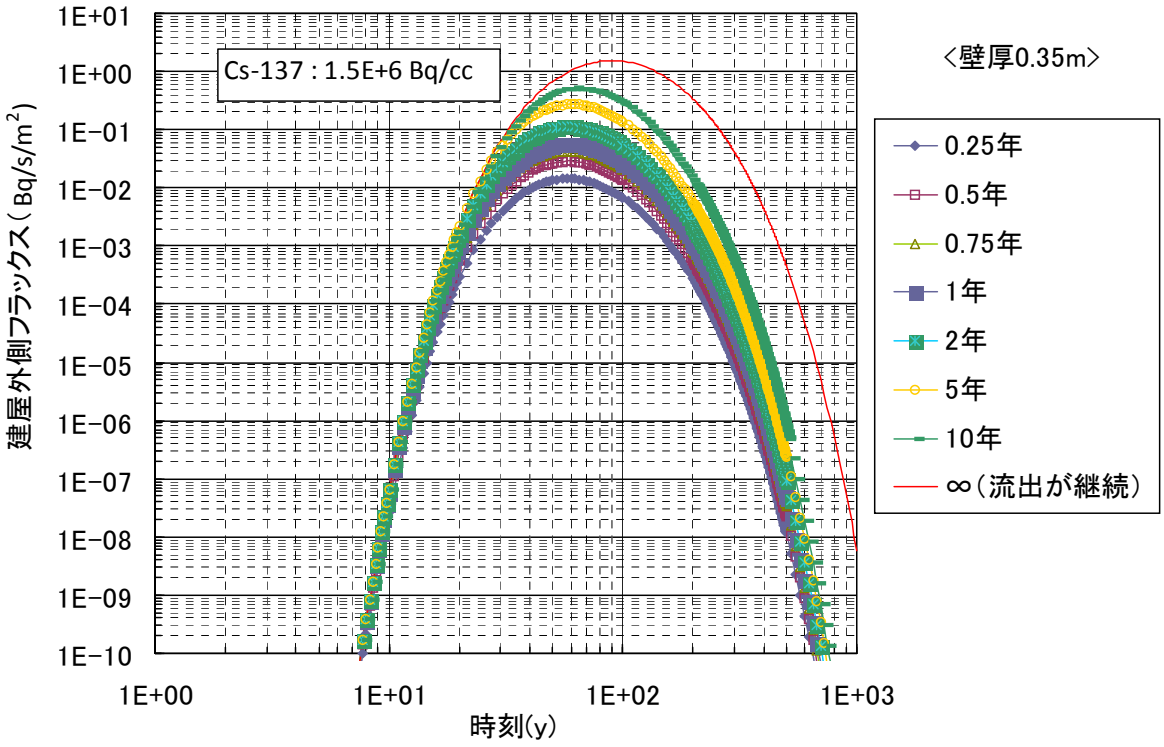


図２（１）　建屋からの流出フラックス
（側壁 0.35m）

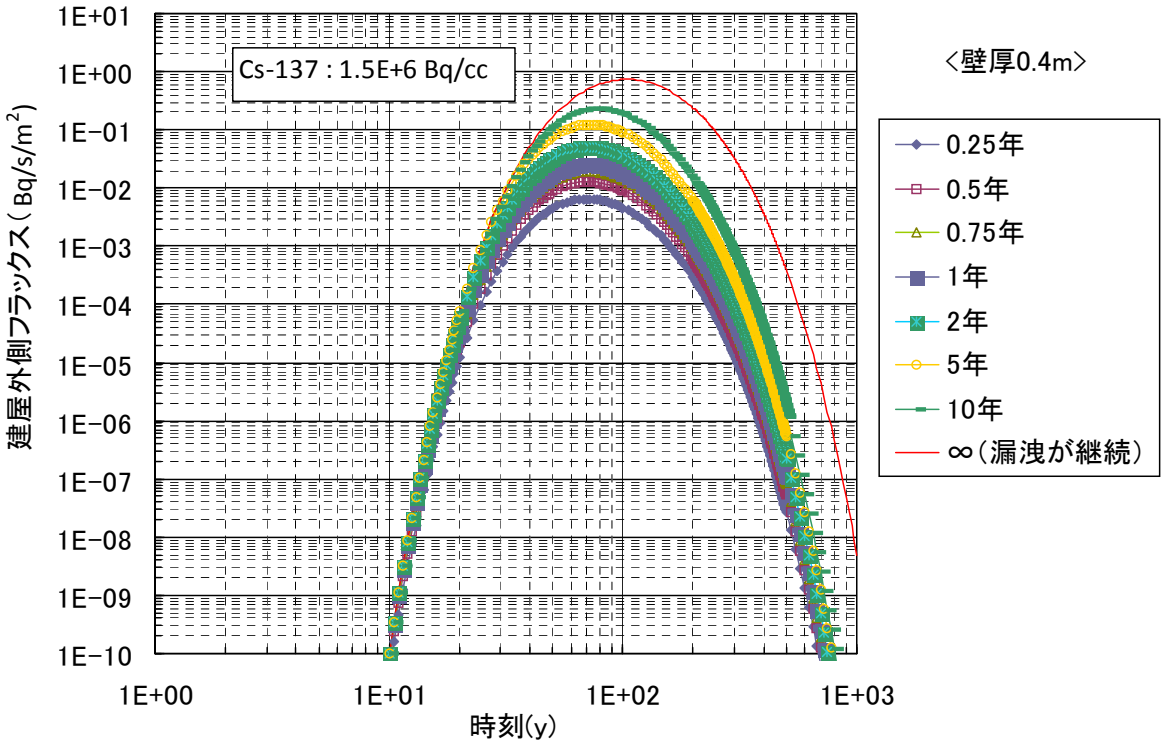


図２（２）　建屋からの流出フラックス
（側壁 0.4m）

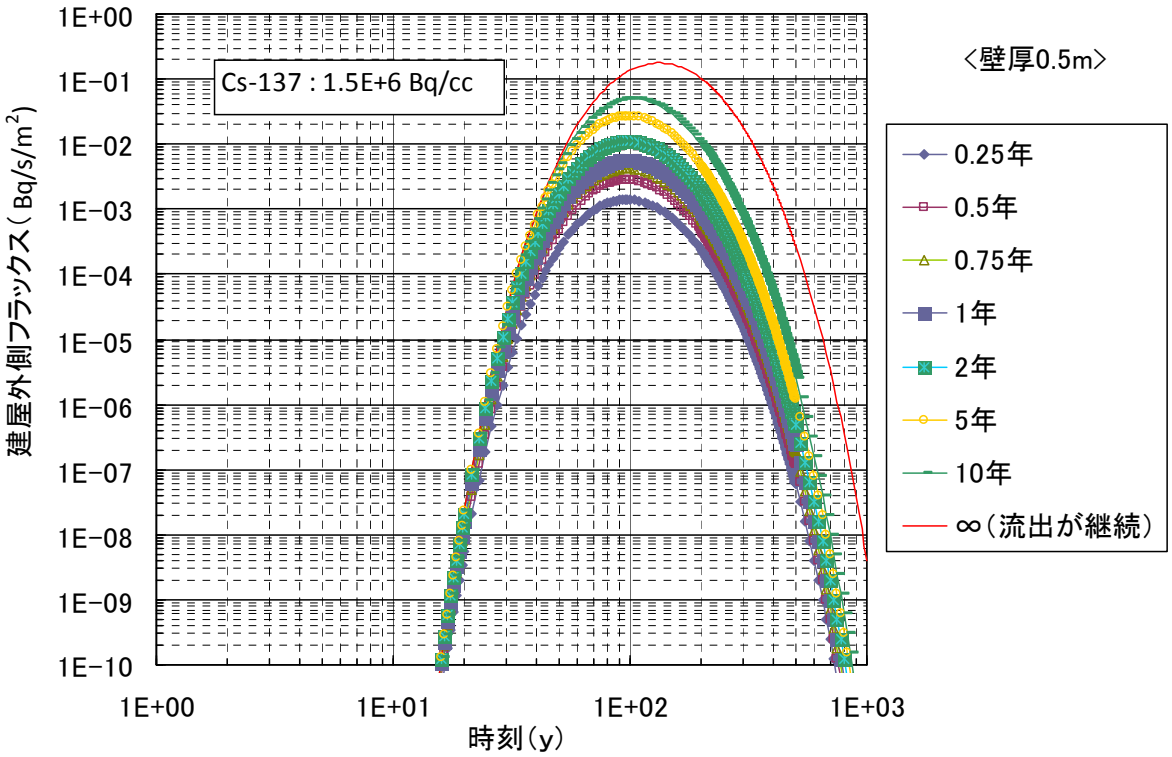


図２（３）　建屋からの流出フラックス
（側壁 0.5m）

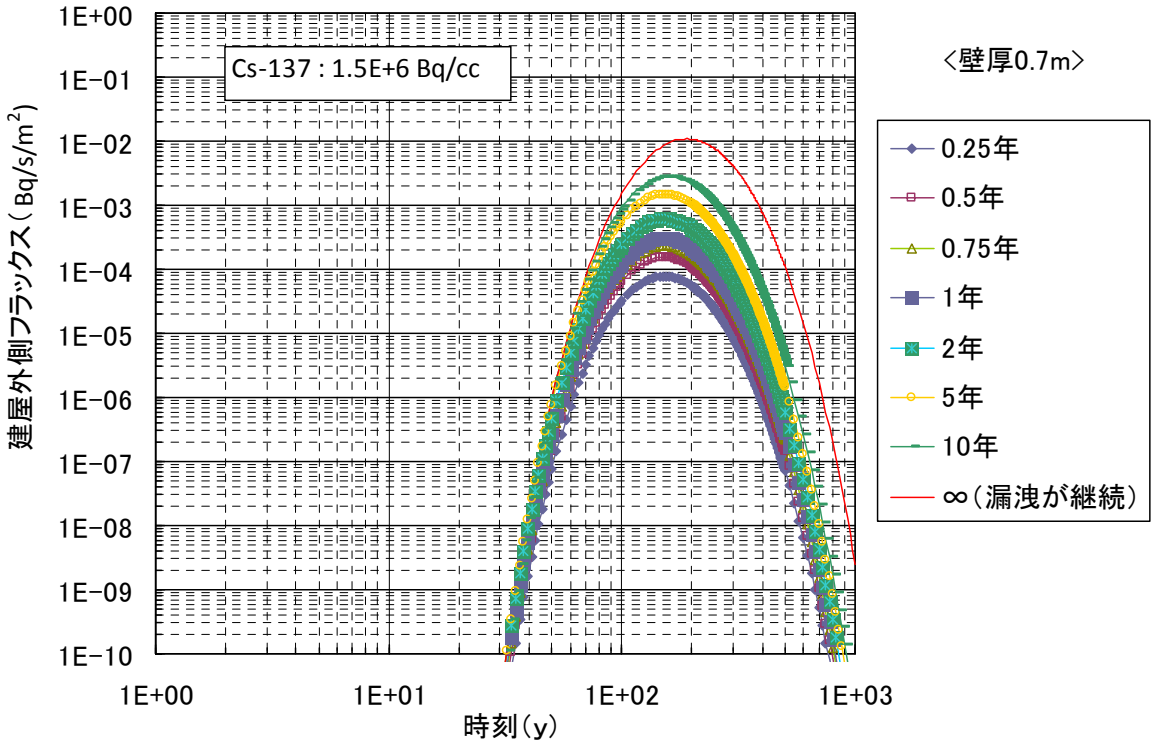


図２（４）　建屋からの流出フラックス
（側壁 0.7m）

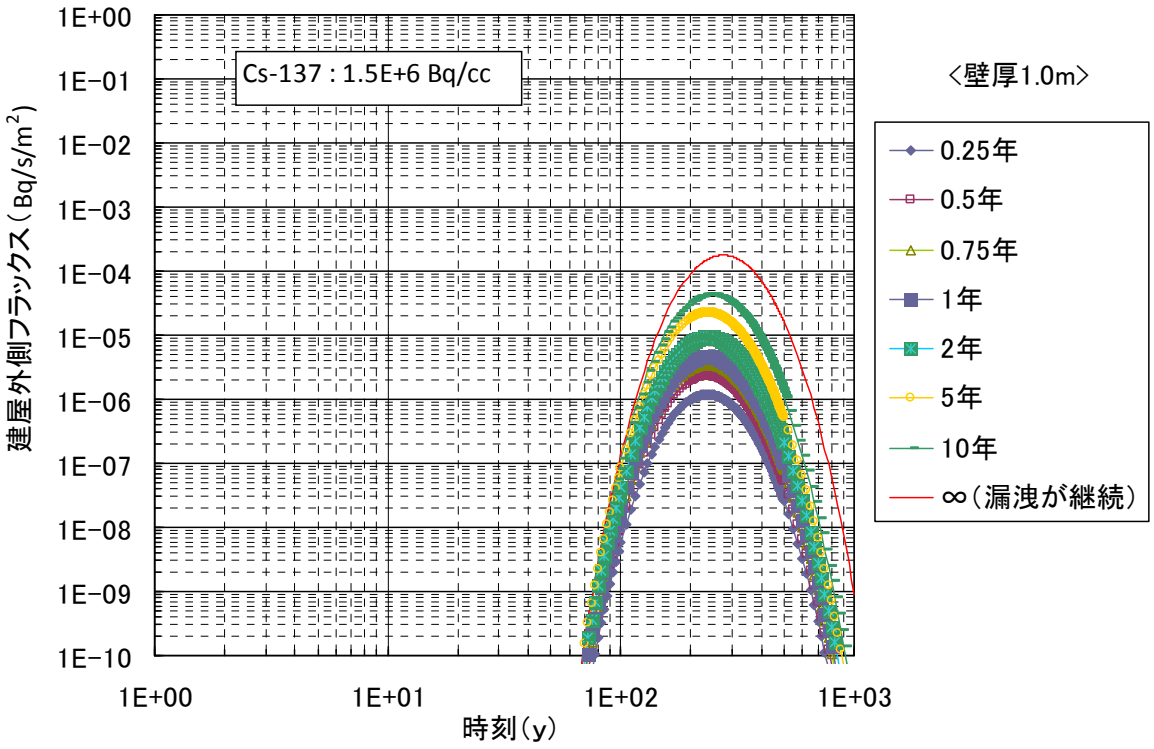


図２（５）　建屋からの流出フラックス
（側壁 1.0m）

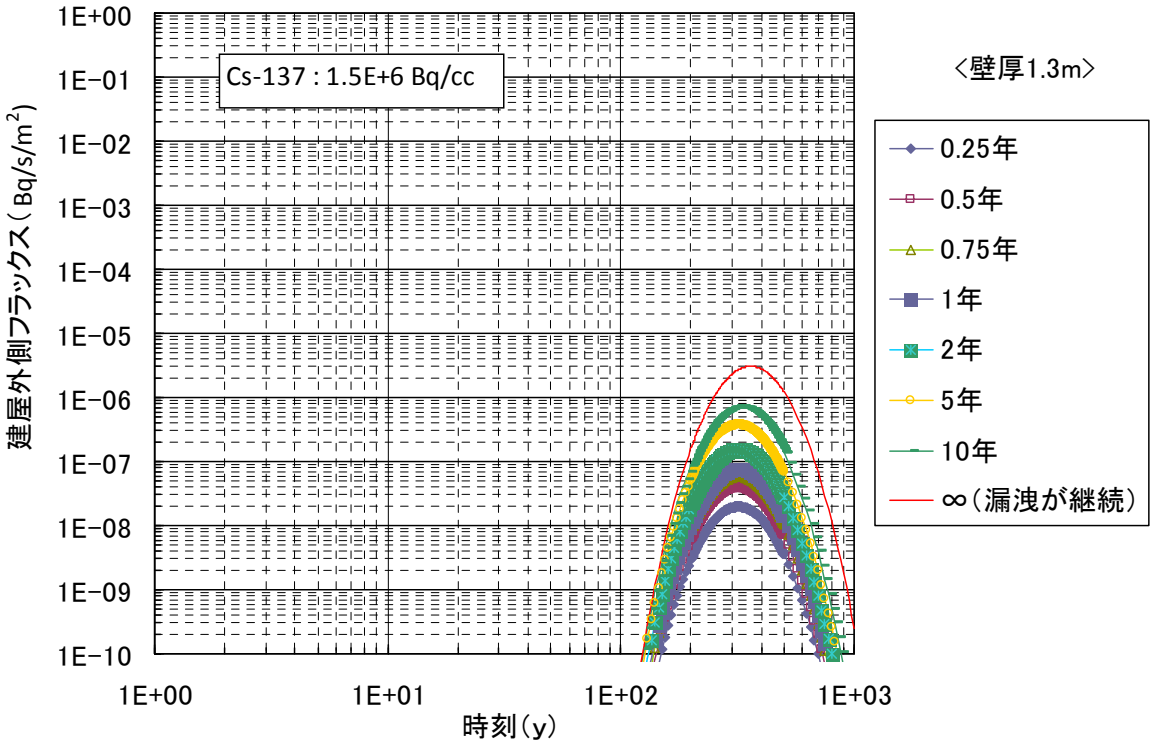


図２（６）　建屋からの流出フラックス
（側壁 1.3m）

表２　建屋外への放射性物質移行量の評価

1号炉	壁厚(m)	滞留水に接する表面積(m^2)	建屋の南北長(m)	8E-6Bq/cm^3となる経過年
R/B	1.3	3040	42	200
T/B	0.5	6250	97	20
RW/B	0.5	1080	22	20

2号炉	壁厚(m)	滞留水に接する表面積(m^2)	建屋の南北長(m)	8E-6Bq/cm^3となる経過年
R/B	1.5	3760	47	200*1
T/B	0.55	8530	105	20*2
RW/B	0.7	1510	23	40

3号炉	壁厚(m)	滞留水に接する表面積(m^2)	建屋の南北長(m)	8E-6Bq/cm^3となる経過年
R/B	1.5	3840	47	200*1
T/B	0.7	9800	128	40
RW/B	0.7	2050	23	40

4号炉	壁厚(m)	滞留水に接する表面積(m^2)	建屋の南北長(m)	8E-6Bq/cm^3となる経過年
R/B	1.5	3840	47	200*1
T/B	0.5	8410	106	20*1
RW/B	0.7	2760	36	40

	壁厚(m)	滞留水に接する表面積(m^2)	トレンチの南北長(m)	8E-6Bq/cm^3となる経過年
2号炉トレンチ	0.4	1380	7	13
3号炉トレンチ	0.4	1180	6	13
4号炉トレンチ	0.35	1090	5	10

*1：壁厚1.3mで評価
*2：壁厚0.5mで評価

建屋等内に滞留する滞留水の増加抑制及び滞留水漏えいリスク低減にかかる方針

1 現状及び中期的見通し

現状，１～４号機の滞留水については，建屋内水位を地下水水位よりも低く管理し滞留水の系外流出を防止している。

滞留水の増加抑制及び拡散リスク低減を図るためには，今後，地下水位を管理し地下水の流入を抑制し滞留水の水位を下げタービン建屋，原子炉建屋，廃棄物処理建屋内にある滞留水を処理する必要がある。このため，地下水バイパス，トレンチ止水等の方策を検討する。

2 基本的対応方針及び中期的計画

滞留水の水位を維持するとともに，下記の基本的考え方に基づき，処理を継続していく。将来的には，水位低下に必要となる技術，工法の研究開発を進め，滞留水の減少を図っていく。

滞留水処理の基本的考え方

- 現行水処理設備について，引き続き一部機器の設備改善などを行い，更なる信頼性向上を図るとともに，運転継続・延命化を行い，安定運転を維持する。
- タービン建屋等の滞留水の水位が建屋周囲に設けられたサブドレン水位を上回らないように管理しつつ，サブドレン水位を低下させ，地下水流入量の抑制を図る。
- 今後実施する研究開発成果に基づき滞留水量を減少させていくとともに，これに応じた循環ラインの段階的な縮小化等を検討していく。

中期的には，現行水処理設備の信頼性向上による運転継続，サブドレン水位の低下方法の検討・水位低下を進める。

今後の検討と対策

(1) 建屋等からの漏えい防止

１～４号機建屋内に滞留している高濃度放射性汚染水については，プロセス主建屋，高温焼却炉建屋に移送し，さらに，汚染水処理設備により放射性核種のセシウム及び塩分を除去して淡水を生成し，原子炉への注水に再使用している（循環注水冷却）。ただし，１～４号機の建屋内には地下水が流入しているため，高濃度放射性汚染水が系外に放出しないよう適切に建屋内水位を管理する必要がある。

建屋内の水位については，引き続き管理を継続していく。また，万一，水位がＯＰ．４０００ に到達するようなことになれば，高濃度放射性汚染水を高濃度滞留水

受タンク等に移送する措置を施す。さらに，滞留水の地下水への流出を防止するため，建屋内の水位をサブドレン水位より低く管理している。

万一，建屋内の水位がサブドレン水位より高くなった場合は，サブドレン水の放射能濃度を確認し，建屋内からサブドレンへの滞留水の流出の有無を確認する。また，当該建屋からプロセス主建屋，高温焼却炉建屋，高濃度滞留水受タンク等へ滞留水を移送することにより，当該建屋内の水位を早期に下げることとする。

今後，地下水の流入量を低減させるため，建屋山側の高台で地下水を揚水し，建屋周辺の地下水の水位を段階的に低下させる計画である（地下水バイパス）。

地下水バイパスの設備は，建屋山側で地下水を汲み上げる揚水井及びポンプ，汲み上げた地下水を一時的に貯留して水質を確認するタンク，地下水を移送するための配管等からなる。地下水バイパスの稼働にあたっては，段階的な稼働とモニタリングにより，水質及び地下水低下状況等を確認し，建屋内滞留水が建屋外に漏れ出さないように慎重な水位管理を実施していく。

(2) 止水・回収方法

①建屋に滞留する汚染水の止水・回収

汚染水の上流側に位置する原子炉建屋（格納容器下部を含む）を止水するためには，漏えい箇所を特定し，漏えい状況に応じた補修（止水）工法や装置を検討する必要があり，現在，漏えい箇所を調査・補修（止水）するための工法と遠隔操作装置を研究開発しているところである。今後，開発成果を活用して漏えい箇所の特定や漏えい状況の確認を行うとともに，補修（止水）工法や装置の開発成果をもって原子炉建屋（格納容器下部を含む）を補修（止水）する予定である。建屋内に滞留する汚染水については，水処理状況を踏まえつつ，原子炉建屋やタービン建屋等への地下水の流入を抑制するため建屋周辺の地下水位を低下させながら回収する。

地下水位を低下させるには，建屋周辺のサブドレン水を汲み上げる方法が有力であるが，一部のサブドレンピット内の水に僅かな汚染が確認されていることから，サブドレンピット内の溜まり水の浄化を行った後にサブドレン設備の復旧を順次実施する。

また，漏えい箇所の調査や止水のための工法・装置開発を進めつつ，建屋間の配管貫通部を対象とした止水工法・材料の検討も行っている。建屋間の配管貫通部からの漏水を模擬した大型試験装置を製作し，基礎試験で選定した止水材料を用いて止水試験を行い，効果を確認している。

なお，建屋内に滞留する汚染水を回収するまでの間，２，３号機立坑，プロセス主建屋及び高温焼却炉建屋の滞留水の水位を制限値以下に維持し，原子炉建屋及びタービン建屋等の滞留水の水位についても周辺のサブドレン水の水位以下に維持するとともにサブドレン水の放射性物質濃度を監視していく。

②トレンチ等に滞留する汚染水の止水・回収

建屋内と同レベルの高濃度の汚染水が滞留していると想定される２号機，３号機並

びに４号機海水配管トレンチ等については，タービン建屋内の汚染水の水位よりもトレンチの接続高さが低いことから，トレンチ内の汚染水を回収しても，継続的にタービン建屋から汚染水が流入するため，現時点では，汚染水の回収は困難である。

このため，タービン建屋内の汚染水が回収され，海水配管トレンチ等への汚染水の再流入が無い状態になってから，海水配管トレンチ等の汚染水を回収することとしていたが，系外への流出リスクの低減の観点から，海水配管トレンチ等の汚染水の回収をできるだけ早期に実施できるように，タービン建屋と海水配管トレンチの接続部における止水の可能性について検討を進めるとともに，水処理状況等を踏まえ，可能なトレンチ等から順次，止水・回収を実施する予定である。

なお，海水配管トレンチ等から海へ汚染水が流出しないように，ピットの閉塞等の措置は既に実施しており，２，３号機立坑，プロセス主建屋及び高温焼却炉建屋の滞留水の水位を制限値以下に維持し，原子炉建屋及びタービン建屋等の滞留水の水位についても周辺のサブドレン水の水位以下に維持するとともにサブドレン水の放射性物質濃度を監視していく。

汚染水処理対策委員会で議論された汚染水処理問題の抜本対策

1　陸側遮水壁の設置

【基本方針】

陸側遮水壁は，１号機～４号機の汚染水が滞留している建屋を囲い込むように，遮水性の高い壁を設置するものである。これにより，山側から建屋に向かう地下水の流れを遮断し，建屋周辺の地下水位を低下させることができ，建屋内への地下水の流入を抑制するものである。この陸側遮水壁を設置し，可能な限り早期の建設・運用を行う。また，地下水の流入抑制を効果的に行うために，地下水観測網の整備，遮水壁で囲い込む範囲の地下水位の管理等を実施するとともに，フェーシング（地面をアスファルト等で覆うことで，雨水の地下への浸透を防止するなど）等の検討を進める。汚染水処理対策委員会で，凍土方式による施工が適切と判断されていることを踏まえ，今後，概念設計等を進めていく中で，技術的な課題の解決状況を検証していく。

また，建屋周辺の地下水と建屋内の汚染水の水位のバランスを十分に制御することも重要な技術課題である。

【目標工程】

２０１３年６月～	概念設計，詳細設計，施工計画等の策定
２０１３年上期	地下水観測網の拡充，早期の整備
２０１３年１２月	陸側遮水壁の施工性，効果，水位管理方法等の検証の実施
２０１３年度内	陸側遮水壁のフィージビリティ・スタディの実施
２０１５年度上期	陸側遮水壁の運用開始

2　海水配管トレンチ内の汚染水の除去

【基本方針】

２号機及び３号機の海水配管トレンチ※1 には，高濃度な汚染水が滞留している。早期に海水配管トレンチ内の汚染水を処理するため，まず，汚染水の放射性物質の濃度を再計測し，建屋接続部の止水方法，トレンチ内の汚染水の移送方法，トレンチ内の充填方法等について直ちに具体化するとともに，その濃度の低減を図るなどの環境改善措置を行う。また，この対策は，建屋を囲い込む形で陸側遮水壁を運用開始する前に，完了させることを目指す。

【目標工程】

２０１４年度内　海水配管トレンチ内の汚染水の除去完了を目指す

※1「地下水の流入抑制のための対策」汚染水処理対策委員会（平成 25 年 5 月 30 日）には，高濃度の汚染水が滞留する海水配管トレンチを２号機から４号機としたが，その後の調査結果により２／３号機とされた。

陸側遮水壁の設置

- 1号機～4号機の汚染水が滞留している建屋を囲い込むように、遮水性の高い壁を設置することで、山側から建屋に向かう地下水の流れを遮断し、建屋内への地下水の流入を抑制する。
- 汚染水処理対策委員会で、凍土方式による施工が適切と判断されており、今後、凍土方式による陸側遮水壁について、概念設計等を進め、2013年内を目途に技術的課題の解決状況を検証する。
- 2013年度末までにフィージビリティ・スタディを実施し、その後準備が整い次第速やかに建設工事着手、2015年度上期を目途に運用開始する。



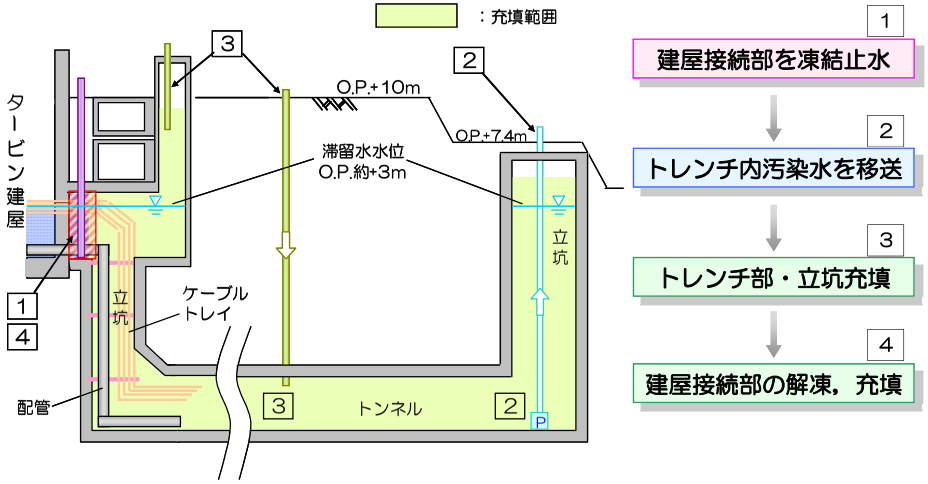
［平面図（図の上方が東側）］

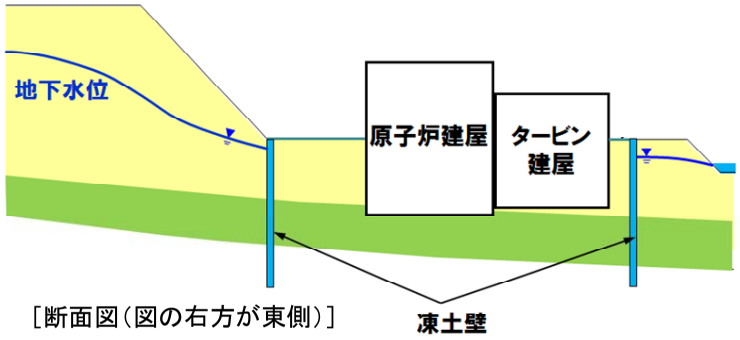
［凍土による陸側遮水壁の配置イメージ（図の上方が東側）］

海水配管トレンチ内の汚染水の除去

- 2号機から4号機の海水配管トレンチに滞留している、高濃度な汚染水について、2014年度中の除去完了を目指す。

■2号機施工案





［断面図（図の右方が東側）］

［断面イメージ（図の右方が東側）］

添付資料－１３

汚染された地下水の港湾への流出抑制策等について

1　現状及び基本的対応方針について

１，２号機タービン建屋東側の護岸付近の地下水において，放射性物質が告示濃度限度（海水中の放射性物質濃度が線量限度等を定める告示に定める周辺監視区域外の濃度限度）を上回る高い濃度で検出されており，港湾内海水中の放射性物質濃度が減少しておらず，地下水の水位等のデータ分析結果から，汚染された地下水が海水に漏えいしているものと推定した。

このため，地下水を経由しての海洋汚染の拡大を抑制する措置を早急に講じるとともに，地下水のモニタリング等により汚染経路の調査を実施する。

また，高濃度の汚染水が滞留している２号機及び３号機の海水配管トレンチ等については，トレンチ内の汚染水の処理，移送，止水を検討，実施していく。

さらに，地下水及び港湾内の海水についてモニタリングを強化する。

また，海洋汚染の拡大防止のための対策として着手している海側遮水壁の設置を進めていく。

なお，本流出抑制策等については，可能な限り早期に着手・実施していくとともに，新たな対策についても継続して検討していく。

2　具体的計画について

(1) 護岸付近の地盤改良

告示濃度限度を超える放射性物質の海域への流出を抑制するため，護岸付近の地盤改良や地下水の移送等の対策を実施する。特に，海水中におけるトリチウム濃度の上昇傾向が見られることから，１－２号機間，２－３号機間，３－４号機間の護岸付近において，地盤改良による汚染範囲の囲い込みを実施することなど，可及的速やかに汚染水の海洋への漏えい拡大抑制対策の実施・完了を目指す（図１，図２）。

(2) トレンチ内汚染水処理・排水及び閉塞

２号機及び３号機の主トレンチ（図３，図４），２号機の分岐トレンチ（図５）には，高濃度の汚染水が滞留していることが確認されている。早期にこれらトレンチ内の汚染水を処理するため，トレンチ毎（電源ケーブル管路を含む）に汚染水の滞留状況を調査する。その後，調査結果に基づき，分岐トレンチについては，汚染水の排水及び当該トレンチの閉塞を実施する。主トレンチについては，建屋接続部の止水方法，トレンチ内の汚染水の移送方法，トレンチ内の充填方法等について具体化するとともに，その濃度の低減を図るなどの環境改善措置を行う。

主トレンチ内の放射性物質濃度の低減策としては，モバイル式の処理装置を導入する

ことに加え（図６），汚染水の処理装置（セシウム吸着装置，第二セシウム吸着装置，除染装置）へ汚染水を移送するための配管を設置する（図７）。なお，止水方法の成立性については，凍結時の配管等への影響評価，高線量下での作業員の被ばく低減策等の技術課題があることから，実証試験を実施し，評価する。

(3) 海側遮水壁

汚染した地下水からの海洋汚染拡大防止を目的として着手している海側遮水壁の設置工事については，既に２０１２年４月に本格着工し，２０１４年９月の完成を目指している（図８）。なお，海側遮水壁の構築に伴いせき止められる地下水は汲上げた後，適切に処理する。具体的な処理方法について検討し，平成２５年度末までに実施計画へ反映する。

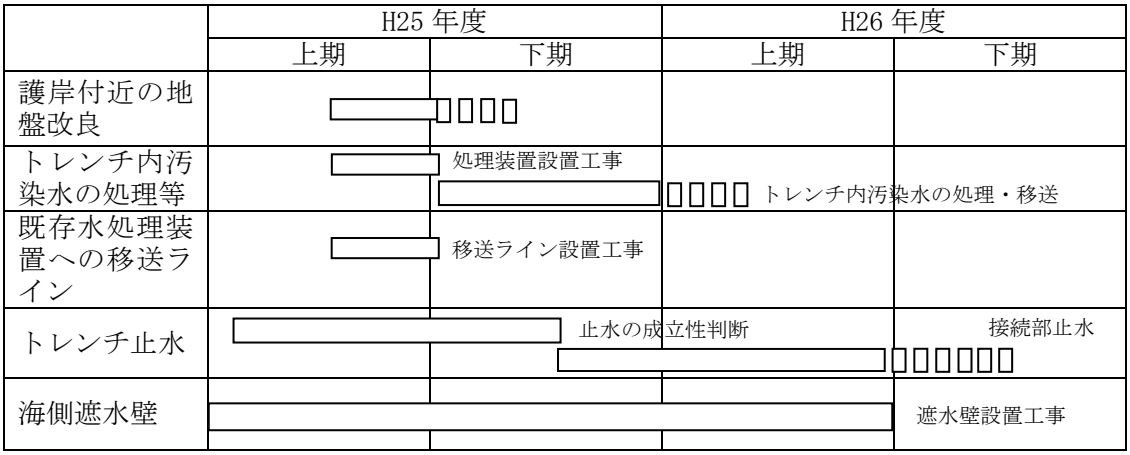
(4) 繊維状吸着材浄化装置

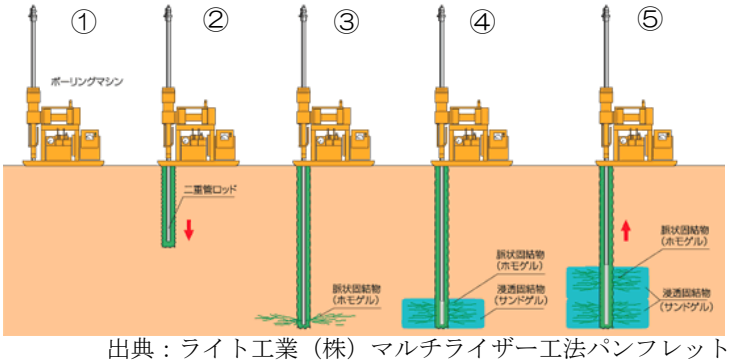
1～4 号機取水路前面において，海水中の放射性セシウムの除去を目的とした繊維状吸着材浄化装置を設置し，その効果を検証する。

(5) モニタリングの強化等

地下水及び港湾内の海水について放射性物質のモニタリングを強化する（詳細は，「Ⅲ特定原子力施設の保安　第３編　３．１．４　港湾内の海水，海底土及び地下水の放射性物質の低減」を参照）。

3　工程について





出典：ライト工業（株）マルチライザー工法パンフレット

図１　薬液注入による地盤改良（概念図）

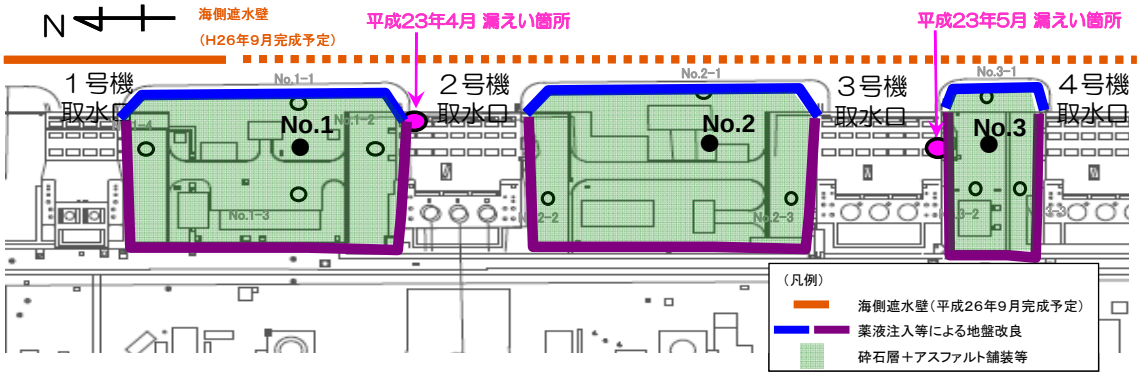


図２　地盤改良等の範囲（イメージ）

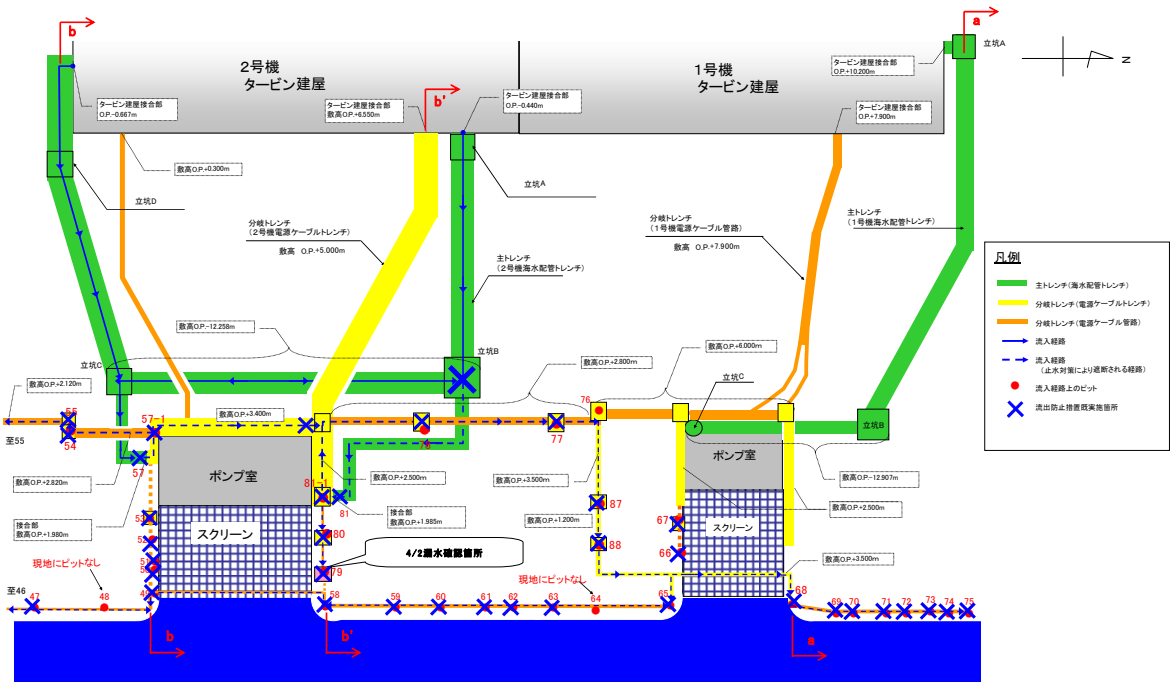


図３　１／２号機海側トレンチ平面図

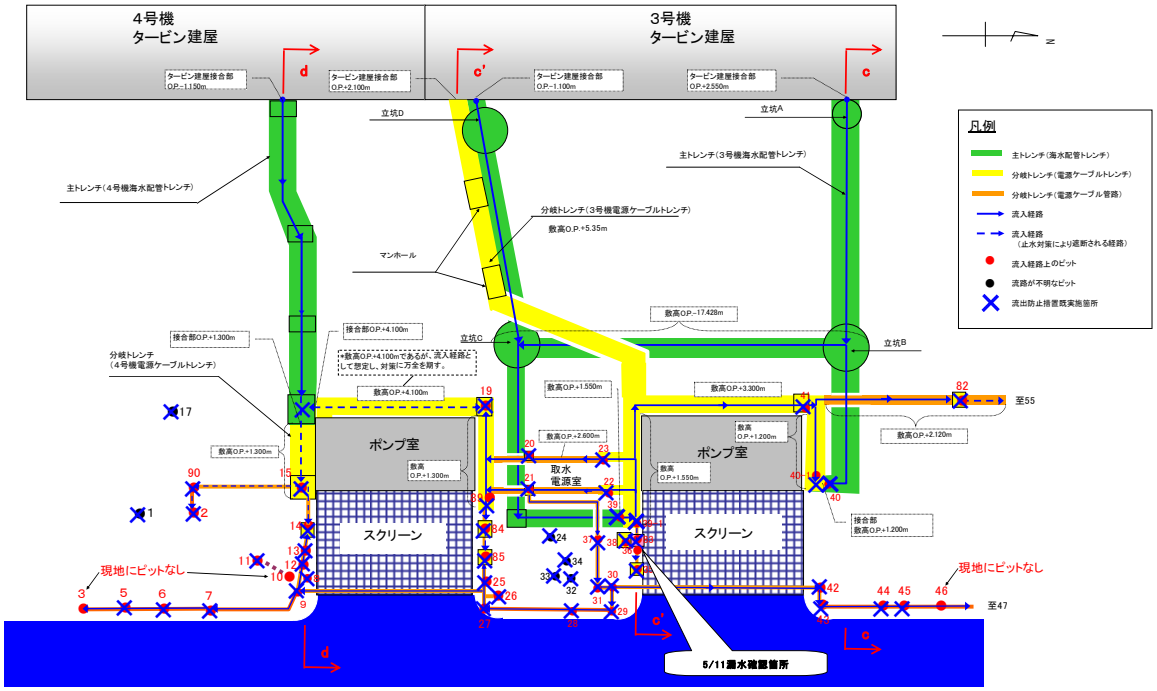
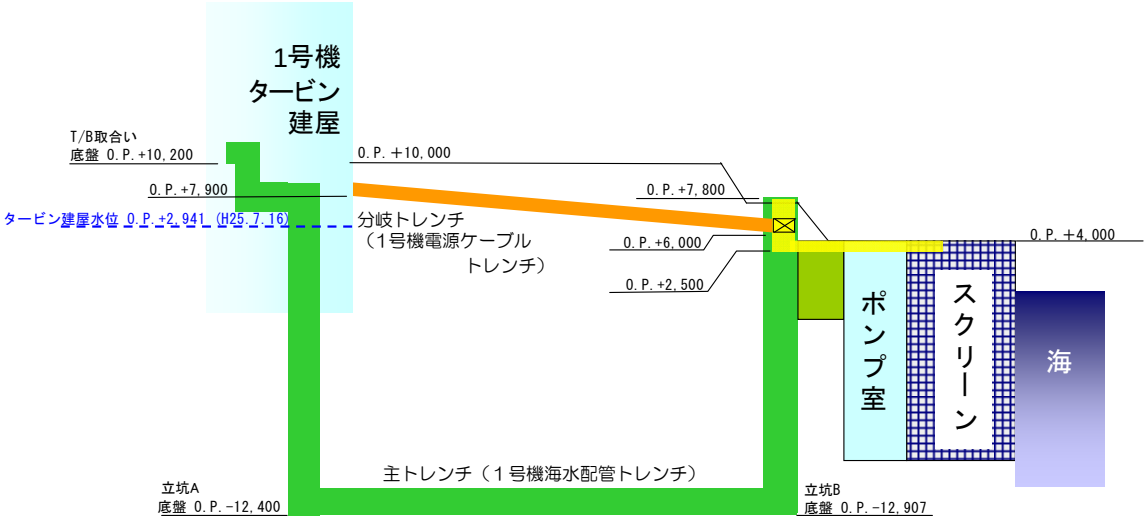
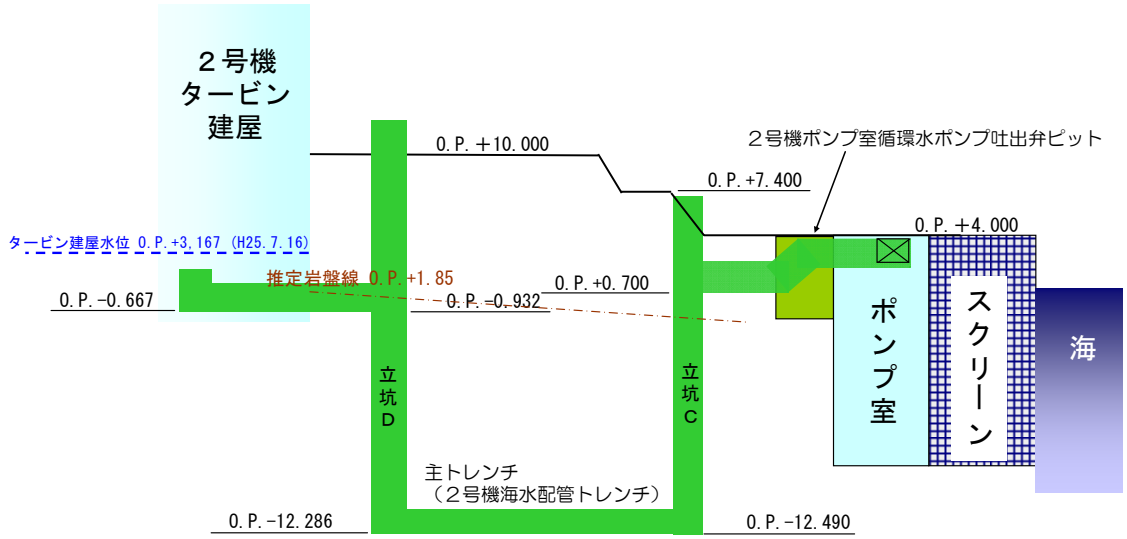


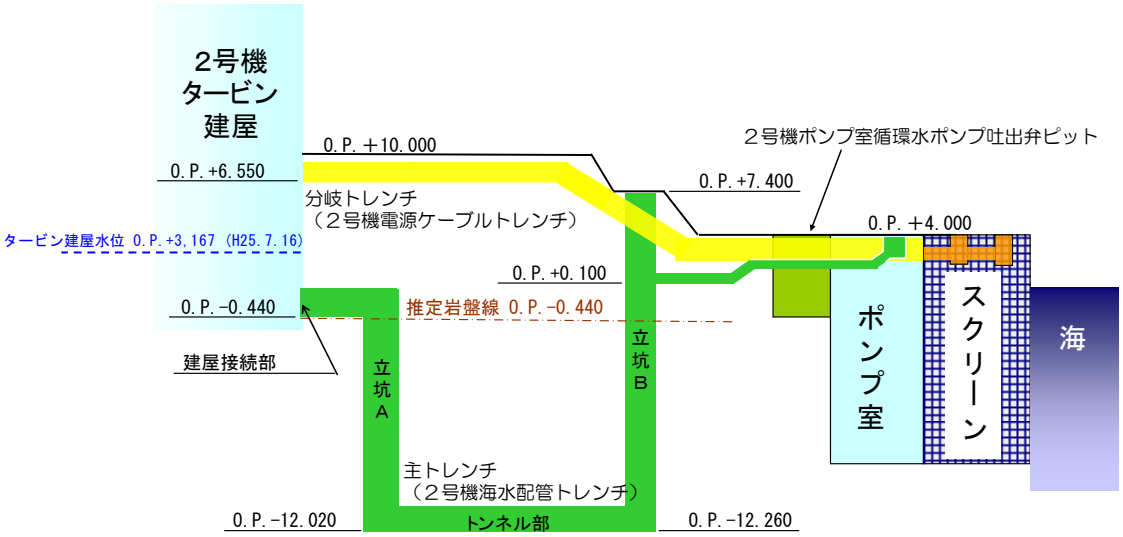
図４　３／４号機海側トレンチ平面図



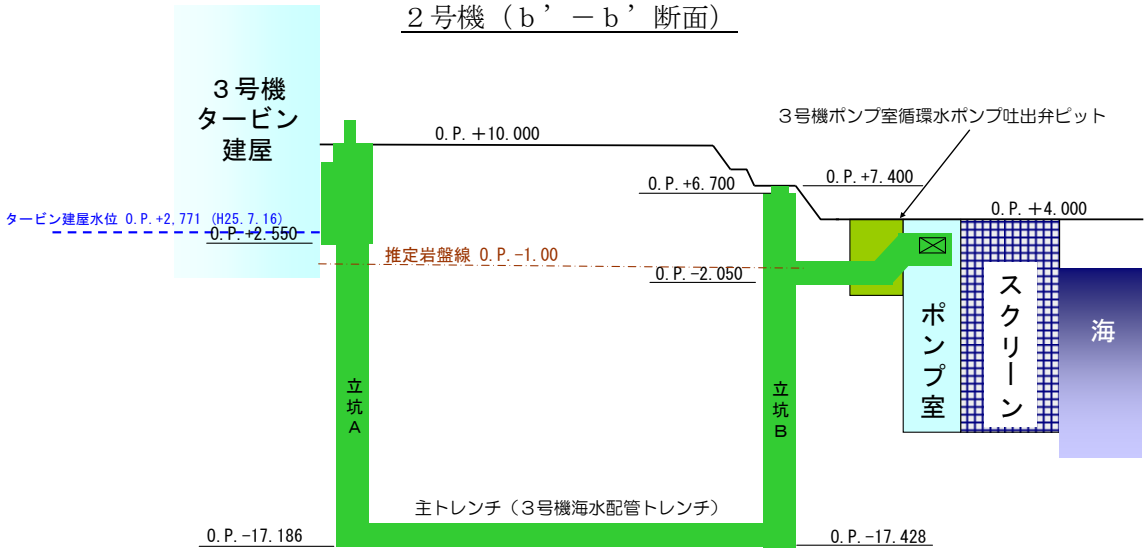
１号機（ａ－ａ断面）



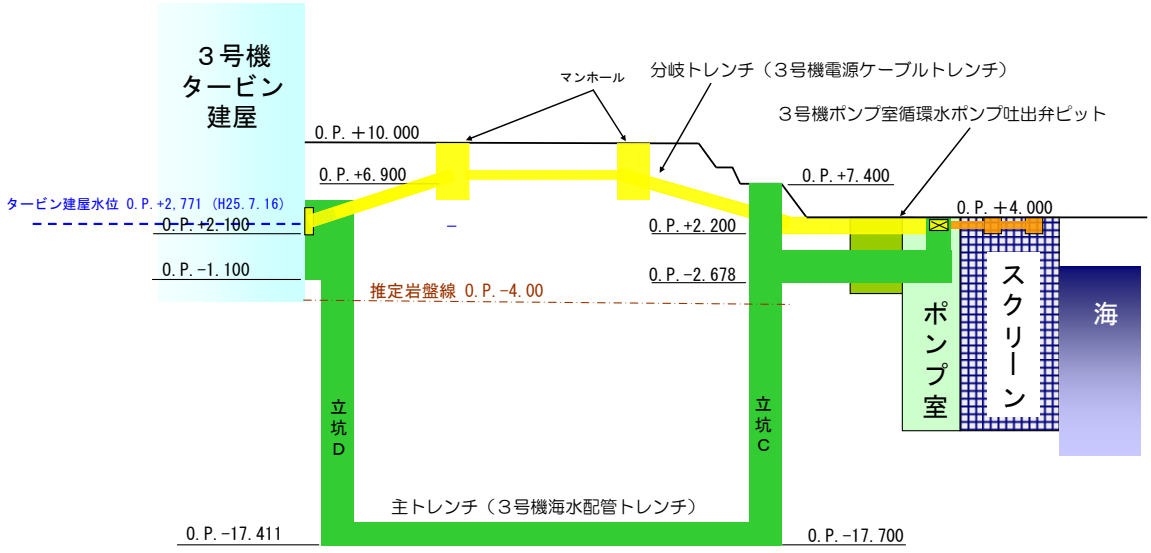
２号機（ｂ－ｂ断面）



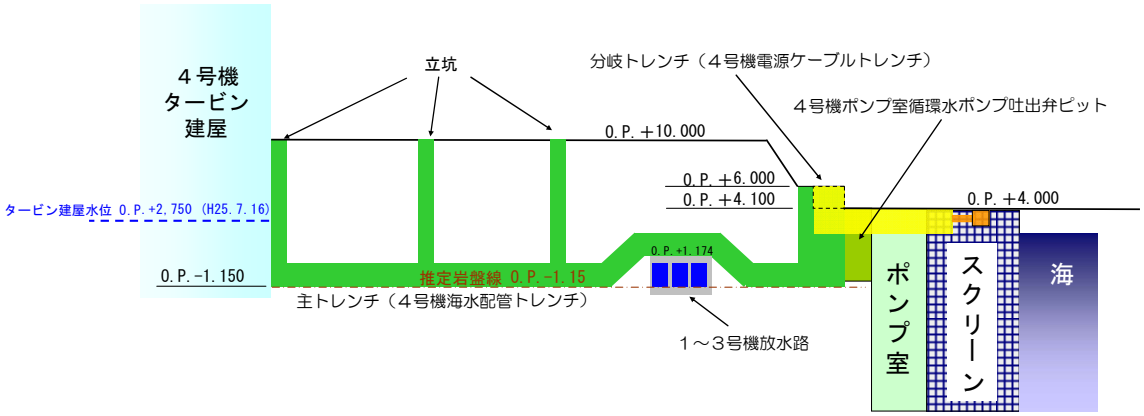
２号機（ｂ’－ｂ’断面）



３号機（ｃ－ｃ断面）



３号機（ｃ’－ｃ’断面）



４号機（ｄ－ｄ断面）

図５　１～４号機トレンチの構造図

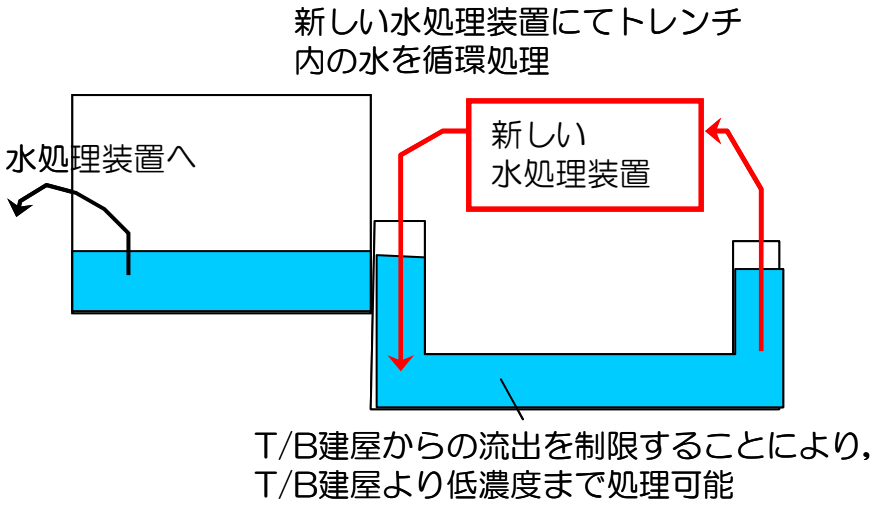


図６　処理装置設置のイメージ

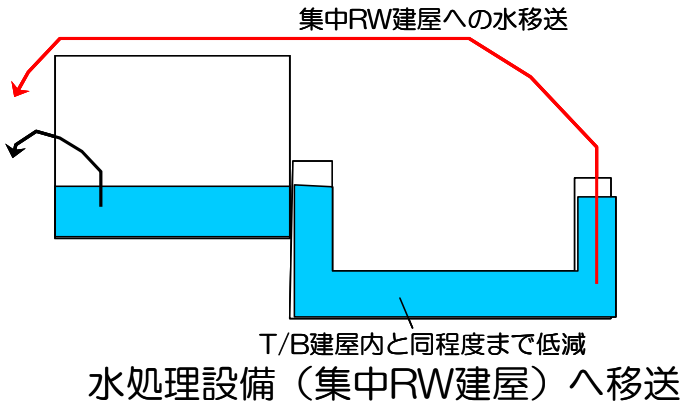


図７　既存水処理設備への移送のイメージ

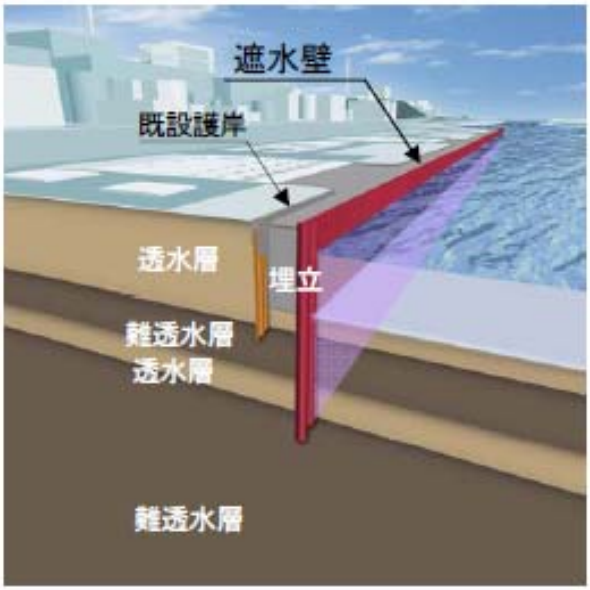


図８　海側遮水壁（概念図）

添付資料－１４

凍土遮水壁設置による地下水流入量の低減

1　概要

汚染水処理対策委員会で議論された汚染水処理問題の抜本対策（添付資料－１２）に基づき，汚染源に水を「近づけない」重層的な対策の一つとして，高レベル放射性汚染水が滞留している１～４号機の原子炉建屋，タービン建屋，廃棄物処理建屋（以下「1～４号機のタービン建屋等」という）の周囲に凍土遮水壁（汚染水処理対策委員会の「凍土方式の陸側遮水壁」を「凍土遮水壁」とする）を造成する。

凍土遮水壁は，「汚染源である建屋に水を近づけない」ことが必要な期間に限り凍結を行い，その必要がなくなった場合には速やかに解凍する。

既認可範囲および今回の申請範囲は，以下のとおりとする。なお，観測井等の設置および建屋内外の水位管理計画，緊急時の対応については，必要な事項を別途実施計画変更に反映する。

凍土遮水壁解凍後の凍結管等の処理方法については解凍時期に近づいた段階で検討する。

＜既認可範囲＞

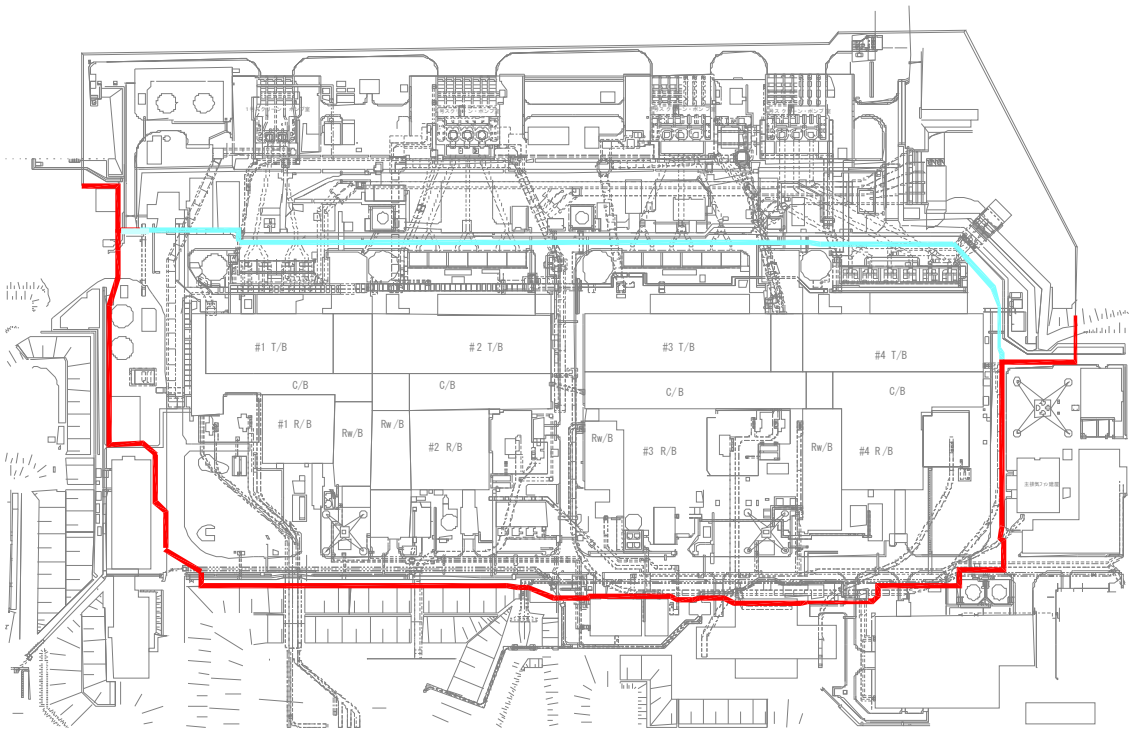
○山側ライン上の埋設物との干渉箇所での貫通施工による凍結管設置工事（図１－１参照）

・ 埋設物の貫通施工は，「別添－２　５　山側ライン上の貫通施工・複列施工の対象箇所」における，貫通施工箇所を対象とする。
・ 埋設物の貫通は，埋設物内部等の状況により，以下の方法を用いて施工する。
  ― ボーリング工法を用いて埋設物を単純に貫通する施工方法（以下，単純貫通工法と言う）
  ― 内部充填により貫通箇所の水密性を確保し，ボーリング工法を用いて埋設物を貫通する施工方法（以下，内部充填工法と言う）
  ― マルチステップ（多段式）ボーリング工法を用いて貫通箇所の水密性を確保し，埋設物を貫通する施工方法（以下，マルチステップ工法と言う）

○凍土遮水壁造成後の基礎地盤沈下検討

○山側ライン上の運用中の設備の損傷防止対策

○不明埋設物への対応



海側ライン		既認可における申請範囲外
山側ライン		既認可範囲

図１－１　埋設物干渉箇所での貫通施工による凍結管設置工事に関する申請範囲図（既認可）

注）凍土遮水壁のルートについては，現場支障物などの状況により変更の可能性あり。
貫通施工の方法が申請範囲と異なる場合は，別途変更申請を行う。

＜今回申請範囲＞

○海側ライン上の埋設物との干渉箇所での貫通施工による凍結管設置工事（図１－２参照）

・ 埋設物の貫通施工は，「別添－３　５　海側ライン上の貫通施工の対象箇所」における，貫通施工箇所を対象とする。

なお，1号機放水管，2～4号機海水配管トレンチならびに同トレンチ上部の埋設物との干渉箇所については，別途変更申請を行う。

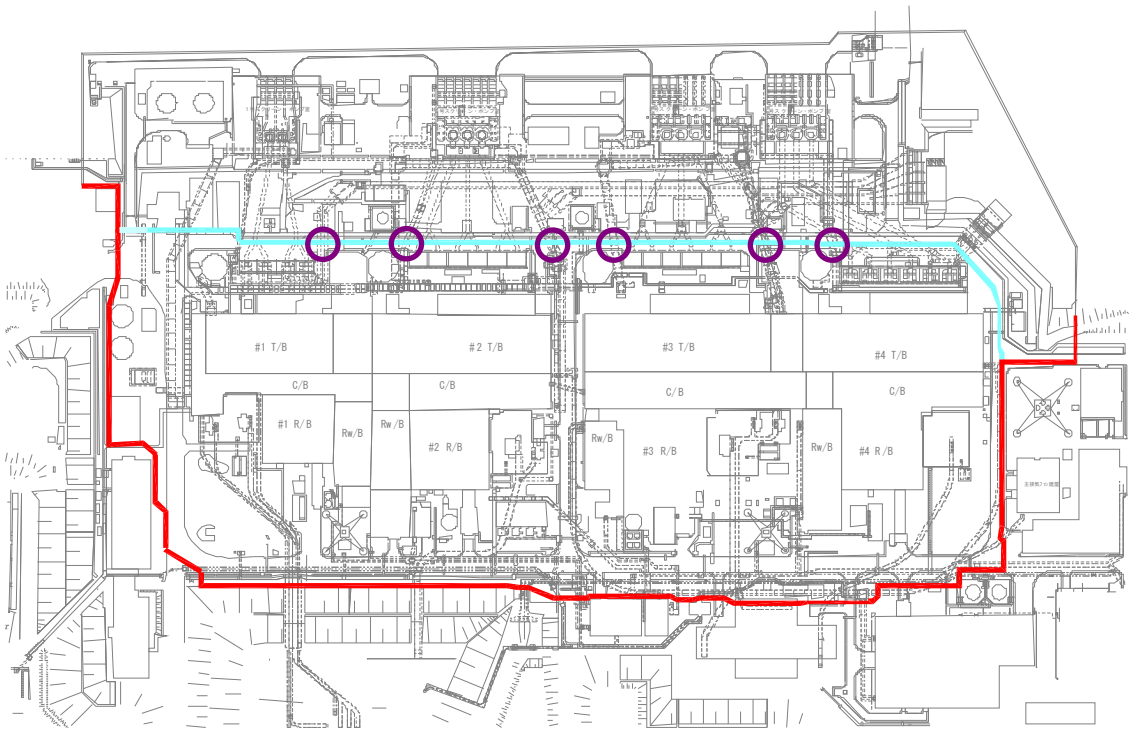
・ 埋設物の貫通は，埋設物内部等の状況により，以下の方法を用いて施工する。

— ボーリング工法を用いて埋設物を単純に貫通する施工方法（以下，単純貫通工法と言う）

— 内部充填により貫通箇所の水密性を確保し，ボーリング工法を用いて埋設物を貫通する施工方法（以下，内部充填工法と言う）

— マルチステップ（多段式）ボーリング工法を用いて貫通箇所の水密性を確保し，埋設物を貫通する施工方法（以下，マルチステップ工法と言う）

○海側ライン上の運用中の設備の損傷防止対策



山側ライン	━	申請範囲（既認可）
海側ライン	━	申請範囲（今回申請）
1号機放水管，2～4号機海水配管トレンチとの干渉箇所※	○	申請範囲外

図１－２　埋設物干渉箇所での貫通施工による凍結管設置工事に関する申請範囲図（今回申請）

注）凍土遮水壁のルートについては，現場支障物などの状況により変更の可能性あり。貫通施工の方法が申請範囲と異なる場合は，別途変更申請を行う。

※　１号機放水管，2～4 号機海水配管トレンチならびに同トレンチ上部の埋設物との干渉箇所については，別途変更申請を行う。また，当該付近の施工中に申請範囲外の箇所が分かるように地上部に注意喚起表示，単管等による区画を行う。

2　凍土遮水壁の造成方法

凍土遮水壁を造成するための機器は，冷凍機，冷却塔，冷却水循環ポンプ，ブライン循環ポンプ，ブライン供給ポンプ，ブラインタンク，ブライン移送管，接続管，凍結管である。

上記のうち，冷凍機，冷却塔，冷却水循環ポンプ，ブライン循環ポンプ，ブライン供給ポンプ，ブラインタンクについては 35m 盤に凍結プラント(1)，凍結プラント(2)として 2 系統に分割して設置し，冷凍機については建屋内に設置する。ブライン移送管（主管）については，凍土遮水壁造成ライン上に設置し，30m 程度毎にブライン移送管（ヘッダー管）を設け接続管を介して凍結管に接続する。凍結管は二重管構造とし，ボーリングにて所定の深度まで削孔した後，保護ケーシング管内に設置する（図２～６参照)。

凍土遮水壁造成には，冷凍機で冷却したブラインを，ポンプ圧送により，ブライン移送管（主管・ヘッダー管）を経由して，地中に配置した各凍結管の中を循環させることで凍結管周辺の地盤を凍結させる。循環後温められたブラインは，35m 盤に設置したブラインタンクに回収され，再度冷凍機で冷却することで連続的に凍土遮水壁の造成を行う。

冷凍機・ポンプ等の運転監視は監視制御装置で行い，電源は異なる２系統の所内高圧母線から受電できる。

機器類の運転状況については，免震重要棟集中監視室で遠隔監視する。

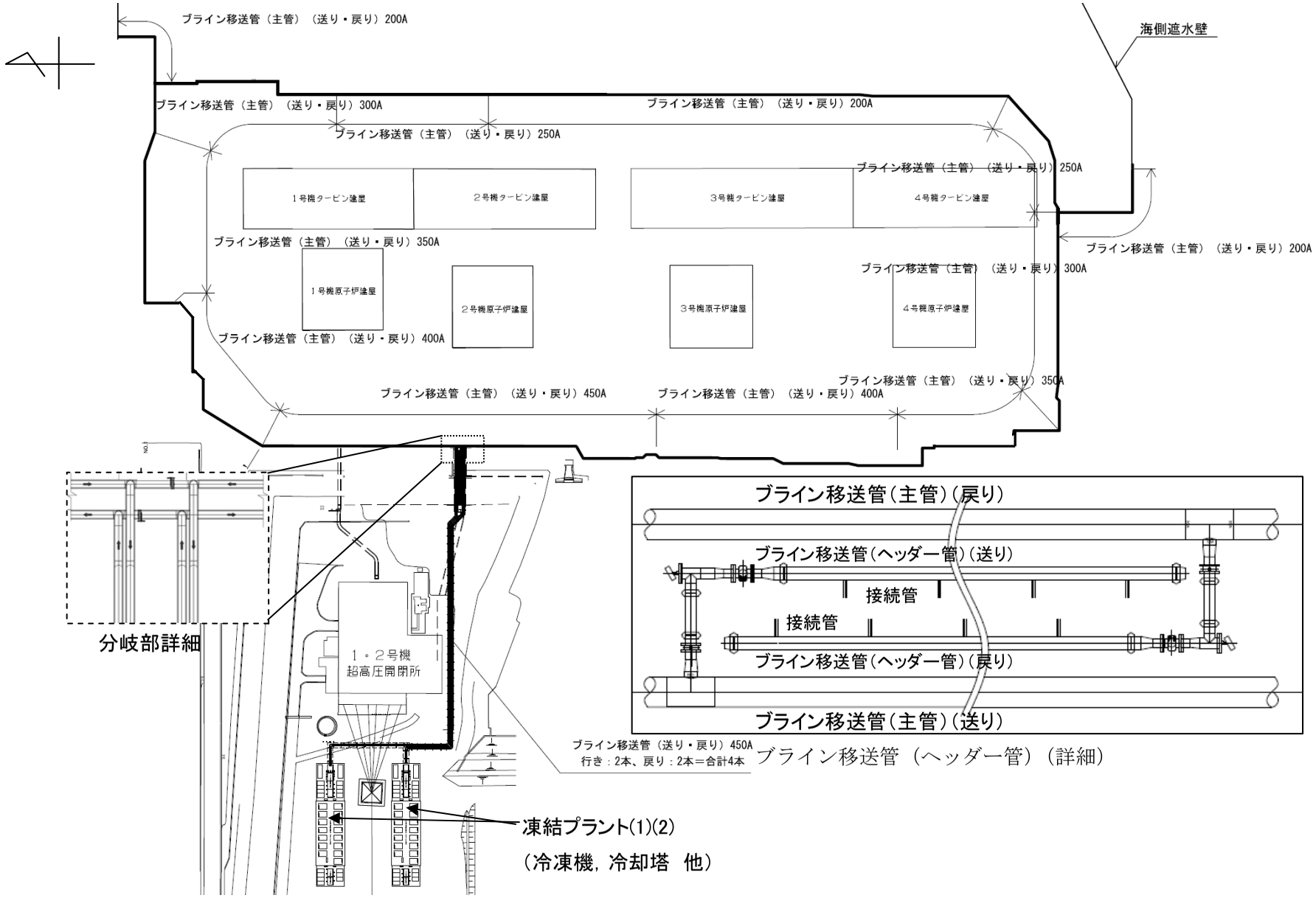


図２　凍土遮水壁を造成する機器配置　平面図

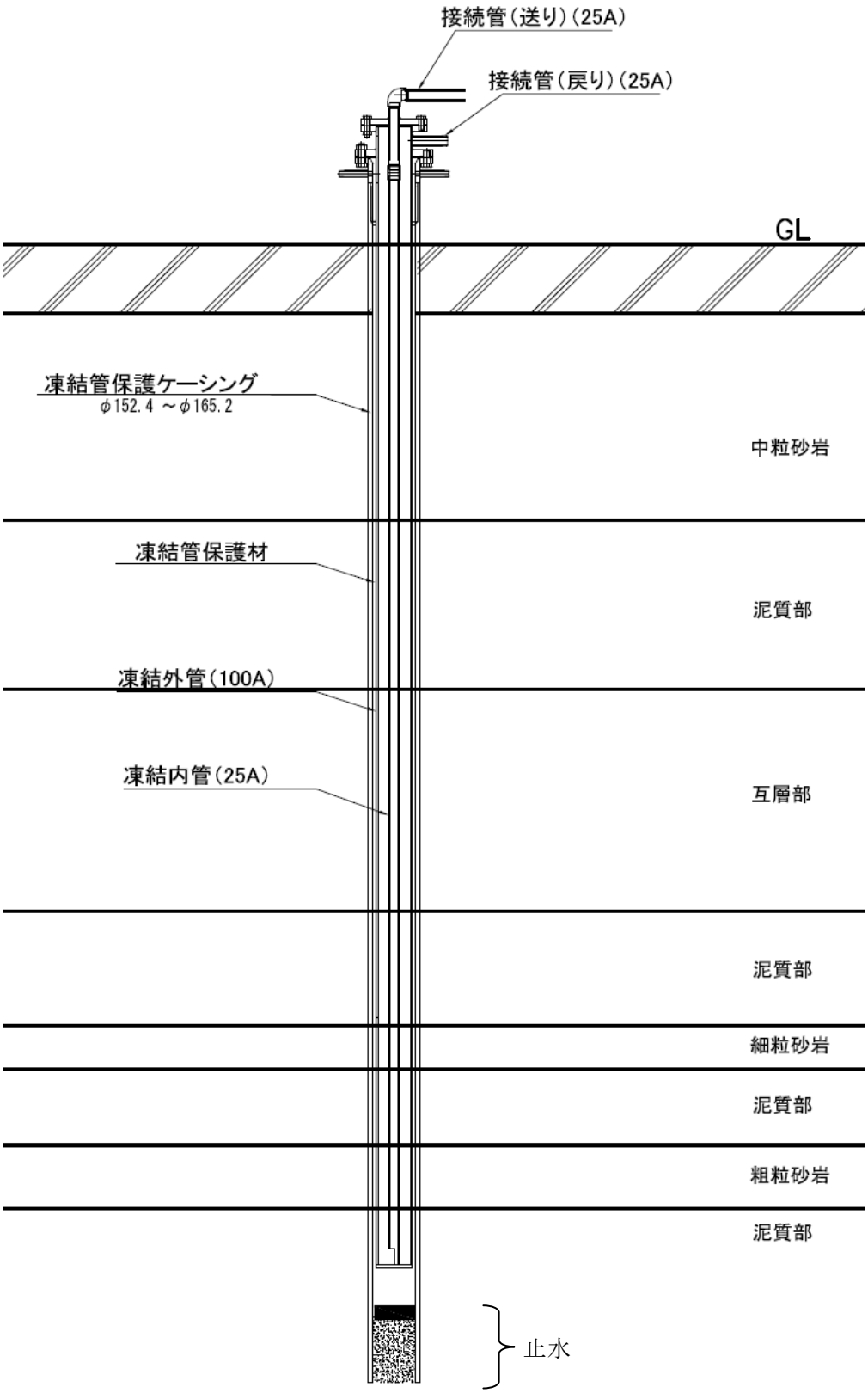

接続管（送り）（25A）
接続管（戻り）（25A）
GL
凍結管保護ケーシング
φ152.4 ～φ165.2
中粒砂岩
凍結管保護材
泥質部
凍結外管（100A）
凍結内管（25A）
互層部
泥質部
細粒砂岩
泥質部
粗粒砂岩
泥質部
止水

図３　凍結管基本構造図

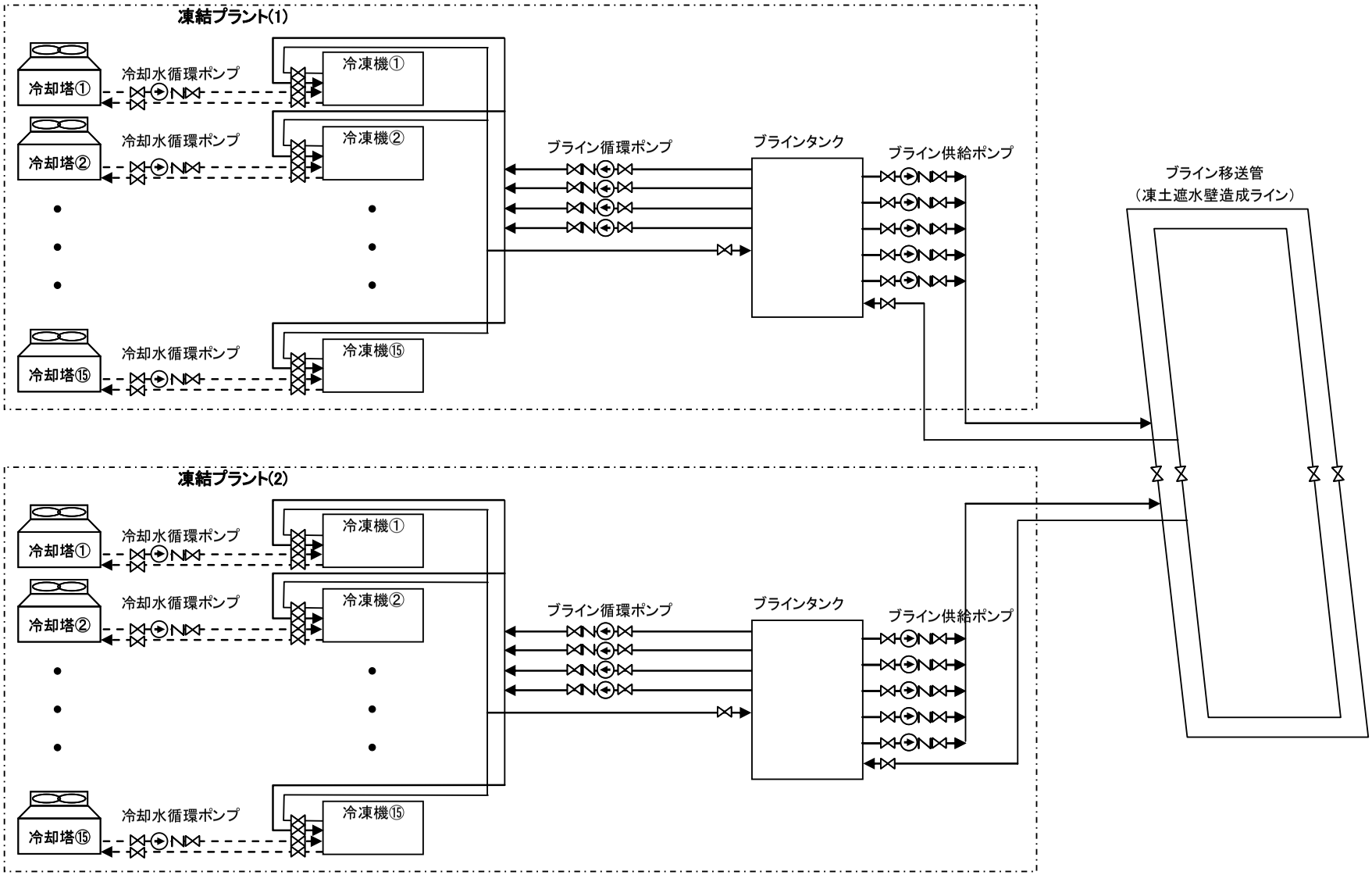


図４　凍土遮水壁を造成する機器　系統図（概略）

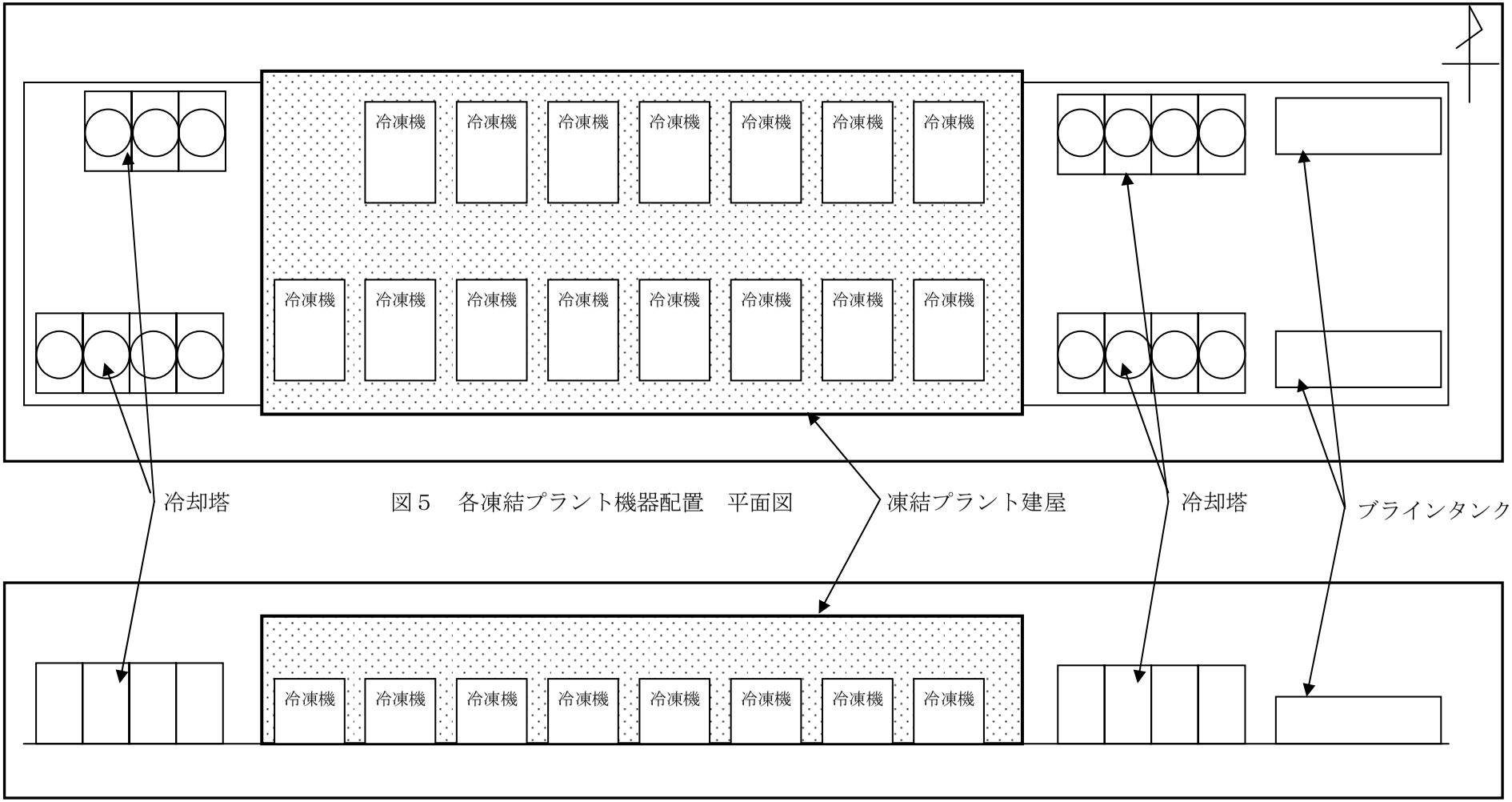


図５　各凍結プラント機器配置　平面図

図６　各凍結プラント機器配置　断面図

3　主要機器の基本仕様

(1)　冷凍機（完成品）

形　式	ユニット型（高圧ガス保安法　冷凍保安規則による）
基　数	30
使用冷媒	R404A
冷凍能力	261 kW（１基あたり）

(2)　ブライン

種類	塩化カルシウム水溶液

(3)　冷却塔（完成品）

形　式	密閉型
基　数	30
交換熱量	600 kW（1 基あたり）

(4)　冷却水循環ポンプ（完成品）

台　数	30
容　量	1,750 L/min（１台あたり）
揚　程	19 m

(5)　ブライン循環ポンプ（完成品）

台　数	8
容　量	3,385 L/min（１台あたり）
揚　程	13 m

(6)　ブライン供給ポンプ（完成品）

台　数	10
容　量	4,000 L/min（１台あたり）
揚　程	40 m

(7)　ブラインタンク（完成品）

基　数	4
容　量	40m^3（1 基あたり）
寸　法	L 8.0×W 2.5×H 2.4 m（1 基あたり）

4　凍土遮水壁による地下水の建屋流入抑制効果

１～４号機のタービン建屋等の周辺を高い遮水性が確保できる凍土遮水壁で囲むことにより，１～４号機のタービン建屋等への地下水の流入量が低減されるものと考える。

第11回汚染水処理対策委員会（平成25年12月10日）の報告より，4m盤対策（ガラス固化壁，ウェルポイント）だけの場合（ケース1）と比較して，凍土遮水壁を追加設置した場合（ケース6）では，１～４号機のタービン建屋等への地下水の流入量が320トン/日から30トン/日へと低減するというシミュレーション結果が得られている。

表１　各対策工実施後の建屋流入量・地下水汲上げ量の想定

ケース	対策工					建屋流入量（トン/日）			地下水汲上げ量（トン/日）		
	4m盤対策（ｶﾞﾗｽ固化壁、ｳｪﾙﾎﾟｲﾝﾄ）	地下水ﾊﾞｲﾊﾟｽ	海側遮水壁（地下水ドレン）	山/海側ｻﾌﾞﾄﾞﾚﾝ	陸側遮水壁（凍土壁）	合計	1～4号機建屋	プロセス主建屋，高温焼却炉建屋	ｳｪﾙﾎﾟｲﾝﾄ+地下水ﾄﾞﾚﾝ	地下水ﾊﾞｲﾊﾟｽ	山/海側ｻﾌﾞﾄﾞﾚﾝ
1	●					410	320	90	50	－	－
6	●				●	130	30	100	10	－	－

注）汚染水処理対策委員会報告書（H25.12）より抜粋，一部，加筆

5　凍土遮水壁造成後の地下水位低下に伴う地盤沈下

凍土遮水壁造成後の１～４号機建屋周りの地下水位低下に伴う原子炉建屋・タービン建屋基礎地盤の不等沈下を評価した。保守的な条件から求まる基礎底面の傾斜は最大1/10,000程度となり，各種基準に示される基礎地盤の傾斜の目安値1/2,000～1/500以下であることから，建屋基礎の安定上問題ないものと評価した（別添－１参照)。

また，建屋基礎の沈下量をモニタリングして，建屋基礎が安定上問題ないことを確認していくこととする。

6.　埋設物に対する施工時の考慮

凍土遮水壁と干渉する埋設物周辺の施工にあたっては，埋設物を図面・試掘・現地調査で確認し，構造形式，内容物，埋設物内部の状況を整理した上で，埋設物の幅・機能に応じて，適切な施工方法を選定する（別添－２，３参照)。

なお，運用中の設備および運用中の設備を内包している構造物を横断して凍土遮水壁を施工する箇所（図７－１・７－２，表２－１・２－２参照）については，図面・試掘・現地調査で確認し，構造物に損傷を与えないように適切に施工する。また，施工に先立ち，防護が完了していることを確認してから工事を実施する。

運用中の設備の損傷防止策として以下の対策を実施する。

- 図面等による位置の把握および現地確認
- 試掘（震災前の地盤面以深２ｍまで※）による敷設場所の確認
- 注意喚起の表示（図８参照）
- 配管移動・防護（表３－１・３－２，図９－１～９－４参照）

※　震災前の地盤面から深さ２ｍまで試掘することにより，東日本大震災以降に設置した電源ケーブル等の確認を行う。

万が一，運用中の設備および運用中の設備を内包している構造物が損傷した場合は，損傷箇所を速やかに復旧する（表４－１・４－２参照）。

海側ライン上の申請範囲外の埋設物（１号機放水管，2～4号機海水配管トレンチ，2号機放水管①，3号機放水管①，3号機取水電源ケーブル管路）付近の施工中は，申請範囲外の箇所が分かるように地上部に注意喚起表示，単管等による区画を行う（表５，図１０・１１参照)。

7　ボーリング削孔水管理

ボーリング削孔作業時には，ボーリング孔内部より削孔機先端へ泥水（以下，削孔水）を注水し，削孔箇所地上部においてボーリング孔壁に沿って地上に戻った削孔水（一部は地盤中に逸水）を回収する。回収された削孔水は削孔プラント※にて濁水処理し，水（構内の作業用水）を補給した上で，削孔水として再利用する（ボーリング孔内部より注水）。削孔水の役割，性状は以下の通りである。

※　汲み上げた削孔水から切削した土を分離し，水（構内の作業用水）を補給した上で再度削孔箇所へ送水する設備

・役割：削孔機先端の切削土の排出，削孔機の回転不良防止，ボーリング孔壁の保護
・性状：ベントナイトおよび切削土混じりの泥水
　　なお，削孔水の放射性物質濃度は１～４号機サブドレンピットの放射性物質濃度（図１２－１参照），１～４号機建屋周辺観測井の放射性物質濃度（図１２－２参照）と同程度と想定される。

ボーリング削孔作業における削孔水については，削孔箇所地上部，削孔プラントそれぞれで以下の漏えい対策（図１３－１・１３－２参照）を実施することにより，閉じた系統で循環する。なお，地下水の放射性物質濃度が高い場所では，漏えい対策に万全を期す。

・削孔プラント：周囲に堰の設置，雨水浸入防止カバーの設置
　　万一削孔プラントから堰内に削孔水が漏えいした場合は自動起動のポンプにより削孔プラントに移送する。
・削孔箇所地上部：地表部をシート等で囲み，削孔水を集水し，ポンプで削孔プラントへ移送する。

削孔区間は，山側についてはサブドレンおよび対象観測井，海側についてはそれらに加え必要に応じ凍土壁ライン上で事前の地下水調査を行うことで，凍土遮水壁ライン近傍の放射性物質濃度分布を把握した上で，濃度が一様であると想定される区間ごとに定める（図１２－１，２参照）。現状想定される各削孔区間の地下水の放射性物質濃度レベルは表６に示す通りであり，今後，削孔作業完了後に削孔プラント内に残った使用済みの削孔水（以下，余剰水）の放射性物質濃度を確認した上で，表６に示すオーダー（桁数）単位の管理で，余剰水を削孔水として再利用できる削孔区間を選定する。

余剰水については，当該削孔区間よりも放射性物質濃度レベルが高い（表６において，Cs-134，Cs-137，全β，H-3全て該当するものとする）削孔区間の削孔水に再利用することは可能であるが，当該削孔区間よりも放射性物質濃度レベルが低い（表６において，Cs-134，Cs-137，全β，H-3の１つでも該当するものとする）削孔区間の削孔水に利用することはできない。

最終的に再利用できない余剰水は「福島第一原子力発電所　特定原子力施設に係わる実施計画」に記載の汚染水処理設備で処理する。

削孔プラント内に残った泥土（ベントナイトおよび切削土）については，飛散しない状態（トンパックに入れるなど）で管理して，一時保管エリアで保管する。また，泥土の発生量※は，「Ⅱ　2.10　放射性固体廃棄物等の管理施設」に示している瓦礫等の保管量に見込んでいる。

※　ボーリング削孔による泥土の発生量は，2,000m3程度と想定され，瓦礫等の一時保管エリアの保管容量（「Ⅱ　2.10　放射性固体廃棄物等の管理施設」を参照）に対して十分に少量（現在の貯蔵量の１％程度）で，一時保管エリアの運用に支障を与えるものではない。

8　施工時の放射線被ばく管理

放射線業務従事者が立ち入る場所では，外部放射線に係わる線量率を把握し，放射線業務従事者等の立入頻度の管理，滞在時間等を考慮した遮へいの設置や除染等を実施することにより，作業時における放射線業務従事者が受ける線量が労働安全衛生法およびその関連法令に定められた線量限度（100mSv/5 年および 50mSv/年）を超えないようにする※1。

※1　凍土遮水壁工事における年間被ばく線量は40mSvを限度とする。

凍土遮水壁施工時の作業空間における被ばく線量低減対策として空間線量率・現場状況に応じて，施工前に以下の対策を実施する（図１４－１～１４－１１参照)。

・線源の除去（表土すき取り，清掃，高線量ガレキの撤去　等）
・線源からの遮蔽（Ｌ型擁壁・タングステンマット・コンクリートパネル・遮へいボックス※2・鉛板※2の設置，被覆実施　等）

※2　「福島第一原子力発電所における放射線管理に関する検討課題」（第２４回特定原子力施設 監視・評価検討会 資料２）を踏まえて，更なる遮蔽対策として遮へいボックス・鉛板の設置に加え図１４－７，１４－８の追加対策を実施した。また，海側の被ばく線量対策として図１４－９の瓦礫撤去を実施した。

さらに，必要に応じて作業員の被ばくを低減させるため遮蔽ベストの着用を行う（図１５参照）。

長期にわたる，かつ，高線量エリアにおける施工であるため，現場状況を踏まえ，今後継続的に被ばく線量低減に向けた線源の把握と除去，線源からの遮蔽，区域管理作業等を行い，更なる被ばく線量低減に努める。

9　凍土遮水壁と他工事との調整状況

凍土遮水壁造成に関する工事期間において，他の安定化に向けた工事・作業との干渉について作業区域・道路占有・作業期間等について必要な調整を行った。今後も，工事・作業の進捗等に合わせて随時調整しながら，工事を進める（図１６参照）。

10　施工時の熱中症対策

凍土遮水壁造成に関する工事は炎天下，高気温下での作業が多く発生すると想定される

ことから，特に熱中症について対策を実施する（表７参照）。

11　緊急時の避難

「Ⅱ　1　1.13 緊急時対策」に準じて適切に対応する。緊急時には緊急放送・ペーシング等により構内に周知されるが，本工事では施工エリアが複数にわたることから，これに加えて各施工エリアの責任者に携帯電話にて避難指示を行い，図１７に示す避難経路により避難する。これらについては，新規入場者教育にて本工事の関係者（作業員含む）に周知される。なお，構内の車両通行規制（避難経路含む）の情報については，１回／週程度で行う連絡会議で作業員に周知する。

12　別添

別添－１　凍土遮水壁造成後の基礎地盤沈下検討

別添－２　山側ライン上の埋設物に対する施工時の考慮

別添－３　海側ライン上の埋設物に対する施工時の考慮

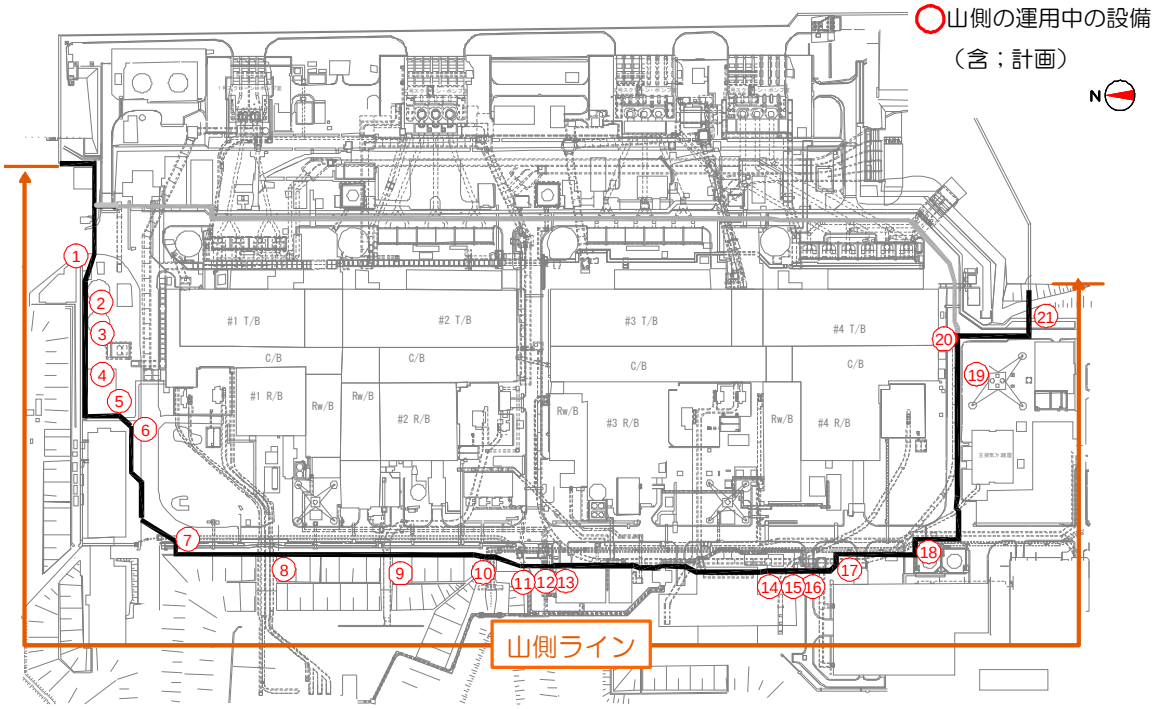


図７－１　主な運用中の設備と凍土遮水壁の横断箇所（既認可）

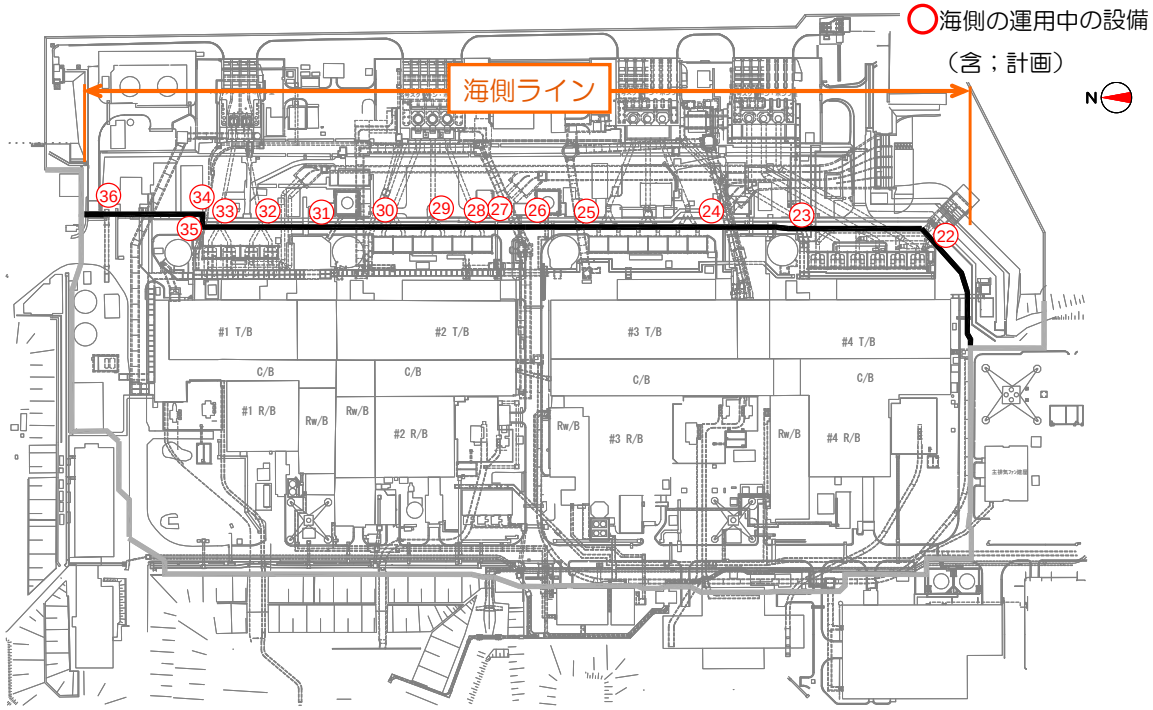


図７－２　主な運用中の設備と凍土遮水壁の横断箇所（今回申請）

表２－１　主な運用中の設備と凍土遮水壁の横断箇所（既認可）

位置番号 （図7-1平面図参照）	設備名称 注）（ ）内の数字は表4-1と対応		交差位置での状況	防護ﾊﾟﾀｰﾝ （図９参照）
①	(1)	原子炉圧力容器・炉注水ライン※	地上	A
①	(2)	原子炉格納容器内窒素封入ライン	地上	A
①	(3)	使用済燃料ﾌﾟｰﾙ冷却ライン	地上	A
①	(5)	電源ケーブル	地上	A
①	(6)	通信用光ケーブル	地上	A
①	(7)	サブドレン他水処理施設ライン	地上	A
②	(3)	使用済燃料ﾌﾟｰﾙ冷却ライン	地上	A
③	(5)	電源ケーブル	地上	A
④	(1)	原子炉圧力容器・炉注水ライン	地上	A
④	(3)	使用済燃料ﾌﾟｰﾙ冷却ライン	地上	A
⑤	(7)	サブドレン他水処理施設ライン	地上	A
⑥	(6)	通信用光ケーブル	地下	B
⑦	(2)	原子炉格納容器内窒素封入ライン	地上	A
⑦	(3)	使用済燃料ﾌﾟｰﾙ冷却ライン	地上	A
⑦	(7)	サブドレン他水処理施設ライン	地上	A
⑧	(6)	通信用光ケーブル	地上	A
⑨	(6)	通信用光ケーブル	地上	A
⑩	(7)	サブドレン他水処理施設ライン	地上	A
⑪	(7)	サブドレン他水処理施設ライン	未設置（施工中）	A
⑫	(3)	使用済燃料ﾌﾟｰﾙ冷却ライン	地上	A
⑬	(3)	使用済燃料ﾌﾟｰﾙ冷却ライン	地上	A
⑭	(7)	サブドレン他水処理施設ライン	未設置（施工中）	A
⑮	(3)	使用済燃料ﾌﾟｰﾙ冷却ライン	地上	A
⑯	(5)	電源ケーブル	地上	A
⑰	(5)	電源ケーブル	地上	A
⑰	(3)	使用済燃料ﾌﾟｰﾙ冷却ライン	地上	A
⑱	(3)	使用済燃料ﾌﾟｰﾙ冷却ライン	地下（Ｋ排水路内部）	A
⑲	(6)	通信用光ケーブル	地下	B
⑳	(4)	滞留水移送ライン	地上	C
⑳	(5)	電源ケーブル	地上	A
㉑	(6)	通信用光ケーブル	地上	A

※：格納容器ホウ酸水注入ラインは，原子炉圧力容器・炉注水ラインと兼用

合計 31 設備

表２－２　主な運用中の設備と凍土遮水壁の横断箇所（今回申請）

位置番号 （図7-2平面図参照）	設備名称 注）（　）内の数字は表4-2と対応		交差位置での状況	防護ﾊﾟﾀｰﾝ （図９参照）
㉒	(8)	雨水排水ライン	地下	B
㉓	(8)	雨水排水ライン	地下	B
㉔	(8)	雨水排水ライン	地下	B
㉕	(8)	雨水排水ライン	地下	B
㉖	(8)	雨水排水ライン	地下	B
㉗	(4)	滞溜水移送ライン	地上	D
㉗	(6)	通信用光ケーブル	地上	A
㉘	(8)	雨水排水ライン	地下	B
㉙	(8)	雨水排水ライン	地下	B
㉚	(8)	雨水排水ライン	地下	B
㉛	(8)	雨水排水ライン	地下	B
㉜	(8)	雨水排水ライン	地下	B
㉝	(8)	雨水排水ライン	地下	B
㉞	(8)	雨水排水ライン	地下	B
㉟	(7)	サブドレン他水処理施設ライン	地上	A
㊱	(2)	原子炉格納容器内窒素封入ライン	地上	A
㊱	(5)	電源ケーブル	地上	A
㊱	(6)	通信用光ケーブル	地上	A
㊱	(7)	サブドレン他水処理施設ライン	地上	A

合計 19 設備

本対策については，今後の現場調査により変更の可能性があるとともに，新規設置設備が発生した際も，現場環境により同様の対策を実施する。



図８　運用中の設備の損傷防止策（注意喚起の表示（例））

表３－１　運用中の設備の防護パターン（既認可）

防護パターン	施工内容
A	地上部で凍土遮水壁ラインを横断・近接する運用中設備について， 必要に応じて移動・結束などを行い整理し，単管・足場板等を用いて， 作業区域との区画分けを行い防護する 。
B	地下部で凍土壁ラインを横断・近接する運用中設備について， 試掘(G.L.-2m)により埋設位置を確認し，埋設後は地上部に注意喚起表示を行う 。
C	凍土壁ラインを横断・近接する滞留水移送ラインについては， 地上で確認できるコンクリート製の堅固な防護が施されており， 仮にコンクリート構造物に接触しても滞留水移送ラインを傷つけることはない。

表３－２　運用中の設備の防護パターン（今回申請）

防護パターン	施工内容
D	凍土壁ラインを横断・近接する滞留水移送ラインについては， 地上で確認できる鋼製の堅固な防護が施されており，仮に鋼製構造物に接触しても滞留水移送ラインを傷つけることはない。

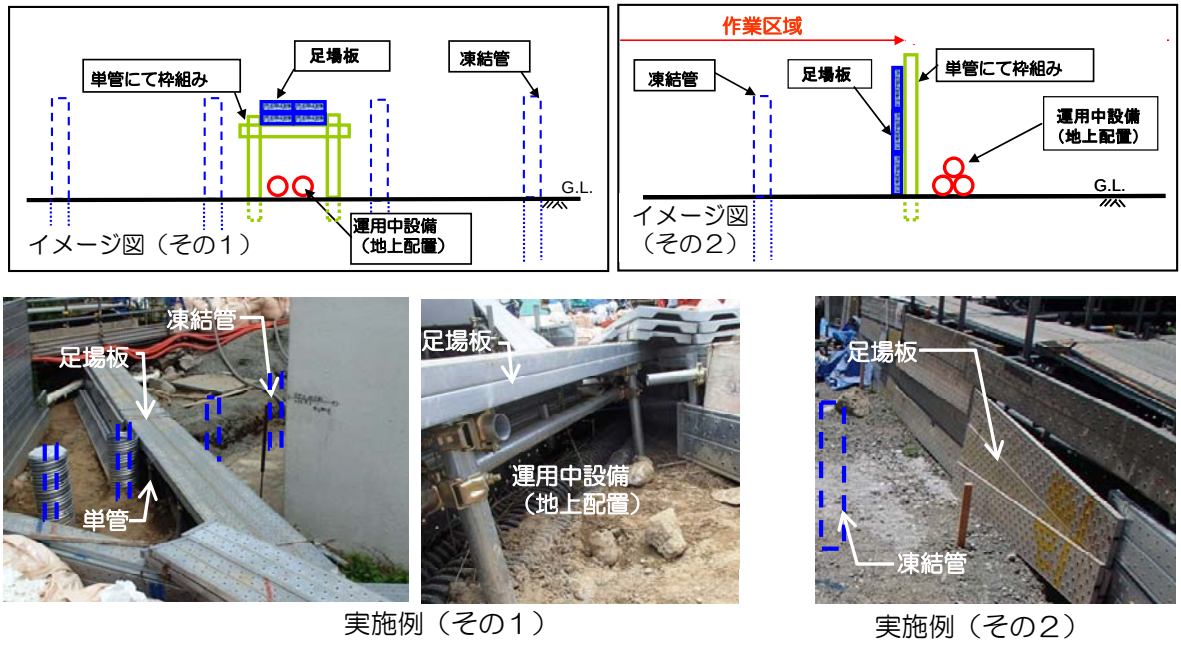


図９－１　運用中の設備の防護パターンＡ（既認可）

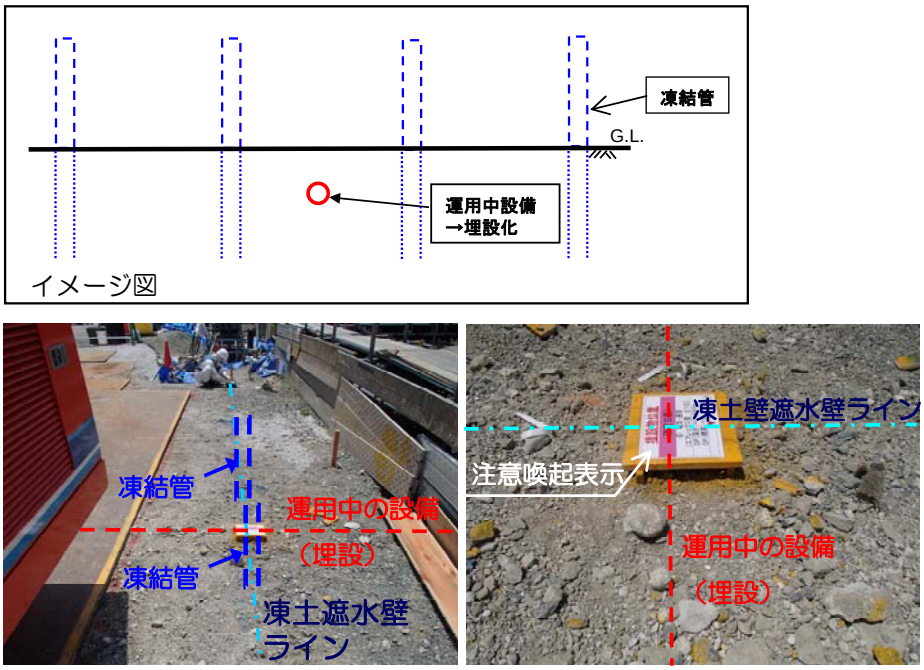


図９－２　運用中の設備の防護パターンＢ（既認可）

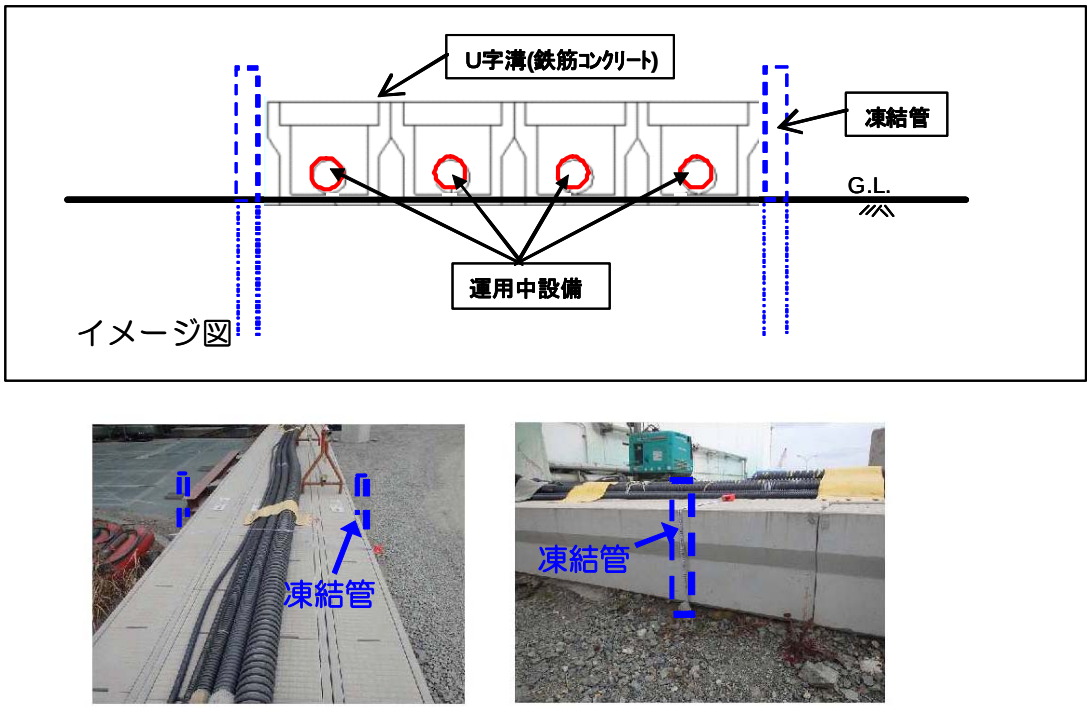
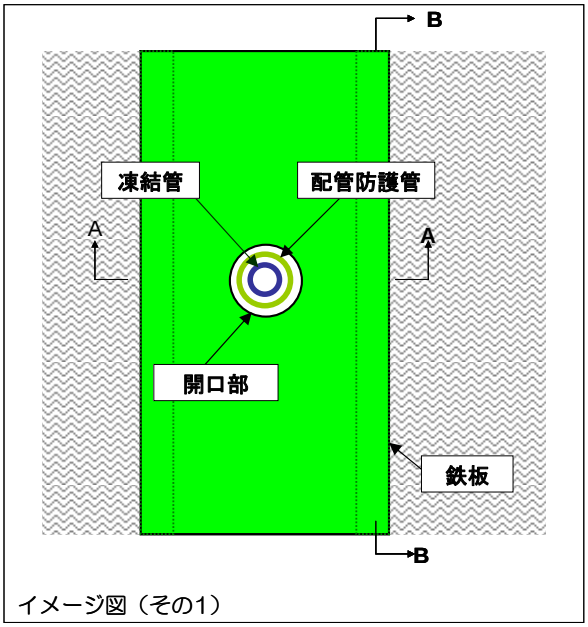
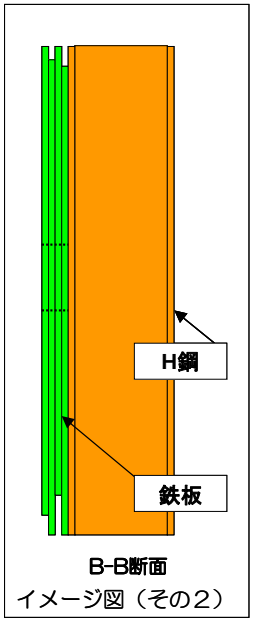
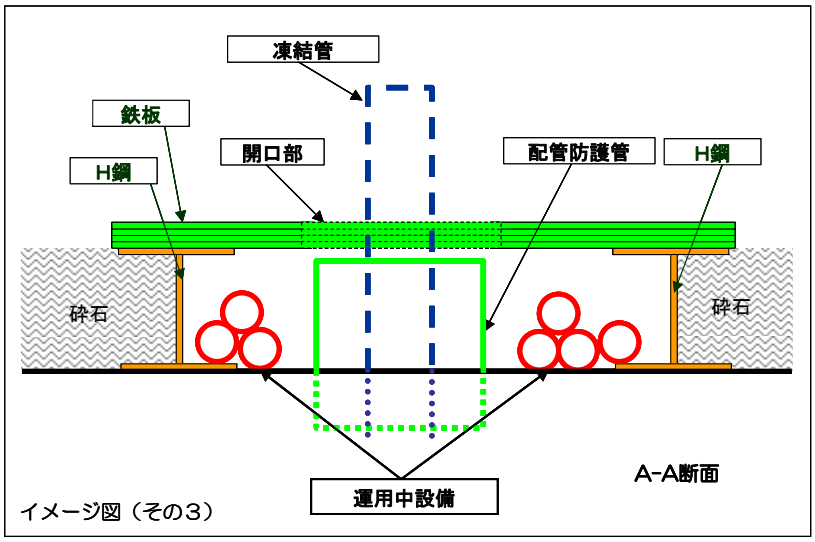
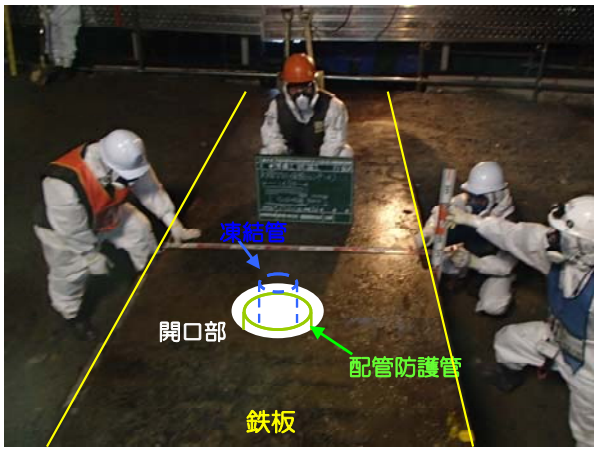


図９－３　運用中の設備の防護パターンＣ（既認可）









実施例

図９－４　運用中の設備の防護パターンD（今回申請）

表４－１　運用中の設備が損傷した場合の対応（既認可）

	設備名称	損傷した場合の対応
(1)	原子炉圧力容器・炉注水ライン（格納容器ホウ酸水注入ライン）	・「Ⅱ　2　特定原子炉施設の構造及び設備，工事の計画」に準じて適切に対応する。
(2)	原子炉格納容器内窒素封入ライン	
(3)	使用済燃料プール冷却ライン	
(4)	滞留水移送ライン	・「Ⅱ　2　特定原子炉施設の構造及び設備，工事の計画」に準じて適切に対応する。 ・凍土壁ラインを横断・近接する滞留水移送ラインについては，地上で確認できるコンクリート製の堅固な防護が施されており，仮にコンクリート構造物に接触しても滞留水移送ラインを傷つけることはない。
(5)	電源ケーブル	・速やかに損傷の影響を判断して，代替手段を検討・実行するとともに，損傷箇所を復旧する。
(6)	通信用光ケーブル	
(7)	サブドレン他水処理施設ライン	

表４－２　運用中の設備が損傷した場合の対応（今回申請）

	設備名称	損傷した場合の対応
(2)	原子炉格納容器内窒素封入ライン	・「Ⅱ　2　特定原子炉施設の構造及び設備，工事の計画」に準じて適切に対応する。
(4)	滞留水移送ライン	・「Ⅱ　2　特定原子炉施設の構造及び設備，工事の計画」に準じて適切に対応する。 ・凍土壁ラインを横断・近接する滞留水移送ラインについては，地上で確認できる鋼製の堅固な防護が施されており，仮に鋼製構造物に接触しても滞留水移送ラインを傷つけることはない。
(5)	電源ケーブル	・　速やかに損傷の影響を判断して，代替手段を検討・実行するとともに，損傷箇所を復旧する。
(6)	通信用光ケーブル	
(7)	サブドレン他水処理施設ライン	
(8)	雨水排水ライン	・凍土壁ラインを横断・近接する雨水排水ラインについては，コンクリート製の堅固な防護が施されており，仮にコンクリート構造物に接触しても雨水排水ラインを傷つけることはない。

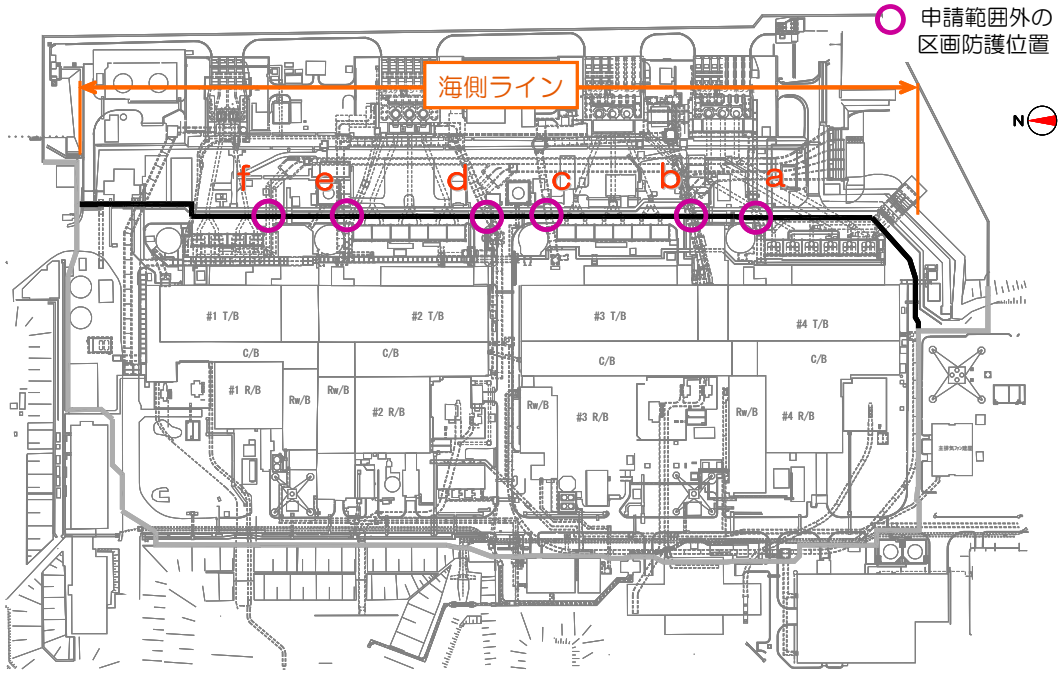


図１０　申請対象外の区画防護位置

表５　申請対象外の区画防護箇所

区画箇所	申請対象外設備
a	４号機海水配管トレンチ
b	３号機海水配管トレンチ① ３号機放水管① ３号機取水電源ケーブル管路
c	３号機海水配管トレンチ②
d	２号機海水配管トレンチ① ２号機放水管①
e	２号機海水配管トレンチ②
f	１号機放水管①②

合計６箇所

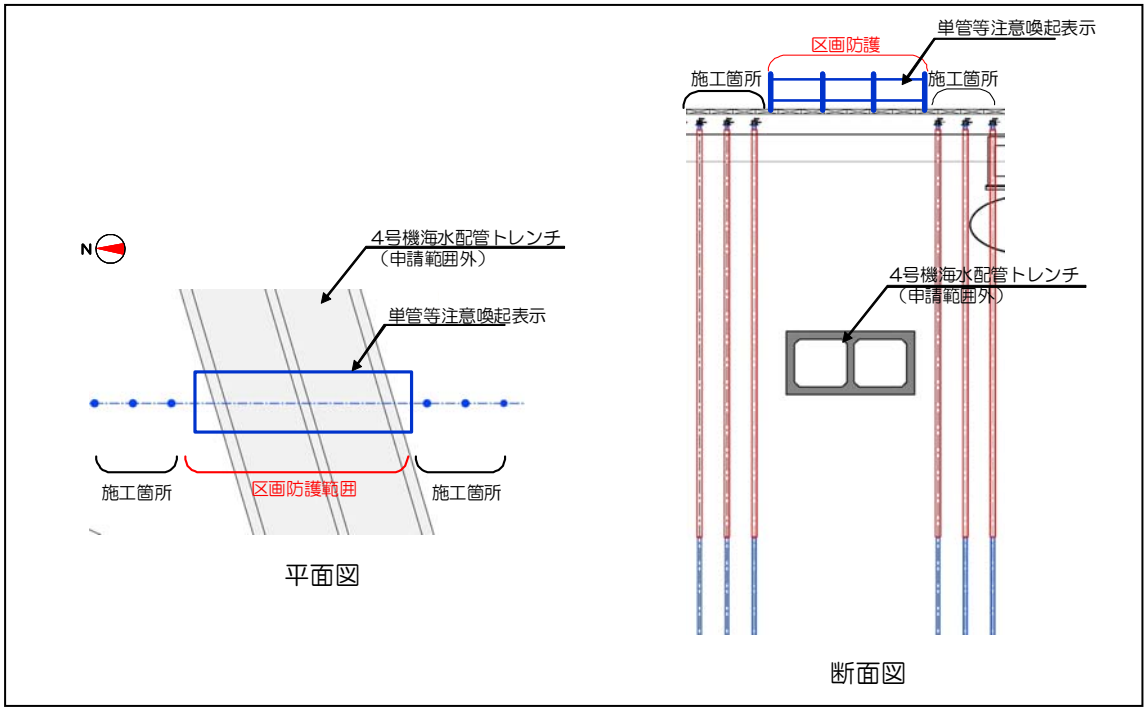


図１１－１　申請対象外の区画防護　a

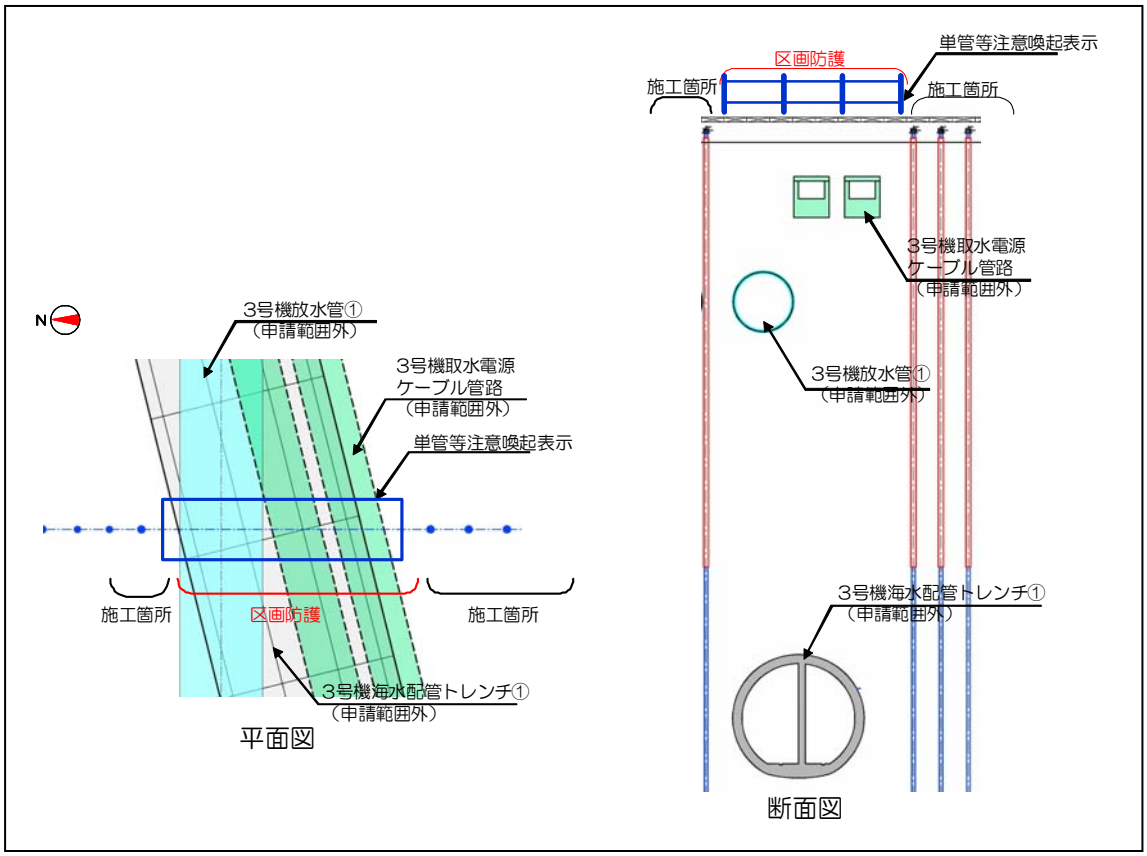


図１１－２　申請対象外の区画防護　b

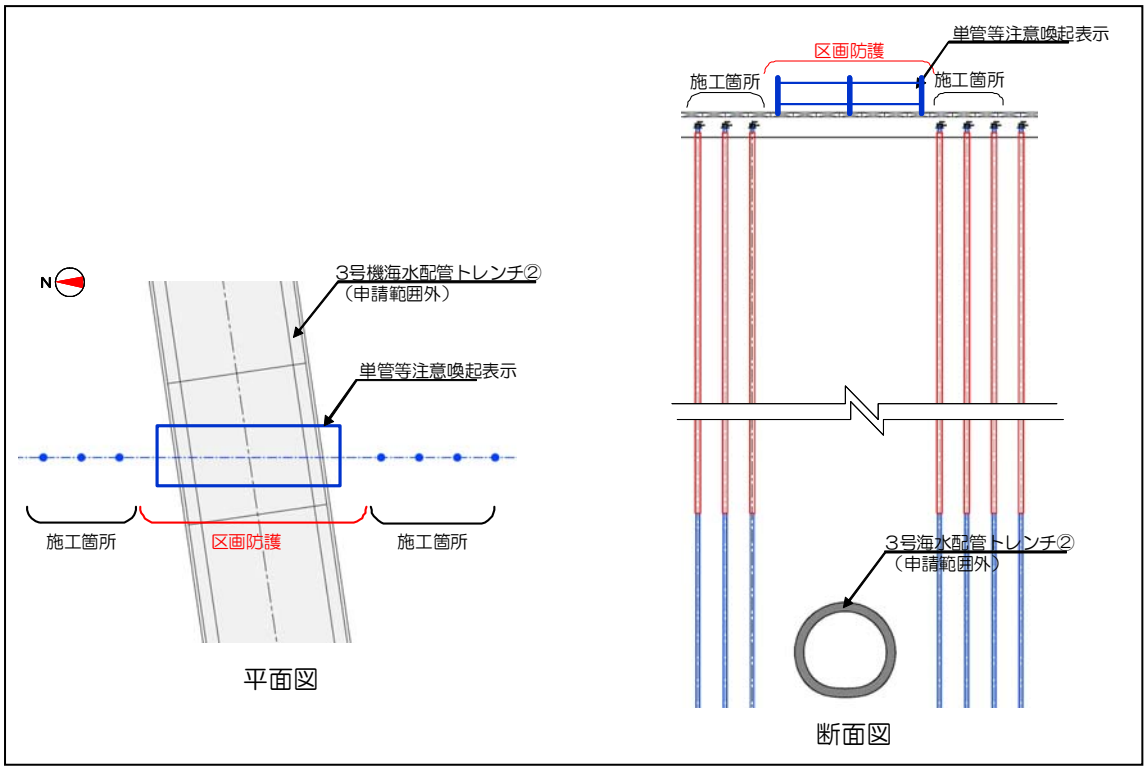


図１１－３　申請対象外の区画防護　c

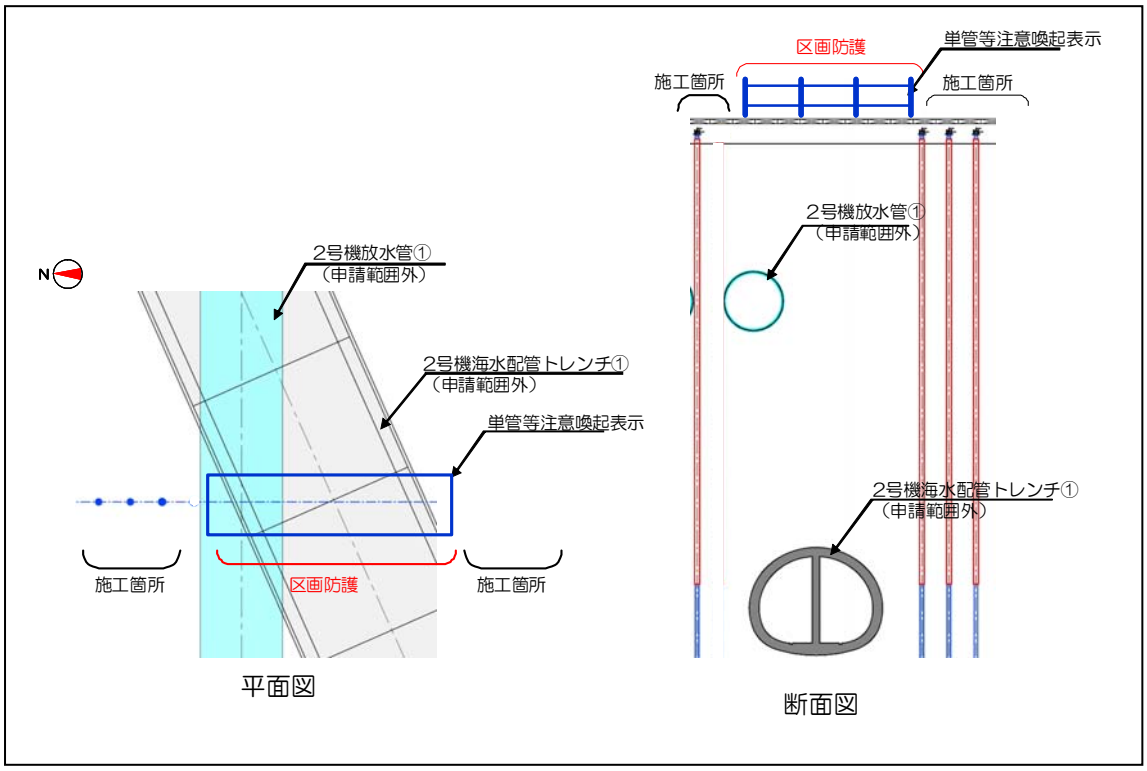


図１１－４　申請対象外の区画防護　d

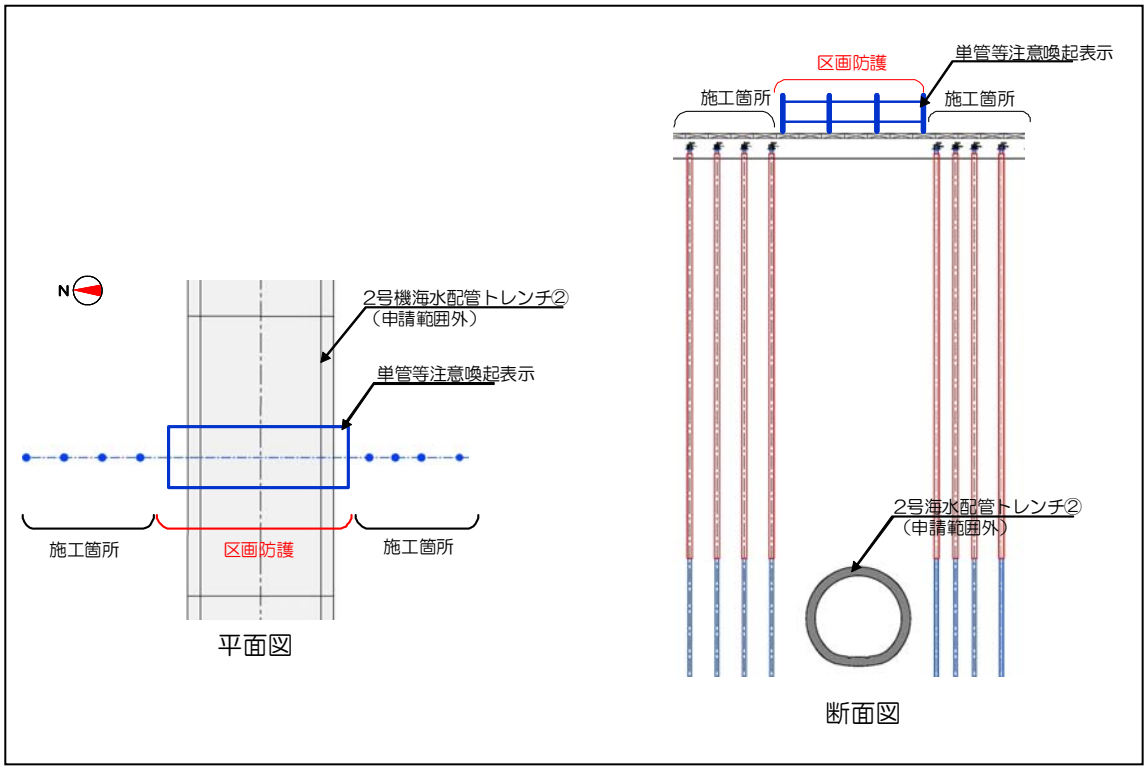


図１１－５　申請対象外の区画防護　e

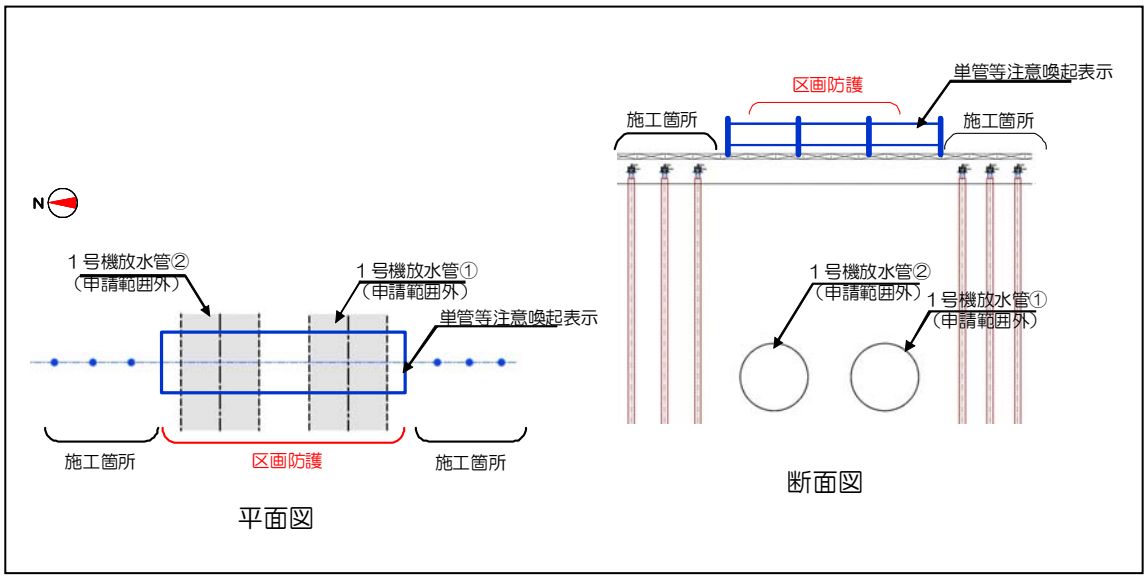
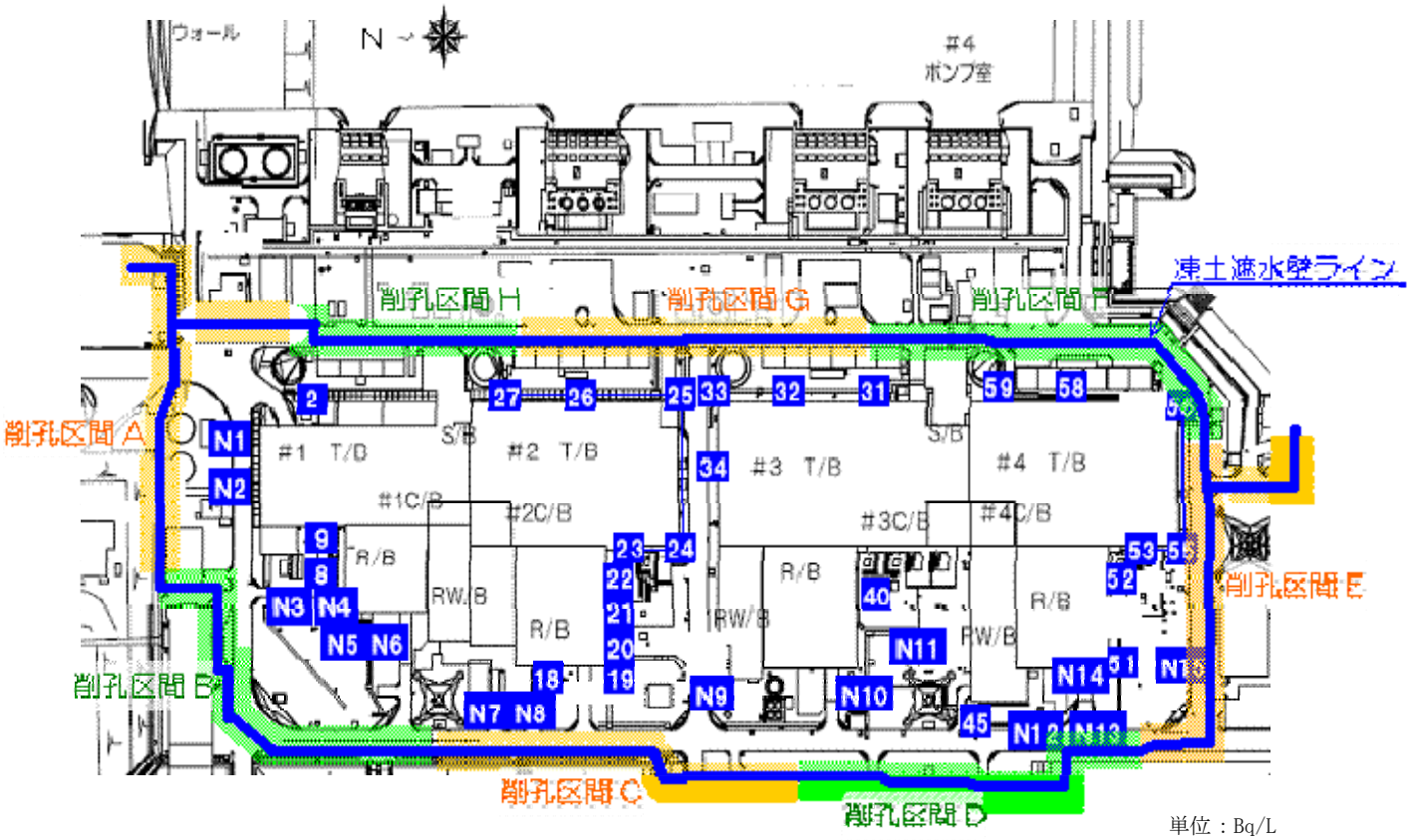


図１１－６　申請対象外の区画防護　f



単位：Bq/L

ピット	Cs-134	Cs-137	全β	H-3
2	ND(8.4)	6.9×10^{0}	ND(17)	6.4×10^{2}
8	5.9×10^{1}	2.4×10^{2}	3.2×10^{2}	2.1×10^{3}
9	4.2×10^{1}	1.6×10^{2}	2.4×10^{2}	1.4×10^{3}
18※	1.2×10^{3}	4.0×10^{3}	5.2×10^{3}	1.5×10^{3}
19※	1.2×10^{2}	3.5×10^{2}	4.7×10^{2}	4.2×10^{2}
20	8.0×10^{0}	1.6×10^{1}	4.2×10^{1}	2.0×10^{3}
21	1.5×10^{1}	6.0×10^{1}	1.0×10^{2}	1.5×10^{3}
22	4.4×10^{1}	1.4×10^{2}	2.2×10^{2}	6.5×10^{2}
23	ND(8.4)	2.3×10^{1}	6.7×10^{1}	7.9×10^{2}
24	1.0×10^{2}	2.8×10^{2}	3.5×10^{2}	5.3×10^{2}
25	3.8×10^{1}	1.4×10^{2}	2.5×10^{2}	4.8×10^{2}
26	3.7×10^{1}	1.5×10^{2}	2.7×10^{2}	ND(120)
27	5.0×10^{1}	1.4×10^{2}	2.2×10^{2}	ND(120)
31	2.0×10^{2}	5.9×10^{2}	1.0×10^{3}	3.0×10^{2}
32	ND(9.4)	5.9×10^{0}	ND(17)	ND(120)
33	1.3×10^{1}	4.3×10^{1}	6.5×10^{1}	3.9×10^{2}
34	6.3×10^{1}	1.8×10^{2}	2.9×10^{2}	6.9×10^{2}
40	3.5×10^{3}	1.1×10^{4}	1.6×10^{4}	5.0×10^{2}

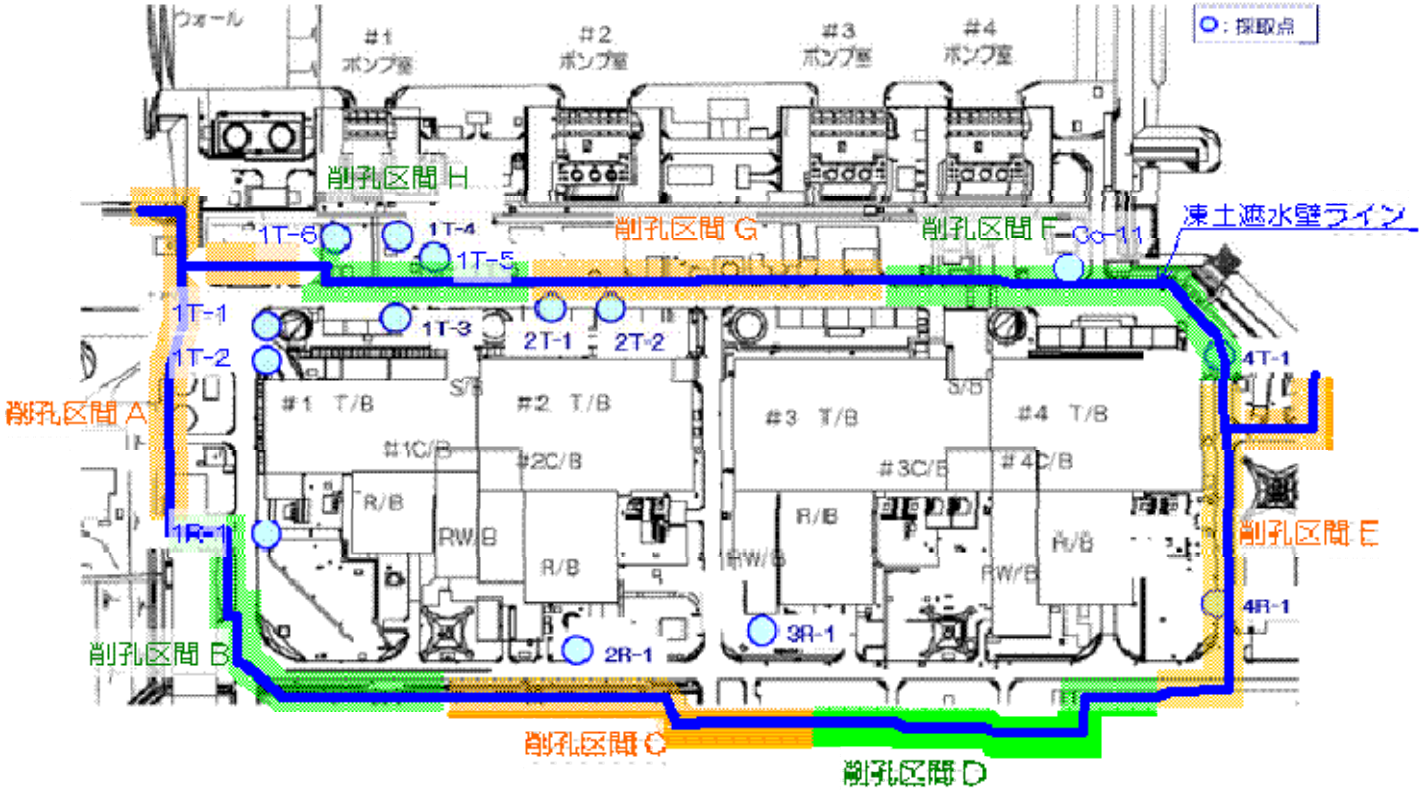
ピット	Cs-134	Cs-137	全β	H-3
45	ND(12)	ND(19)	ND(16)	ND(110)
51	ND(12)	ND(20)	2.1×10^{1}	7.6×10^{2}
52	ND(9.4)	ND(6.8)	ND(17)	2.1×10^{2}
53	ND(8.1)	ND(6.2)	ND(17)	ND(120)
55	ND(7.2)	ND(6.2)	ND(17)	1.7×10^{2}
56	ND(9.4)	ND(5.9)	ND(17)	2.9×10^{2}
58	ND(8.5)	3.7×10^{1}	3.0×10^{1}	1.4×10^{2}
59	ND(8.4)	1.2×10^{1}	ND(17)	1.3×10^{2}
N1	ND(6.5)	ND(6.2)	ND(17)	ND(110)
N2	ND(6.7)	ND(5.9)	ND(17)	ND(110)
N3	ND(8.5)	ND(7.2)	ND(17)	2.6×10^{2}
N4	ND(7.6)	9.0×10^{0}	6.9×10^{1}	2.1×10^{2}
N5	ND(7.2)	ND(6.2)	ND(17)	2.4×10^{2}
N6	ND(7.3)	ND(6.8)	ND(17)	ND(110)
N7	ND(5.5)	ND(6.2)	ND(17)	1.5×10^{2}
N8	ND(8.2)	ND(6.8)	ND(17)	ND(110)
N9	ND(9.4)	ND(7.1)	ND(16)	4.9×10^{2}
N10	ND(11)	ND(17)	2.0×10^{1}	ND(110)
N11	ND(11)	ND(16)	1.6×10^{1}	1.2×10^{2}
N12	ND(12)	ND(19)	ND(16)	1.5×10^{2}
N13	ND(11)	ND(17)	ND(16)	4.1×10^{2}
N14	ND(13)	ND(19)	ND(16)	1.2×10^{4}
N15	ND(7.6)	ND(8.0)	ND(17)	ND(110)

※ H26.10.22にNo.18(Cs-134：9.4×10^{4}Bq/L, Cs-137：3.3×10^{5}Bq/L, 全β：3.9×10^{5}Bq/L)，No.19(Cs-134：1.0×10^{5}Bq/L, Cs-137：3.6×10^{5}Bq/L, 全β：3.9×10^{5}Bq/L)が確認されたため，再度採水したもの。

注1) 「ND」は検出限界値未満を表し，（ ）内に検出限界値を示す。

注2) H26年10月に採取したデータを示す。

図１２－１　１～４号機サブドレンピットの放射性物質濃度



単位：Bq/L

	観測井													
	建屋海側										建屋山側			
	1号機						2号機		4号機		1号機	2号機	3号機	4号機
	1T-1	1T-2	1T-3	1T-4	1T-5	1T-6	2T-1	2T-2	4T-1	Co-11	1R-1	2R-1	3R-1	4R-1
採取日	平成25年9月5日	平成25年9月19日	平成25年9月5日	平成25年9月11日	平成25年9月13日	平成25年10月1日	平成25年12月2日	平成25年9月11日	平成25年9月11日	平成25年9月9日	平成26年10月21日	平成25年9月5日	平成25年9月3日	平成25年9月25日	平成25年9月18日
採取時刻	13:00	12:15	11:00	11:50	10:00	10:45	10:30	13:00	11:35	10:30	10:00	12:50	10:00	11:00	9:20
Cs-134（約2年）	ND(0.37)	ND(0.38)	ND(0.54)	ND(0.46)	0.64	ND(0.47)	ND(0.82)	ND(0.36)	ND(0.47)	ND(0.38)	ND(0.29)	0.64	ND(0.55)	ND(0.43)	ND(0.46)
Cs-137（約30年）	ND(0.47)	ND(0.45)	ND(0.52)	0.88	0.90	ND(0.62)	ND(0.84)	0.66	ND(0.60)	ND(0.44)	0.41	1.3	0.97	ND(0.58)	ND(0.59)
全β	ND(21)	ND(18)	ND(21)	9,500	7,000	3,200	13,000	ND(24)	830	ND(17)	ND(15)	ND(21)	36	ND(17)	ND(18)
H-3（約12年）	200	200	80,000	2,700	4,200	7,500	3,300	20,000	770	1,800	ND(112)	150	31	1,100	ND(7)
Sr-90（約29年）	0.90	1.3	1.1	7,500	—	2,900	8,700	0.36	740	ND(0.28)	—	0.46	2.4	ND(0.26)	ND(0.28)

注1）NDは検出限界値未満を表し、「その他γ」を除き（ ）内に検出限界値を示す。
注2）測定対象外の項目は「－」と記す。

図１２－２　１～４号機建屋周辺観測井の放射性物質濃度

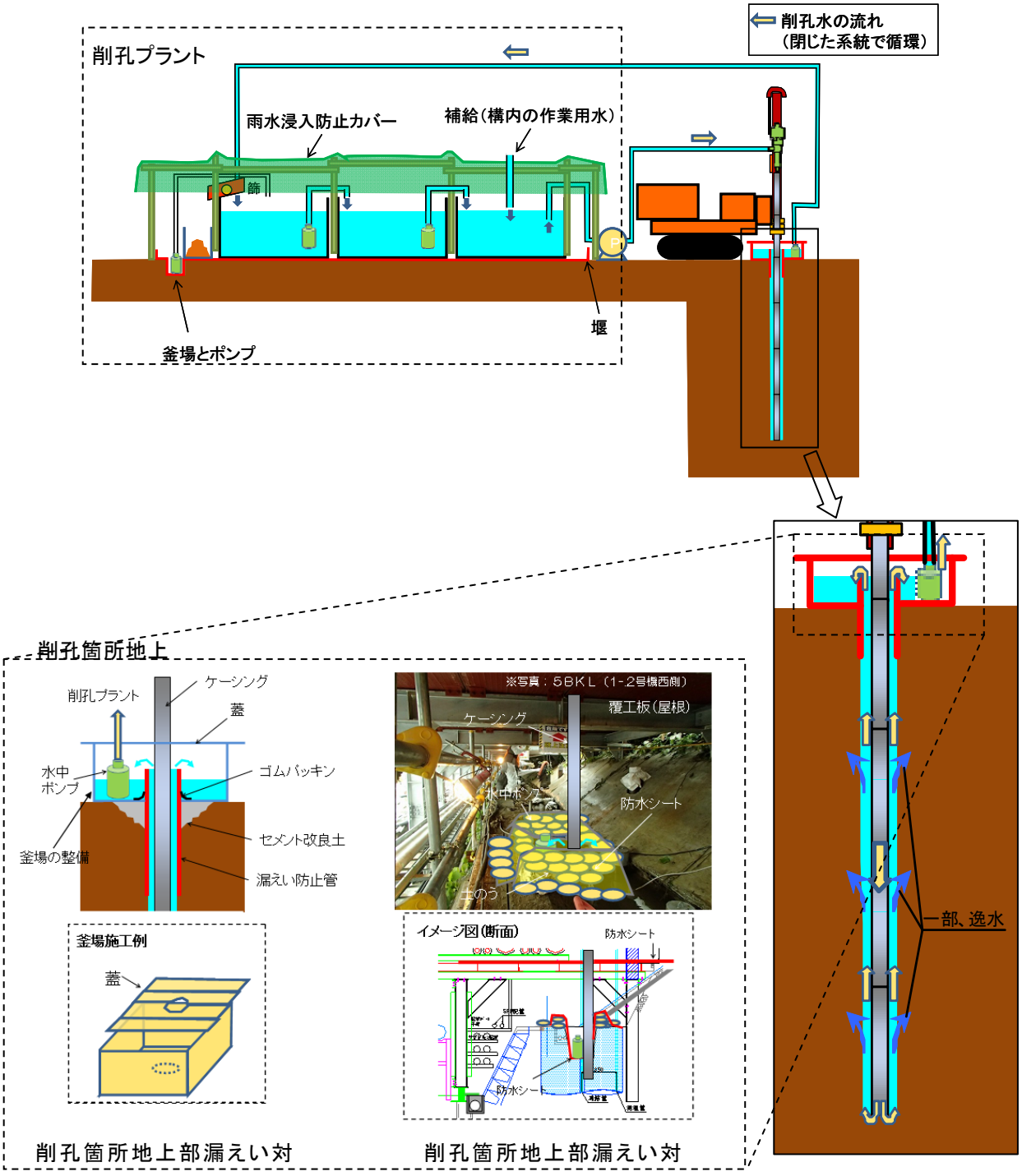


図１３－１　削孔水の漏えい対策イメージ（既認可）

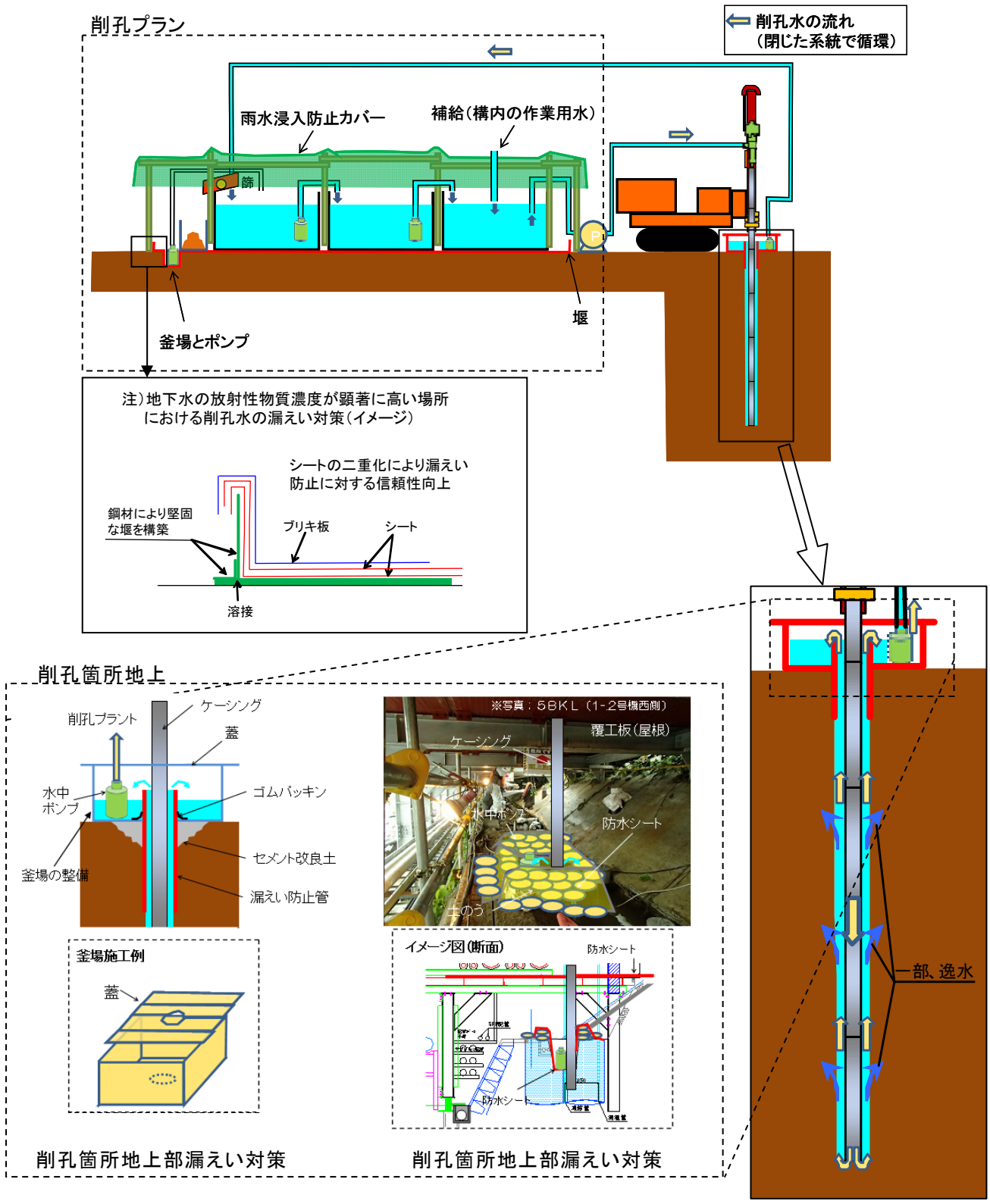


図１３－２　削孔水の漏えい対策イメージ（今回申請）

表６　各削孔区間の放射性物質濃度レベル

単位：Bq/L（桁数オーダー表示）

削孔区間	対象サブドレンピット※ 対象観測井※	Cs-134	Cs-137	全β	H-3
A	N1, N2 1T-1	ND	ND	ND	ND～10^{2}
B	N3, N4, N5, N6 1R-1	ND	ND～10^{0}	ND～10^{1}	ND～10^{2}
C	N7, N8, N9 2R-1, 3R-1	ND	ND	ND～10^{1}	ND～10^{3}
D	45, N10, N11, N12, N13	ND	ND	ND～10^{1}	ND～10^{2}
E	55, N15 4R-1	ND	ND	ND	ND～10^{2}
F	31, 56, 58, 59 4T-1, Co-11	ND～10^{2}	ND～10^{2}	ND～10^{3}	ND～10^{3}
G	25, 26, 32, 33 2T-1, 2T-2	ND～10^{1}	ND～10^{2}	ND～10^{2}	ND～10^{4}
H	2, 27 1T-3, 1T-4, 1T-5, 1T-6	ND～10^{1}	ND～10^{2}	ND～10^{4}	ND～10^{4}

※　凍土遮水壁ラインに近いサブドレンピット・観測井として選択

注１）各削孔区間の放射性物質濃度の最大値に着目し，相対的に低いレベルから網掛なし・緑・黄・橙・赤で表示

注２）海側の削孔区間については，凍土壁ライン近傍のデータを充実することを目的とした事前の地下水質調査（Co-11）を実施し，同結果により放射性物質濃度レベルを確認した。

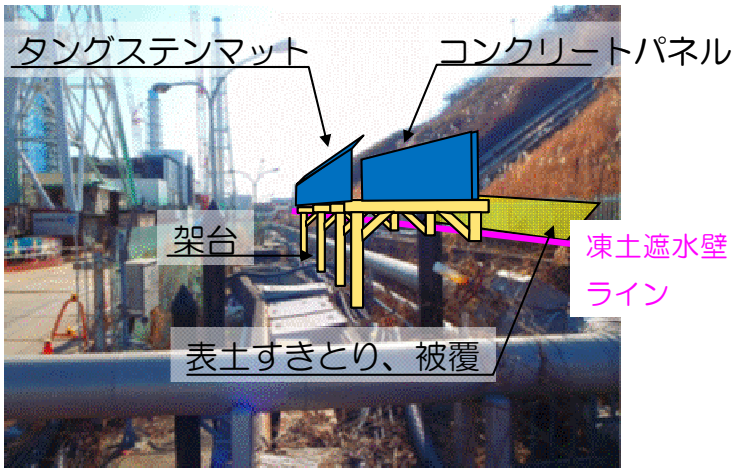
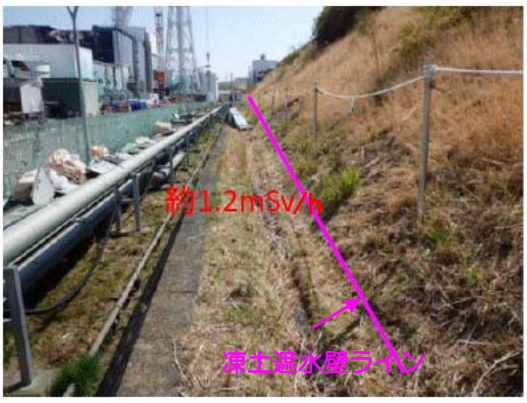


図１４－１　被ばく線量低減対策実施例１（既認可）

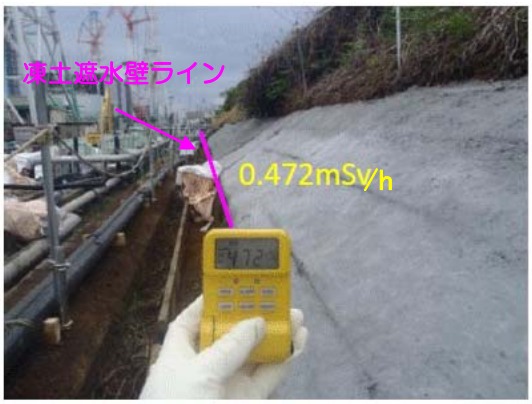


１・２号原子炉建屋西側斜面において，飛散ガレキの除去を実施した。

図１４－２　被ばく線量低減対策実施例２（既認可）



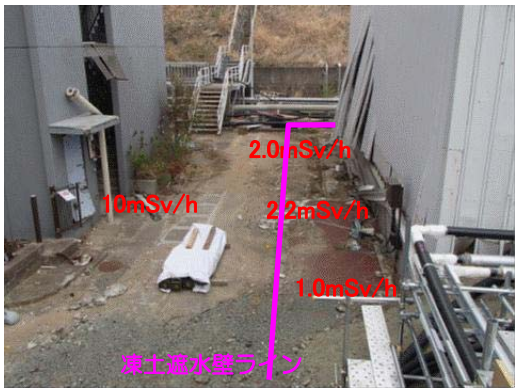
対策前



対策後

１号機原子炉建屋山側で，被ばく線量低減対策（側溝清掃，表土すきとり，被覆）を実施し，簡易放射線測定器※で測定した結果，空間線量率は半分以下に低減した。
※「特定原子力施設に係わる実施計画　Ⅲ特定原子炉施設の保安　第６１条」に記載された放射線測定器以外の放射線測定器を使用

図１４－３　被ばく線量低減対策実施例３（既認可）



対策前



対策後

１号機原子炉建屋北側　旧事務本館前で，被ばく線量低減対策（表土除去，砂利敷き，擁壁設置）を実施し，簡易放射線測定器※で測定した結果，空間線量率は大幅に低減した。
※「特定原子力施設に係わる実施計画　Ⅲ特定原子炉施設の保安　第６１条」に記載された放射線測定器以外の放射線測定器を使用

図１４－４　被ばく線量低減対策実施例４（既認可）

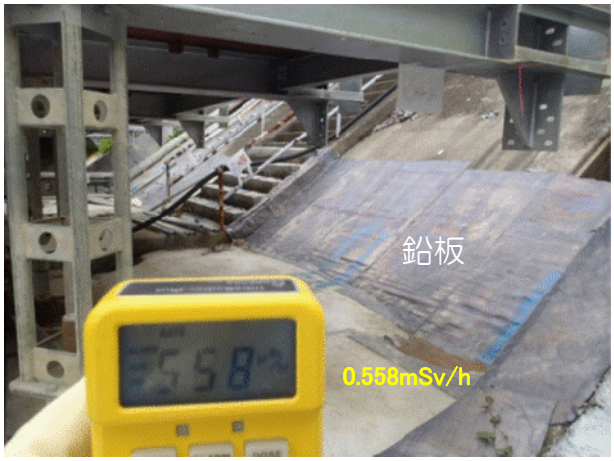


作業待ち時間中の被ばく低減のため，一時退避できる遮へいボックスを設置。

図１４－５　被ばく線量低減対策実施例５（既認可）



対策前



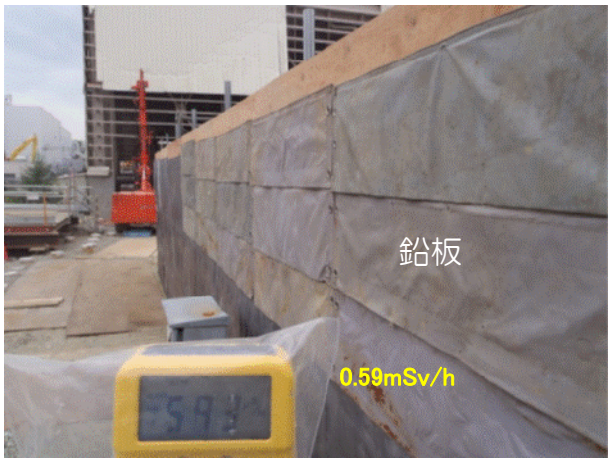
対策後

２号機原子炉建屋山側で，被ばく線量低減対策（鉛板設置）を実施し，簡易放射線測定器※で測定した結果，空間線量率は半分以下に低減した。
※「特定原子力施設に係わる実施計画　Ⅲ特定原子炉施設の保安　第６１条」に記載された放射線測定器以外の放射線測定器を使用

図１４－６　被ばく線量低減対策実施例６（既認可）



対策前



対策後

３号機原子炉建屋山側で，被ばく線量低減対策（鉛板設置）を実施し，簡易放射線測定器※で測定した結果，空間線量率は半分程度に低減した。
※「特定原子力施設に係わる実施計画　Ⅲ特定原子炉施設の保安　第６１条」に記載された放射線測定器以外の放射線測定器を使用

図１４－７　被ばく線量低減対策実施例７（今回申請）



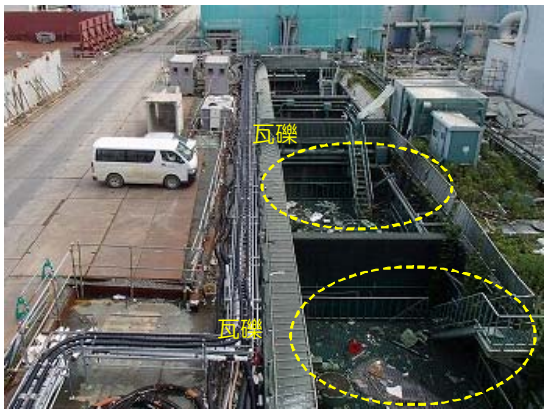
対策前



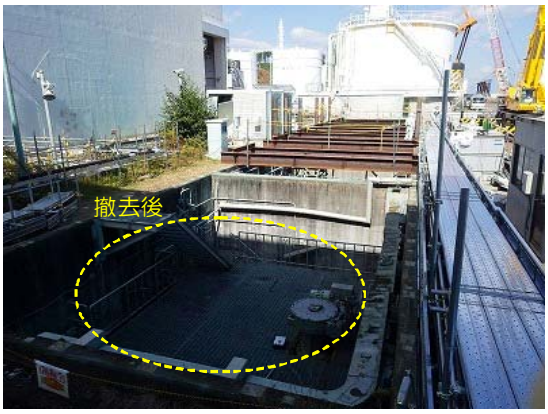
対策後

３号機原子炉建屋山側で，被ばく線量低減対策（擁壁設置）を実施し，簡易放射線測定器※で測定した結果，空間線量率は大幅に低減した。
※「特定原子力施設に係わる実施計画　Ⅲ特定原子炉施設の保安　第６１条」に記載された放射線測定器以外の放射線測定器を使用

図１４－８　被ばく線量低減対策実施例８（今回申請）



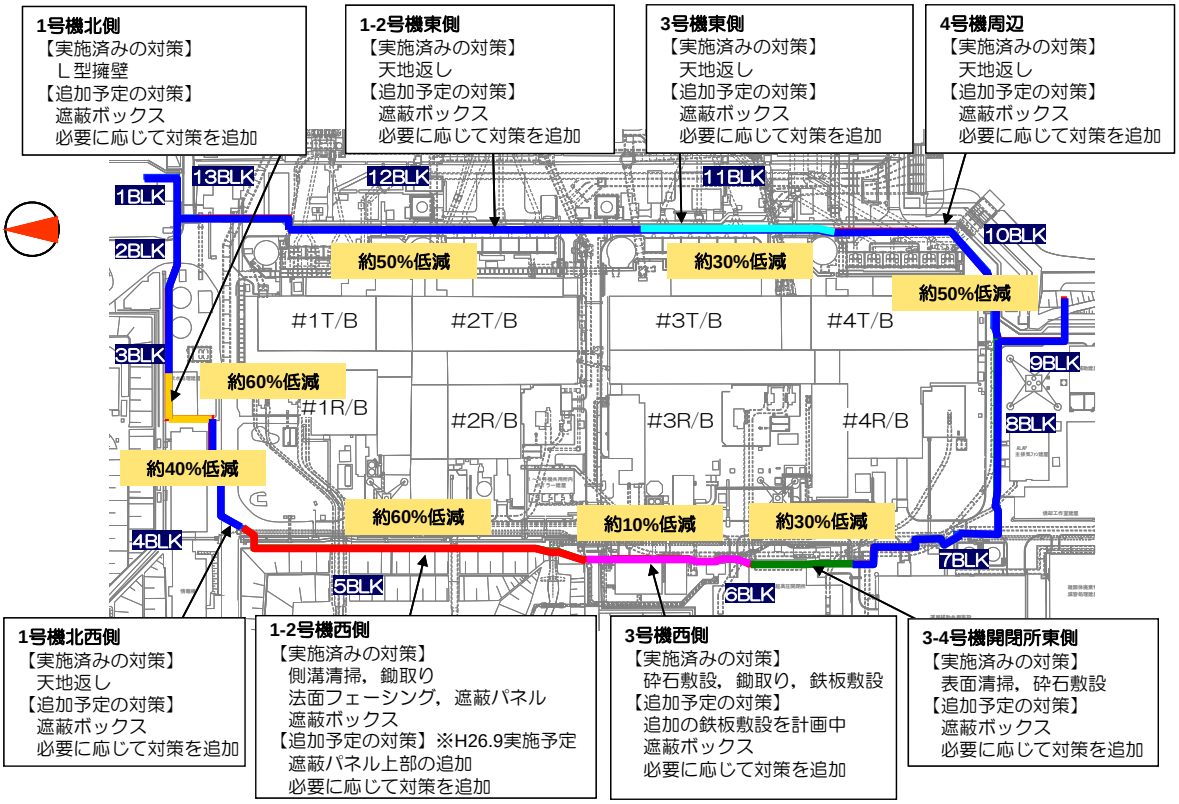
対策前



対策後

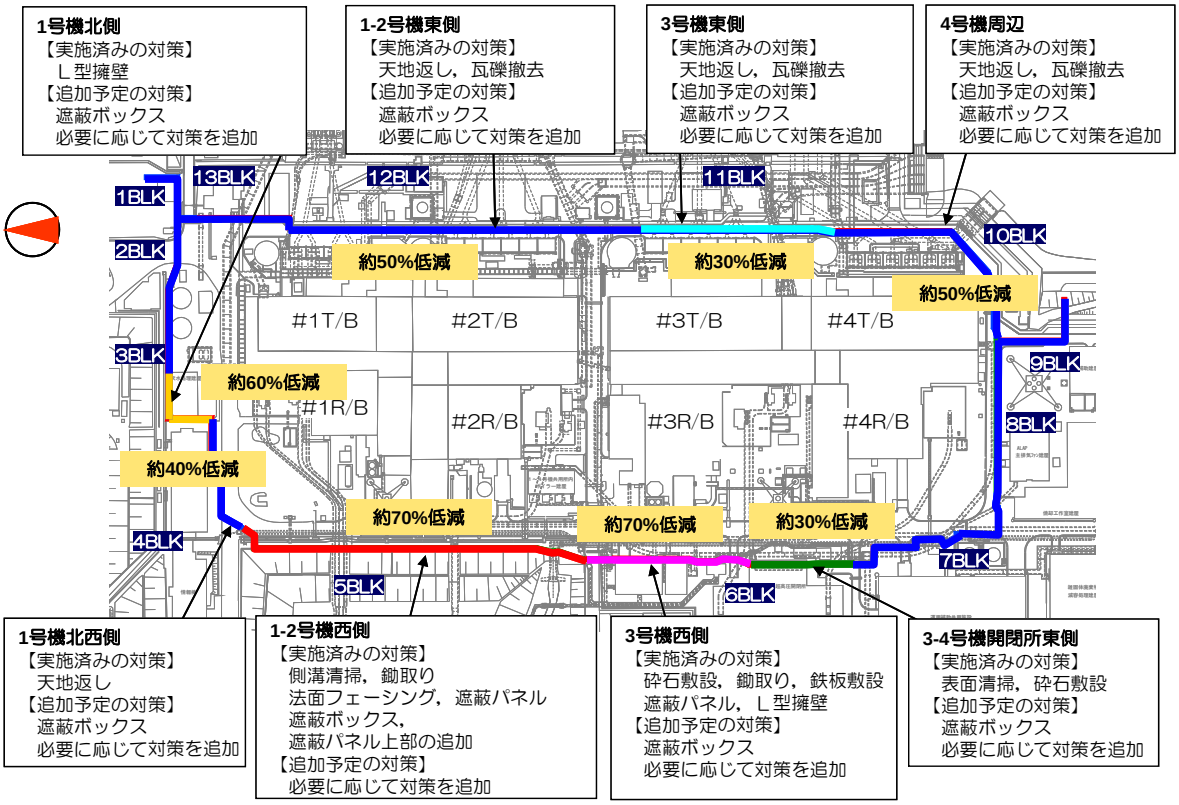
タービン建屋海側で，被ばく線量低減対策（瓦礫撤去）を実施した。
（写真は１号機タービン建屋海側）

図１４－９　被ばく線量低減対策実施例９（今回申請）



注１）■内は，作業エリア付近における代表測点の空間線量率の平均値を用いて，対策前に対する対策後の空間線量率の低減量を示している。
注２）３号機西側の低減量は，対策工の施工途中における測定結果を用いているため、再度、測定を予定している。

図１４－１０　被ばく線量低減対策の実施状況（既認可）



注）■内は，作業エリア付近における代表測点の空間線量率の平均値を用いて，対策前に対する対策後の空間線量率の低減量を示している。

図１４－１１　被ばく線量低減対策の実施状況（今回申請）



図１５　遮蔽ベスト着用例

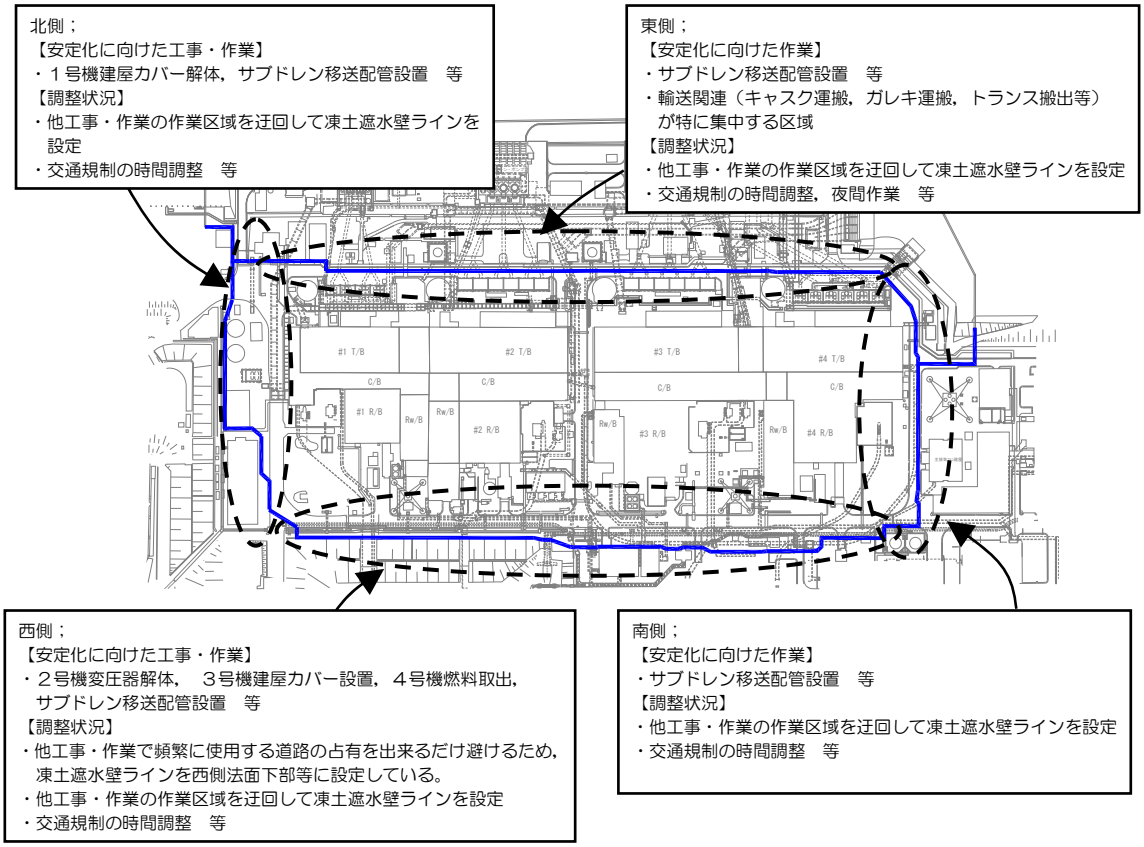


図１６　凍土遮水壁と他の廃炉に向けた工事・作業との調整状況

表７　施工時の熱中症対策

体調管理のチェック	作業開始前にチェックリストを用いて体調確認。
水分・塩分の摂取	作業前後に，十分な水分・塩分の摂取。
クールベストの着用	ＷＢＧＴ値が２５℃以上と予想される時は，クールベストの着用を義務付ける。
休憩時間の設定 （ＷＢＧＴ値の活用など）	作業場所ごとにＷＢＧＴ測定器を設置し，WBGT 値を基準に連続作業時間の上限を設け，その都度作業員の体調を確認し，必要に応じ現場の休憩所（エアコン設置）における休憩時間の確保等を行う。
体調不良者の早期発見	作業員同士の声掛けにより，体調不良者の早期発見に努める。

注）WBGT 値（暑さ指数）：人体の熱収支に影響の大きい湿度，輻射熱，気温の３つを取り入れた指標で，乾球温度・湿球温度・黒球温度の値を使って計算する。

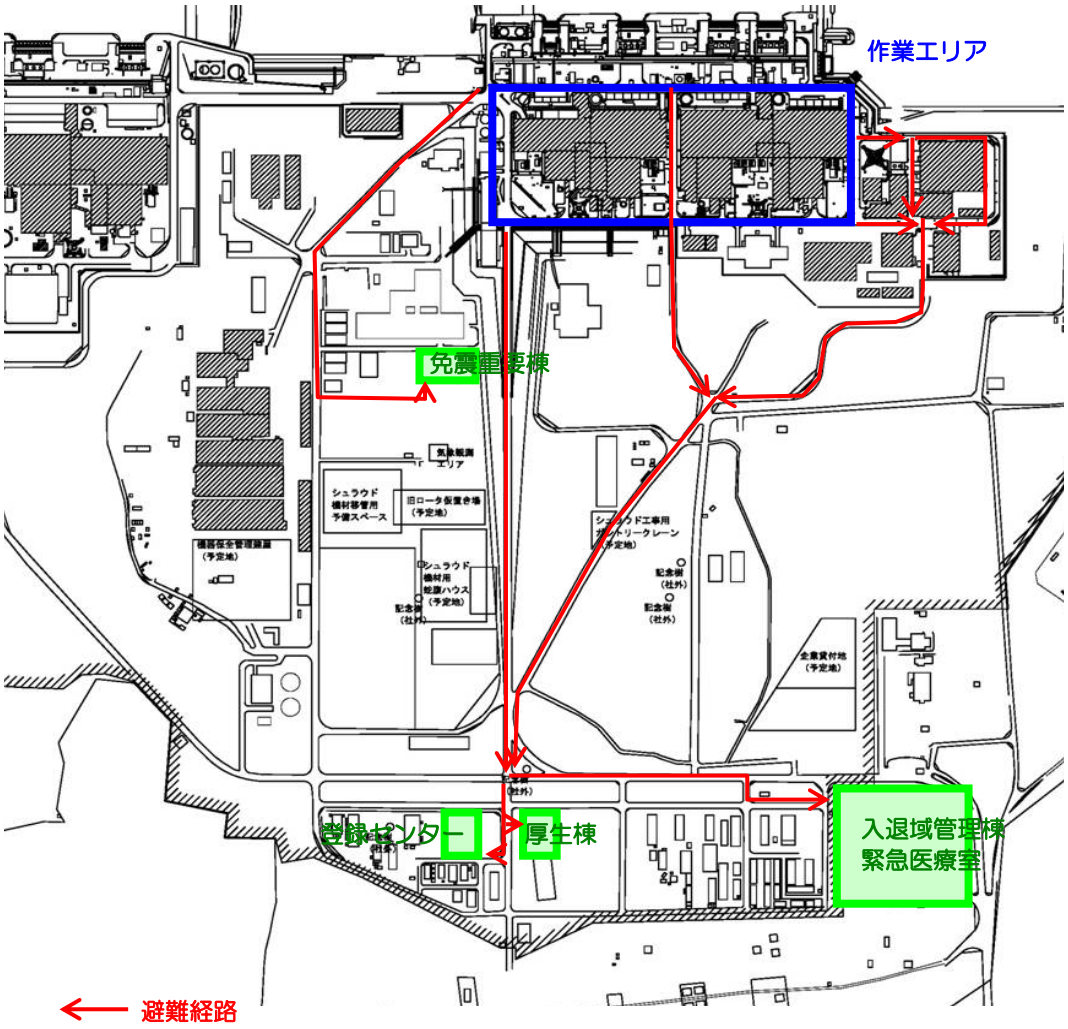


図１７　緊急時の避難経路

表８　工事工程表

	平成 25 年度	平成 26 年度				平成 27 年度	
	1 月	4 月	7 月	10 月	1 月	4 月	7 月
凍土遮水壁	準備工事（ヤード整備他）		本工事（機器設置等）			造成・維持	

注）現場状況等により変更の可能性有り

凍土遮水壁造成後の基礎地盤沈下検討

1　１～４号機建屋周辺の地層構成

既往の調査結果より作成した１～４号機建屋周辺の地層構成を図１に示す。敷地を構成する地層は，上位より段丘堆積物，中粒砂岩層（Ⅰ層），泥質部（Ⅱ層），互層部（Ⅲ層），泥質部（Ⅳ層）から構成され，Ⅳ層は細粒砂岩，粗粒砂岩からなる二層の砂岩層薄層を含む地層からなり，敷地全域にわたってほぼ水平な成層構造である。

敷地内地質層序表

地質時代		地層名			主な岩相・層相	
第四紀	完新世	沖積層			暗緑灰色～褐色の粘土及び砂，未固結	
	更新世	段丘堆積物			黄褐色の砂礫及び砂，半固結	
新第三紀	鮮新世	仙台層群	富岡層	T3部層	砂質泥岩～泥岩　軽石粒，凝灰岩を挟在 上部に砂岩を挟在	
				T2部層	泥質砂岩　軽石粒，凝灰岩を挟在	
				T1部層	泥質砂岩　軽石粒，凝灰岩を多く挟在	
	中新世	多賀層群		上部	泥質砂岩	
				下部	泥質砂岩	軽石粒，スコリア粒，凝灰岩等を挟在
		湯長谷層群			泥岩，砂岩泥岩互層	
古第三紀	漸新世	白水層群			硬質な泥質砂岩～泥岩	

不整合

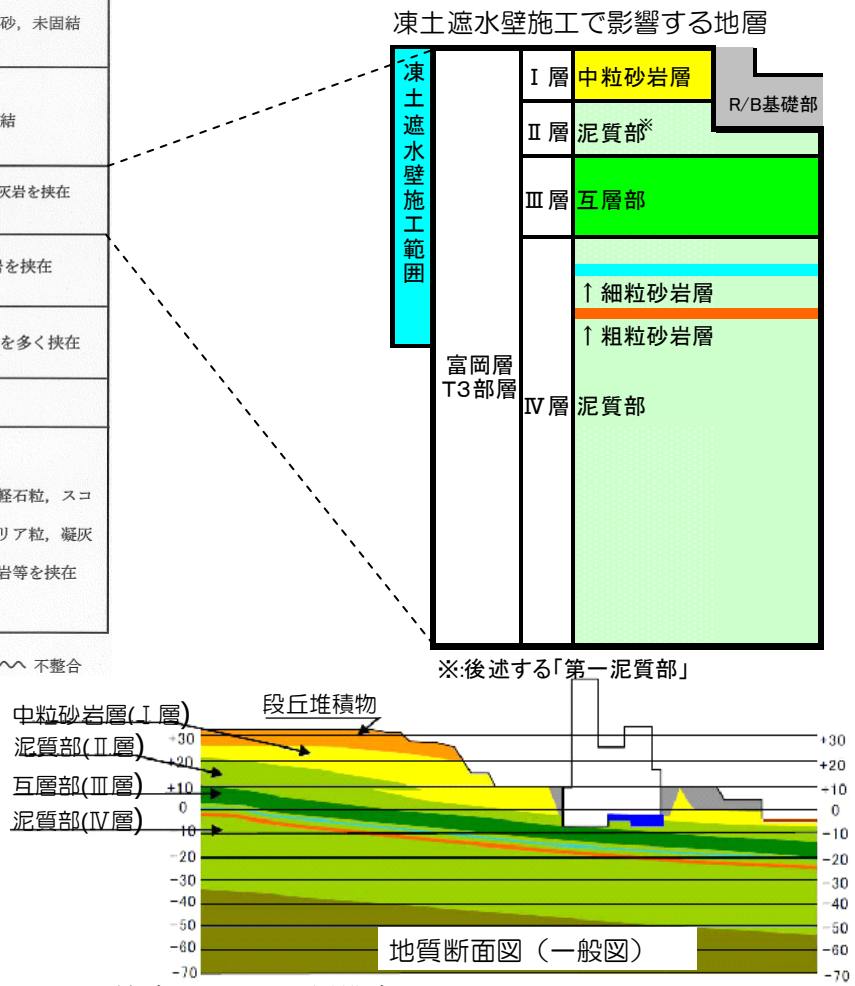


図１　１～４号機建屋周辺の地層構成

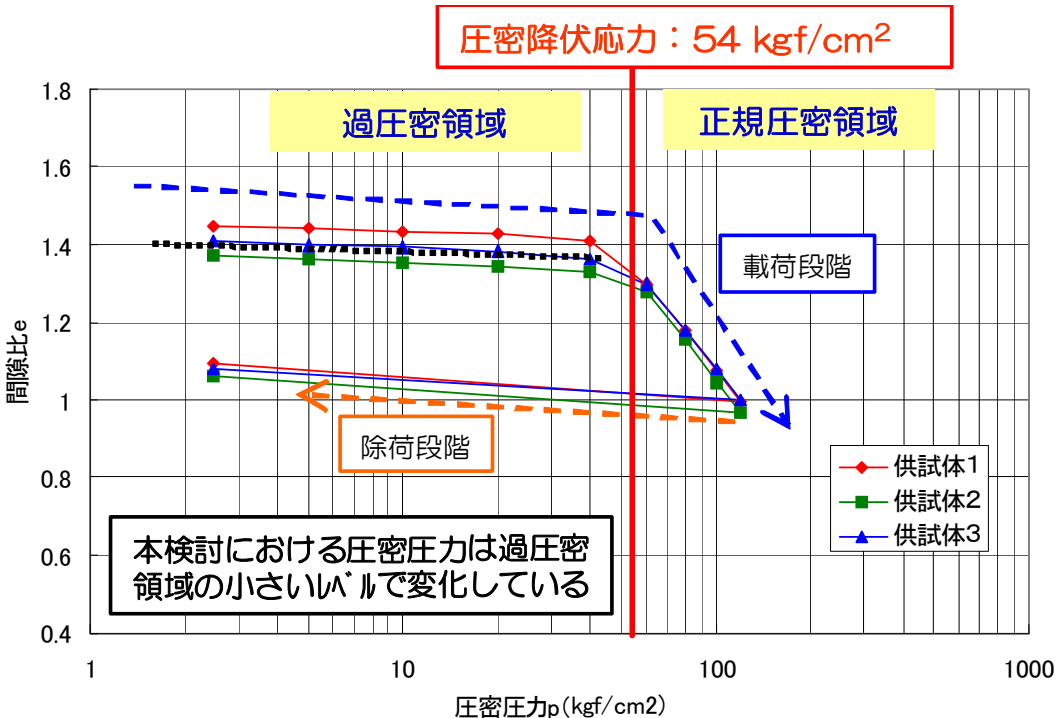
2　地盤の荷重履歴

現地地盤（第一泥質部）より採取した供試体３体の圧密試験結果を図２に示す。本試験結果から，建屋基礎地盤は形成過程において相当の圧縮応力（圧密降伏応力；54kgf/cm^2）を受けていたことがわかる。

「(a)発電所建設前」,「(b)発電所建設中(切土後)」,「(c)運転時(震災前)」,「(d)震災後」,「(e)凍土遮水壁造成後」それぞれのフェーズにおいて建屋基礎地盤に生じていた，或いは生じると想定される全応力，間隙水圧，有効応力を算定し，それぞれの有効応力レベルを上記圧密試験結果に追記した（図３－１～３－５）。

上記より，建屋基礎地盤に生じる有効応力のレベルは，以下の状態であることがわかる。

- 建屋設置後（(c) 運転時（震災前）～(d)震災後～(e)凍土遮水壁造成後）は，圧密降伏応力（54kgf/cm^2）に対して3～4kgf/cm^{2}程度と小さく，十分な余裕がある。
- (e)凍土遮水壁造成後は，(d)震災後に対して1kgf/cm^{2}程度増加することになるが，震災前も同様にサブドレンで水位低下させていたことから，(c)運転時（震災前）と同程度となる。

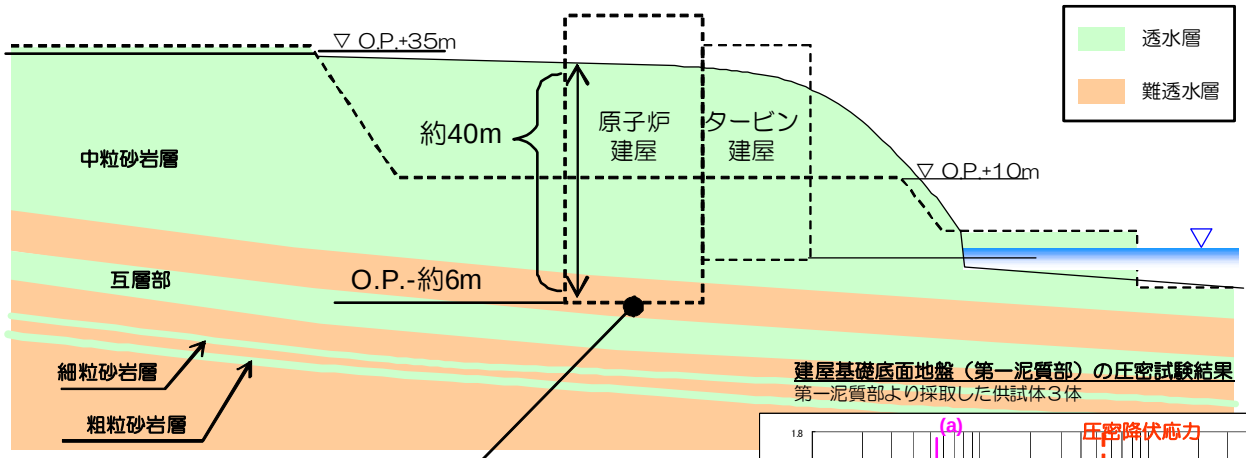


※「福島第一原子力発電所 原子炉設置変更許可申請書」のデータより作成

図２　圧密試験結果

(a)発電所建設前

・1～4号機建屋設置箇所は，造成前はO.P.+35m程度の丘陵地であった。
・そのため，建屋基礎地盤には相当の上載荷重が作用していたこととなり，十分に圧縮・圧密していたことが想定される。



①全応力σ	②間隙水圧u	③有効応力σ' (=①-②)
約7.2 kgf/cm^2	約1.8 kgf/cm^2	約5.4 kgf/cm^2
原子炉建屋基礎地盤付近での土被約40m，湿潤密度1.8g/cm^{3}として想定	「福島第一原子力発電所　原子炉設置変更許可申請書」より当時の水位をO.P.+12m程度として想定	(①-②) より算出

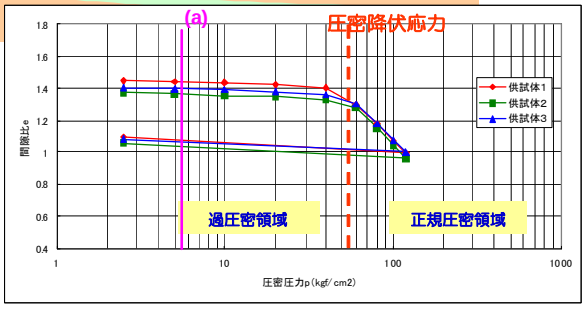
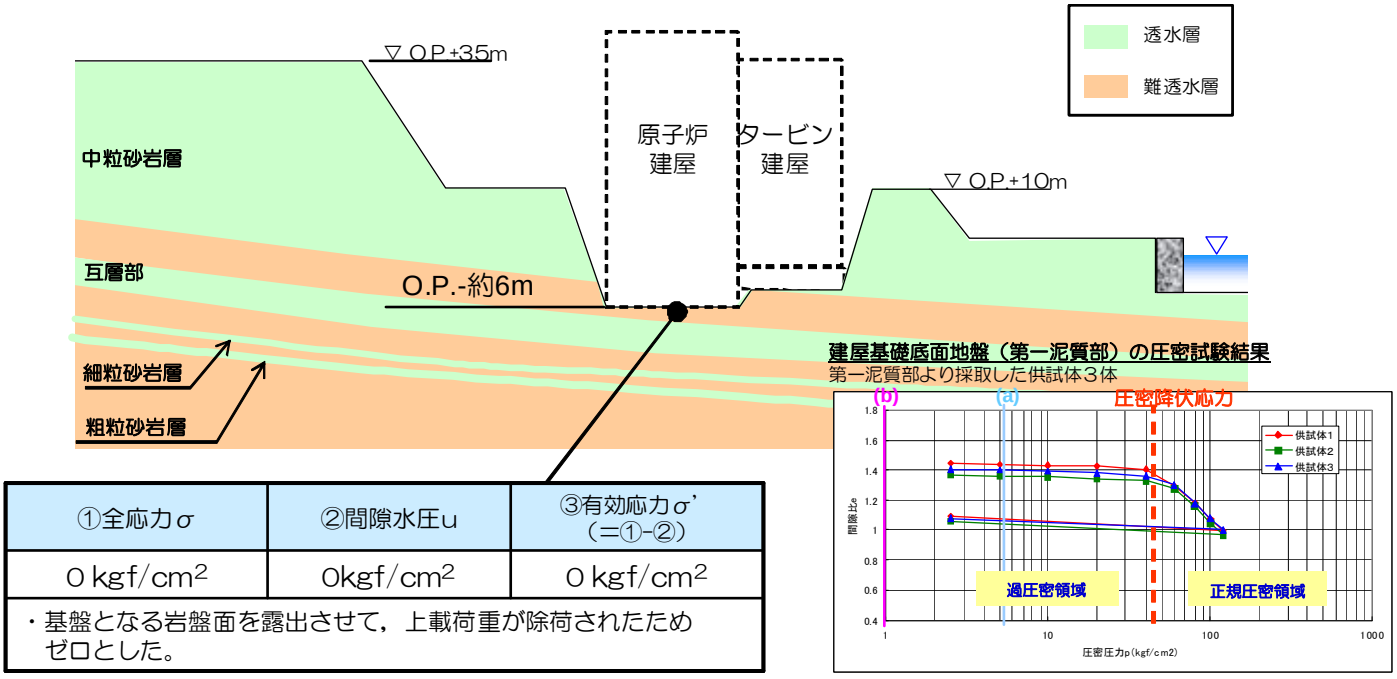


図３－１　「(a)発電所建設前」の全応力，間隙水圧，有効応力

⑹ 発電所建設中（切土後）

・1～4号機建屋設置に当たっては，基盤となる岩盤面を露出させるため，O.P.-6～7m程度まで掘削し，その上に各建屋を構築した。

・そのため，建屋基礎地盤は，上部地盤相当の上載荷重が除荷される。



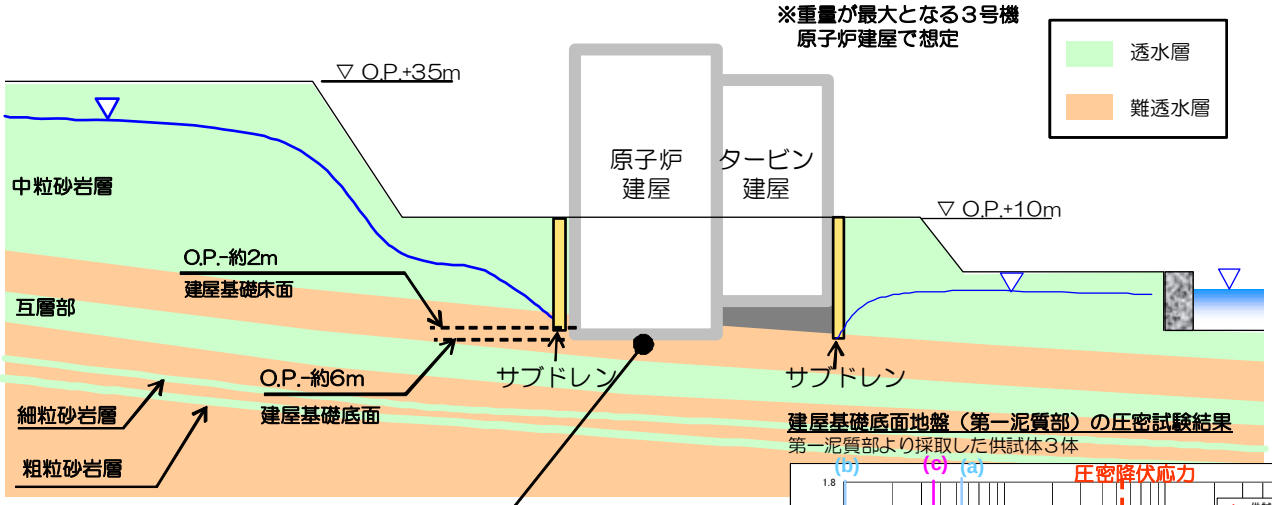
①全応力σ	②間隙水圧u	③有効応力σ’（=①-②）
0 kgf/cm^2	0kgf/cm^2	0 kgf/cm^2
・基盤となる岩盤面を露出させて，上載荷重が除荷されたためゼロとした。		

図３－２　「⑹発電所建設中（切土後）」の全応力，間隙水圧，有効応力

(c)運転時（震災前）

・建屋基礎地盤は，建屋・機器重量の上載荷重による圧縮力を受ける。

・運転中は，建屋周囲に配置したサブドレンにより，建屋周りの地下水位を原子炉建屋の床面付近まで低下させていた。

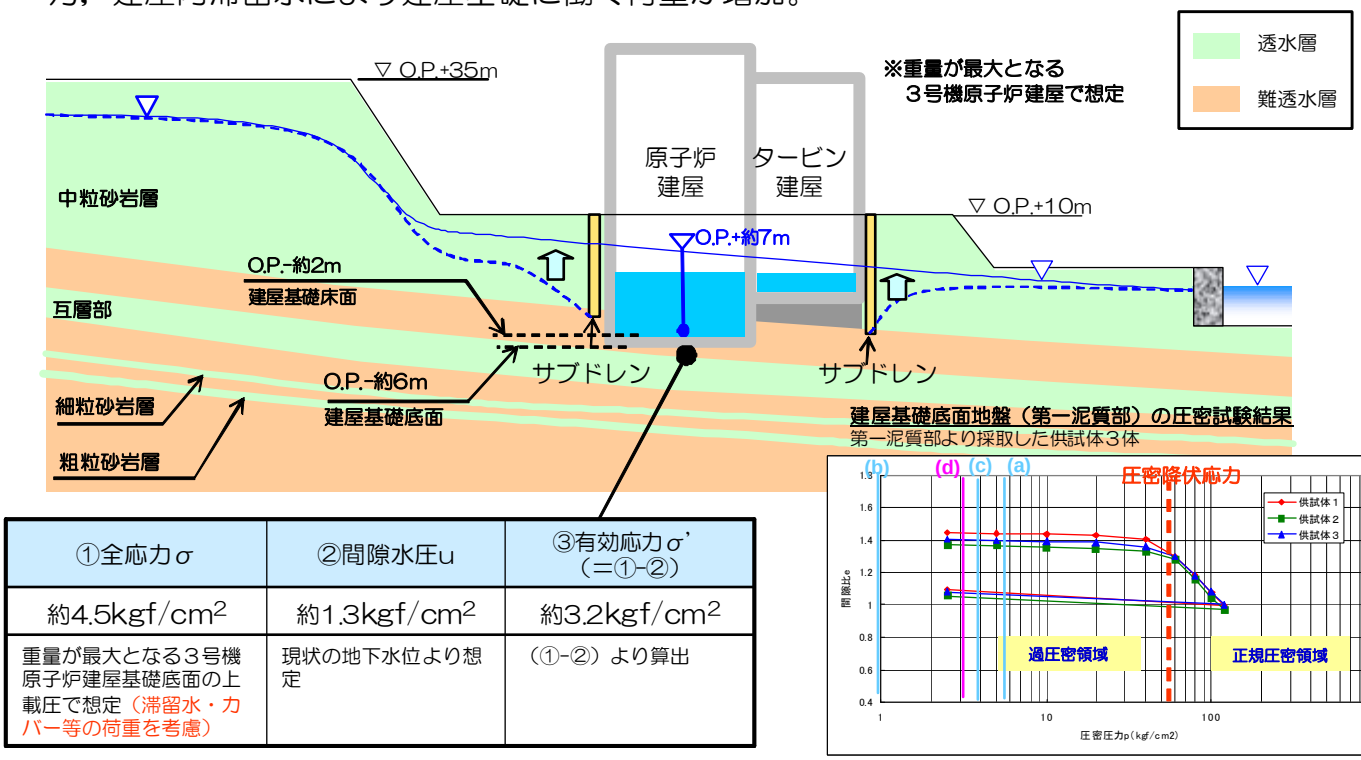


①全応力σ	②間隙水圧u	③有効応力σ’ （＝①-②）
約4.1kgf/cm^2	約0.4kgf/cm^2	約3.7kgf/cm^2
重量が最大となる３号機原子炉建屋基礎底面の上載圧で想定	・地下水位を原子炉建屋の床面付近まで低下させた場合を想定 ・建屋基礎厚さ；4m	（①-②）より算出

図３－３　「(c)運転時（震災前)」の全応力，間隙水圧，有効応力

(d)震災後

・サブドレンが停止し，建屋周りの地下水位が上昇。
・地下水位が上昇したことにより，建屋基礎底面に働く地下水の揚圧力（浮力）が震災前より増加。
・一方，建屋内滞留水により建屋基礎に働く荷重が増加。

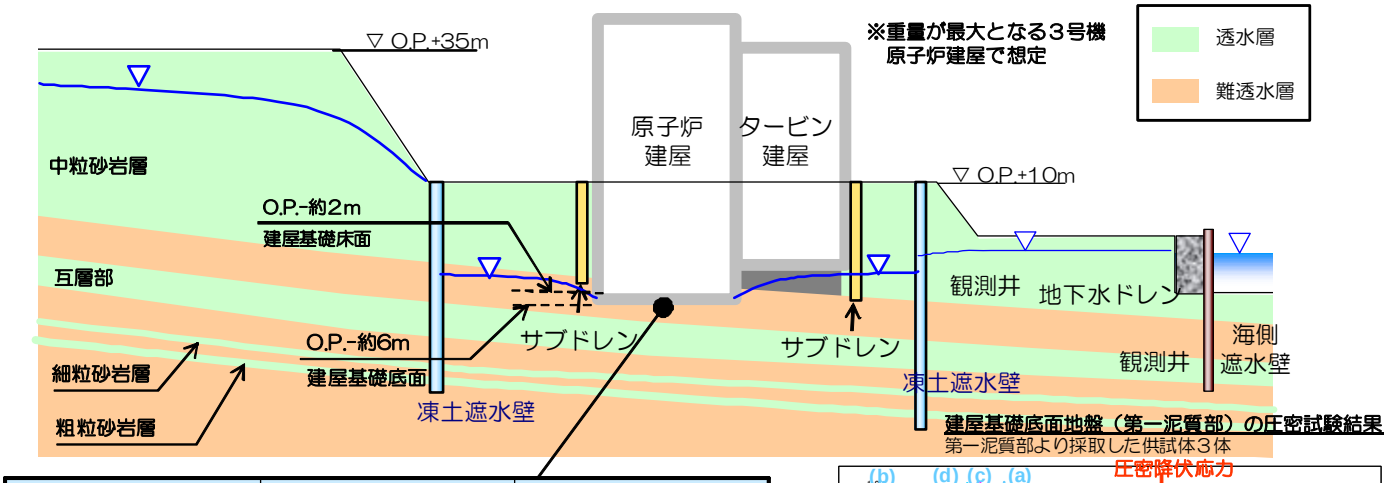


①全応力σ	②間隙水圧u	③有効応力σ’ （＝①-②）
約4.5kgf/cm^2	約1.3kgf/cm^2	約3.2kgf/cm^2
重量が最大となる３号機原子炉建屋基礎底面の上載圧で想定（滞留水・カバー等の荷重を考慮）	現状の地下水位より想定	（①-②）より算出

図３－４　「(d)震災後」の全応力，間隙水圧，有効応力

(e)凍土遮水壁造成後

・凍土遮水壁造成後，建屋水位を原子炉建屋基礎床面（O.P.+1～-2m程度）付近まで低下し，滞留水分の荷重が低下。
・地下水位低下に伴い，建屋基礎底面に働く地下水の揚圧力（浮力）が凍土遮水壁造成前よりも低下。



①全応力σ	②間隙水圧u	③有効応力σ’ （=①-②）
約4.3kgf/cm^2	約0.4kgf/cm^2	約3.9 kgf/cm^2
重量が最大となる3号機原子炉建屋基礎底面の上載圧で想定（カバー等の荷重を考慮）	・地下水位を原子炉建屋基礎床面付近まで低下させた場合を想定 ・建屋基礎厚さ；4m	（①-②）より算出

図３－５　「(e)凍土遮水壁造成後」の全応力，間隙水圧，有効応力

3　基礎地盤沈下量の算定

本検討では，現状（(d)震災後）から地下水位低下後（(e)凍土遮水壁造成後）にかけて変化する有効応力をパラメータとし，原子炉建屋・タービン建屋の基礎地盤の沈下量を算定した。算定方法の概要を図４に，算定フローを図５に示す。

○対象箇所

・１～４号機の原子炉建屋・タービン建屋の建屋四隅の地点について地下水位・水圧の低下に伴い発生する基礎地盤の沈下量（３２箇所）を算定。
（原子炉建屋；1～4号機×４箇所，タービン建屋；1～4号機×４箇所）

○計算方法

・算定地点において，砂岩層と泥質部の変形量を地層ごとに計算し，総和を地盤沈下量とした。
・各地層の扱いは以下の通りとした。
　砂岩層；互層部（砂岩），細粒砂岩層，粗粒砂岩層
　泥質部；泥質部，互層部（泥岩）
・砂岩層は，弾性圧縮による変形量を一次元計算で算出。
・泥質部は，圧密試験の結果に基づいて変形量を一次元計算で算出。

図４　沈下量算定方法の概要

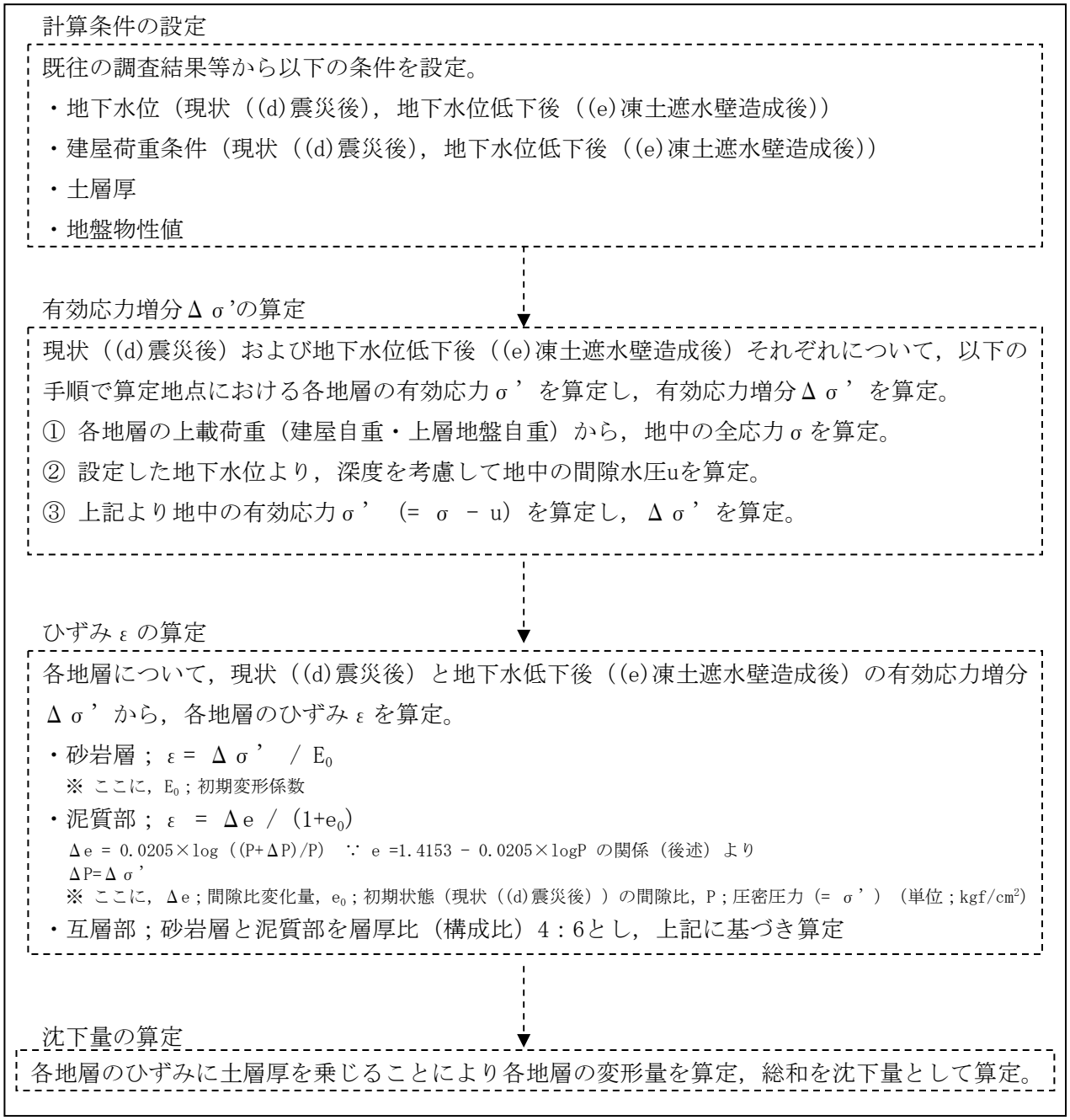

計算条件の設定
既往の調査結果等から以下の条件を設定。
・地下水位（現状（(d)震災後），地下水位低下後（(e)凍土遮水壁造成後））
・建屋荷重条件（現状（(d)震災後），地下水位低下後（(e)凍土遮水壁造成後））
・土層厚
・地盤物性値
有効応力増分Δσ'の算定
現状（(d)震災後）および地下水位低下後（(e)凍土遮水壁造成後）それぞれについて，以下の手順で算定地点における各地層の有効応力σ'を算定し，有効応力増分Δσ'を算定。
① 各地層の上載荷重（建屋自重・上層地盤自重）から，地中の全応力σを算定。
② 設定した地下水位より，深度を考慮して地中の間隙水圧uを算定。
③ 上記より地中の有効応力σ'（= σ － u）を算定し，Δσ'を算定。
ひずみεの算定
各地層について，現状（(d)震災後）と地下水低下後（(e)凍土遮水壁造成後）の有効応力増分Δσ'から，各地層のひずみεを算定。
・砂岩層；ε= Δσ' / E0
※ ここに，E0；初期変形係数
・泥質部；ε = Δe / (1+e0)
Δe = 0.0205×log((P+ΔP)/P) ∵ e =1.4153 － 0.0205×logP の関係（後述）より
ΔP=Δσ'
※ ここに，Δe；間隙比変化量，e0；初期状態（現状（(d)震災後））の間隙比，P；圧密圧力（= σ'）（単位；kgf/cm2）
・互層部；砂岩層と泥質部を層厚比（構成比）4：6とし，上記に基づき算定
沈下量の算定
各地層のひずみに土層厚を乗じることにより各地層の変形量を算定，総和を沈下量として算定。

図５　算定フロー

3.1　計算条件の設定

沈下量算定に用いる計算条件を表１に示す。

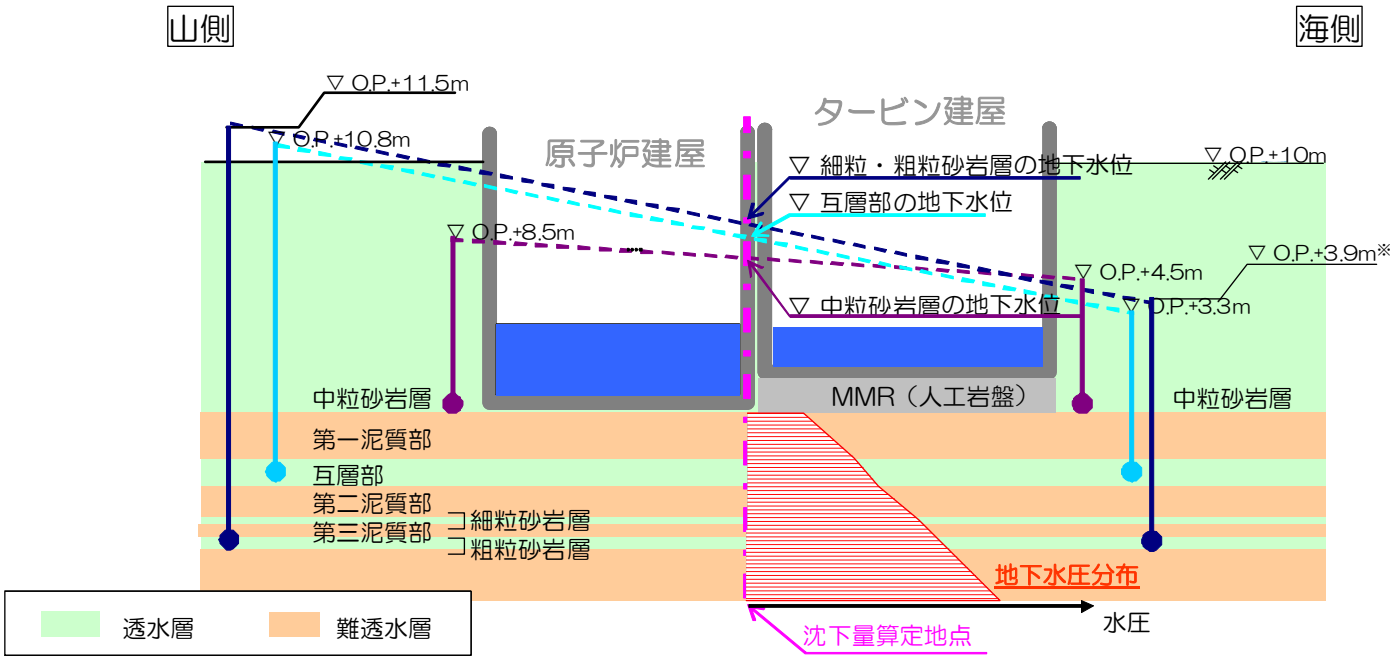
表１　計算条件一覧

	現状（(d)震災後）	地下水位低下後 （(e)凍土遮水壁造成後）	備考
地下水位	各透水層の建屋海・山側の測定値（サブドレン・地下水観測井）より，建屋直下の地下水位を線形補完し設定 ※ 細粒・粗粒砂岩層は同一水位とした	各透水層全て，１～4号機建屋のうち最も深い2～4号機原子炉建屋基礎上面の標高（O.P.-2.06m）を地下水位とし設定	沈下量算定地点毎に設定
建屋荷重条件	滞留水等の付加重量を含む荷重	左記より滞留水重量を差し引いた荷重	
土層厚	ボーリング調査結果に基づき作成した三次元地質構造モデル（汚染水処理対策委員会報告書（H25.12）にて示された解析モデル）に基づき設定		沈下量算定地点毎に設定
地盤物性値	【湿潤単位体積重量γ_t（gf/cm^3）】 ・砂岩層：1.84 ・泥質部：1.71 【変形特性】 ・砂岩層；$\sigma' = E_0 \cdot \varepsilon$ ここで，E_0：初期変形係数 ※1 今回の試算における応力状態の変化量（約0.7kgf/cm^2，3号機原子炉建屋下面センター）は破壊強度（13.3kgf/cm^2）に対して十分に小さいため変形係数Eについては初期変形係数E_0を使用。 ※2 三軸圧縮試験結果に基づき，以下の通り設定。 $E_0 = 124P + 963$（P；有効上載圧，単位；kgf/cm^2） ・泥質部；$e = 1.4153 - 0.0205 \times \log P$　（単位；kgf/cm^2） ※ 圧密試験結果に基づき設定（第一泥質部より採取した供試体３体の試験結果（過圧密領域）を線形近似したもの）		泥質部の変形特性のみ今回設定。 上記以外は福島第一原子力発電所 原子炉設置変更許可申請書等に準拠。

3.1.1　地下水位の設定

現状（(d)震災後），地下水位低下後（(e)凍土遮水壁造成後）の具体的な地下水位の設定方法を図６，７に示す。

■ 現状（(d)震災後）の地下水位は各透水層の至近の１年間（H25.4～H26.5）の測定値の平均値を用いて以下の通り設定。
・中粒砂岩層；山側 O.P.+8.5m，海側 O.P.+4.5m
・互層部；山側 O.P.+10.8m，海側 O.P.+3.3m
・細粒・粗粒砂岩層；山側 O.P.+11.5m，海側 O.P.+3.9m※
■ 難透水層の地下水位は上下に接する各透水層の地下水位より線形補完し設定。



※ 細粒・粗粒砂岩層の海側の地下水位は、細粒・粗粒砂岩層の山側および互層部の地下水位より推定した。

図６　現状（(d)震災後）の地下水位設定方法

■ 地下水位低下後（(e)凍土遮水壁造成後）の地下水位は2～4号機原子炉建屋基礎上面の標高（O.P.-2.06m）として設定。
■ 難透水層の地下水位は上下に接する各透水層の地下水位より線形補完し設定。

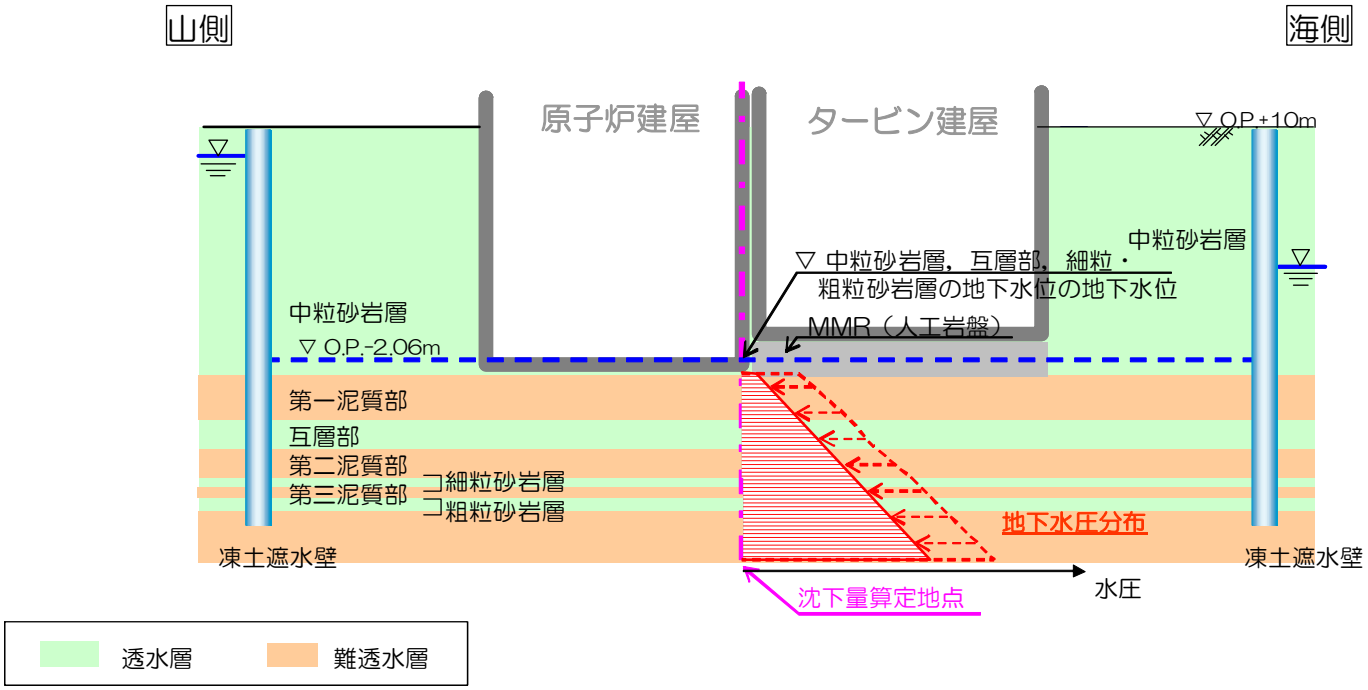


図７　地下水位低下後（(e)凍土遮水壁造成後）の地下水位設定方法

3.1.2　建屋荷重条件の設定

現状（(d)震災後）の建屋荷重については建屋内滞留水の重量等を考慮，地下水位低下後（(e)凍土遮水壁造成後）の建屋荷重については建屋内滞留水分を差し引いて設定した（「Ⅱ 2.6　2.6.2　添付資料－２」および「福島第一原子力発電所の原子炉建屋の現状の耐震安全性および補強等に関する検討に係る報告書（その1）（追補版）（改定2）」（H24.12）等に基づき設定）。

現状（(d)震災後），地下水位低下後（(e)凍土遮水壁造成後）の具体的な建屋荷重を表２，３に示す。

表２　現状（(d)震災後）の建屋荷重

	重量(ton)	基礎形状(NS×EW、m)	基礎面積(m2)	接地圧(ton/m2)	備考
#1 R/B	71,652	41.56*43.56	1,810	40	滞留水等付加重量分含む
#1 T/B	75,671	96.76*46.49	4,498	17	滞留水等付加重量分含む
#2 R/B	106,398	46.60*57.00	2,656	40	滞留水等付加重量分含む
#2 T/B	133,060	104.95*67.60	7,095	19	滞留水等付加重量分含む
#3 R/B	122,060	47.00*57.40	2,698	45	滞留水等付加重量分含む
#3 T/B	152,553	116.38*67.60	7,867	19	滞留水等付加重量分含む
#4 R/B	114,053	49.00*57.40	2,813	41	滞留水等付加重量分含む
#4 T/B	127,279	105.15*67.60	7,108	18	滞留水等付加重量分含む

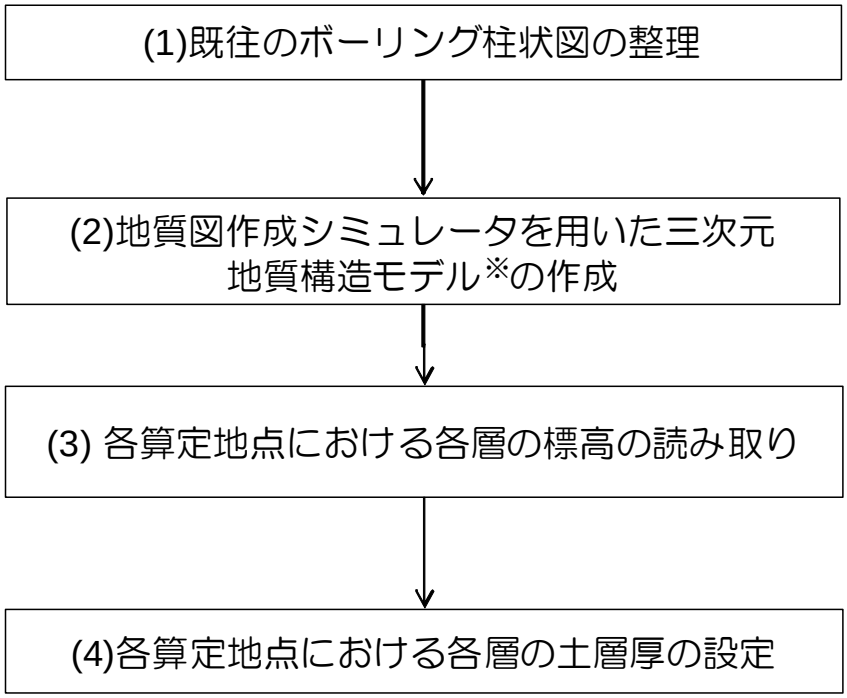
表３　地下水位低下後（(e)凍土遮水壁造成後）の建屋荷重

	重量(ton)	基礎形状(NS×EW、m)	基礎面積(m2)	接地圧(ton/m2)	備考
#1 R/B	66,052	41.56*43.56	1,810	36	滞留水等付加重量分除く
#1 T/B	66,071	96.76*46.49	4,498	15	滞留水等付加重量分除く
#2 R/B	99,898	46.60*57.00	2,656	38	滞留水等付加重量分除く
#2 T/B	119,560	104.95*67.60	7,095	17	滞留水等付加重量分除く
#3 R/B	115,260	47.00*57.40	2,698	43	滞留水等付加重量分除く
#3 T/B	136,153	116.38*67.60	7,867	17	滞留水等付加重量分除く
#4 R/B	107,253	49.00*57.40	2,813	38	滞留水等付加重量分除く
#4 T/B	114,479	105.15*67.60	7,108	16	滞留水等付加重量分除く

3.1.3　土層厚の設定

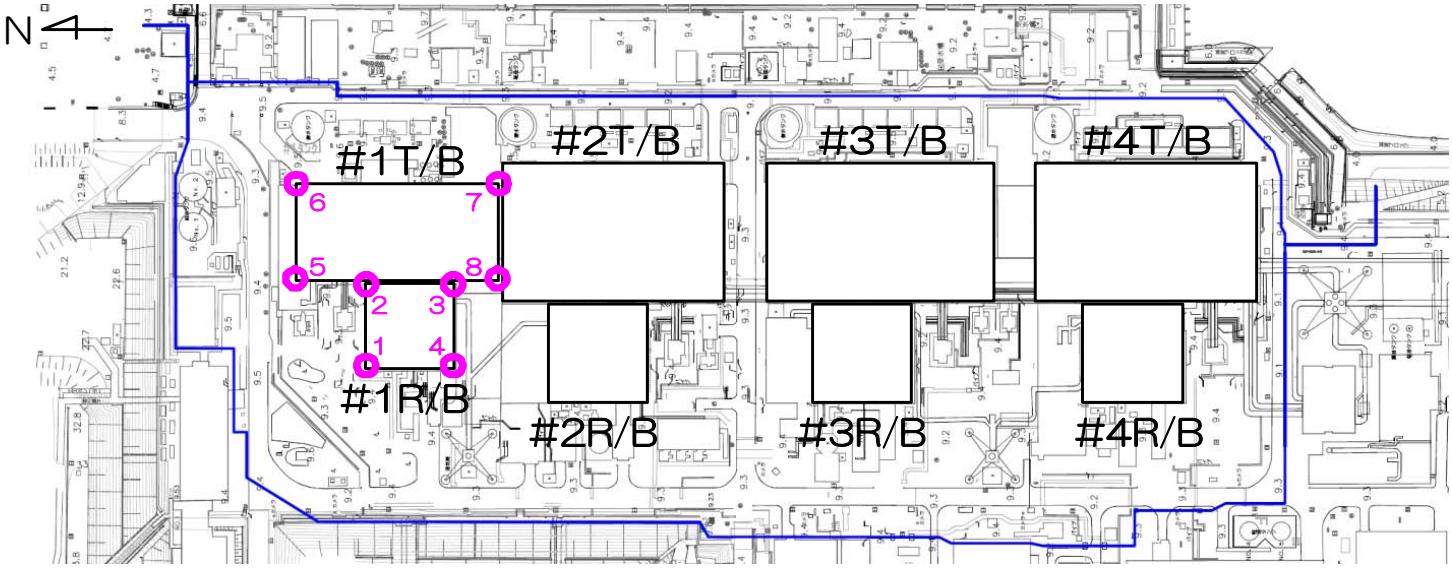
既往のボーリング柱状図を用い，地質図作成シミュレータにて作成した発電所敷地周辺の三次元地質構造モデルに基づき，各算定地点における土層厚を設定した。

具体的な土層厚設定フローを図８に，これに基づき設定した１～４号機の原子炉建屋・タービン建屋四隅の土層厚を図９－１～４に示す。



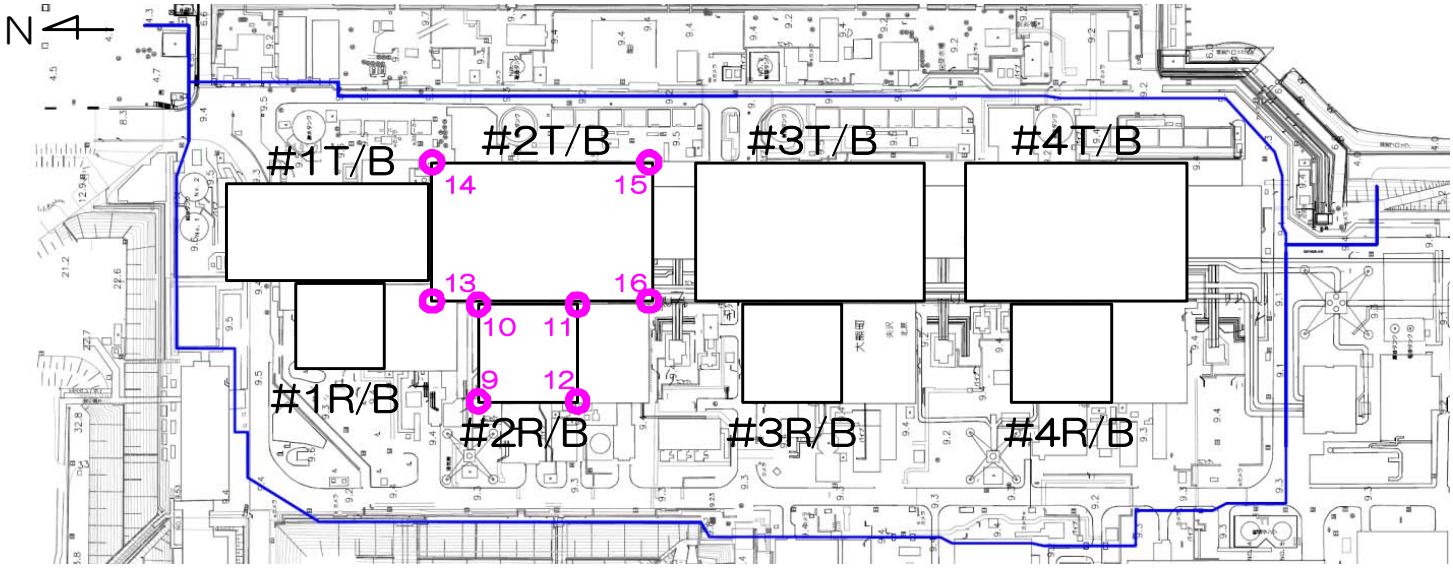
※ 汚染水処理対策委員会報告書（H25.12）にて示された解析モデル

図８　土層厚設定フロー



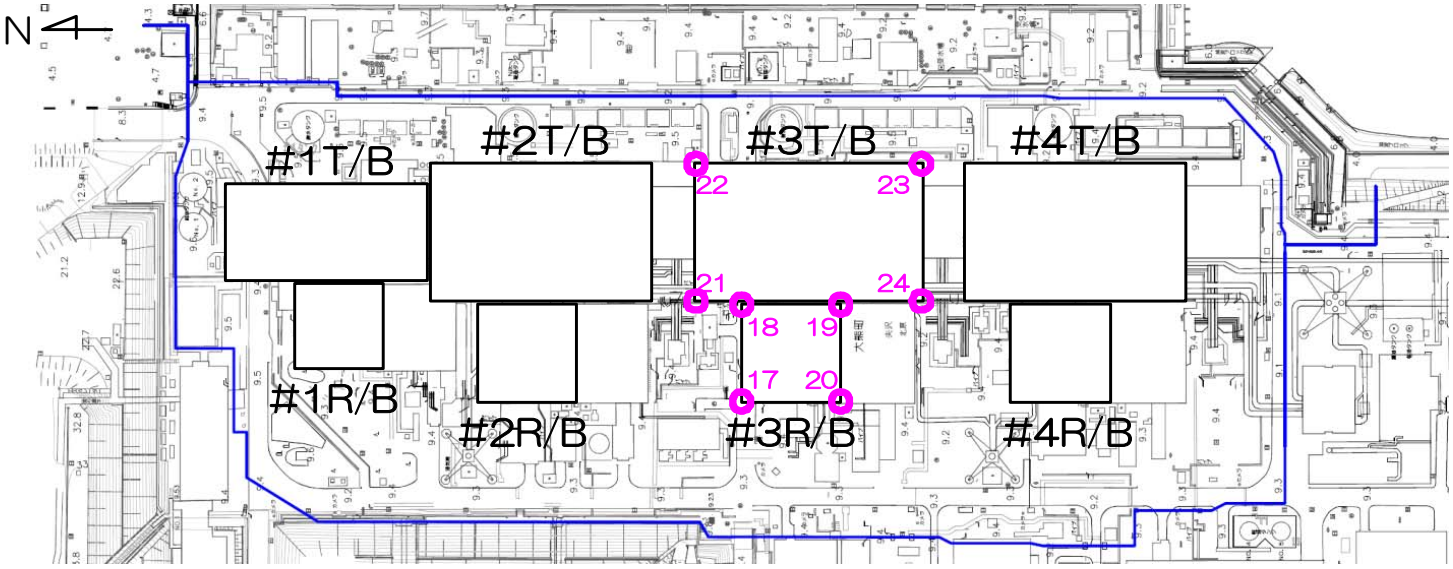
土層厚（m）	#1R/B 1	#1R/B 2	#1R/B 3	#1R/B 4	#1T/B 5	#1T/B 6	#1T/B 7	#1T/B 8
MMR	－	－	－	－	3.30	3.30	3.30	3.30
第1泥質部	3.45	4.50	4.45	3.63	5.06	6.20	5.88	5.00
互層部	6.15	5.76	5.77	5.79	5.74	5.59	5.83	5.82
第2泥質部	1.29	1.74	1.80	1.32	1.86	1.90	2.49	1.90
細粒砂岩層	1.18	0.91	1.26	1.73	0.76	0.58	1.16	1.51
第3泥質部	1.15	1.40	1.18	0.91	1.53	1.88	1.34	1.05
粗粒砂岩層	0.13	0.24	0.31	0.21	0.23	0.52	0.43	0.35

図９－１　１号機原子炉建屋・タービン建屋四隅の土層厚



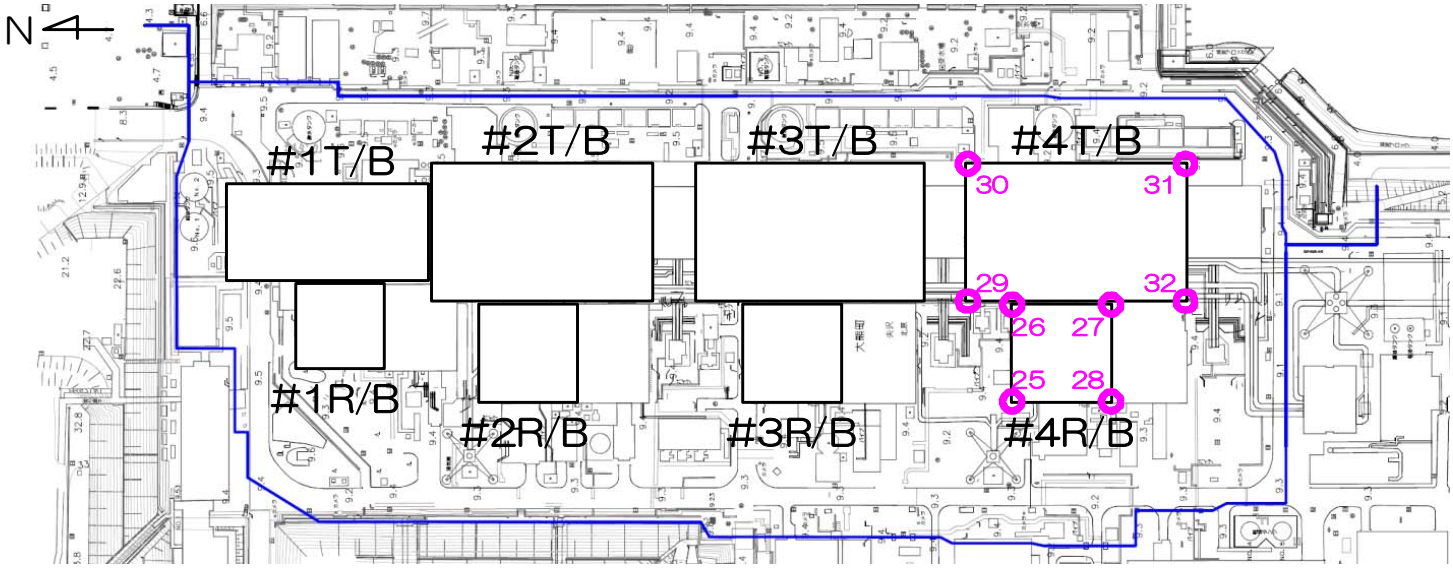
土層厚（m）	#2R/B 9	#2R/B 10	#2R/B 11	#2R/B 12	#2T/B 13	#2T/B 14	#2T/B 15	#2T/B 16
MMR	－	－	－	－	1.70	3.80	3.80	1.70
第1泥質部	1.24	2.01	1.96	0.50	4.87	4.01	4.23	4.98
互層部	4.95	5.69	5.39	5.18	5.74	5.80	5.96	5.01
第2泥質部	1.49	1.93	2.36	1.88	1.80	2.61	3.07	2.73
細粒砂岩層	2.83	1.90	2.09	3.69	1.63	1.16	1.63	1.70
第3泥質部	0.50	0.88	0.98	0.23	0.99	1.39	0.67	1.23
粗粒砂岩層	0.34	0.37	0.33	0.33	0.33	0.44	0.46	0.39

図９－２　２号機原子炉建屋・タービン建屋四隅の土層厚



土層厚（m）	#3R/B 17	#3R/B 18	#3R/B 19	#3R/B 20	#3T/B 21	#3T/B 22	#3T/B 23	#3T/B 24
MMR	－	－	－	－	1.70	3.80	3.80	1.70
第1泥質部	0.51	1.49	0.94	0.00	4.61	5.35	3.75	3.30
互層部	5.55	5.88	6.31	5.97	5.44	4.61	5.17	6.19
第2泥質部	2.24	2.86	2.83	2.49	2.87	3.07	3.47	3.02
細粒砂岩層	1.29	1.50	1.28	1.53	1.62	1.02	0.87	1.29
第3泥質部	1.97	1.12	1.39	1.56	1.00	1.57	1.91	1.36
粗粒砂岩層	0.56	0.80	0.59	0.50	0.71	0.41	0.56	0.72

図９－３　３号機原子炉建屋・タービン建屋四隅の土層厚



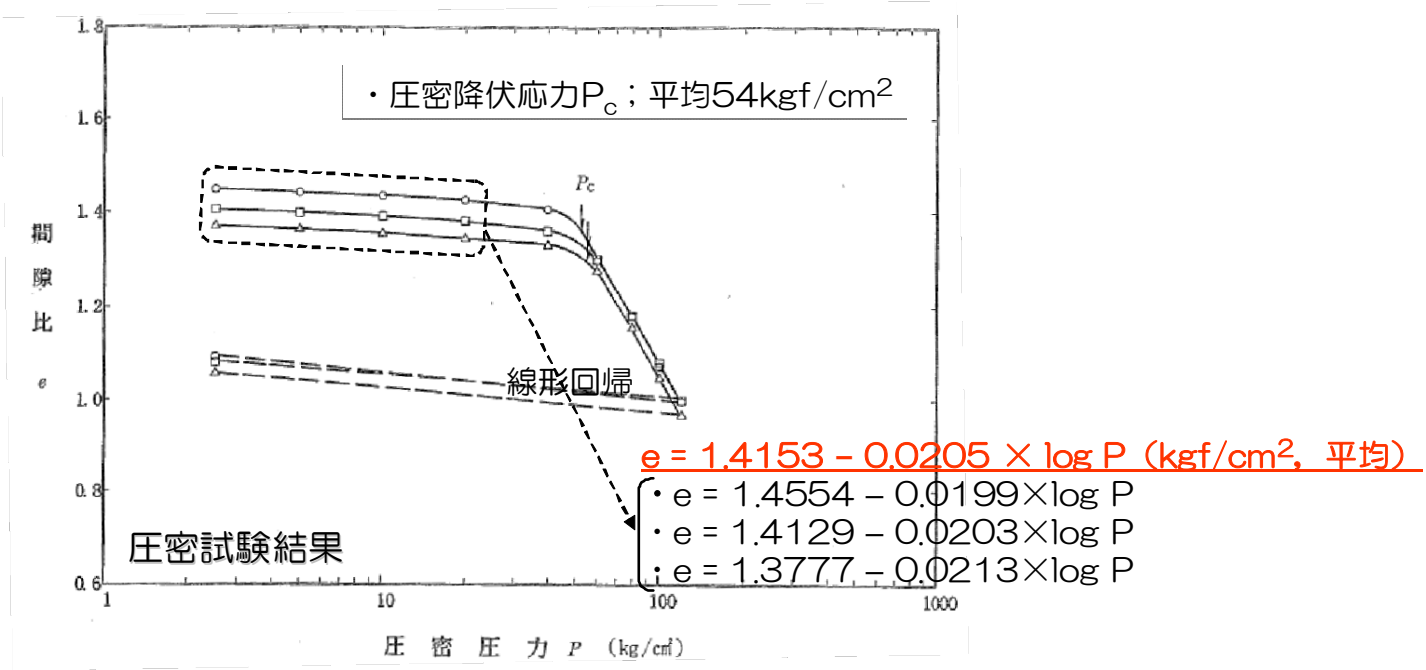
土層厚（m）	#4R/B 25	#4R/B 26	#4R/B 27	#4R/B 28	#4T/B 29	#4T/B 30	#4T/B 31	#4T/B 32
MMR	4.90	4.90	4.90	4.90	2.86	3.72	3.72	2.86
第1泥質部	－	－	－	－	1.87	3.48	1.33	0.54
互層部	－	0.91	－	－	6.08	5.21	5.65	5.64
第2泥質部	3.09	3.24	3.25	1.60	3.09	3.50	3.56	3.65
細粒砂岩層	1.32	1.36	1.65	1.28	1.31	0.99	0.87	0.33
第3泥質部	1.52	1.41	1.76	2.46	1.37	1.96	1.96	3.42
粗粒砂岩層	0.91	1.15	1.22	1.15	0.93	0.66	1.01	1.06

図９－４　４号機原子炉建屋・タービン建屋四隅の土層厚

3.1.4　地盤物性値の設定

地盤物性値については既往の調査結果(福島第一原子力発電所原子炉設置変更許可申請書等）に基づき設定した。

なお，泥質部の変形特性（e-logP関係）については，圧密試験結果を線形近似し，設定した（図１０参照）。



※「福島第一原子力発電所 原子炉設置変更許可申請書」より抜粋，一部加筆

図１０　泥質部の変形特性（e-logP関係）の線形近似結果

3.2　有効応力増分Δσ’の算定

3.1により設定した計算条件に基づき、現状（(d)震災後）および地下水位低下後（(e)凍土遮水壁造成後）それぞれについて、算定地点における各地層の全応力σ、間隙水圧u、有効応力σ’ならびに有効応力増分Δσ’を算定した。

全応力分布、間隙水圧分布、有効応力分布を比較した算定結果例（3号機原子炉建屋の地点「17」）を図11に示す。

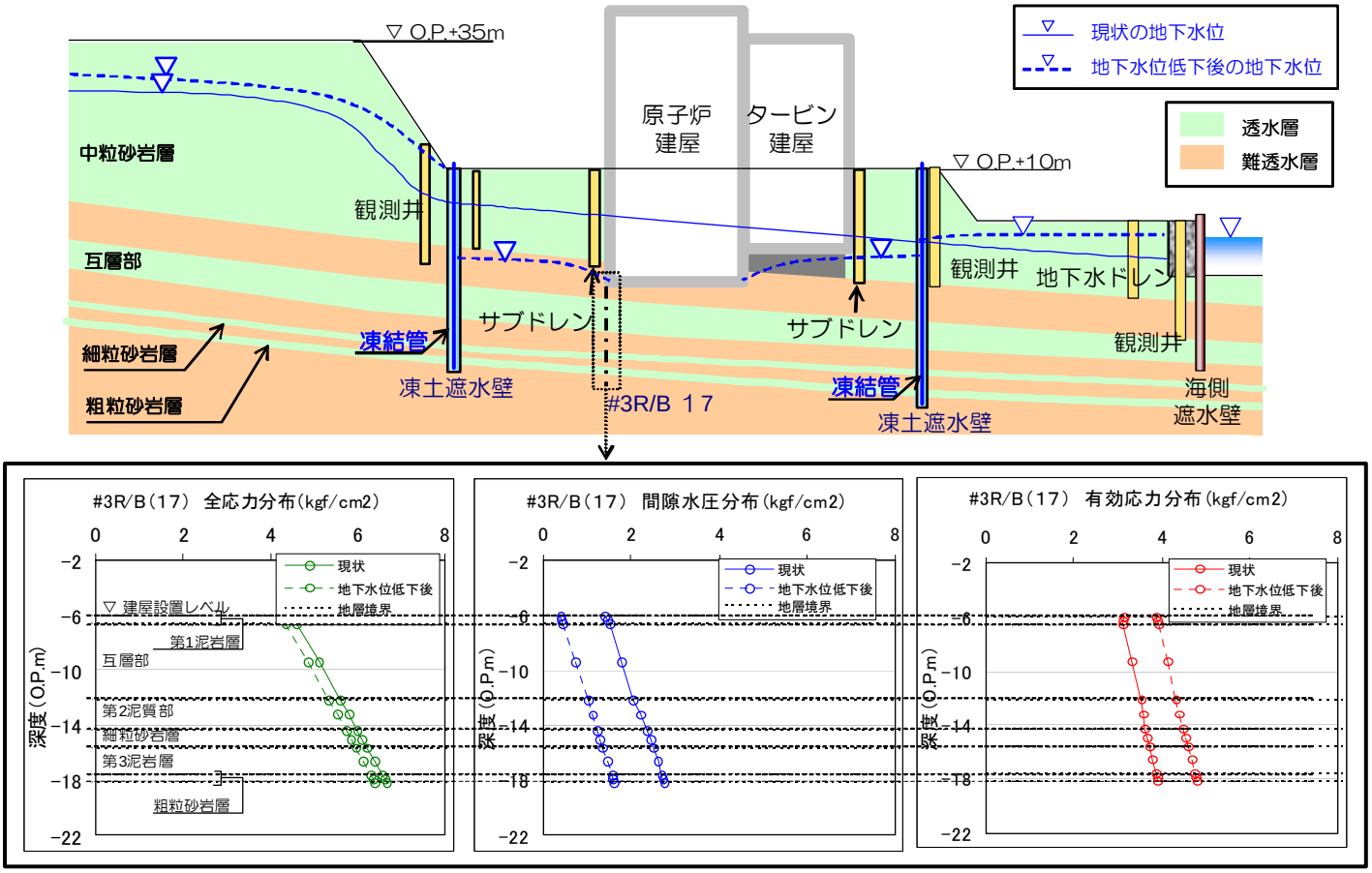
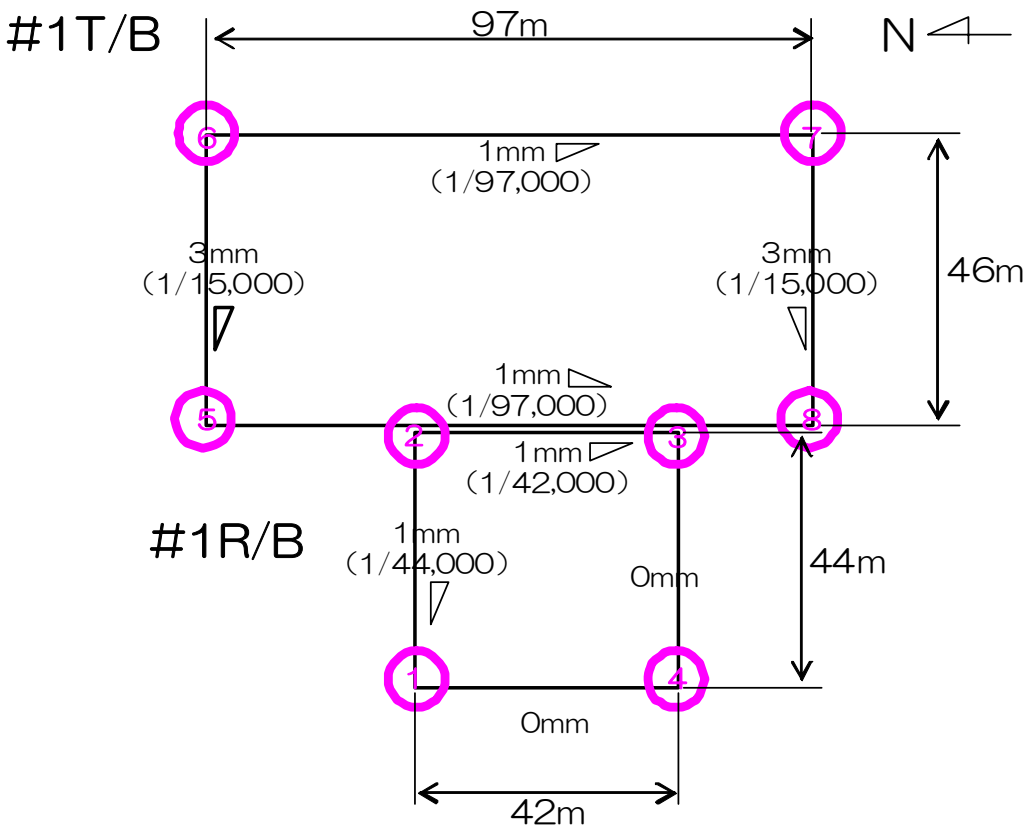


図11　全応力分布、間隙水圧分布、有効応力分布を比較した計算結果例
（3号機原子炉建屋の地点「17」）

3.3　沈下量の算定

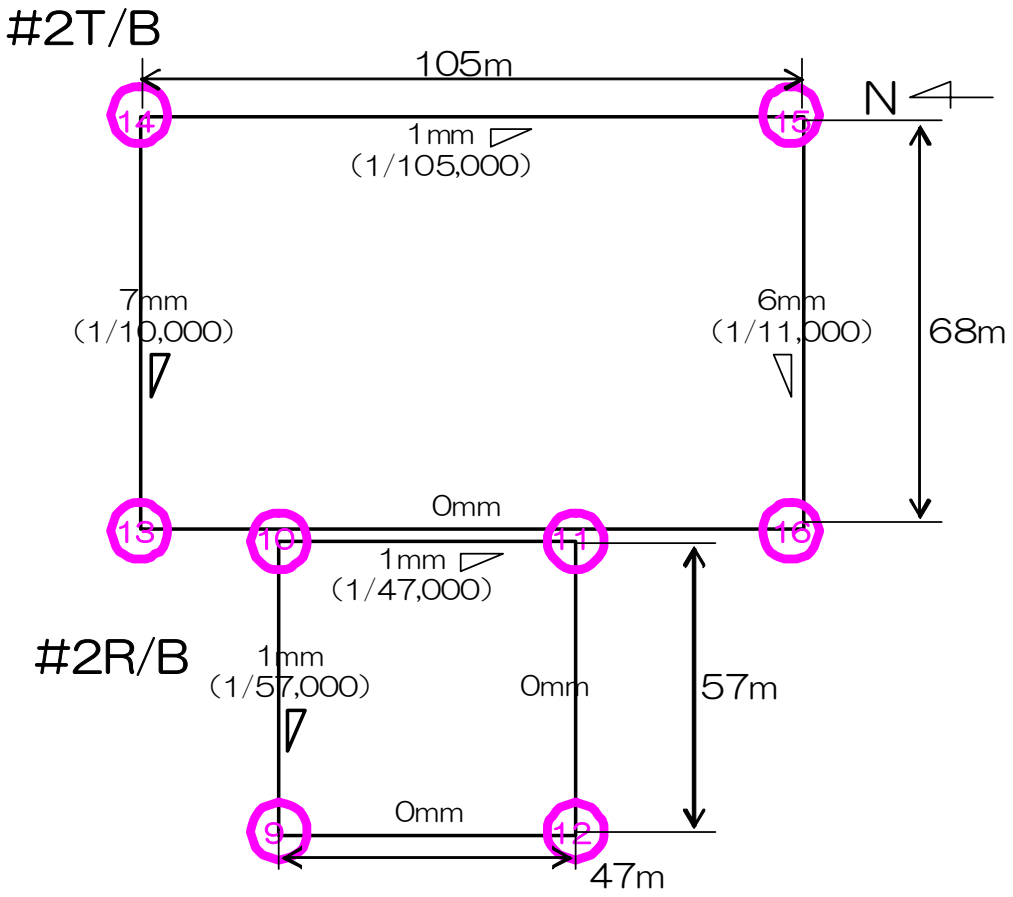
1～4号機の原子炉建屋･タービン建屋四隅の基礎地盤沈下量算定結果および基礎底面の傾斜を図12－1～12－4に示す。



沈下量（mm）	#1T/B 5	#1T/B 6	#1T/B 7	#1T/B 8
合計	−13	−10	−11	−14
第1泥質部	−6	−5	−5	−6
互層部(砂岩)	−1	−1	−1	−1
互層部(泥岩)	−3	−2	−2	−3
第2泥質部	−2	−1	−2	−2
細粒砂岩層	0	0	0	−1
第3泥質部	−1	−1	−1	−1
粗粒砂岩層	0	0	0	0

沈下量（mm）	#1R/B 1	#1R/B 2	#1R/B 3	#1R/B 4
合計	−9	−8	−9	−9
第1泥質部	−3	−3	−3	−3
互層部(砂岩)	−1	−1	−1	−1
互層部(泥岩)	−2	−2	−2	−2
第2泥質部	−1	−1	−1	−1
細粒砂岩層	−1	0	−1	−1
第3泥質部	−1	−1	−1	−1
粗粒砂岩層	0	0	0	0

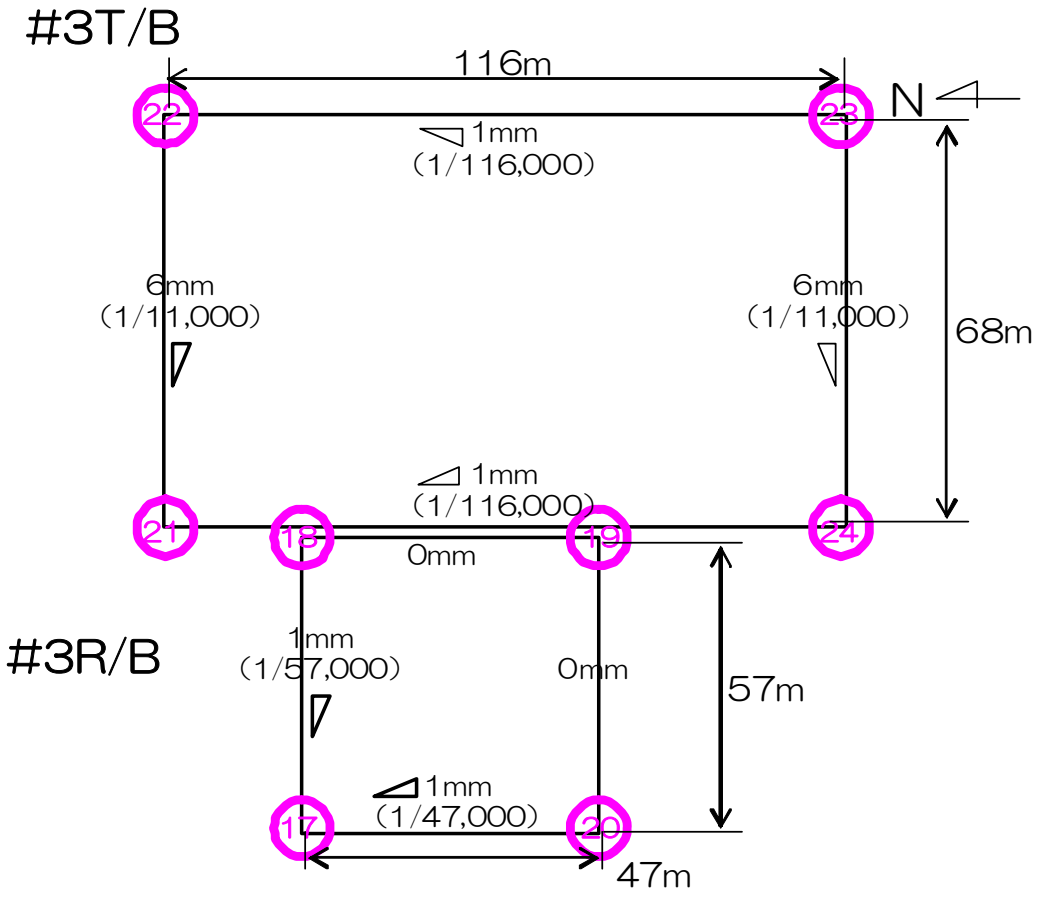
図１２－１　１号機原子炉建屋・タービン建屋四隅の基礎地盤沈下量および基礎底面の傾斜



沈下量（mm）	#2T/B 13	#2T/B 14	#2T/B 15	#2T/B 16
合計	−16	−9	−10	−16
第1泥質部	−7	−3	−4	−7
互層部(砂岩)	−1	−1	−1	−1
互層部(泥岩)	−4	−2	−2	−3
第2泥質部	−2	−2	−2	−3
細粒砂岩層	−1	0	−1	−1
第3泥質部	−1	−1	0	−1
粗粒砂岩層	0	0	0	0

沈下量（mm）	#2R/B 9	#2R/B 10	#2R/B 11	#2R/B 12
合計	−8	−7	−8	−8
第1泥質部	−1	−1	−1	0
互層部(砂岩)	−1	−1	−1	−1
互層部(泥岩)	−3	−2	−2	−3
第2泥質部	−1	−1	−2	−2
細粒砂岩層	−2	−1	−1	−2
第3泥質部	0	−1	−1	0
粗粒砂岩層	0	0	0	0

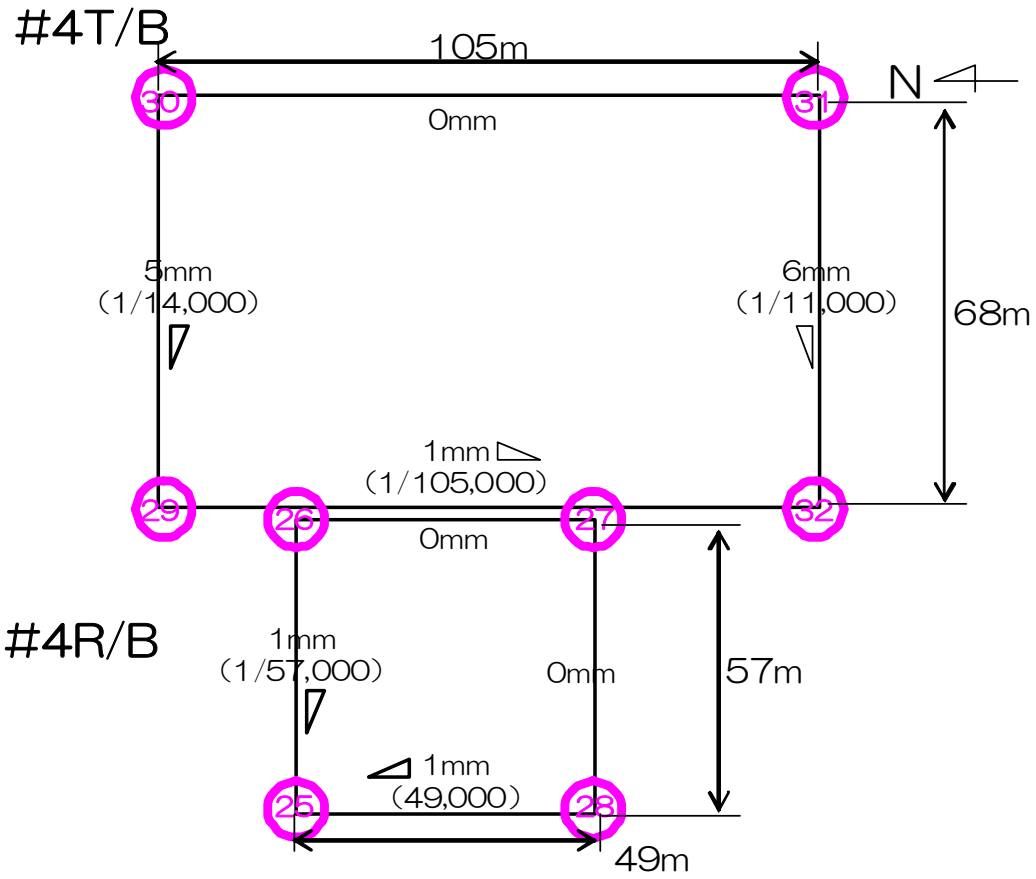
図１２－２　２号機原子炉建屋・タービン建屋四隅の基礎地盤沈下量および基礎底面の傾斜



沈下量（mm）	#3T/B 21	#3T/B 22	#3T/B 23	#3T/B 24
合計	−16	−10	−9	−15
第1泥質部	−6	−4	−3	−5
互層部(砂岩)	−1	−1	−1	−1
互層部(泥岩)	−4	−2	−2	−4
第2泥質部	−3	−2	−2	−3
細粒砂岩層	−1	0	0	−1
第3泥質部	−1	−1	−1	−1
粗粒砂岩層	0	0	0	0

沈下量（mm）	#3R/B 17	#3R/B 18	#3R/B 19	#3R/B 20
合計	−9	−8	−8	−8
第1泥質部	0	−1	−1	0
互層部(砂岩)	−1	−1	−1	−1
互層部(泥岩)	−3	−2	−2	−3
第2泥質部	−2	−2	−2	−2
細粒砂岩層	−1	−1	−1	−1
第3泥質部	−2	−1	−1	−1
粗粒砂岩層	0	0	0	0

図１２－３　３号機原子炉建屋・タービン建屋四隅の基礎地盤沈下量および基礎底面の傾斜



沈下量（mm）	#4T/B 29	#4T/B 30	#4T/B 31	#4T/B 32
合計	−14	−9	−9	−15
第1泥質部	−3	−3	−1	−1
互層部(砂岩)	−1	−1	−1	−1
互層部(泥岩)	−4	−2	−3	−4
第2泥質部	−3	−2	−3	−4
細粒砂岩層	−1	0	0	0
第3泥質部	−1	−1	−1	−4
粗粒砂岩層	−1	0	0	−1

沈下量（mm）	#4R/B 25	#4R/B 26	#4R/B 27	#4R/B 28
合計	−6	−5	−5	−5
第1泥質部	−	−	−	−
互層部(砂岩)	−	0	−	−
互層部(泥岩)	−	0	−	−
第2泥質部	−3	−2	−2	−1
細粒砂岩層	−1	−1	−1	−1
第3泥質部	−1	−1	−1	−2
粗粒砂岩層	−1	−1	−1	−1

図１２－４　４号機原子炉建屋・タービン建屋四隅の基礎地盤沈下量および基礎底面の傾斜

4　建屋基礎地盤の沈下量の評価

各建屋の基礎底面の傾斜（最大値）および各種基準に示される目安値※を整理し，表４に示す。各建屋の基礎底面の傾斜（最大値）は，同目安値以下であることから，建屋基礎の安定上問題ないものと評価した。

また，「鉄筋コンクリート造の建物に構造的な障害が発生する限度角となる変形角の目安値」に対して余裕があることから，現状の建屋構造に有意な変化が生じることはなく，建屋構造部材や現状の滞留水管理に有害な影響を与えないものと考える。

※　目安値
①基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価に係る審査ガイド（平成25年6月原子力規制委員会）
；発電用軽水炉型原子炉施設の各建物及び構築物の基礎底面の傾斜に対する目安値
②建築基礎構造設計指針（日本建築学会）
；鉄筋コンクリート造の建物に構造的な障害が発生する限度角となる変形角の目安値

表４　各建屋基礎底面の傾斜の最大値および各種基準に示される目安値

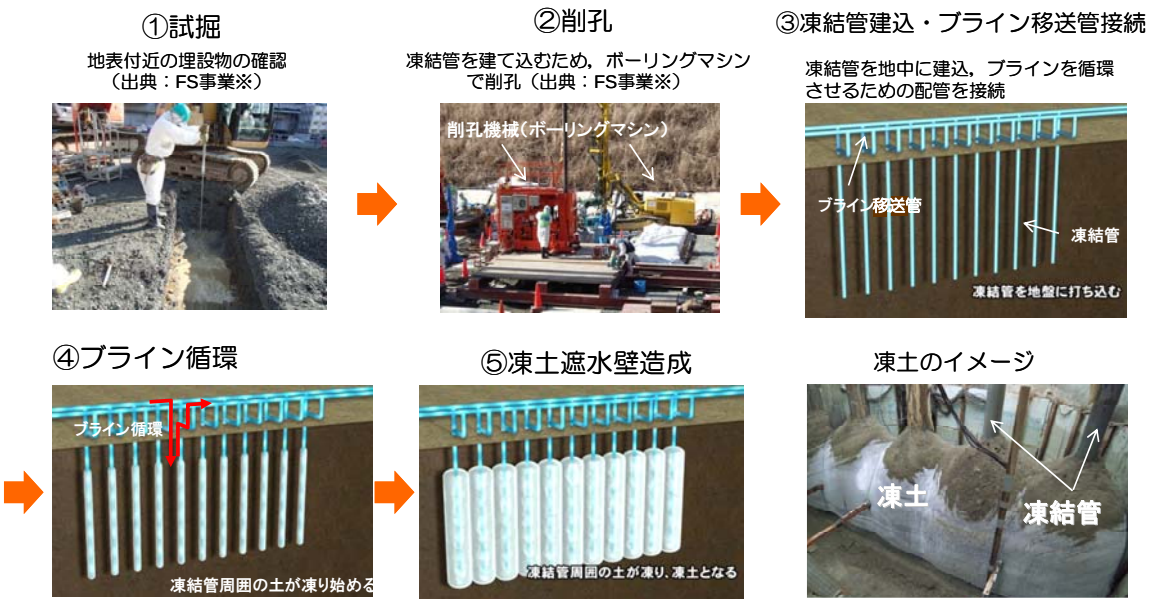
		基礎底面の傾斜（最大）	評価①（安定性評価に係る審査ガイド）【目安値】1/2,000	評価②（建築基礎構造設計指針）【目安値】1/1,000～1/500
原子炉建屋	１号機	1/42,000	ＯＫ	ＯＫ
	２号機	1/47,000	ＯＫ	ＯＫ
	３号機	1/47,000	ＯＫ	ＯＫ
	４号機	1/49,000	ＯＫ	ＯＫ
タービン建屋	１号機	1/15,000	ＯＫ	ＯＫ
	２号機	1/10,000	ＯＫ	ＯＫ
	３号機	1/11,000	ＯＫ	ＯＫ
	４号機	1/11,000	ＯＫ	ＯＫ

山側ライン上の埋設物に対する施工時の考慮

1　はじめに

凍土遮水壁は，地盤中に凍結管を約１m間隔で設置し，凍結管内に-30℃のブライン（冷却材）を循環させて凍結管周囲の地盤を凍結して造成する。建屋周辺の地盤中には，トレンチ・配管・排水路等の埋設物が存在し，埋設物が凍土遮水壁を横断する箇所では，埋設物の周囲の地盤を巻き込んで凍土遮水壁を造成する。凍土遮水壁を横断する埋設物周辺の施工にあたっては，埋設物を図面・試掘・現地調査で確認し，構造形式，内容物，埋設物内部の状況を整理した上で，埋設物の幅・機能に応じて，適切な施工方法を選定する。

1.1　凍土遮水壁の施工手順



※資源エネルギー庁公募　平成25年度発電用原子炉等廃炉・安全技術基盤整備事業（地下水の流入抑制のための凍土 方式による遮水技術に関するフィージビリティ・スタディ事業）

地盤中にできた凍土の周囲地盤を掘り返し確認できるようにした事例（出典：鹿島建設株式会社）

図１　凍土遮水壁の施工手順イメージ

1.2　埋設物の種類

建屋周辺の地盤中には，建屋間を連絡する電気・通信ケーブルや配管を内包するトレンチおよび雨水用の排水路等の埋設物が存在する。

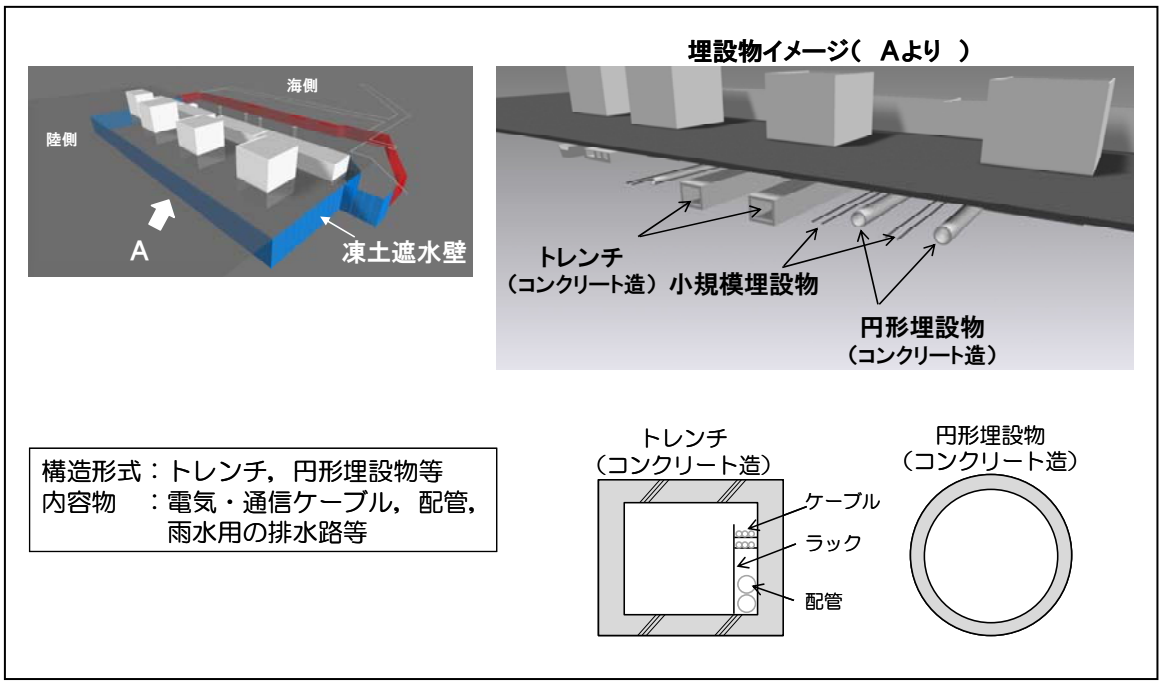


図２　埋設物のイメージ

2　埋設物に対する施工方法

凍土遮水壁の凍結管は，一般部では約１ｍ間隔で１列に設置することから，幅１ｍ程度以下の埋設物が横断する箇所では，凍結管の設置間隔を微調整することで干渉を回避することができる。しかし，幅１ｍ程度以上の埋設物が横断する箇所では，干渉を回避すると凍結管の間隔が拡がるため，十分な凍結効果が得られず，凍結管の間に未凍結部分が生じるおそれがある。このような埋設物の横断箇所においては，埋設物を貫通して凍結管を設置する貫通施工や，埋設物の軸方向に複数の凍結管を設置する複列施工を用いて，埋設物周囲の地盤を巻き込んで凍結する。

2.1　単列施工

一般部と同様の間隔で凍結管を設置し，埋設物周囲の地盤を巻き込んで凍結する。

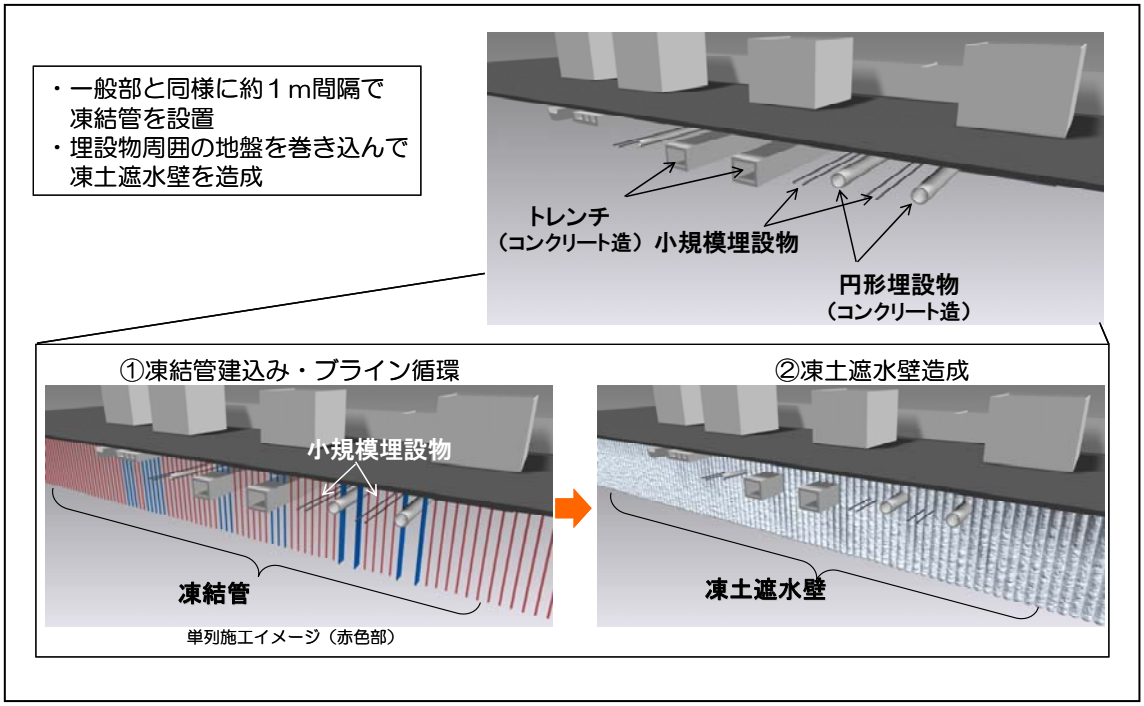
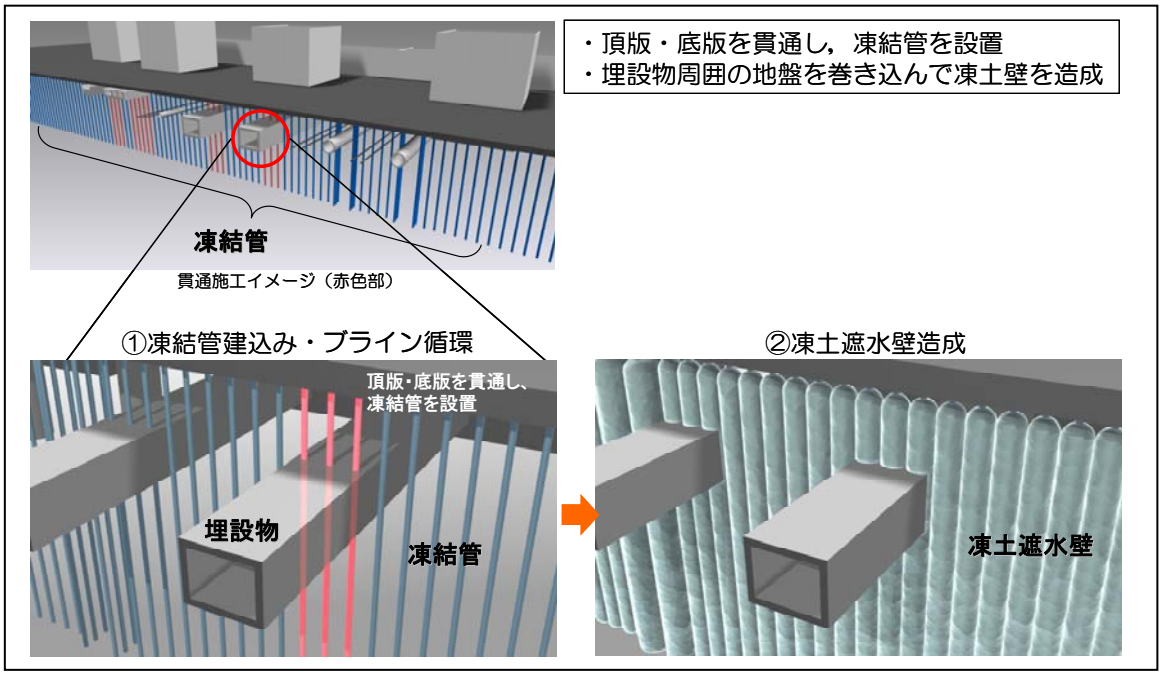


図３　単列施工のイメージ

2.2　貫通施工

- 埋設物の頂版・底版を切削・貫通して凍結管を設置し，埋設物周囲の地盤を巻き込んで凍土遮水壁を造成する。
- 埋設物の貫通は，埋設物内部等の状況により，単純貫通工法，内部充填工法，マルチステップ工法のいずれかを用いて施工する。



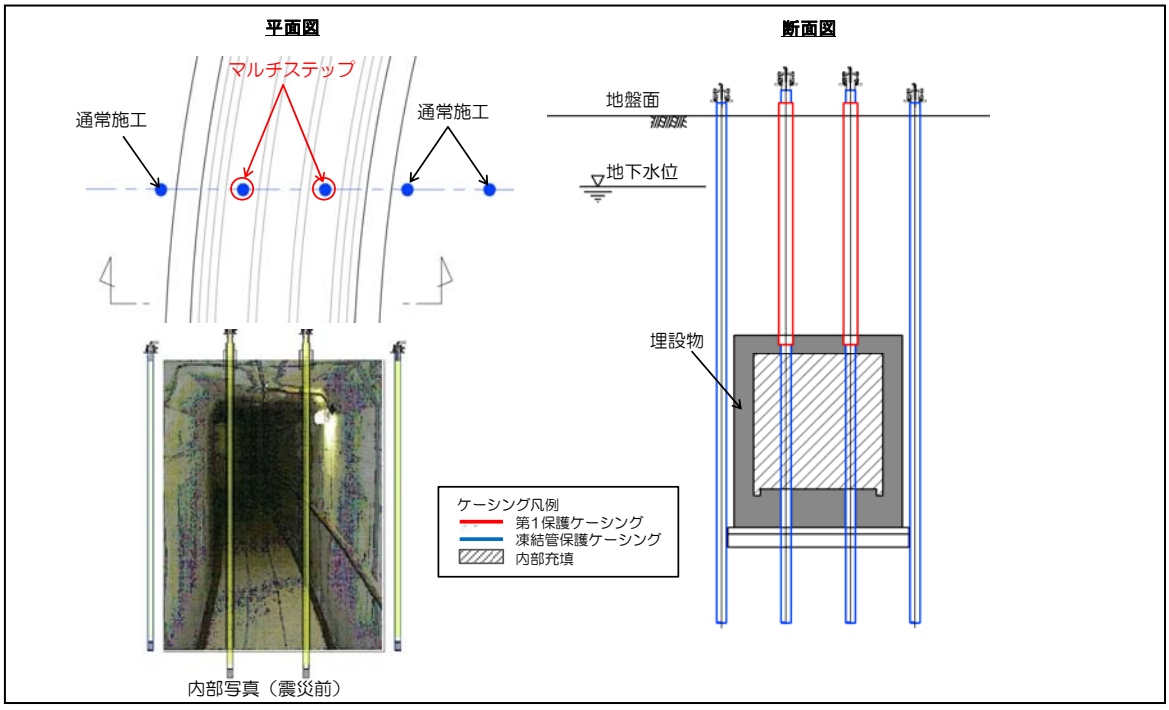


図４　貫通施工のイメージ

2.3　複列施工

埋設物の幅が１ｍ程度以上で，必要な埋設物内部の通水断面が貫通施工では確保できない箇所において，埋設物の軸方向に複数の凍結管を設置し，埋設物周囲の地盤を巻き込んで凍土遮水壁を造成する。

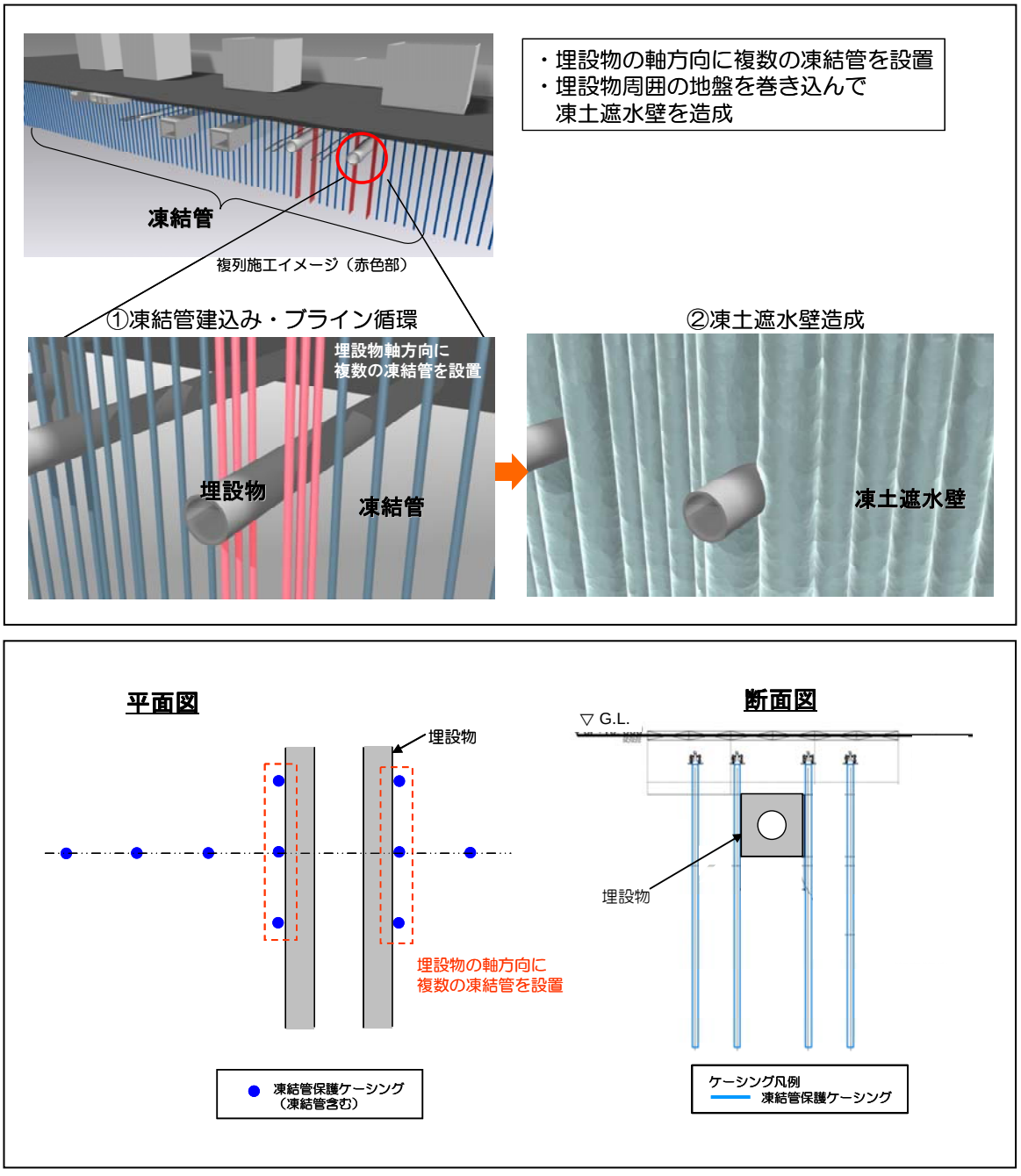


図５　複列施工のイメージ

3　貫通施工の基本方針

3.1　貫通施工の種類と施工パターン

3.1.1　貫通施工の種類

単純貫通工法　　：　ボーリング工法を用いて埋設物を単純に貫通する施工方法

内部充填工法　　：　内部充填により貫通箇所の水密性を確保し，ボーリング工法を用いて埋設物を貫通する施工方法

マルチステップ工法：　マルチステップ（多段式）ボーリング工法を用いて貫通箇所において漏えい防止の水密性を確保し，埋設物を貫通する施工方法

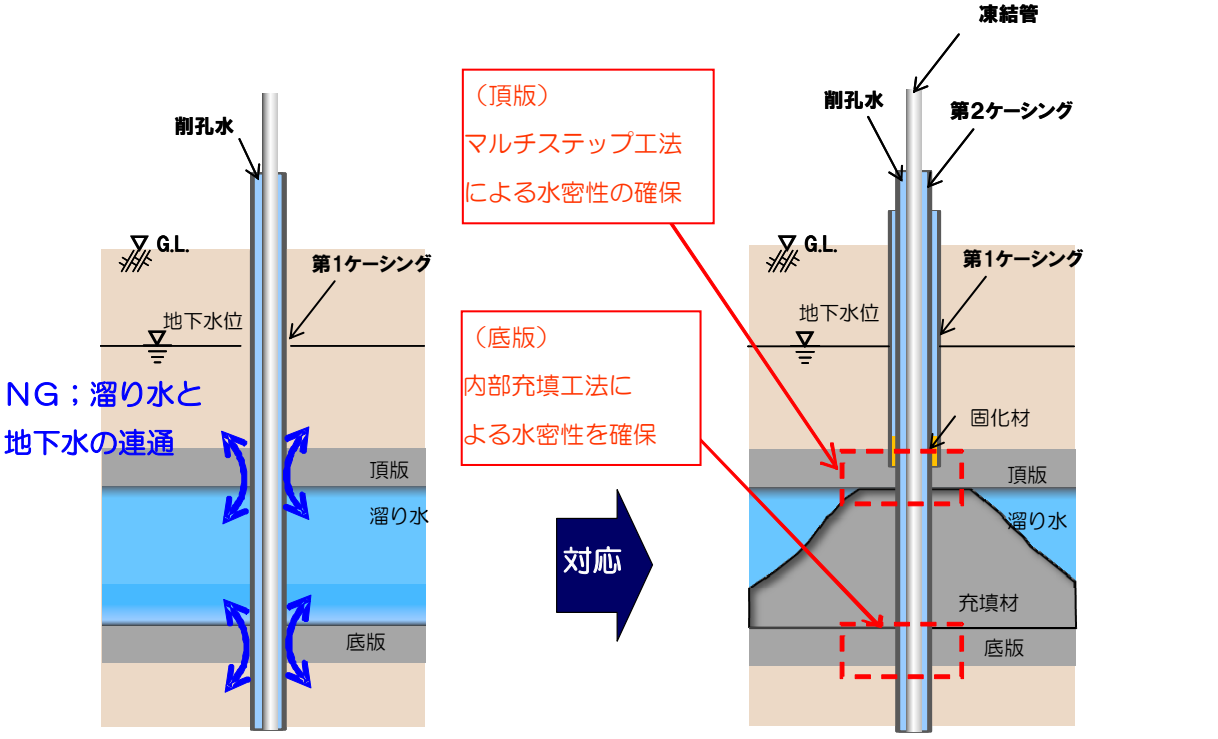
貫通箇所の水密性の確保は，埋設物の頂版はマルチステップ工法，底版は内部充填工法を用いる。ただし，内部の通水を確保する必要がある排水路の底版においては，マルチステップ工法を用いて貫通箇所の水密性を確保する。

3.2　貫通施工における水密性の確保

3.2.1　貫通施工時の留意事項

貫通施工を行う際には，以下について留意する。

留意事項	対応
埋設物内の溜り水と地下水の連通の防止	水密性の確保（内部充填工法・マルチステップ工法の適用）
OF ケーブル（Oil Filled，ケーブル油含む）や運用中の通信・制御ケーブルの損傷の防止	・OF ケーブル；トレンチ内の位置確認，移動 ・通信・制御ケーブル；図面・現地確認により使用状況を確認，必要に応じて移動



止水対策（水密性確保）を実施しない場合

注）頂版マルチステップ・底版内部充填工法のケース

止水対策（水密性確保）を実施する場合

マルチステップ工法における水密性確保に関する成立性確認

マルチステップ工法による埋設物頂版・底版貫通施工時の水密性確保については，資源エネルギー庁公募「平成 25 年度発電用原子炉等廃炉・安全技術基盤整備事業（地下水の流入抑制のための凍土方式による遮水技術に関するフィージビリティ・スタディ事業）」により成立性が確認されている。

図 6　貫通施工時の留意事項

3.2.2　貫通施工の施工パターン

貫通施工は，以下の施工パターンの工法を用いて施工する。

(1)頂版単純貫通・底版内部充填工法

埋設物周辺の地下水位が頂版より低く，かつ，貫通箇所の溜り水が自由水面を持つ場合に適用する。

(2)頂版マルチステップ・底版内部充填工法

埋設物周辺の地下水位が頂版より高い場合，または，貫通箇所の溜り水が被圧されている場合（不明な場合を含む）に適用する。

(3)頂版撤去・底版内部充填工法

浅部に設置されて掘削して頂版に開口部を設けることが可能な埋設物，または，頂版が蓋掛け構造の埋設物において，貫通箇所に溜り水が存在する場合に適用する。

(4)頂版単純貫通・底版マルチステップ工法

埋設物周辺の地下水位が頂版より低く，かつ，内部の溜り水が自由水面を持つ埋設物において，貫通箇所の通水を確保する必要がある場合（排水路を想定）に適用する。

(5)頂版単純貫通・底版単純貫通工法

埋設物周辺の地下水位が底版より低く，かつ，貫通箇所に溜り水がない場合に適用する。

3.3.1　頂版単純貫通・底版内部充填工法

頂版単純貫通・底版内部充填工法の施工手順を図 7 に示す。

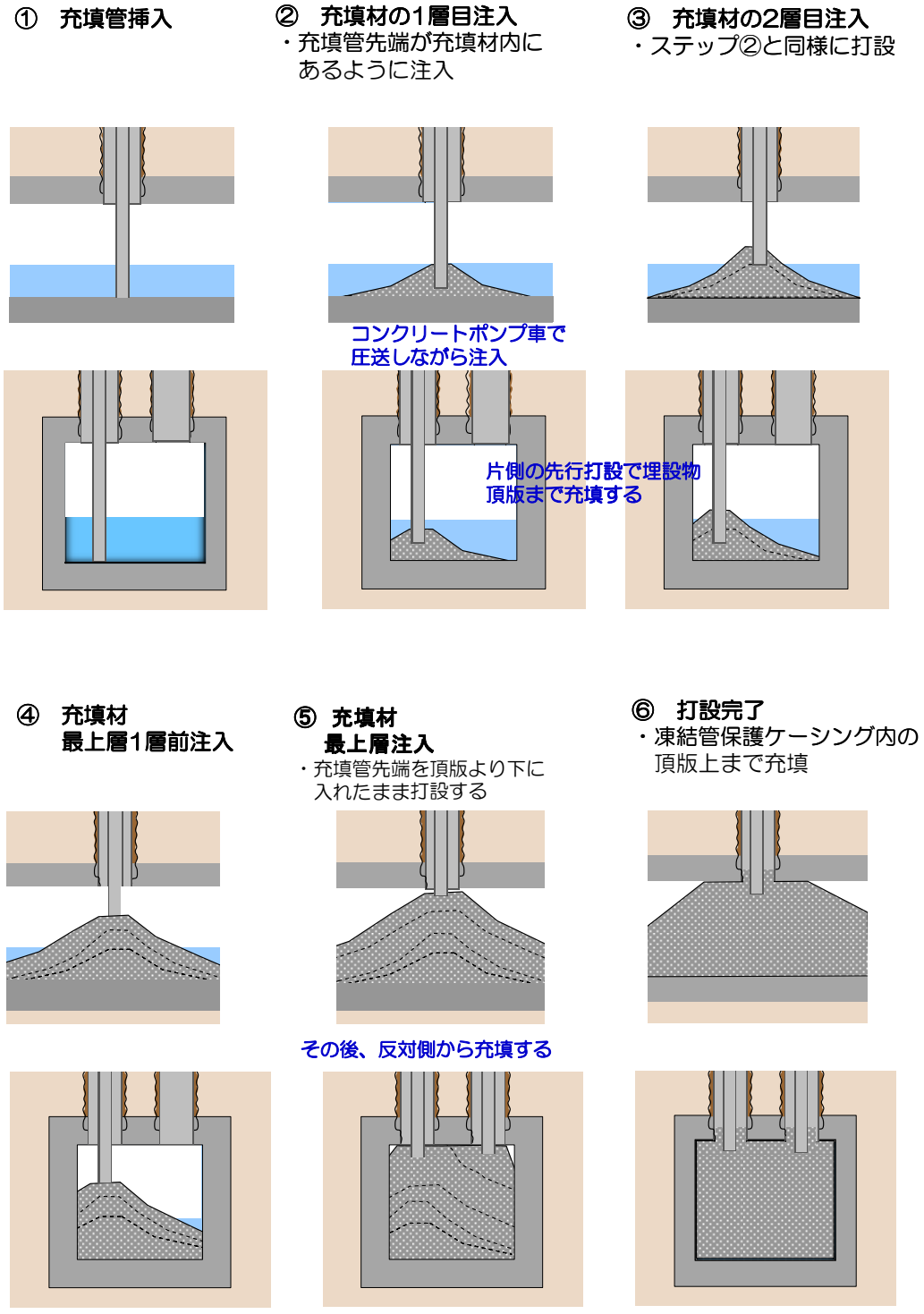


図 7 － 1　頂版単純貫通・底版内部充填工法の施工手順（1）

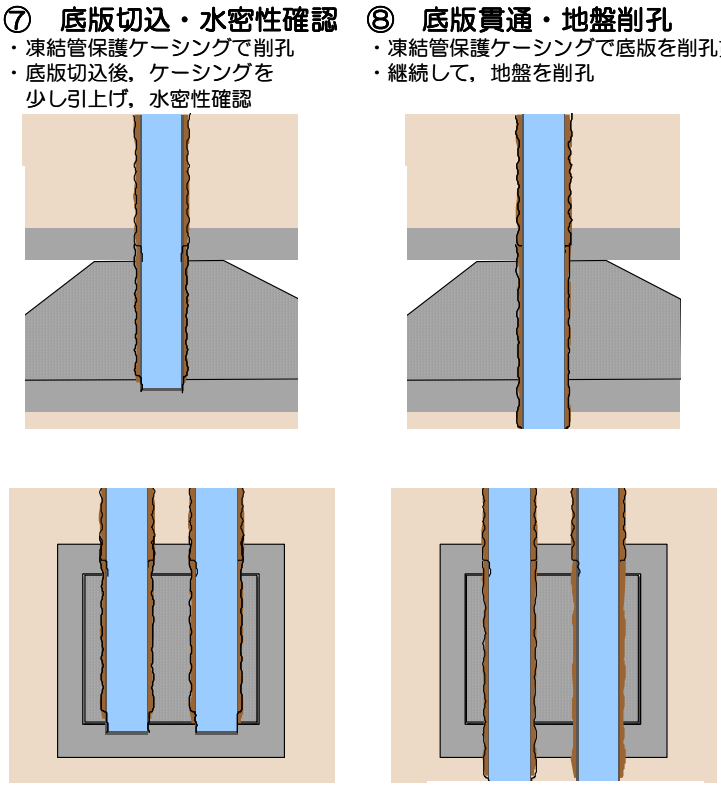
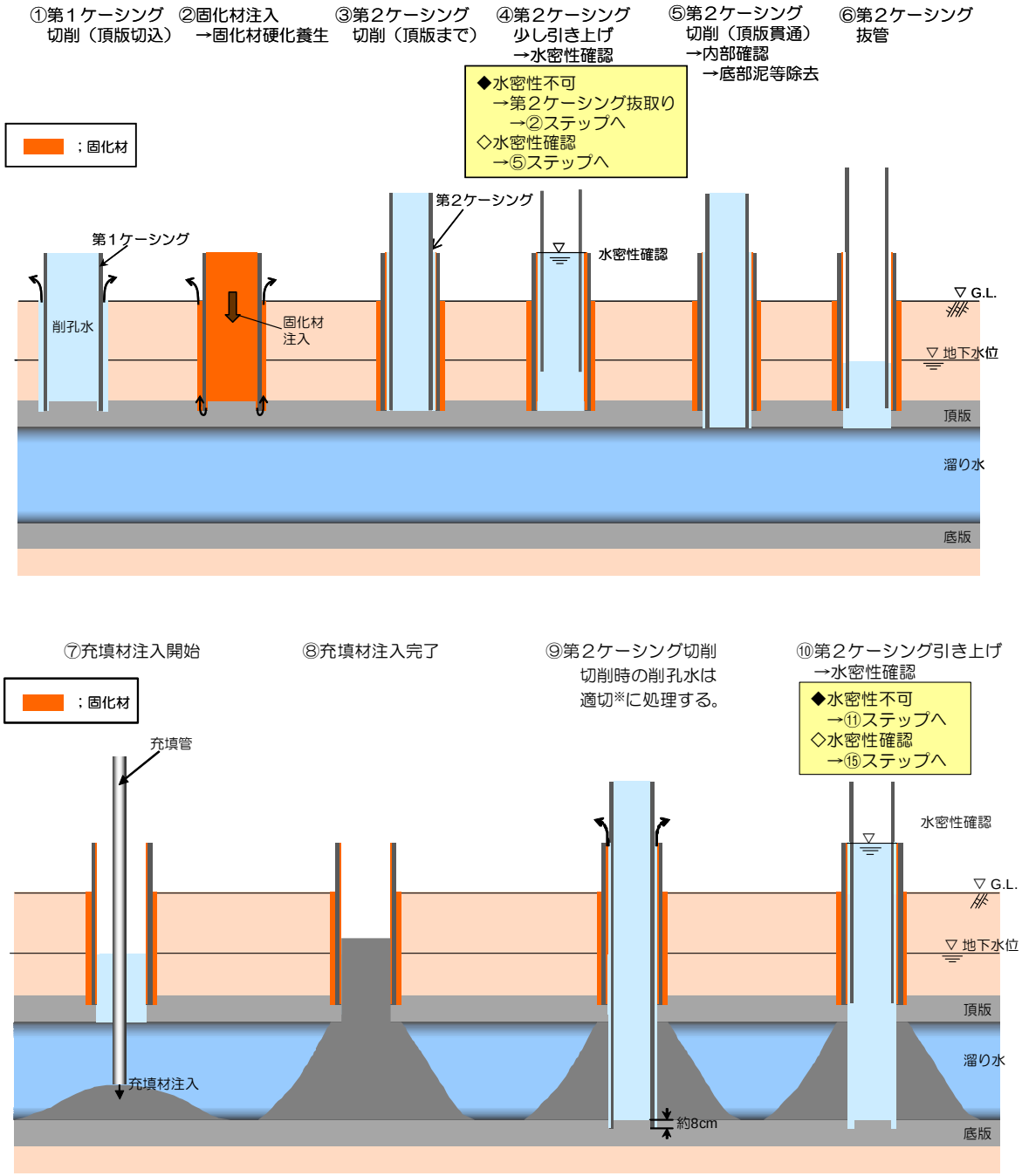


図７－２　頂版単純貫通・底版内部充填工法の施工手順（２）

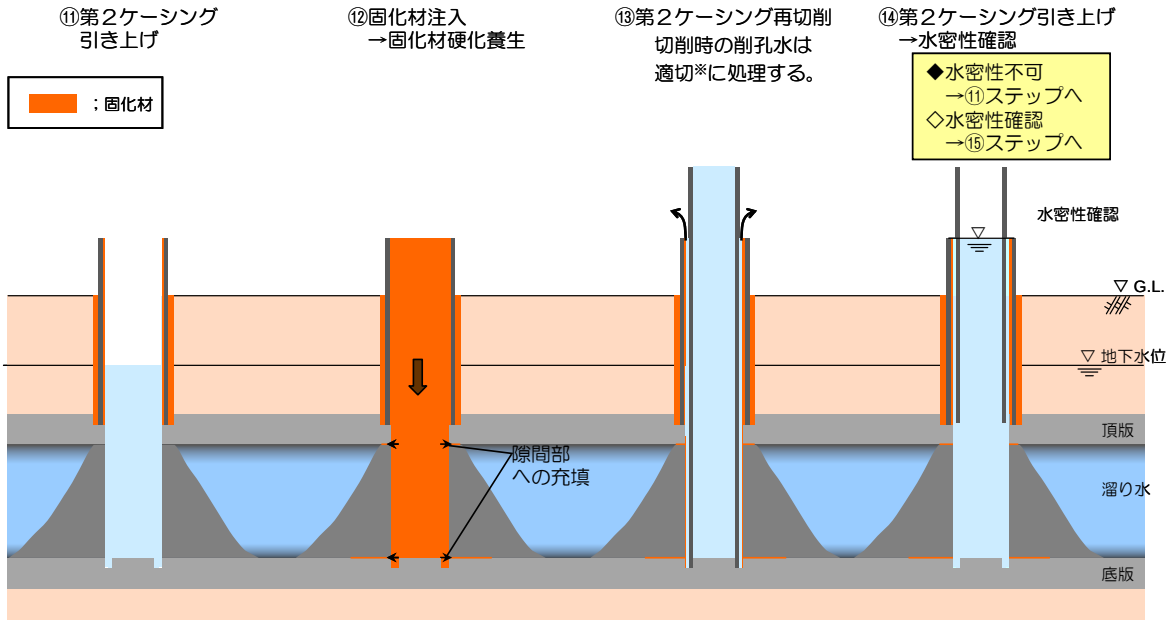
3.3.2　頂版マルチステップ・底版内部充填工法

頂版マルチステップ・底版内部充填工法の施工手順を図８に示す。



注）同一の構造物における同一の手順の削孔には再利用する。
また，放射性物質濃度を測定した上で，同程度の濃度以上の溜り水を有する構造物における同一手順の削孔にも再利用する。
最終的に再利用できない余剰水は「福島第一原子力発電所　特定原子力施設に係わる実施計画」に記載の設備で処理する。

図８－１　頂版マルチステップ・底版内部充填工法の施工手順（１）



注）同一の構造物における同一の手順の削孔には再利用する。
また，放射性物質濃度を測定した上で，同程度の濃度以上の溜り水を有する構造物における同一手順の削孔にも再利用する。
最終的に再利用できない余剰水は「福島第一原子力発電所　特定原子力施設に係わる実施計画」に記載の設備で処理する。

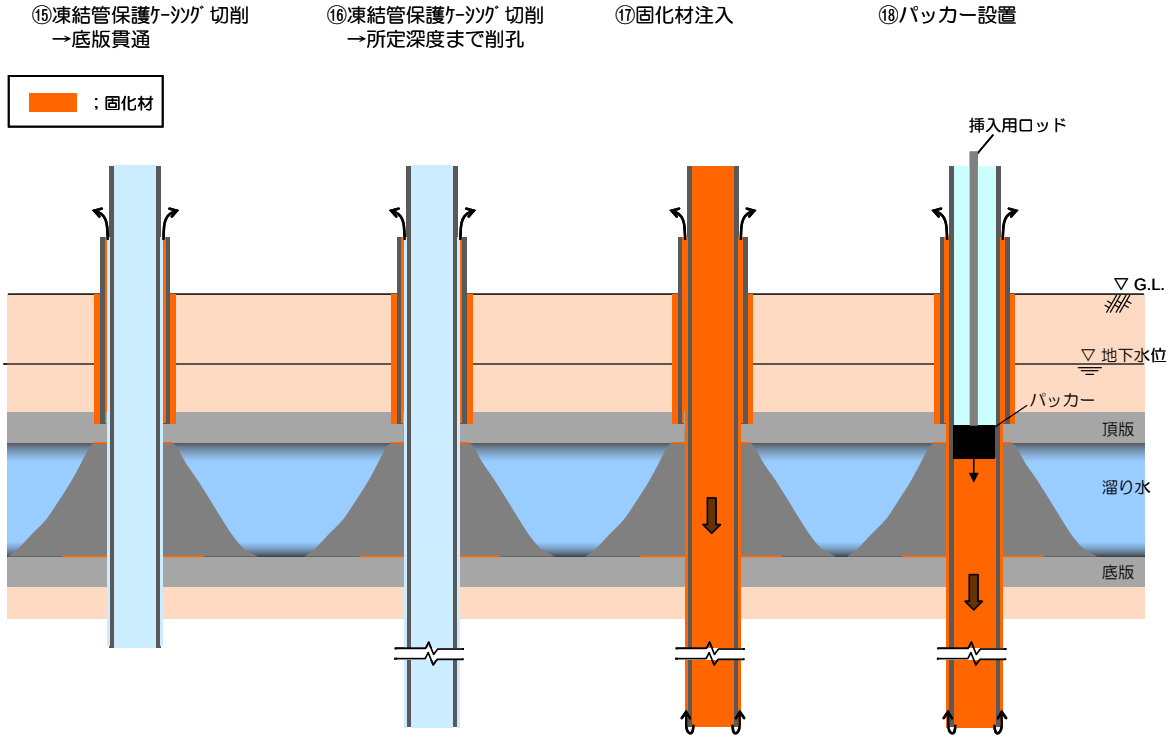


図８－２　頂版マルチステップ・底版内部充填工法の施工手順（２）

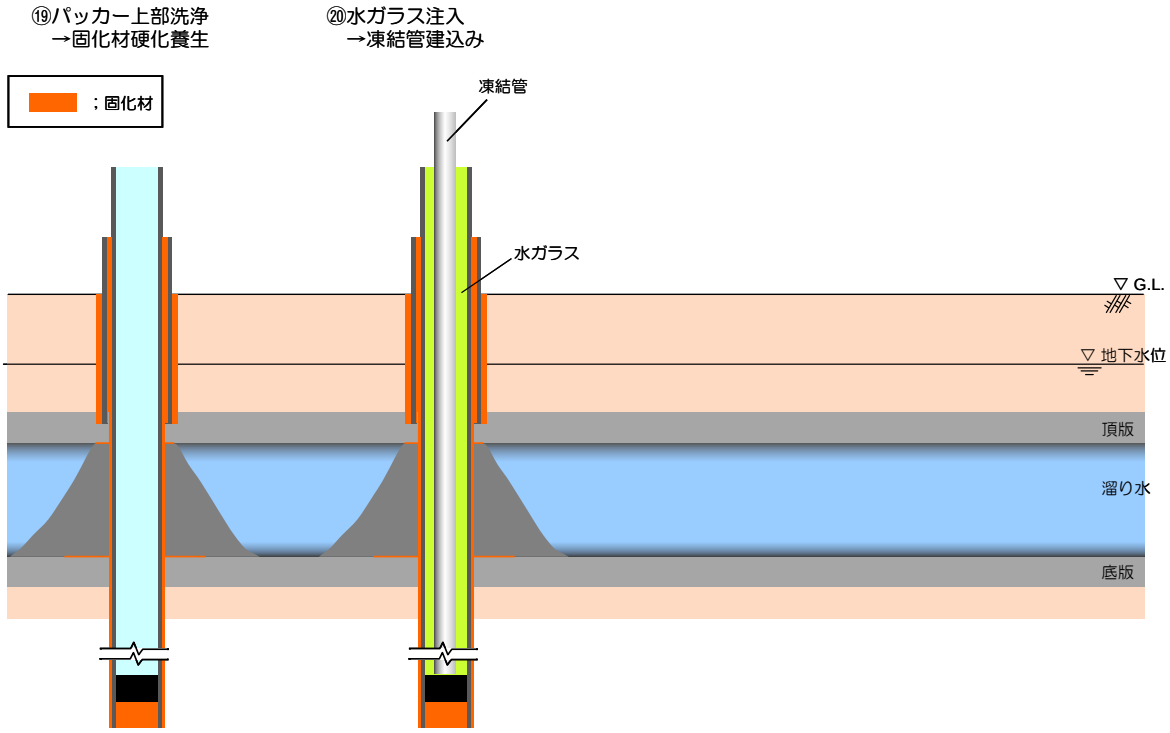


図８－３　頂版マルチステップ・底版内部充填工法の施工手順（３）

3.3.3　頂版撤去・底版内部充填工法

頂版撤去・底版内部充填工法の施工手順を図９に示す。

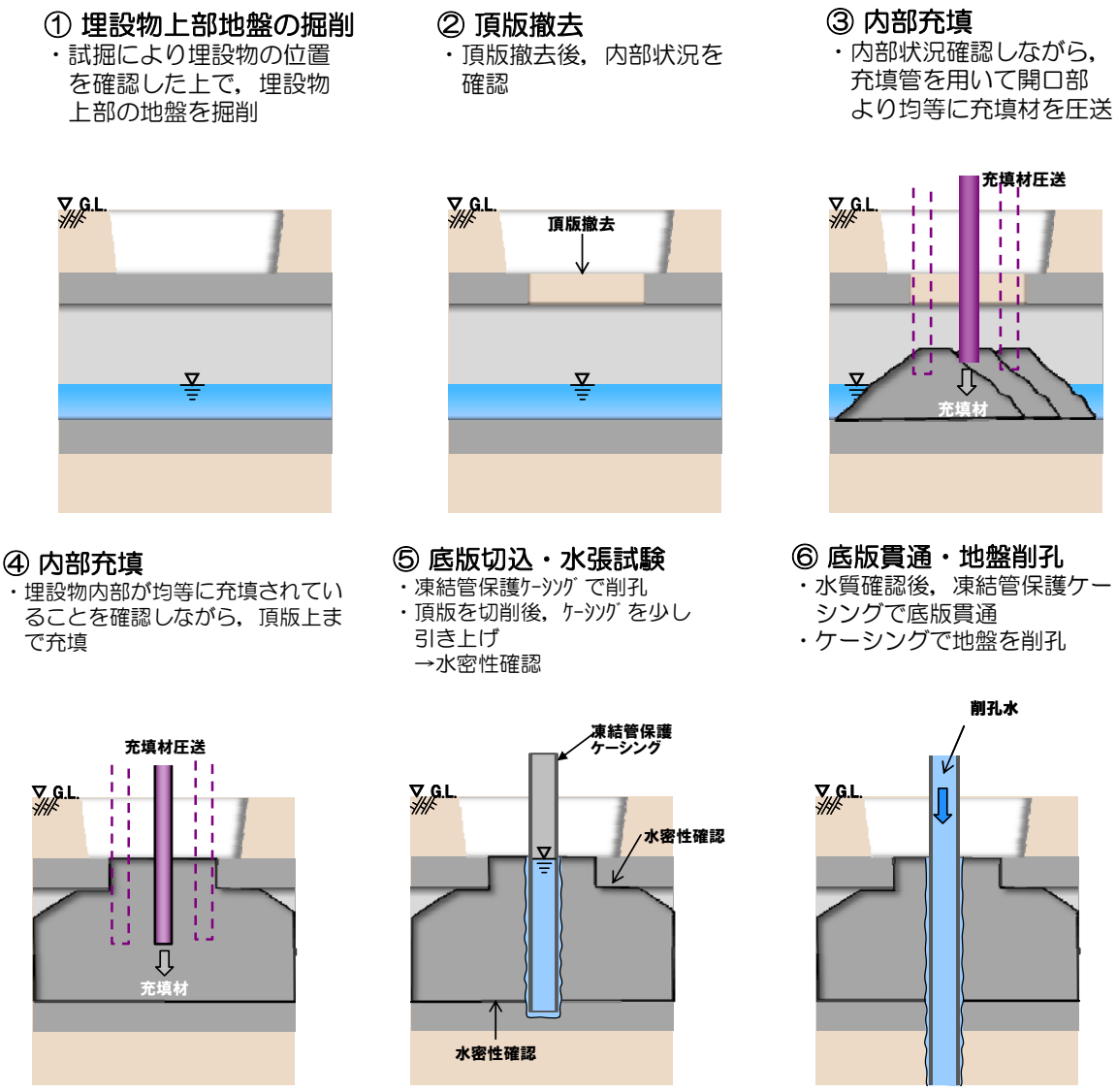


図９　頂版撤去・底版内部充填工法の施工手順

3.3.4　頂版単純貫通・底版マルチステップ工法

頂版単純貫通・底版マルチステップ工法の施工手順を図１０に示す。

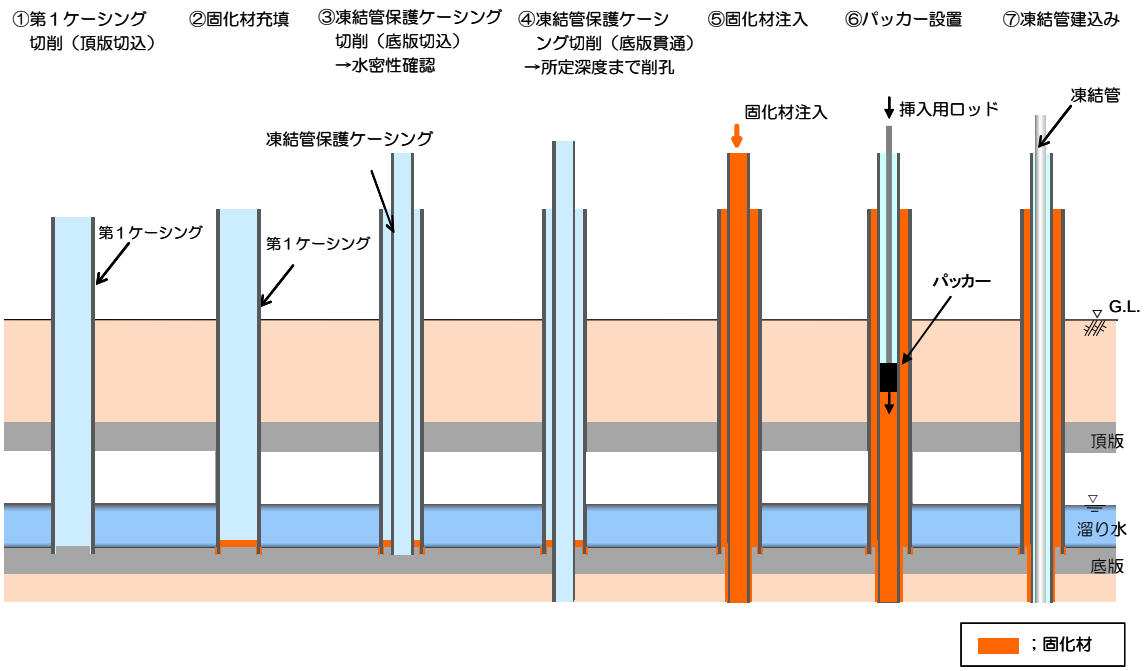


図１０　頂版単純貫通・底版マルチステップ工法の施工手順

3.3.5　頂版単純貫通・底版単純貫通工法

埋設箇所の水密性確保を必要としない箇所については,通常のボーリング削孔を用いて埋設物の頂版および底版を削孔する。

3.3.6　施工後の貫通箇所の水密性確認

・排水路を除く埋設物については，貫通施工前後に埋設物内の溜り水の水位を測定し，水位変化から貫通箇所の漏えい有無を確認する。

＜確認時期＞・施工前；順次実施

・施工後；各年実施する「福島原子力発電所　１～４号機トレンチ内滞留水の点検」に，貫通施工を対象とする埋設物を追加して確認

・排水路について，地下水位など埋設物ごとの周辺状況に応じた方法で，水密性を確認する。

＜確認時期＞　貫通施工後～凍結開始前

（排水路内の流況を踏まえて確認時期を確定する）

・漏えいが確認された場合は，別途，変更申請を行う。

表１　施工後の排水路の貫通箇所における水密性の確認方法

設　備		確認方法	備　考
4-1	K排水路①	・水張り試験による貫通箇所周辺の水密性確認	・地下水位＜底版標高
5-3	大芋沢排水路		・常時没水
7-3	K排水路②	・排水路内部点検による貫通箇所の湧水の有無確認	・底版標高＜地下水位

4　凍結防止措置

凍土遮水壁を横断する埋設物のうち，埋設物内部の凍結を防止する必要がある箇所では，以下に示す方法等により対応する。

4.1　凍結管外周部に断熱材を設置する方法

凍結管外周部に断熱材を設置し，埋設物内部の凍結を防止する。

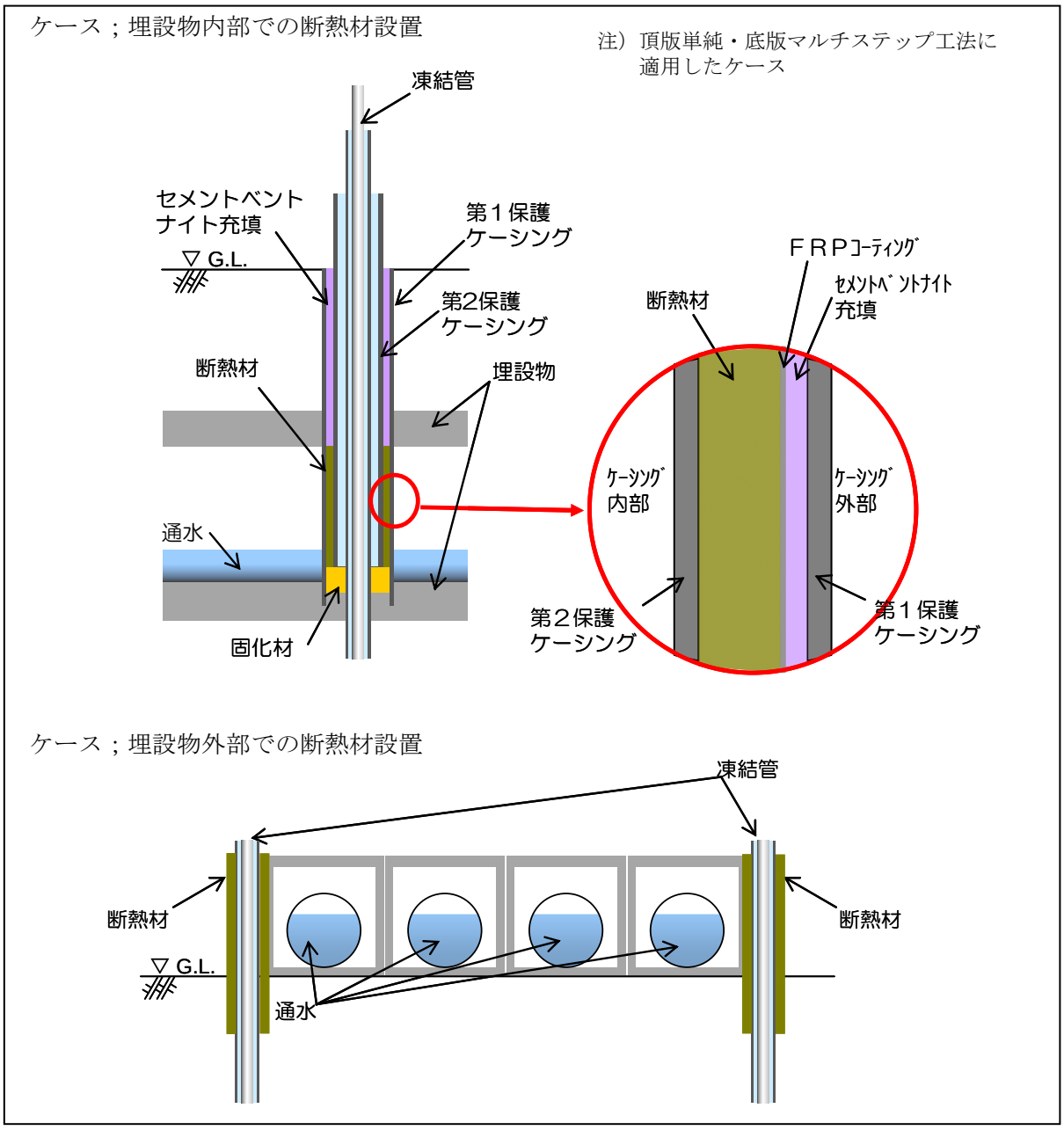


図１１　凍結管外周部への断熱材設置による凍結防止イメージ

4.2　埋設物外周部に断熱材を設置する方法

埋設物外周部に断熱材を設置し，埋設物内側の凍結を防止する。

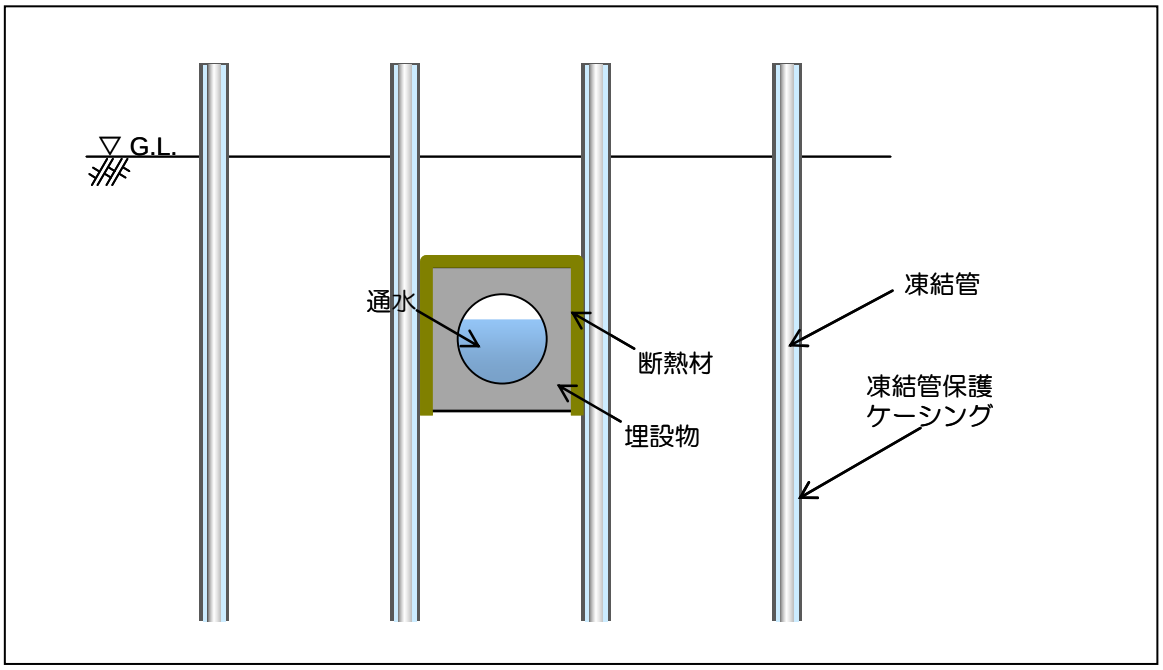


図１２　埋設物外周部への断熱材設置による凍結防止イメージ

5　山側ライン上の貫通施工・複列施工の対象箇所

山側ライン上の凍結管（測温管含む）の貫通施工・複列施工の対象箇所を図１３，表２に示す。また，それぞれ箇所での施工方法を図１４に示す。

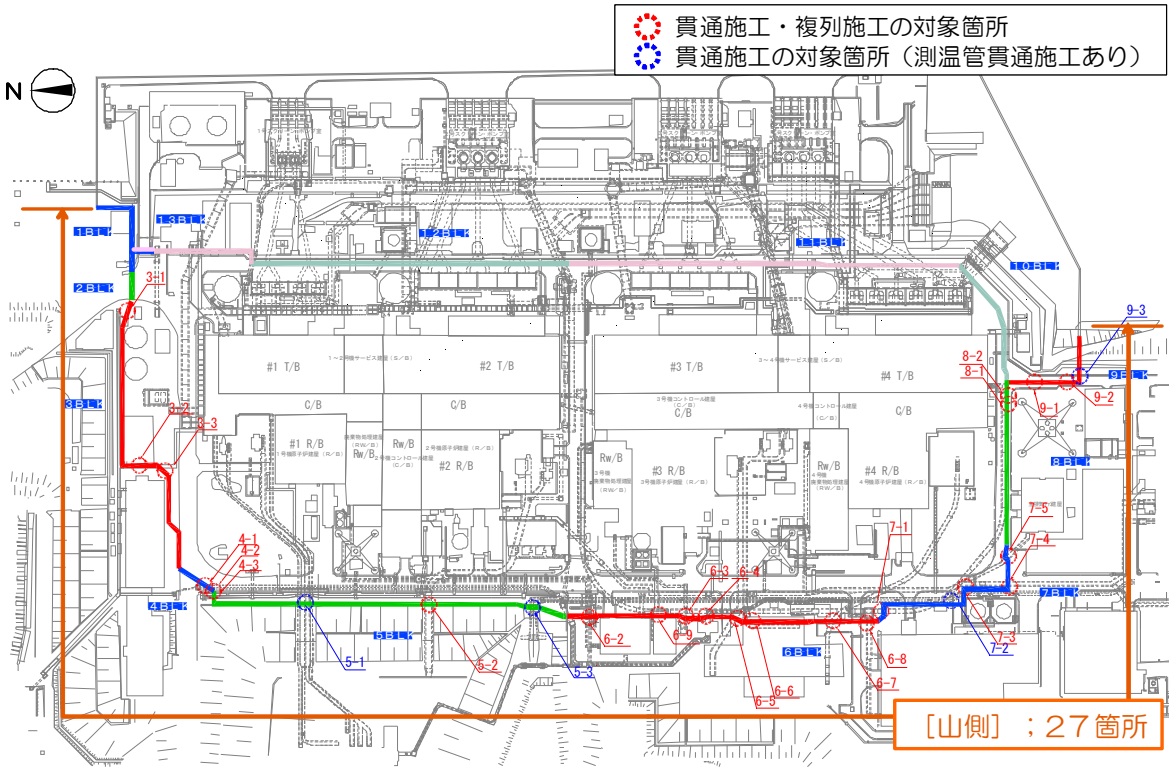


図１３　貫通施工・複列施工の対象箇所

表２　貫通施工・複列施工の対象箇所

		構造物名	溜り水調査※4		貫通施工箇所での溜り水※4		調査時期	施工パターン	備考
			溜り水※3の有無	溜り水※1の区分	有無	自由水面・被圧			
3BLK	3-1	排水ヒューム管①	－※2	－	－	－	－	複列	
	3-2	水処理建屋～1号機T/B連絡ダクト①	有	C	－	－	H25.12	複列	
	3-3	水処理建屋～1号機T/B連絡ダクト②			－	－		複列	
4BLK	4-1	K排水路①	－※2	－	－	－	－	(頂版)単純 (底版)マルチステップ	
	4-2	ケーブルダクト	無	－	無	－	H23.12 ～H24.1	(頂版)頂版撤去 (底版)単純	蓋がほぼ地上に位置している
	4-3	発電所西側ケーブルダクト	無	－	無	－	H23.12 ～H24.1	(頂版)頂版撤去 (底版)単純	蓋がほぼ地上に位置している
5BLK	5-1	1号機電気ケーブルダクト	有	C	無	－	H23.12 ～H24.1 H25.12	(頂版)単純 (底版)単純	・起動用変圧器洞道 ・主要変圧器洞道 ・測温管貫通施工あり ・予備電源ケーブル洞道 ・コントロール洞道 ・測温管貫通施工あり
	5-2	2号機主変圧器ケーブルダクト	有	C	無	－	H23.12 ～H24.1	(頂版)単純 (底版)単純	
	5-3	大芋沢排水路	－※2	－	－	－	－	(頂版)単純 (底版)マルチステップ	測温管貫通施工あり
6BLK	6-2	1号機活性炭ホールドアップダクト	有	C	有	自由水面	H23.12 ～H24.1	(頂版・中床版)単純 (底版)内部充填	
	6-3	3号機オフガス配管ダクト(北側)	－	－	－	－	－	複列	
	6-4	1～4号機共用所内ボイラトレンチ	無	－	無	－	H23.12 ～H24.1	(頂版)頂版撤去 (底版)単純	
	6-5	3号機主変圧器ケーブルダクト	有	C	有	被圧	H23.12 ～H24.1	(頂版)マルチステップ (底版)内部充填	
	6-6	3号機起動用変圧器ケーブルダクト	有	C	有	被圧	H25.12	(頂版)マルチステップ (底版)内部充填	
	6-7	4号機主変圧器ケーブルダクト	有	C	有	被圧	H23.12 ～H24.1	(頂版)マルチステップ (底版)内部充填	
	6-8	2～4号機DG連絡ダクト①	有	C	無	－	H25.12	(頂版)単純 (底版)単純	
	6-9	3号機活性炭ホールドアップ管路	無	－	無	－	H26.11	(頂版)単純 (底版)単純	
7BLK	7-1	2～4号機DG連絡ダクト②	有	C	有	被圧	H24.12	(頂版)マルチステップ (底版)内部充填	
	7-2	2～4号機DG連絡ダクト③					H24.12	(頂版)マルチステップ (底版)内部充填	測温管貫通施工あり
	7-3	K排水路②	－※2	－	－	－	－	(頂版)単純 (底版)マルチステップ	
	7-4	廃棄物系共通配管ダクト①	有	C	有	自由水面	H25.12	(頂版)頂版撤去 (底版)内部充填	
	7-5	廃棄物系共通配管ダクト②	有	C	有	自由水面	H26.11	(頂版)単純 (底版)内部充填	
8BLK	8-1	滞留水移送管	－※2	－	－	－	－	複列	
	8-2	排水ヒューム管②	－※2	－	－	－	－	複列	
9BLK	9-1	排水ヒューム管③	－※2	－	－	－	－	複列	
	9-2	配管ダクト	無	－	無	－	H26.10	(頂版)単純 (底版)単純	
	9-3	集中ラド側カルバート	無	－	無	－	H26.10	(頂版)単純 (底版)単純	測温管貫通施工あり

※１　貫通施工に関する溜り水の区分（放射性物質濃度（Cs））
　　Ａ：１．０×１０^{6}Bq/L以上
　　Ｂ：１．０×１０^{4}Bq/L以上～１．０×１０^{6}Bq/L未満
　　Ｃ：１．０×１０^{4}Bq/L未満
　　今後の凍土遮水壁貫通施工に伴う調査により上記区分のＡ，Ｂに相当する溜まり水が確認された場合は，溜まり水の除去の計画を検討の上，実施する。
※２　排水設備および滞留水移送管
　　排水設備については雨水や地表水が流れる構造である。
※３　上表で溜り水「無」の埋設構造物内に，貫通施工前の調査によって溜り水を有することが確認された場合には工事を中止し，別途，変更申請を行う。
　　ただし，測定の結果，明らかに雨水由来あるいは地下水由来の水と推定される場合については報告する。
※４　貫通施工を行う埋設構造物の貫通施工中に埋設構造物内の溜り水の水位が大きく変動した場合など，溜り水の漏えいを防止する観点で，上表の施工パターンを変更する必要が生じた場合には直ちに工事を中止し，別途変更申請を行う。
注）　「6-1 2～3号機共用所内ボイラトレンチ」については，現地調査等により溜り水がないこと，また，現状使用しておらず今後とも使用しないことを確認したため，凍土遮水壁ラインと干渉する部分を撤去することとした。
　　これに伴い「貫通施工・複列施工の対象箇所」から除外した。

6　貫通施工箇所に溜り水を有する埋設物からの溜り水漏えいについて

貫通施工箇所に溜り水を有する埋設物に対して貫通施工を行う下記の８箇所については，溜り水水位と地下水位の関係で２種類の貫通施工方法を選択する。

建屋のひび割れ部において建屋内部の滞留水の水頭に対して外部の地下水の水頭が高い場合には，建屋外部から内部への移流が支配的となる。同様に，埋設物の貫通施工が完了した箇所において凍結前に万一水密性が損なわれた場合，埋設物内の溜り水の調査結果から，溜り水の水頭よりも構造物周辺地下水の水頭が高くなっていることから，地下水が埋設物内に流入する“移流”が支配的となり，埋設物から溜り水が漏えいすることはない。

表３　貫通施工箇所に溜り水を有する埋設物の貫通施工方法

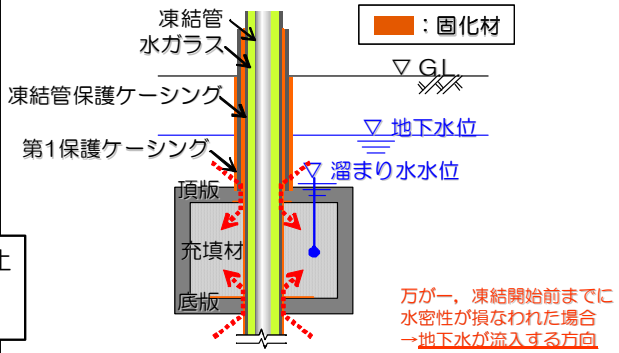
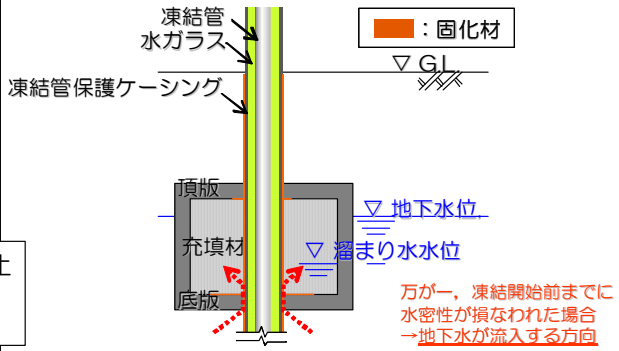
対象貫通箇所	貫通施工方法
・6-5 3号機主変圧器ケーブルダクト ・6-6 3号機起動用変圧器ケーブルダクト ・6-7 4号機主変圧器ケーブルダクト ・7-1 2～4号機DG連絡ダクト② ・7-2 2～4号機DG連絡ダクト③ 以下の施工方法により溜まり水の漏えいを防止 頂版；マルチステップ工法 底版；内部充填工法	
・6-2 1号機活性炭ホールドアップダクト ・7-4 廃棄物系共通配管ダクト① ・7-5 廃棄物系共通配管ダクト② 以下の施工方法により溜まり水の漏えいを防止 頂版；単純貫通工法または頂版撤去 底版；内部充填工法	

表４　貫通施工箇所に溜り水を有する埋設物の溜り水水位と地下水位

対象貫通箇所	貫通施工方法	溜り水水位（測定時期）	地下水位※（測定時期）
6-2　1 号機活性炭ホールドアップダクト	頂版・中床版：単純貫通 底版：内部充填	O.P. +6.40m （平成 24 年 1 月）	O.P. +6.6m （地下水位観測孔 B 孔 平成 24 年 12 月 20 日）
6-5　3 号機主変圧器ケーブルダクト	頂版：ﾏﾙﾁｽﾃｯﾌﾟ 底版：内部充填	O.P. +6.60m （平成 24 年 1 月）	O.P. +7.9m （サブドレン No.45 平成 24 年 4 月 18 日）
6-6　3 号機起動用変圧器ケーブルダクト		O.P. +7.72m （平成 25 年 12 月）	
6-7　4 号機主変圧器ケーブルダクト		O.P. +7.25m （平成 24 年 1 月）	
7-1　2～4 号機 DG 連絡ダクト②		O.P. +6.13m （平成 24 年 12 月）	
7-2　2～4 号機 DG 連絡ダクト③			
7-4　廃棄物系共通配管ダクト①	頂版：頂版撤去 底版：内部充填	O.P. +7.18m （平成 25 年 12 月）	
7-5　廃棄物系共通配管ダクト②	頂版：単純貫通 底版：内部充填	O.P. +7.43m （平成 26 年 11 月）	

※：地下水位については貫通箇所近傍のサブドレン・地下水位観測孔の震災後の観測値（既往最低）より保守的に推定した。

6.1　施工時の確認事項

上記の８箇所のうち 2～4 号機 DG 連絡ダクトを除く６箇所については，貫通施工を開始する前に，過去１年程度以内の測定結果を用いて当該埋設物の「溜まり水水位 ≦ 地下水位」の確認，および，放射性物質濃度（Cs）が至近の測定データに対して有意に上昇していないこと（桁数オーダーで上昇していないこと）を確認した上で，当該箇所の貫通施工を実施する。なお，頂版の貫通施工後にも当該埋設物内の溜り水の水位計測を行い「溜まり水水位 ≦ 地下水位」の確認を行った上で，その後の施工を実施する。

2～4 号機 DG 連絡ダクトについては，自由水面を持つ箇所にアクセス出来ないことから，マルチステップにて頂版貫通を行った後に，水位および水質を計測し当該埋設物の「溜まり水水位 ≦ 地下水位」の確認，および，放射性物質濃度（Cs）が至近の測定データに対して有意に上昇していないこと（桁数オーダーで上昇していないこと）を確認する。

上記条件を逸脱する計測・調査結果が得られた場合には別途変更申請を行う。

また，上記８箇所以外の埋設物貫通箇所については，貫通施工前に溜り水の有無を調査し，溜り水を有することが確認された場合には工事を中止し，別途，変更申請を行う。ただし，測定の結果，明らかに雨水由来あるいは地下水由来の水と推定される場合については報告する。

また，貫通施工を行う埋設物の貫通施工中に埋設物内の溜り水の水位が大きく変動した場合など，溜り水の漏えいを防止する観点で，表２記載の施工パターンを変更する必要が生じた場合には直ちに工事を中止し，別途変更申請を行う。

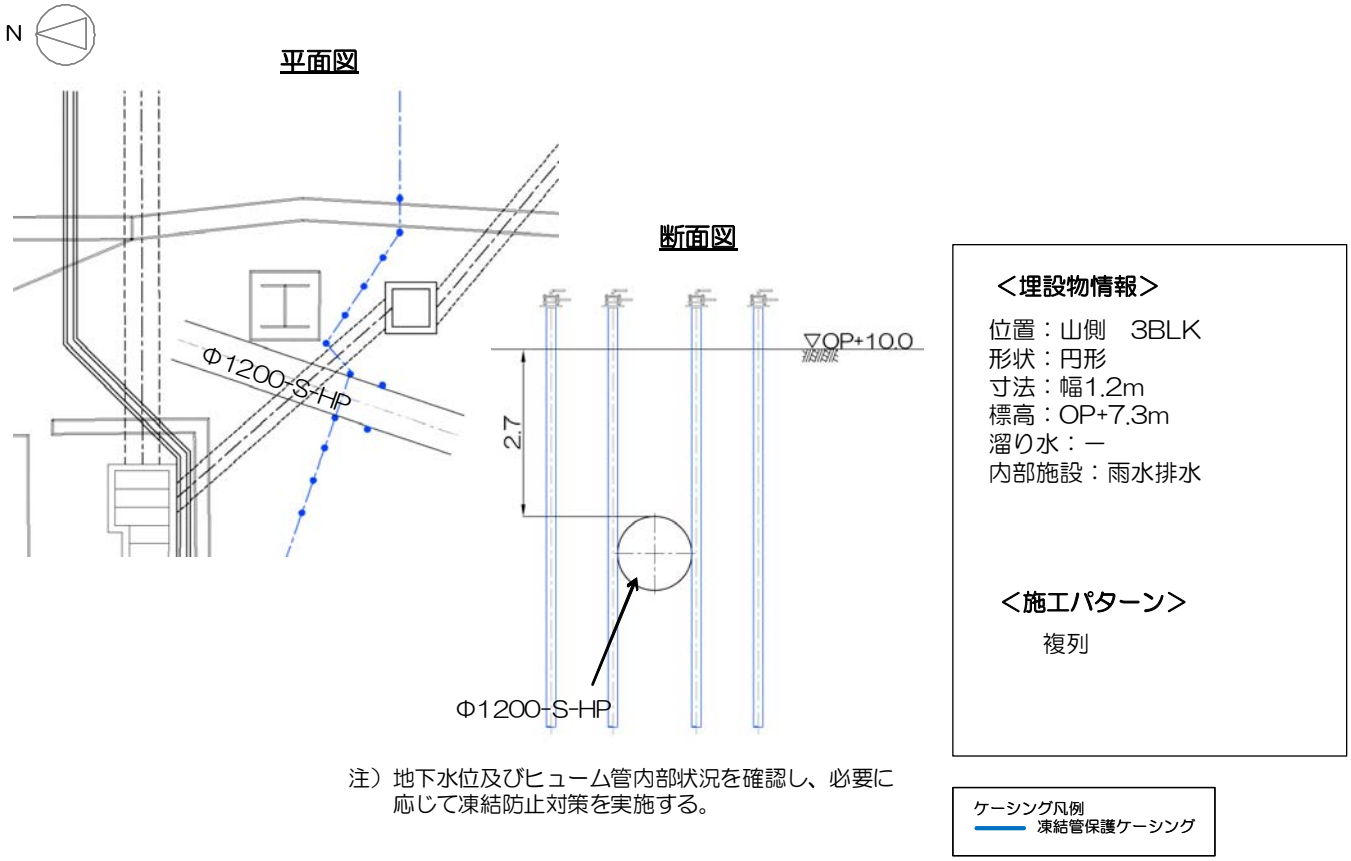
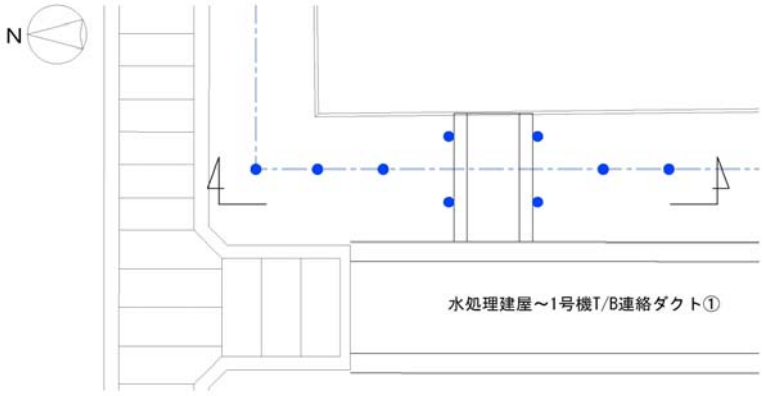
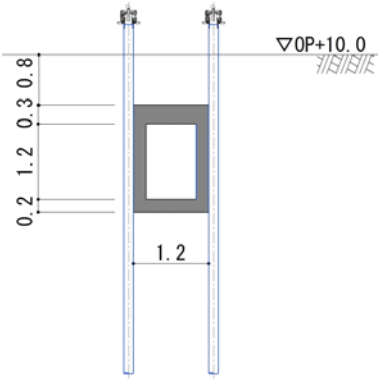


図１４－１　【３－１】排水ヒューム管① 施工方法（複列施工）

平面図



断面図





写真（震災後）

＜埋設物情報＞

位置：山側　3BLK
形状：矩形
寸法：幅1.2m
標高：OP+9.2m
溜り水：有
・Cs-134：1.4×10^2Bq/L
・Cs-137：3.2×10^2Bq/L
（H25.12測定）
内部施設：電気ケーブル

＜施工パターン＞

複列

ケーシング凡例
凍結管保護ケーシング

図１４－２　【３－２】水処理建屋～１号機 T/B 連絡ダクト① 施工方法（複列施工）

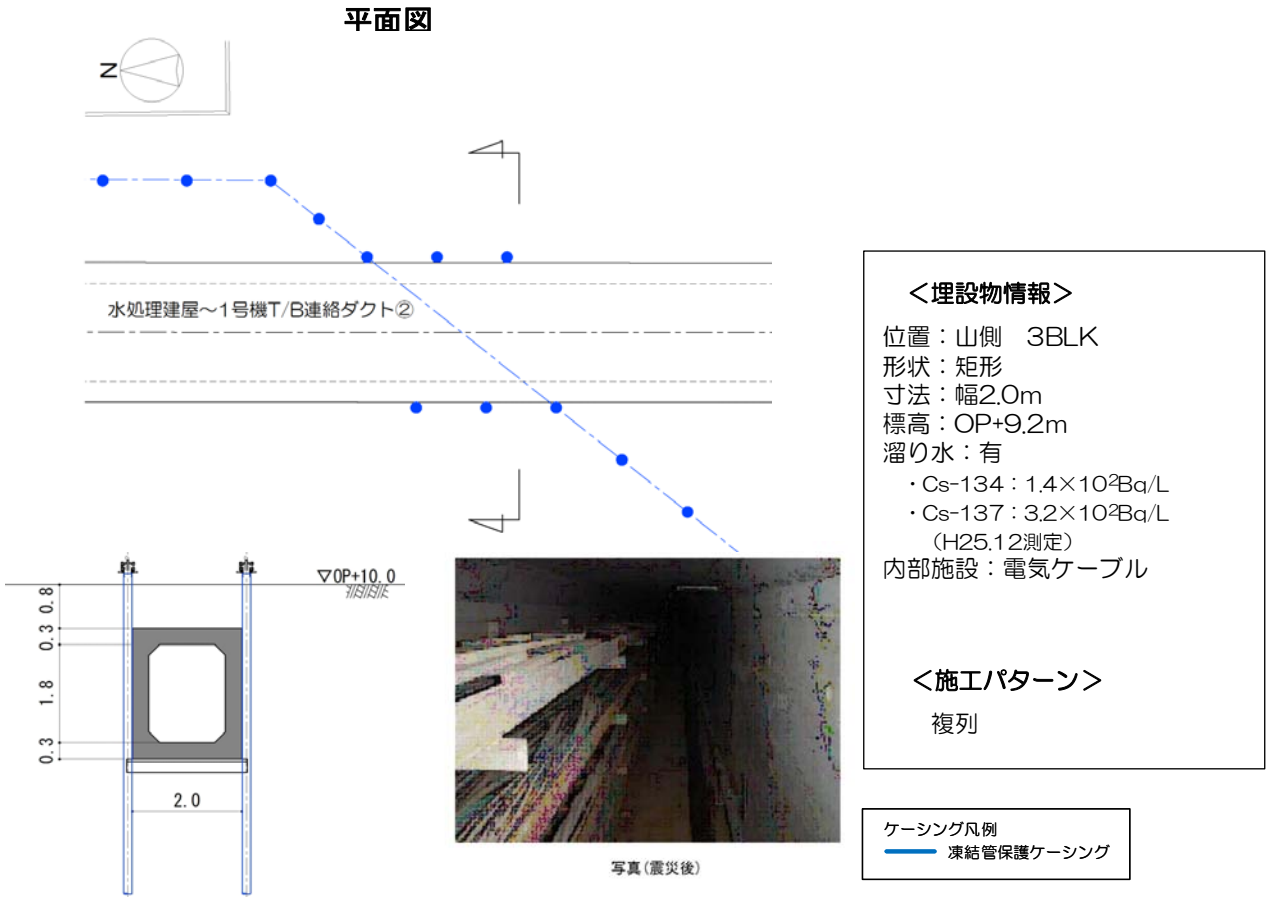
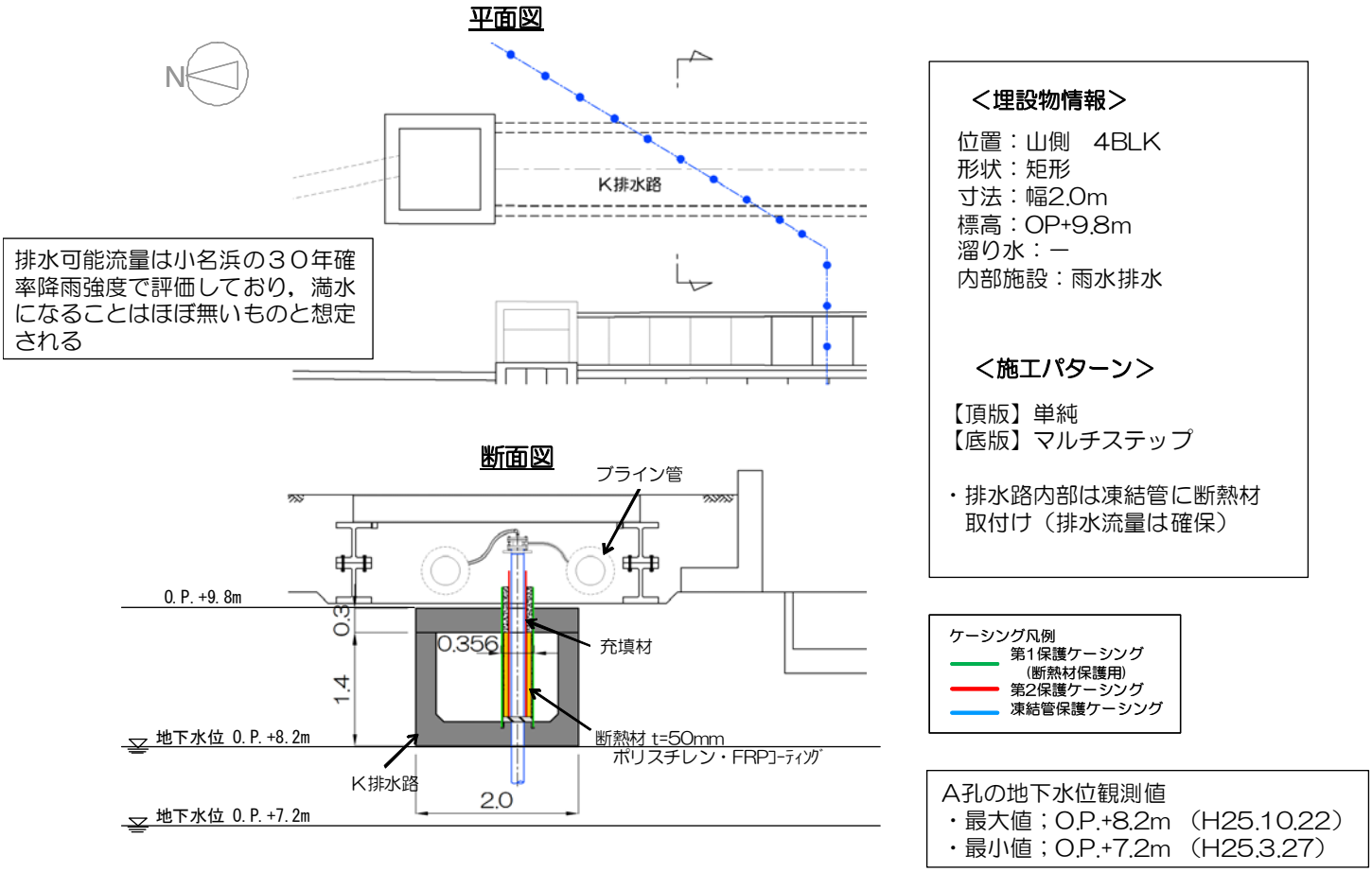


図１４－３　【３－３】水処理建屋～１号機 T/B 連絡ダクト② 施工方法（複列施工）



注）貫通施工完了後に補助工法（水中不分離コンクリート等）を用いて第１保護ケーシングと構造物境界面の止水を行う。

図１４－４　【４－１】K排水路① 施工方法（貫通施工）

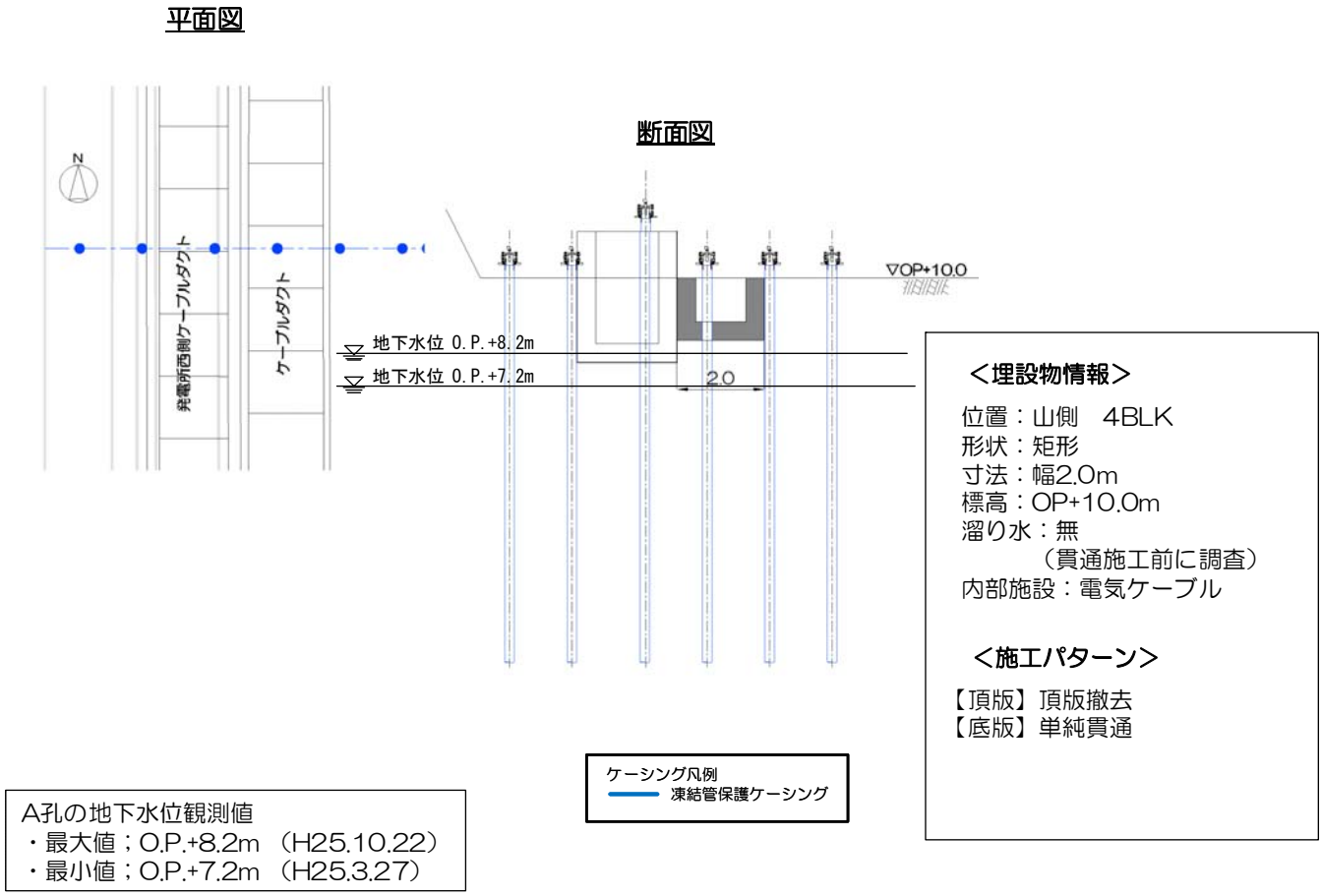


図１４－５　【４－２】ケーブルダクト 施工方法（貫通施工）

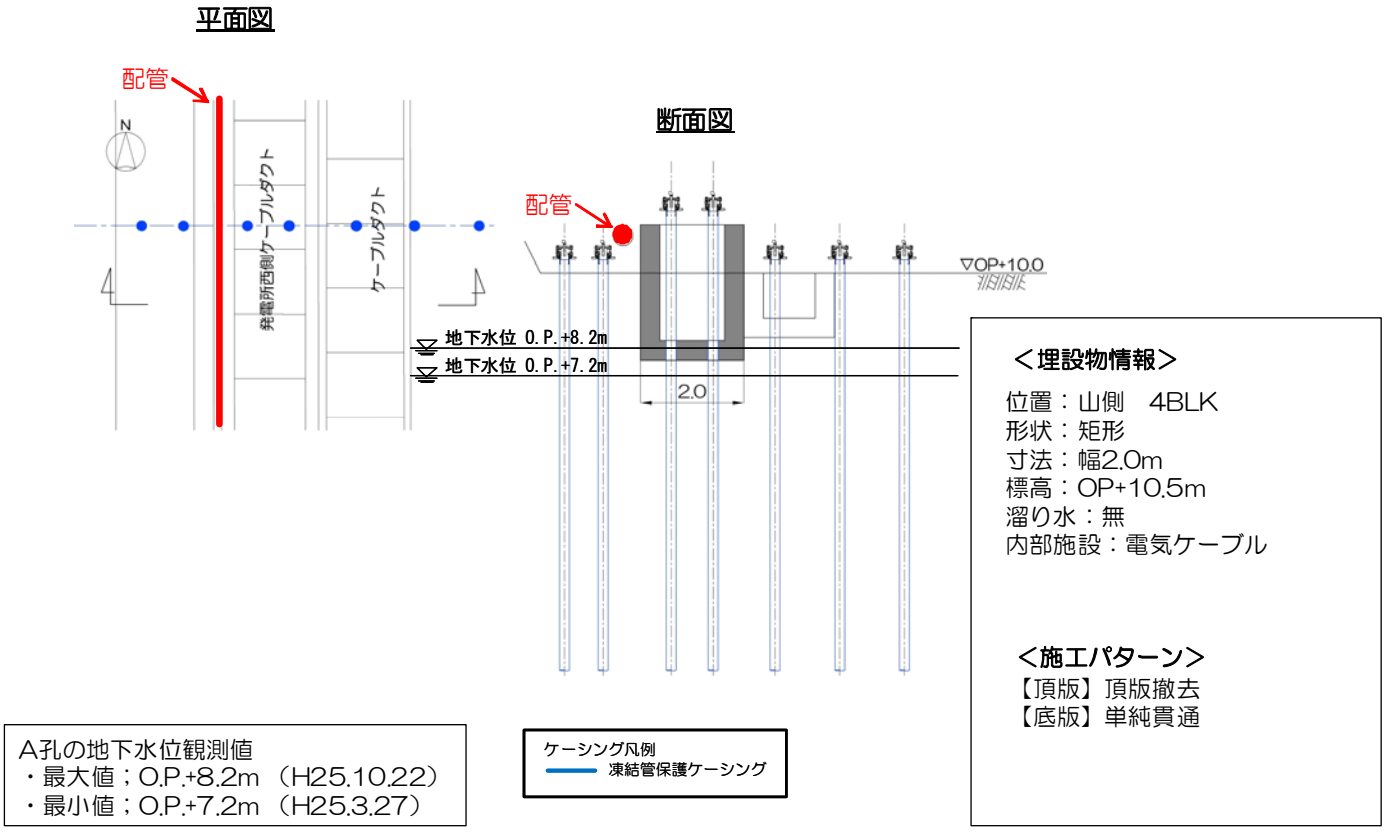
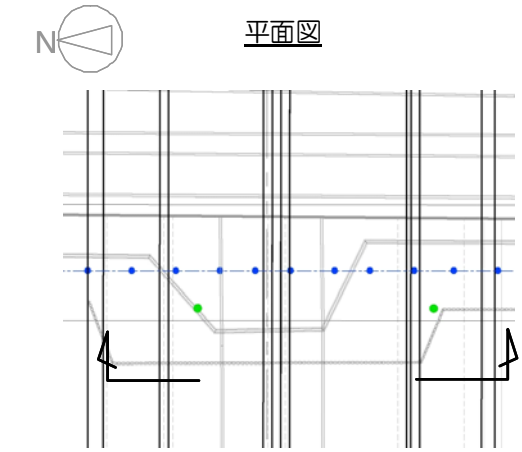
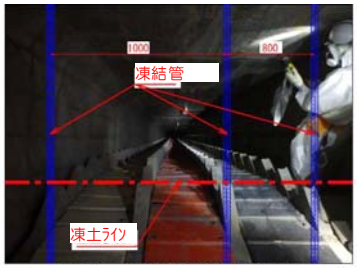


図１４－６　【４－３】発電所西側ケーブルダクト 施工方法（貫通施工）

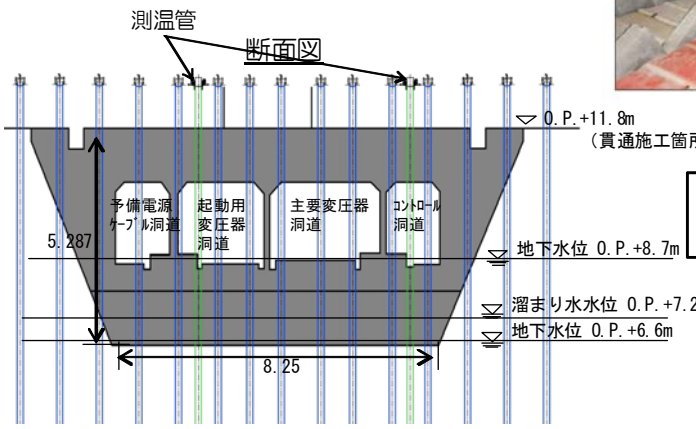




内部写真



内部写真（溜り水）



ケーシング凡例
- 凍結管保護ケーシング
- 測温管

＜埋設物情報＞

位置：山側　5BLK
形状：矩形
寸法：幅8.3m
標高：OP+11.8m
溜り水：有（貫通箇所：無）
（貫通施工前に水位を調査）

（予備電源ケーブル洞道）*1
- Cs-134：6.4×10^{1}Bq/L
- Cs-137：2.4×10^{2}Bq/L

（起動用変圧器洞道）*2
- Cs-134：2.2×10^{3}Bq/L
- Cs-137：3.0×10^{3}Bq/L

（主要変圧器洞道）*2
- Cs-134：1.5×10^{3}Bq/L
- Cs-137：2.3×10^{3}Bq/L

（コントロール洞道）*1
- Cs-134：1.7×10^{2}Bq/L
- Cs-137：4.1×10^{2}Bq/L

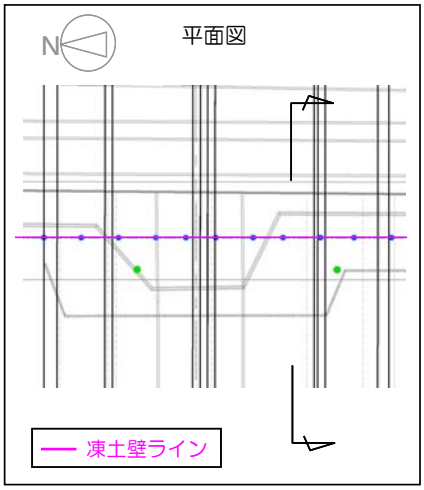
（*1；H25.12測定）
（*2；H23.12～H24.1測定）

内部施設：電気ケーブル（OFケーブル）

＜施工パターン＞

【頂版】単純
【底版】単純

B孔の地下水位観測値
- 最大値；O.P.+8.7m（H25.10.26）
- 最小値；O.P.+6.6m（H24.12.20他）



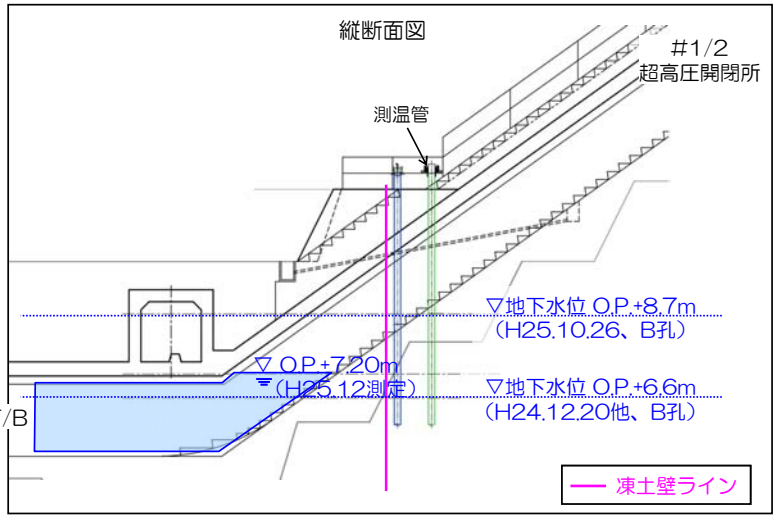


図１４－７　【５－１】１号機電気ケーブルダクト 施工方法（貫通施工）

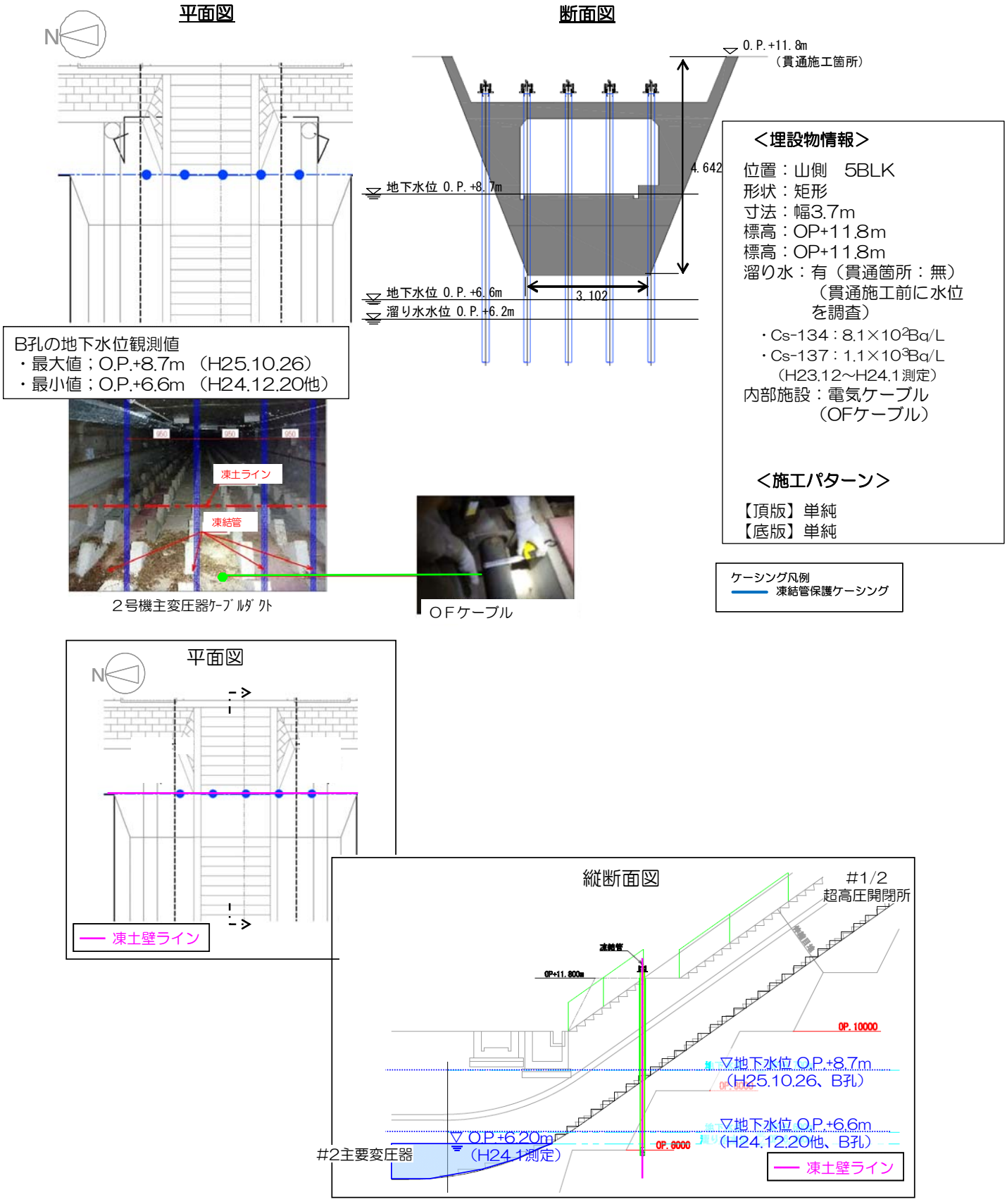
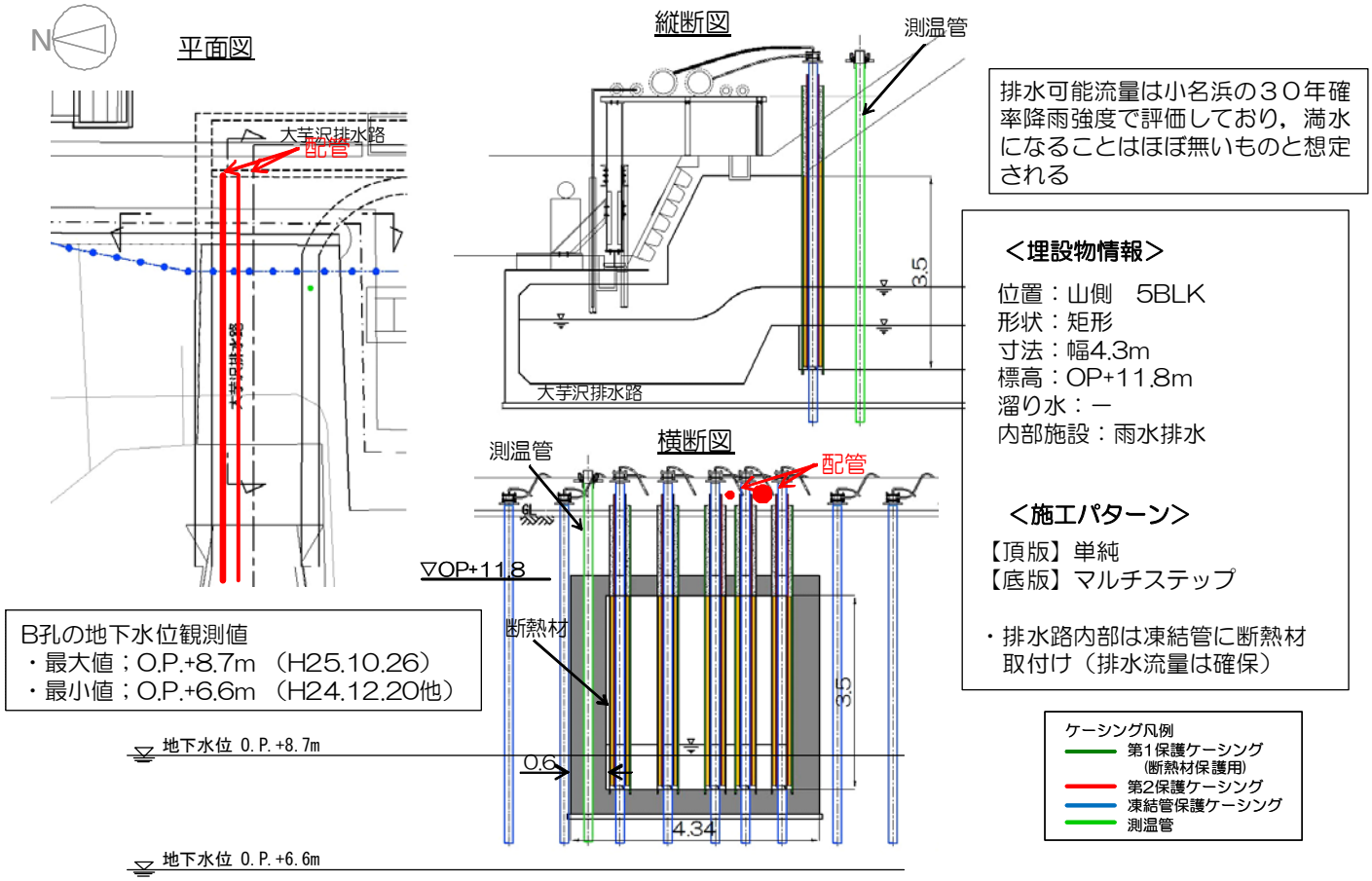
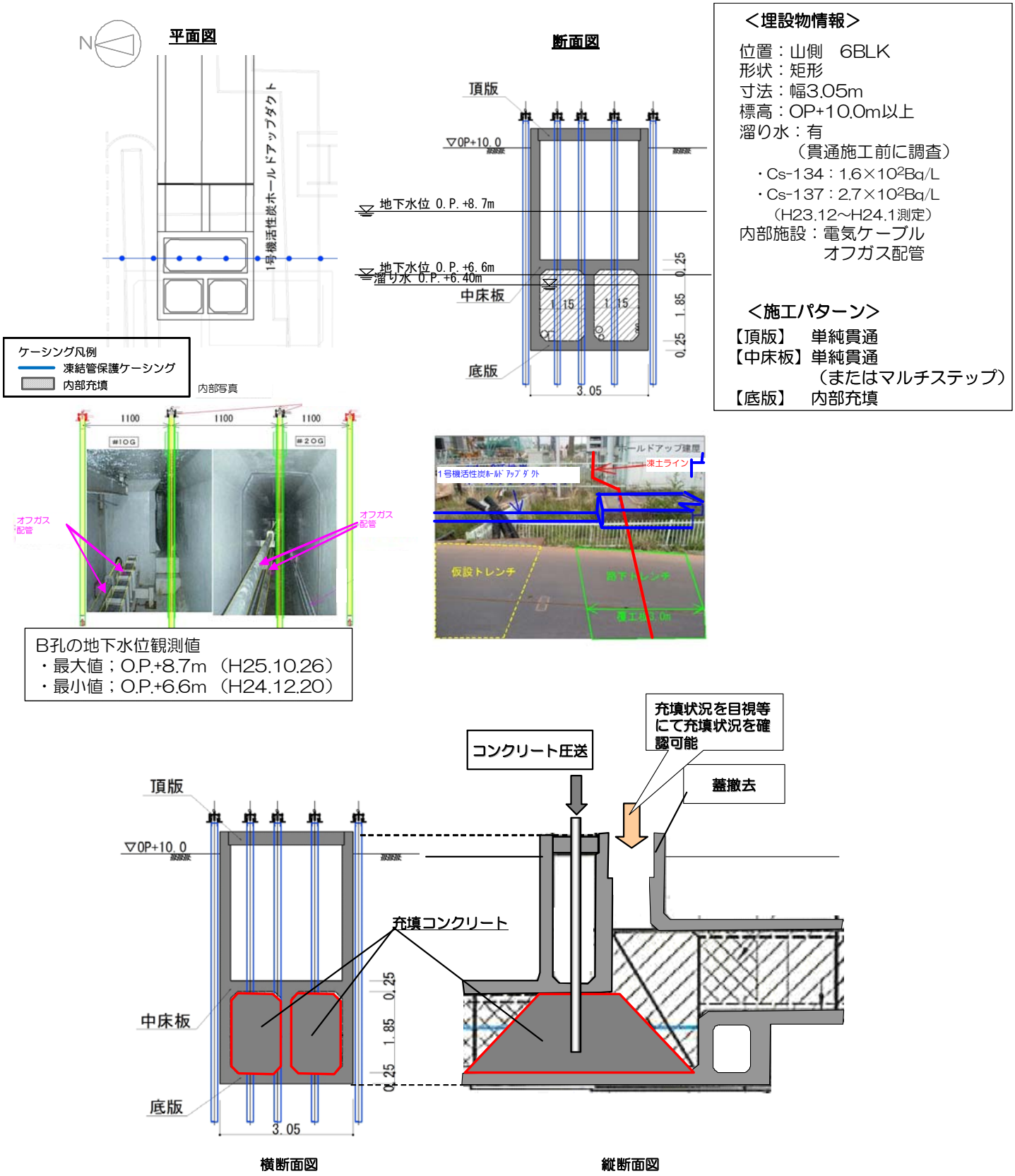


図１４－８　【５－２】２号機主変圧器ケーブルダクト 施工方法（貫通施工）



注）貫通施工完了後に補助工法（水中不分離コンクリート等）を用いて第１保護ケーシングと構造物境界面の止水を行う。

図１４－９　【５－３】大芋沢排水路 施工方法（貫通施工）



注）１号機活性炭ホールドアップダクトの下部構造充填コンクリートの打設時には，直ぐ横が立坑構造となっているため，蓋を外して直接目視にて充填状況を確認する。

図１４－１０　【６－２】１号機活性炭ホールドアップダクト 施工方法（貫通施工）

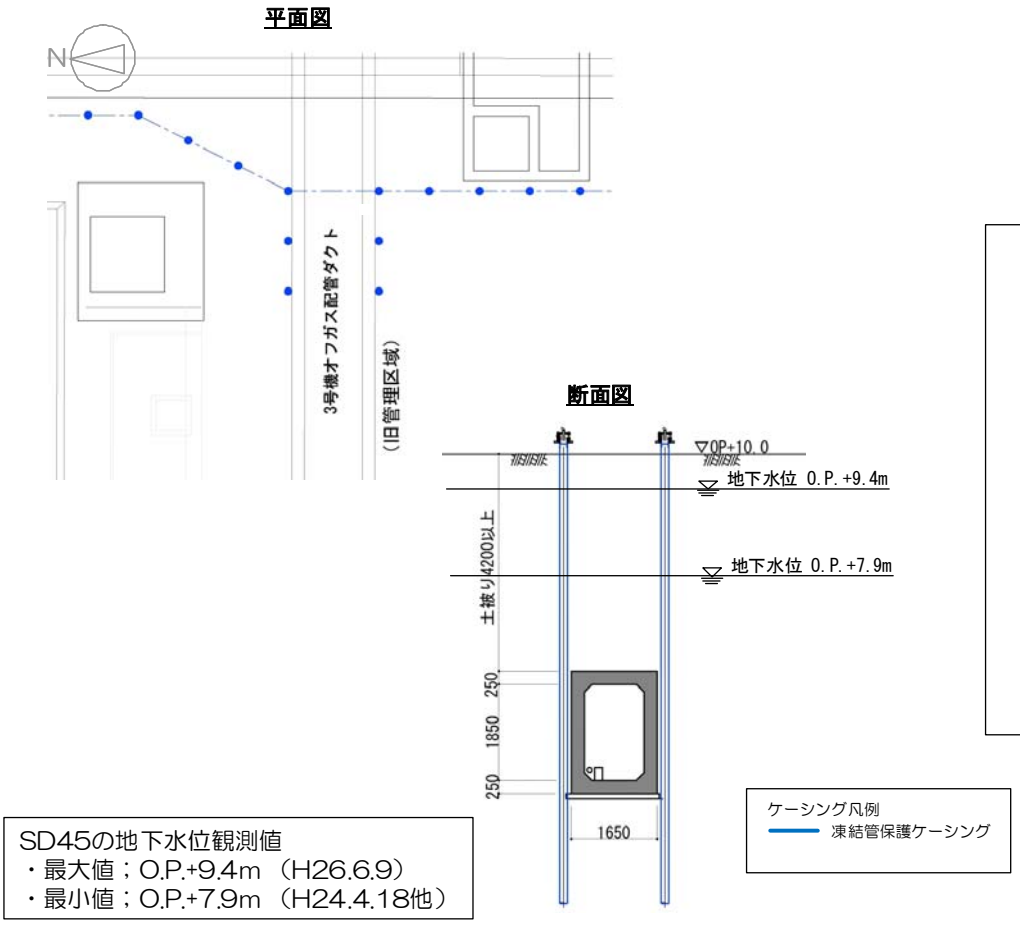


図１４－１１　【６－３】3 号機オフガス配管ダクト（北側） 施工方法（複列施工）

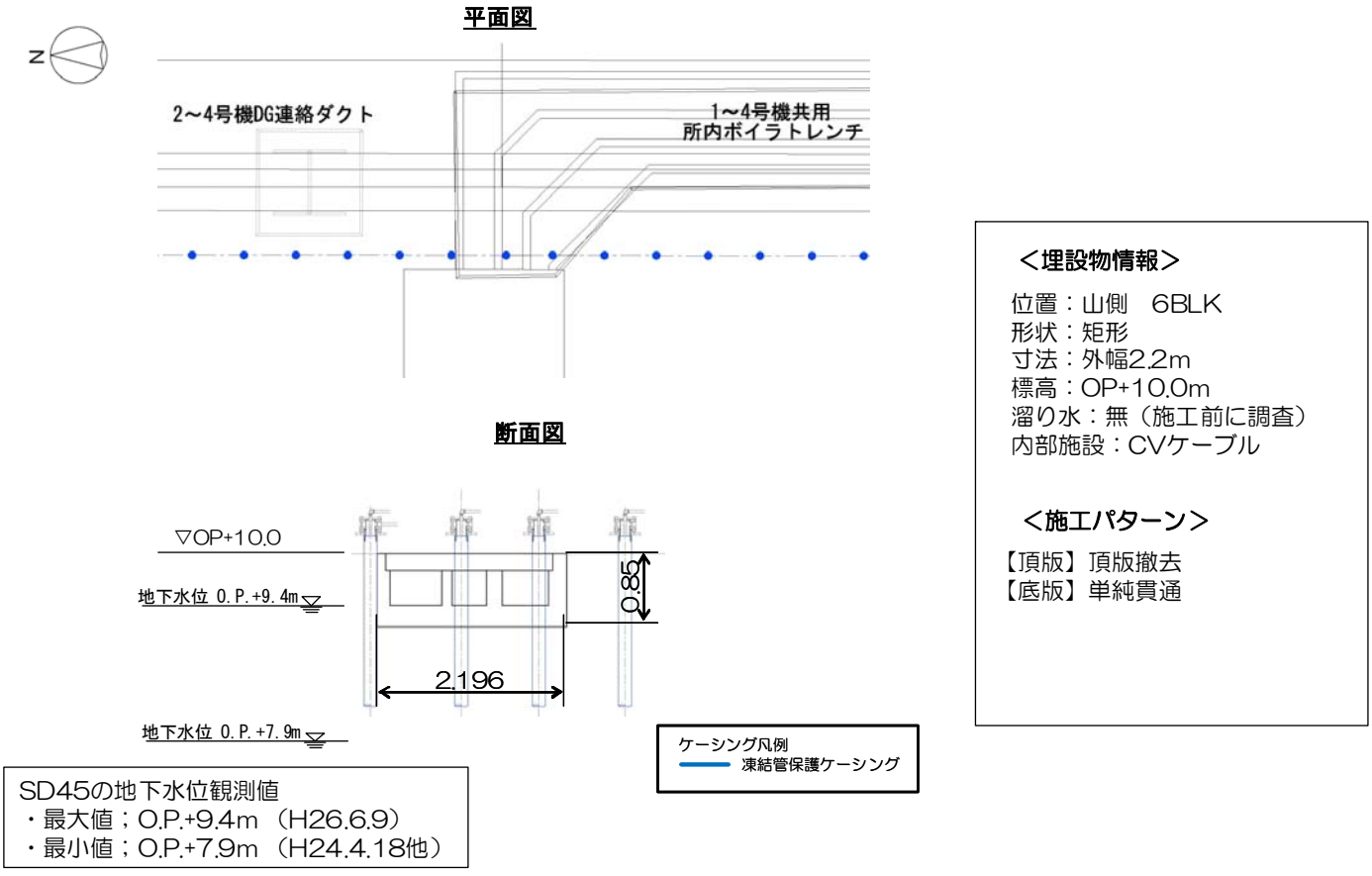
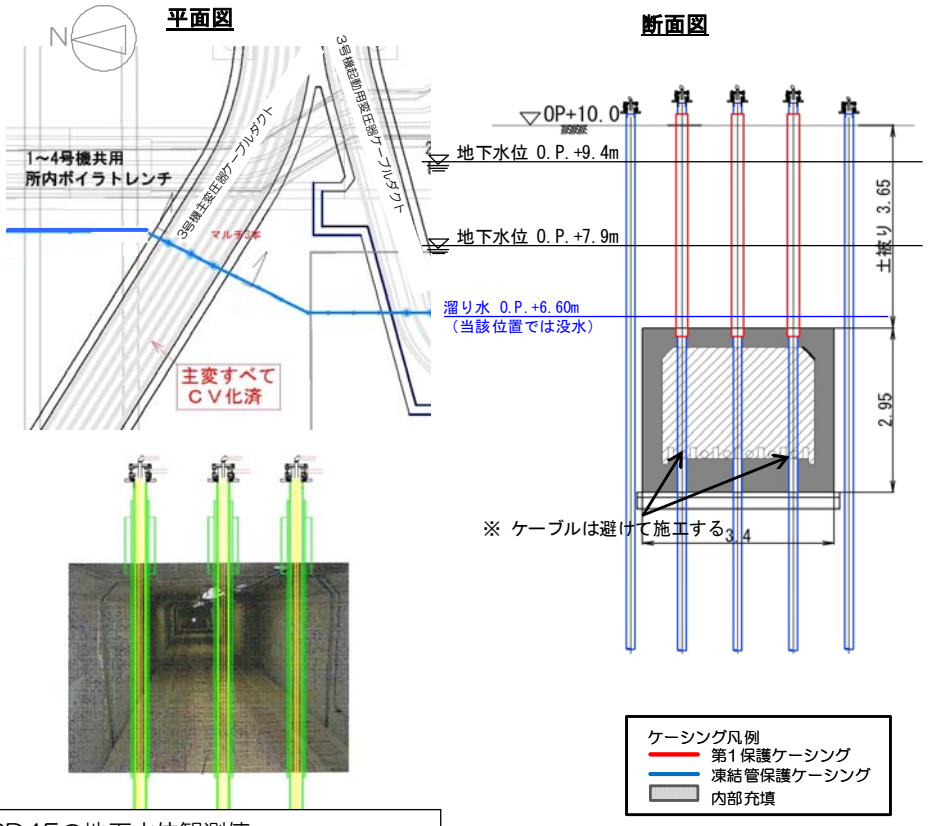


図１４－１２　【６－４】1～4 号機共用所内ボイラトレンチ 施工方法（貫通施工）



＜埋設物情報＞

位置：山側　6BLK
形状：矩形
寸法：幅3.4m
標高：OP+6.35m（天端）
溜り水：有（施工前に調査）
・Cs-134：1.4×10^{3}Bq/L
・Cs-137：1.8×10^{3}Bq/L
（H23.12～H24.1測定）
内部施設：電気ケーブル

＜施工パターン＞

【頂版】マルチステップ
【底版】内部充填

SD45の地下水位観測値
・最大値；O.P.+9.4m（H26.6.9）
・最小値；O.P.+7.9m（H24.4.18他）

図１４－１３　【６－５】3 号機主変圧器ケーブルダクト 施工方法（貫通施工）

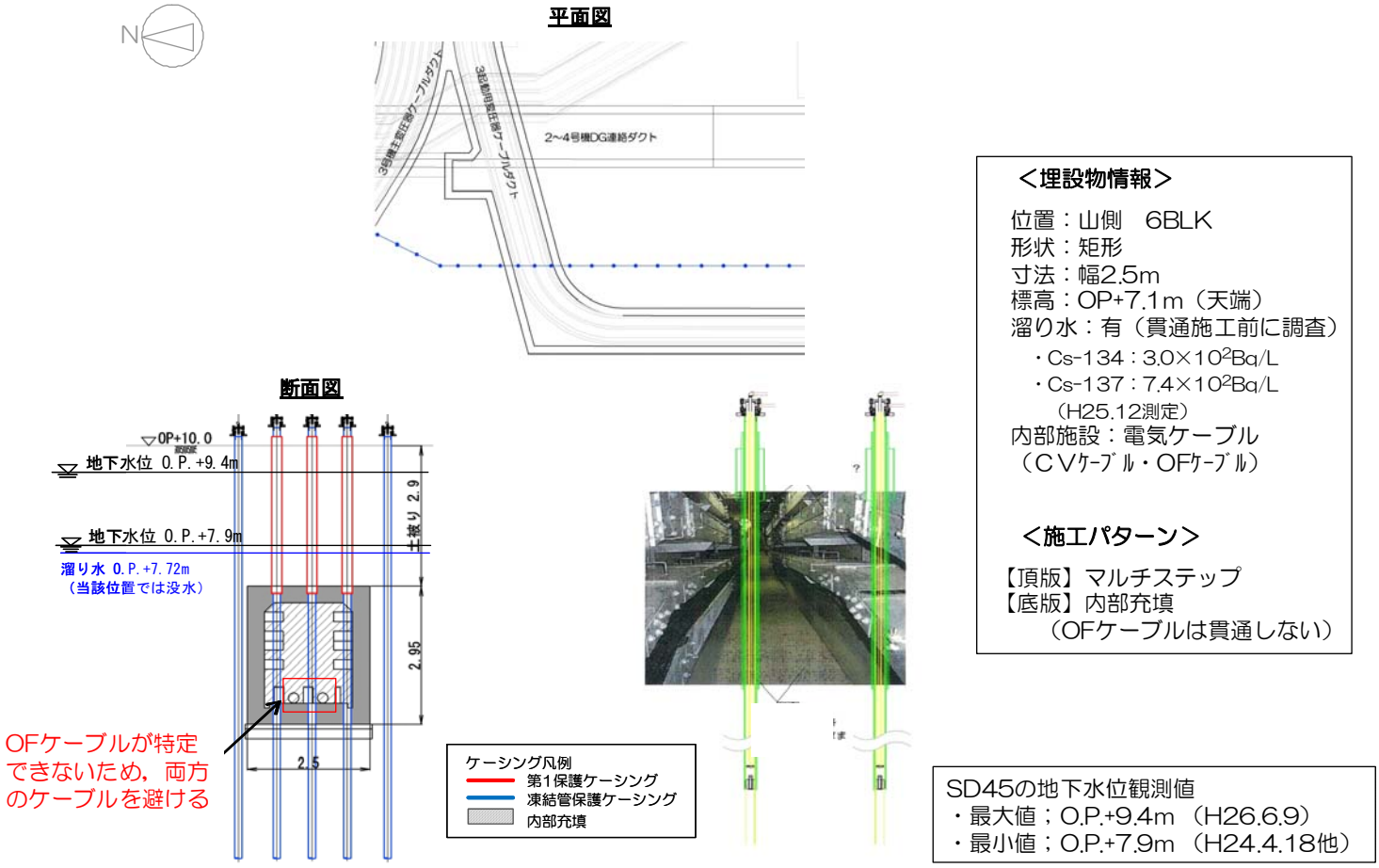


図１４－１４　【６－６】3 号機起動用変圧器ケーブルダクト 施工方法（貫通施工）

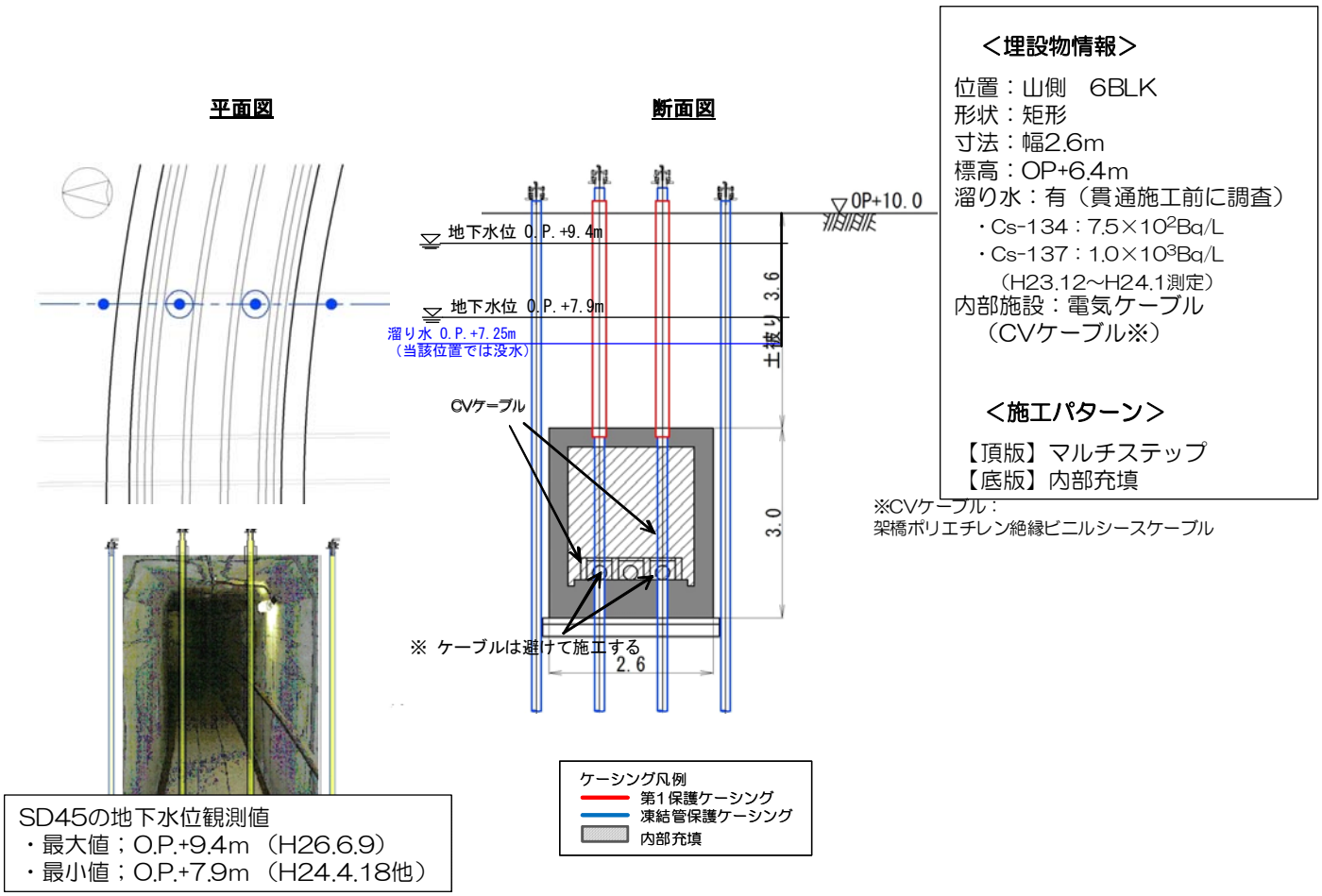


図１４－１５　【６－７】4 号機主変圧器ケーブルダクト 施工方法（貫通施工）

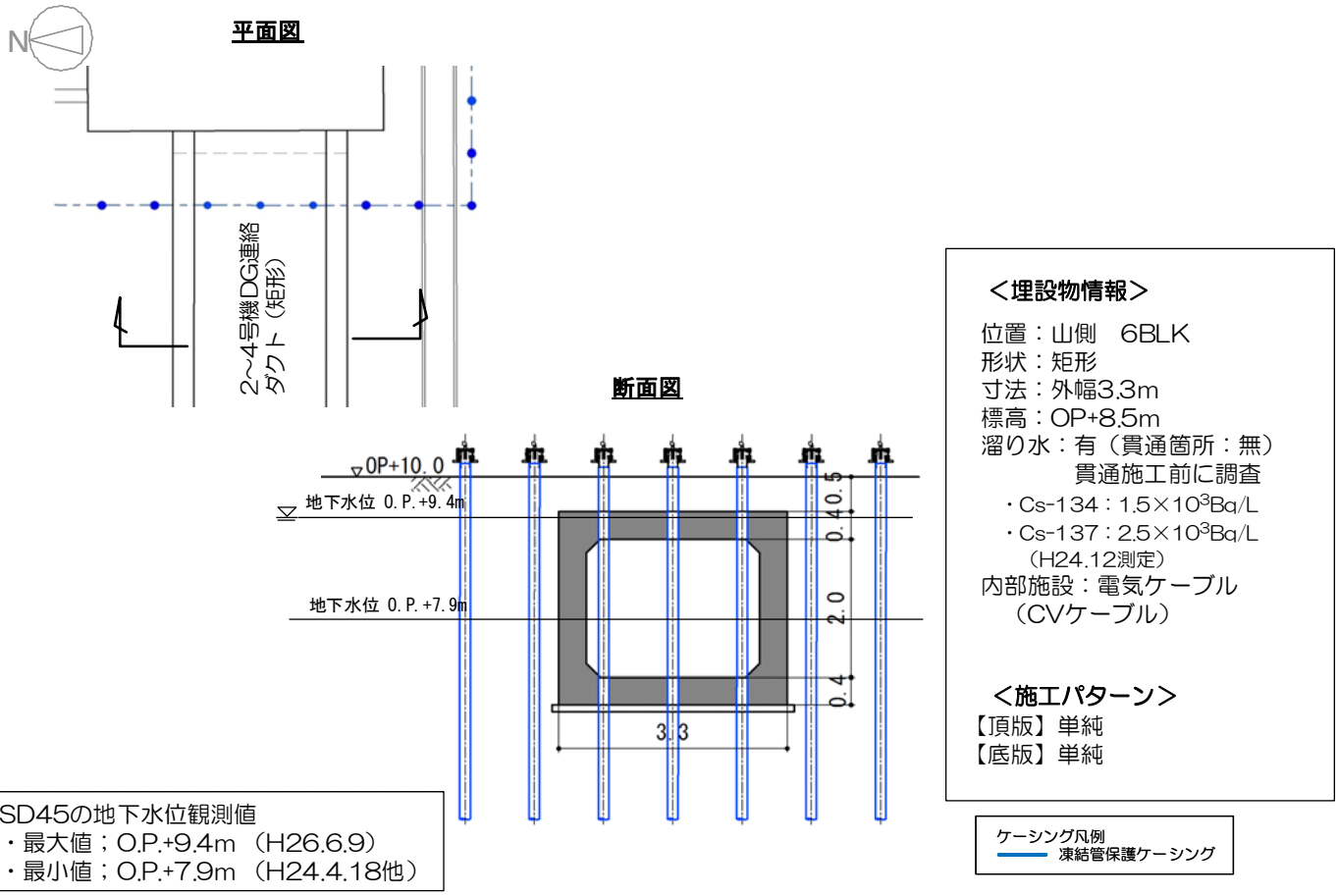


図１４－１６　【６－８】2～4 号機 DG 連絡ダクト① 施工方法（貫通施工）

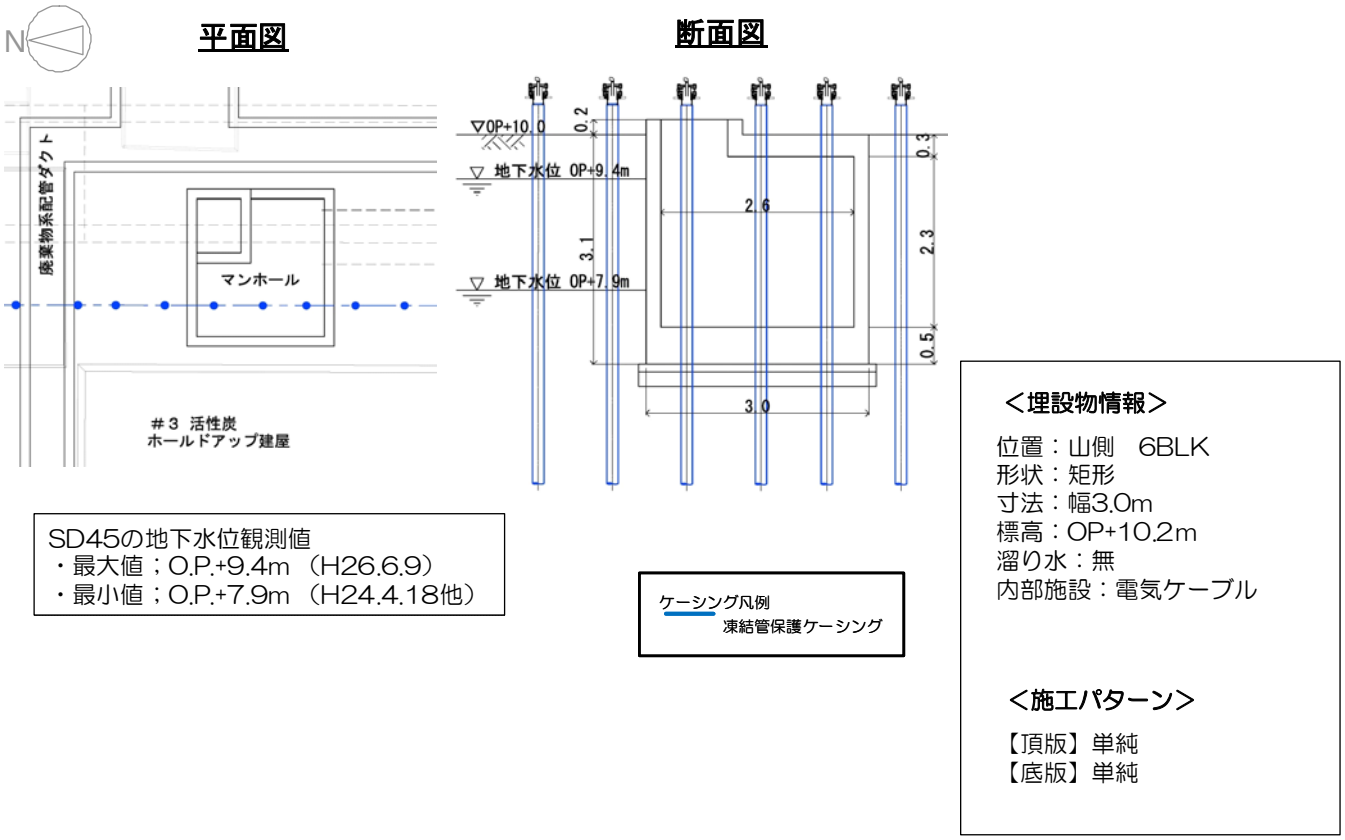


図１４－１７　【６－９】3 号機活性炭ホールドアップ管路 施工方法（貫通施工）

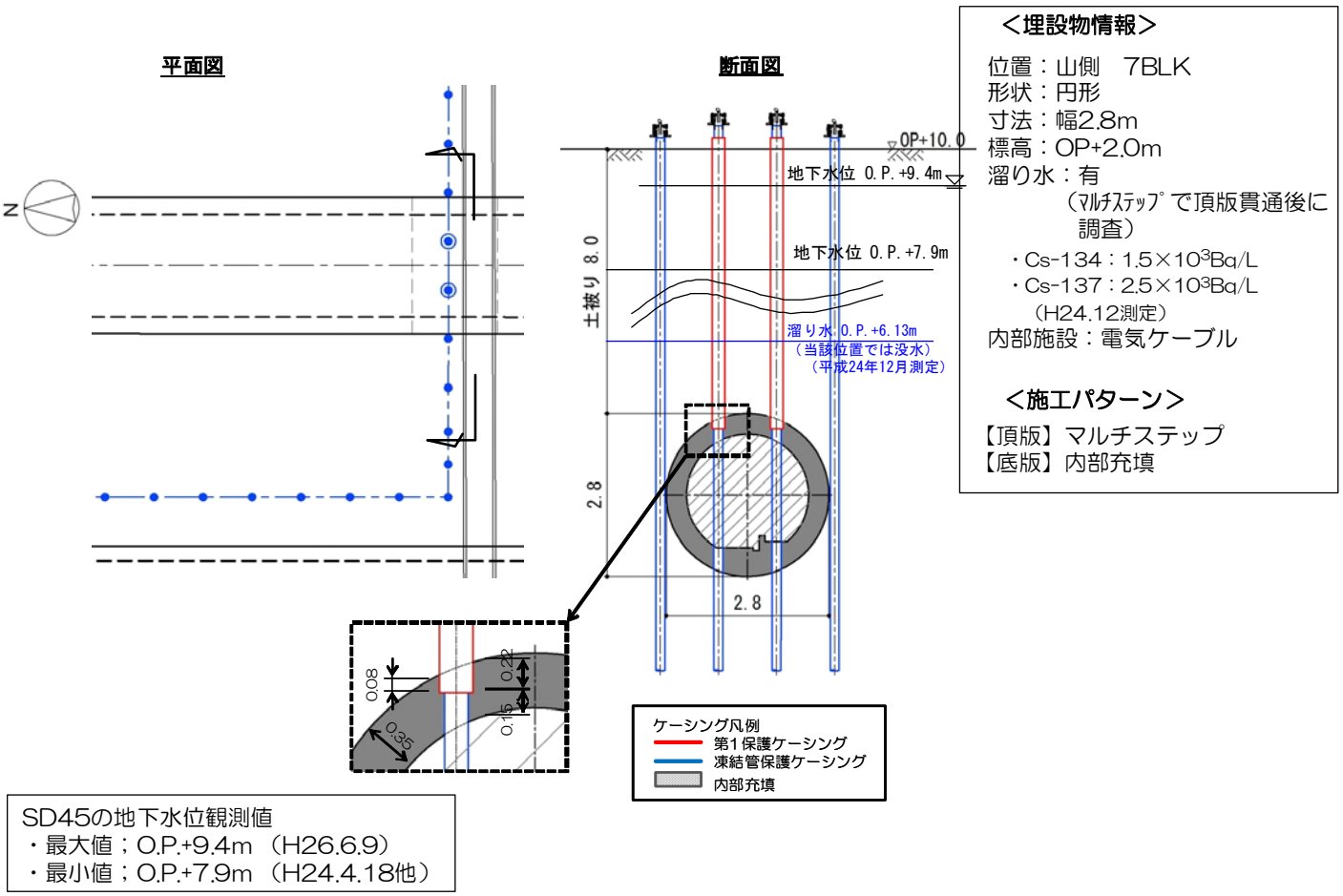


図１４－１８　【７－１】2～4 号機 DG 連絡ダクト② 施工方法（貫通施工）

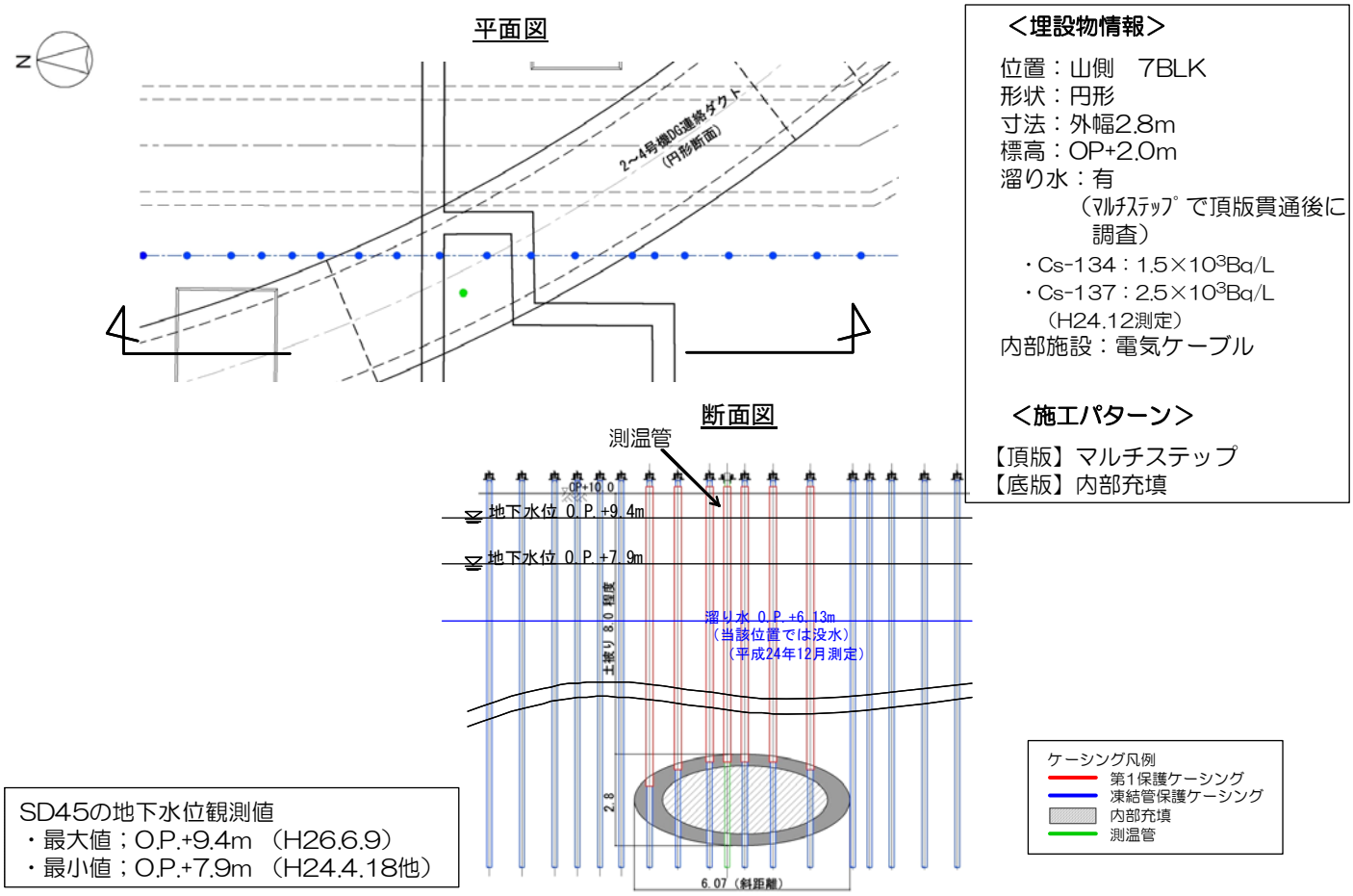
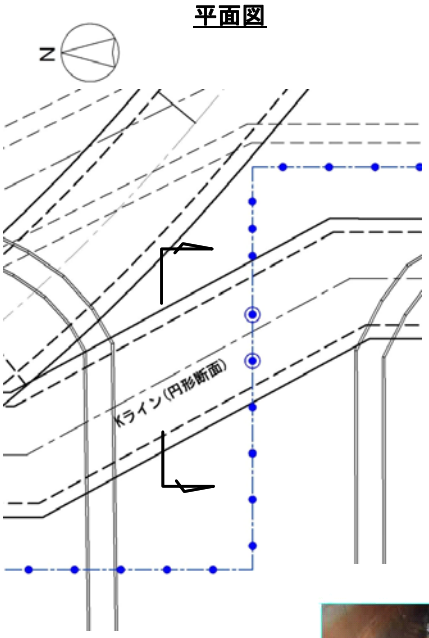
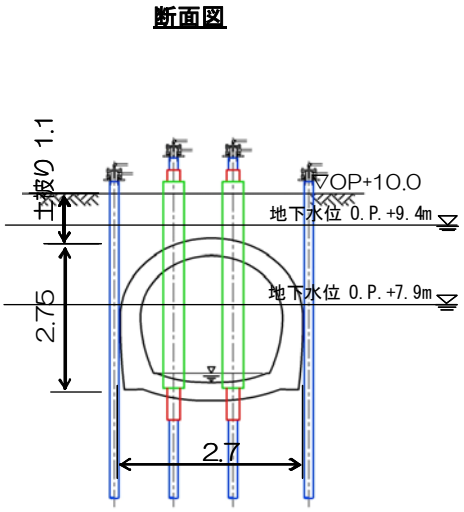


図１４－１９　【７－２】2～4 号機 DG 連絡ダクト③ 施工方法（貫通施工）





排水可能流量は小名浜の３０年確率降雨強度で評価しており，満水になることはほぼ無いものと想定される

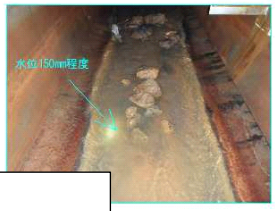
＜埋設物情報＞

位置：山側　7BLK
形状：円形
寸法：外幅2.7m
標高：OP+8.9m（天端）
溜り水：－
内部施設：雨水排水

＜施工パターン＞

【頂版】単純
【底版】マルチステップ
（排水管内部は凍結管に断熱材取付け）

雨水有



内部写真（調査時）



SD45の地下水位観測値
・最大値；O.P.+9.4m（H26.6.9）
・最小値；O.P.+7.9m（H24.4.18他）

ケーシング凡例
第1保護ケーシング
第2保護ケーシング
凍結管保護ケーシング

貫通施工完了後に補助工法（水中不分離コンクリート等）を用いて第１保護ケーシングと構造物境界面の止水を行う。

図１４－２０　【７－３】K排水路② 施工方法（貫通施工）

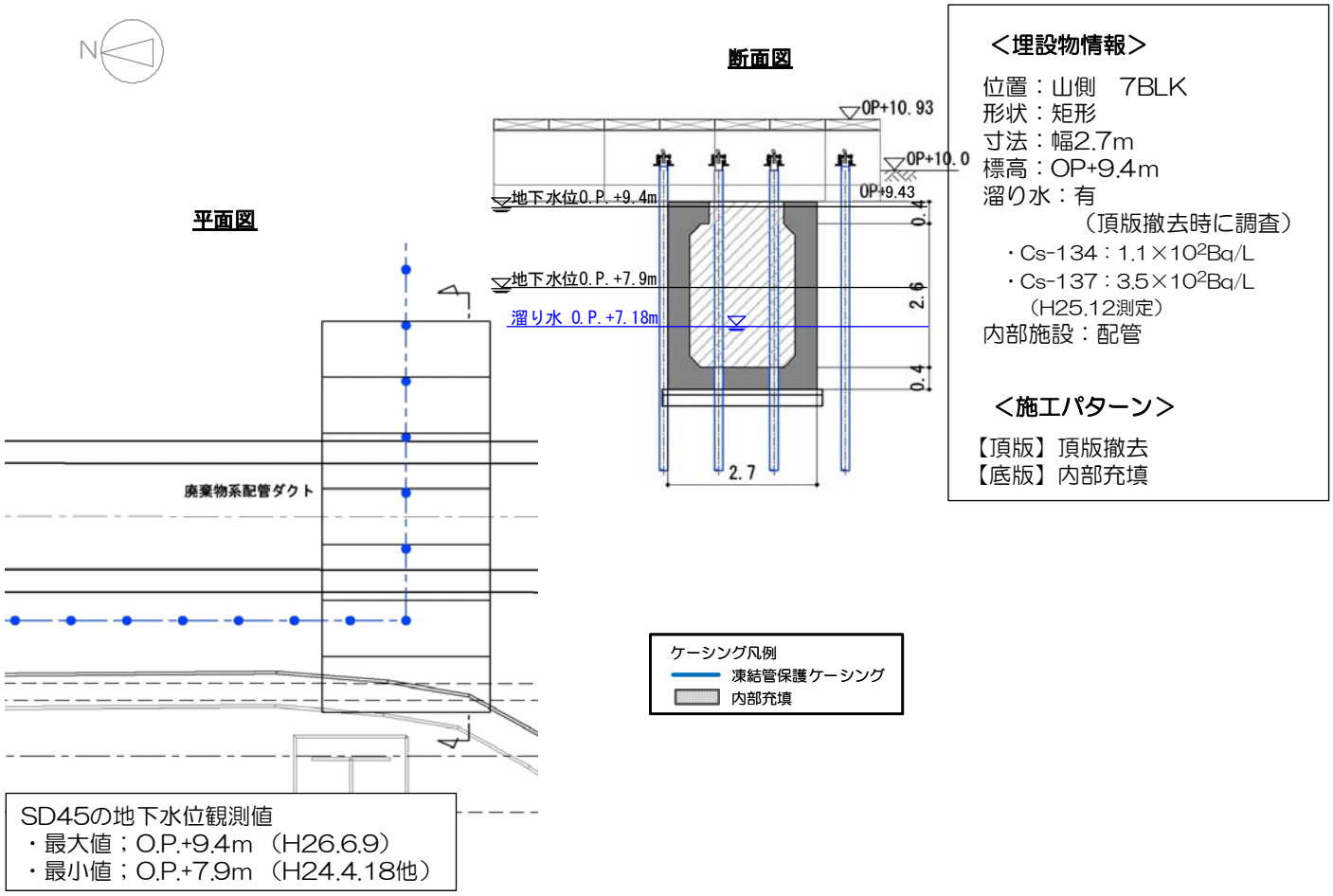


図１４－２１　【７－４】廃棄物系共通配管ダクト① 施工方法（貫通施工）

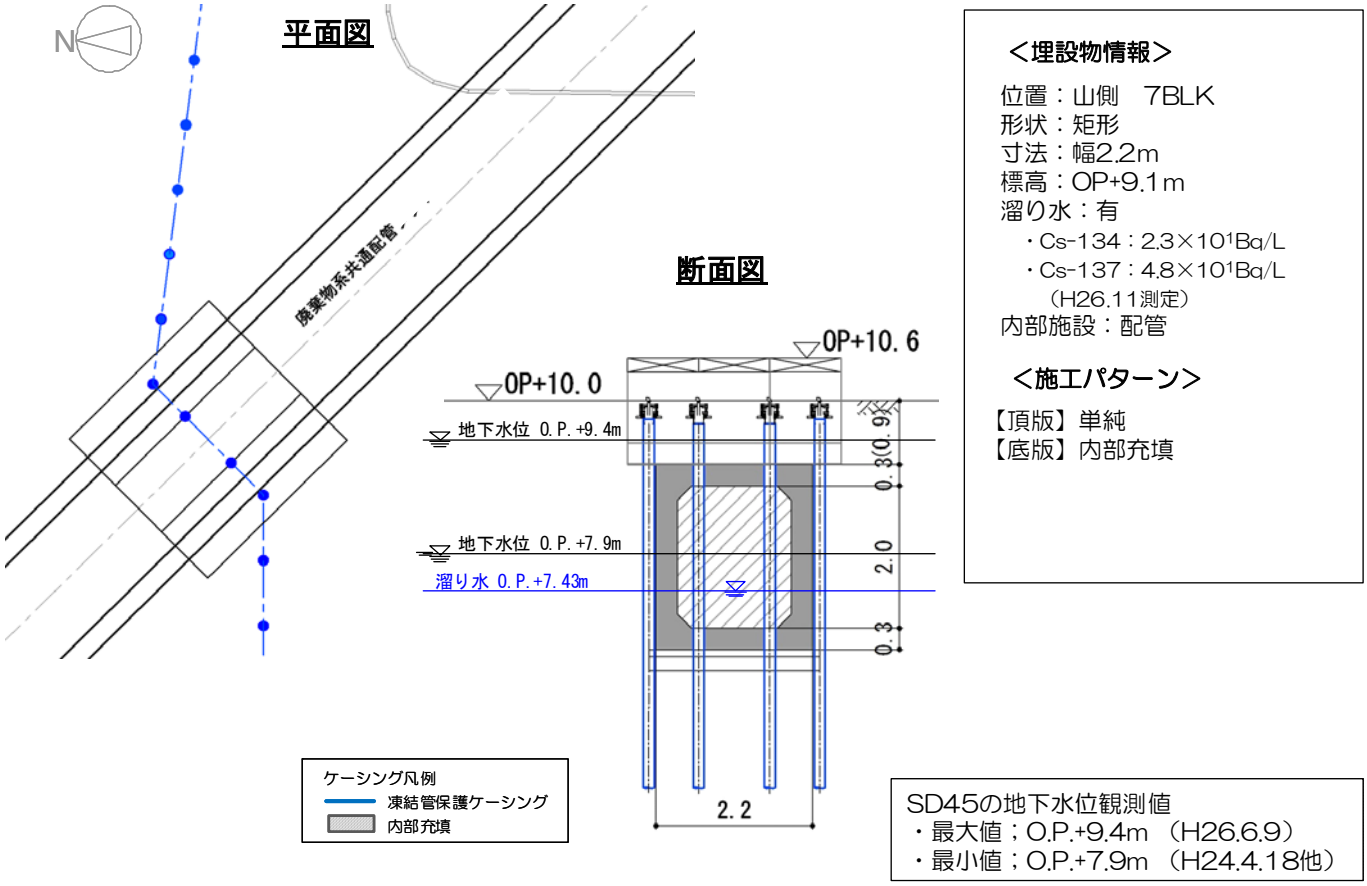


図１４－２２　【７－５】廃棄物系共通配管ダクト② 施工方法（貫通施工）

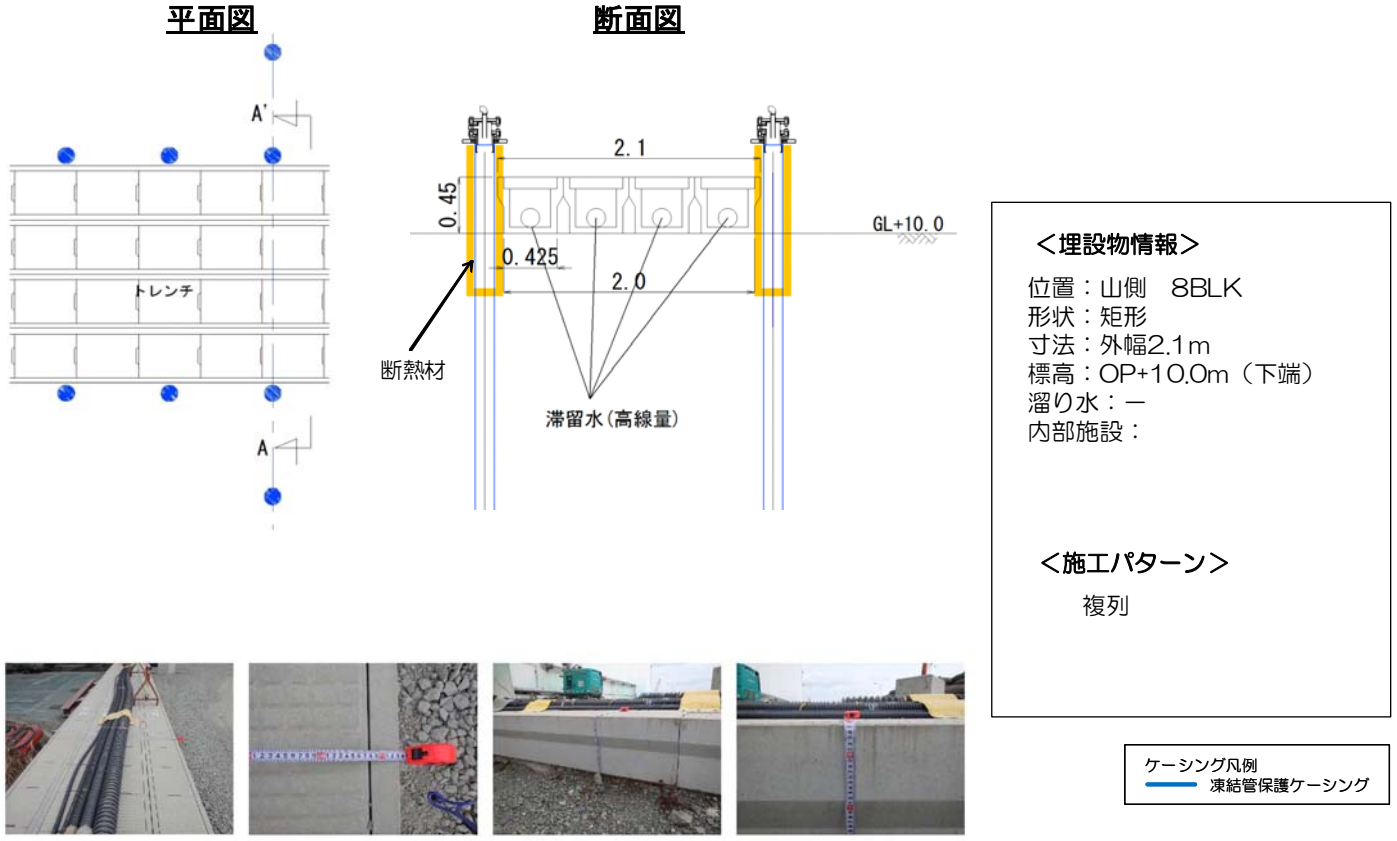


図１４－２３　【８－１】滞留水移送管 施工方法（複列施工）

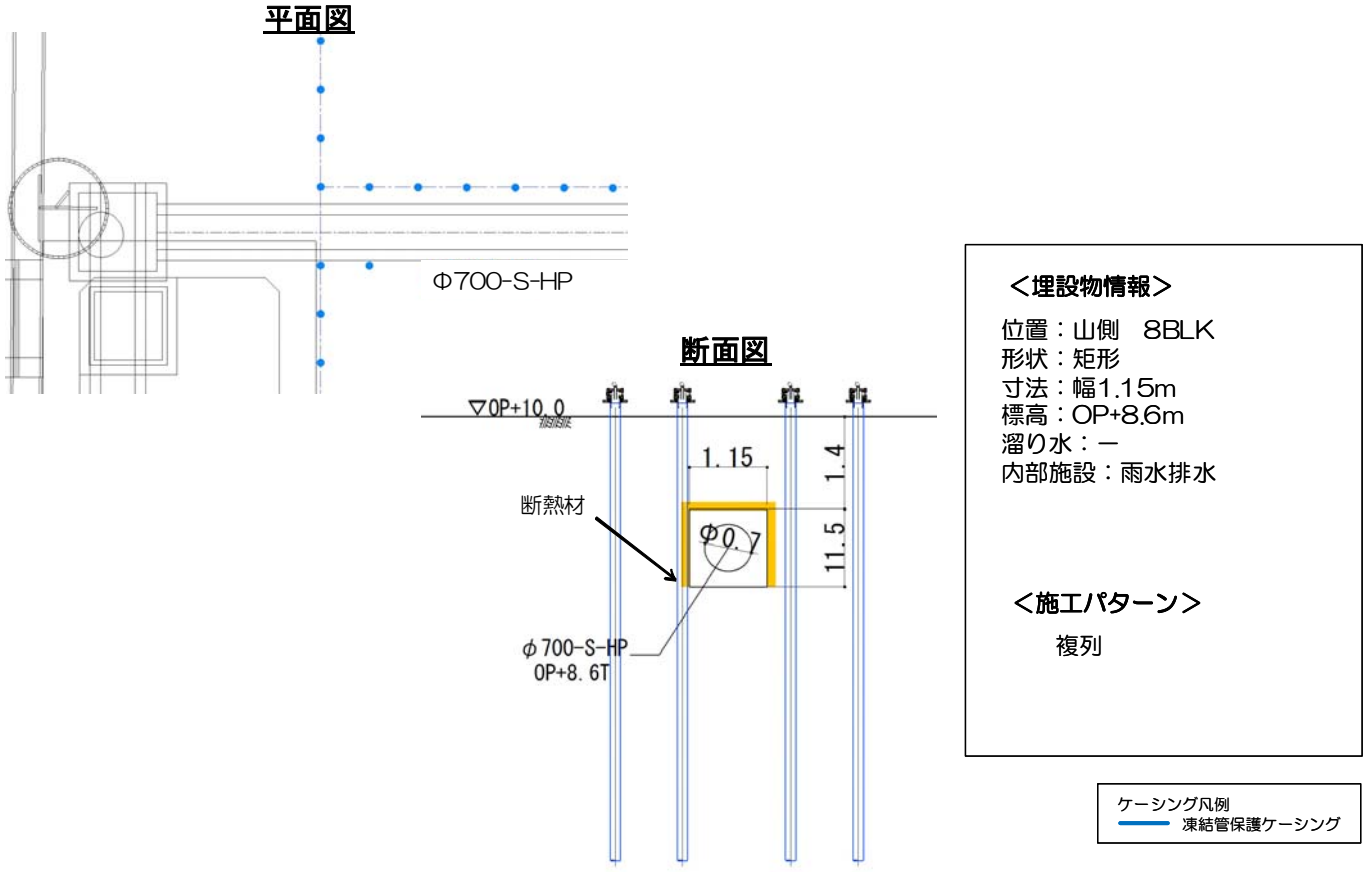


図１４－２４　【８－２】排水ヒューム管② 施工方法（複列施工）

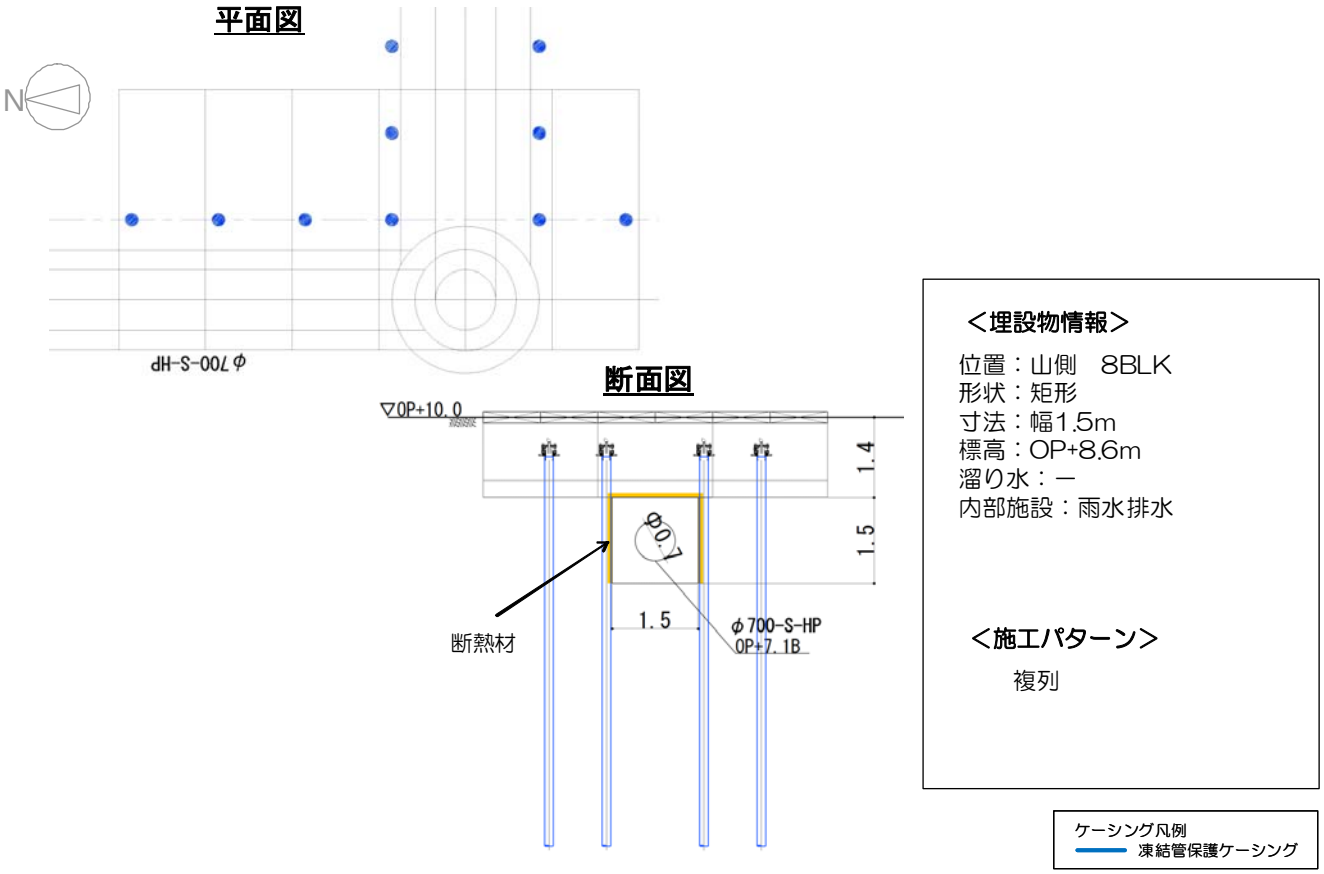


図１４－２５　【９－１】排水ヒューム管③ 施工方法（複列施工）

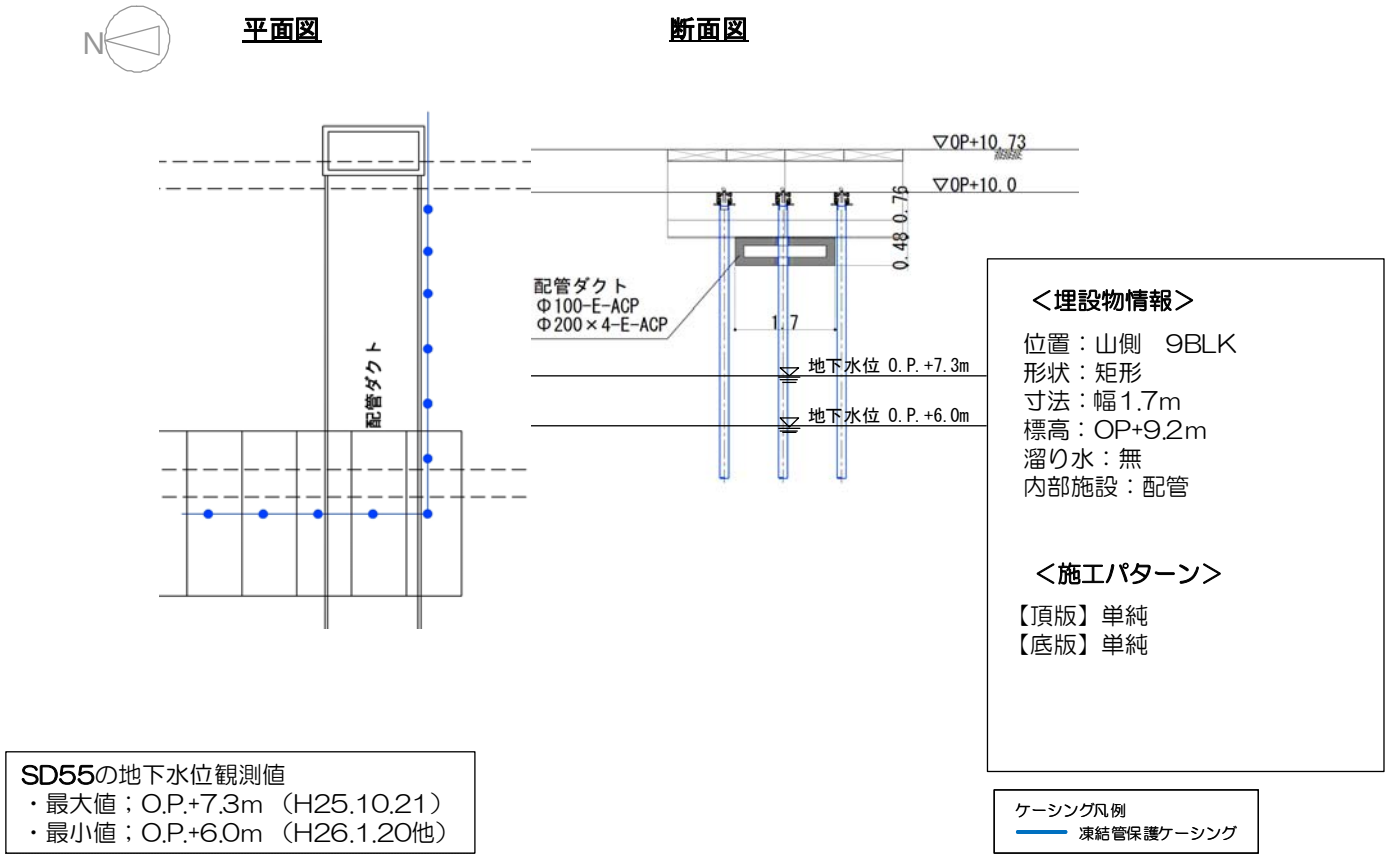


図１４－２６　【９－２】配管ダクト 施工方法（貫通施工）

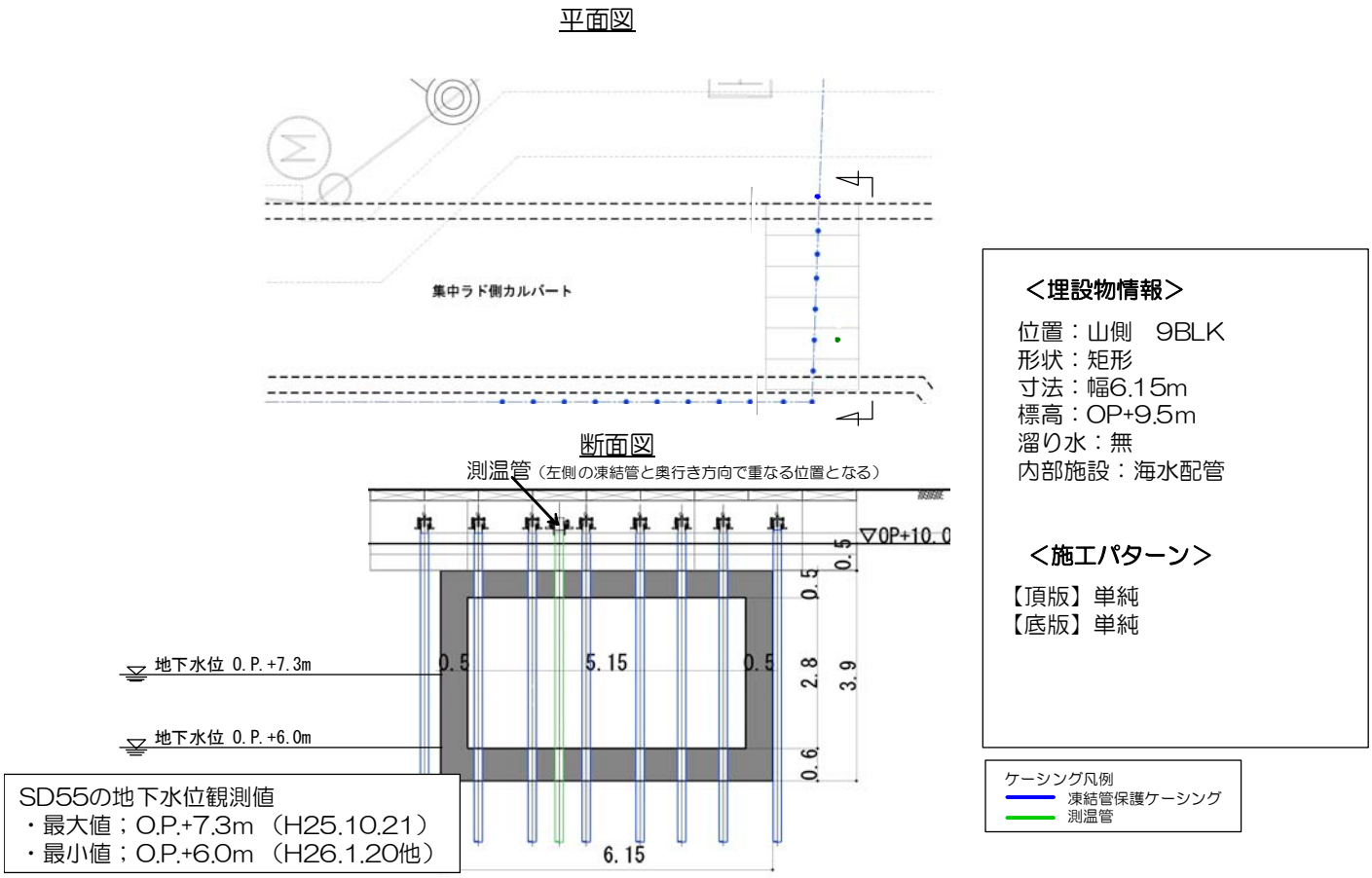


図１４－２７　【９－３】集中ラド側カルバート 施工方法（貫通施工）

３次元解析の結果では，建屋周辺（10m盤，山側）の中粒砂岩層の水位は2～4%程度の勾配で山から海に向かって低下している。

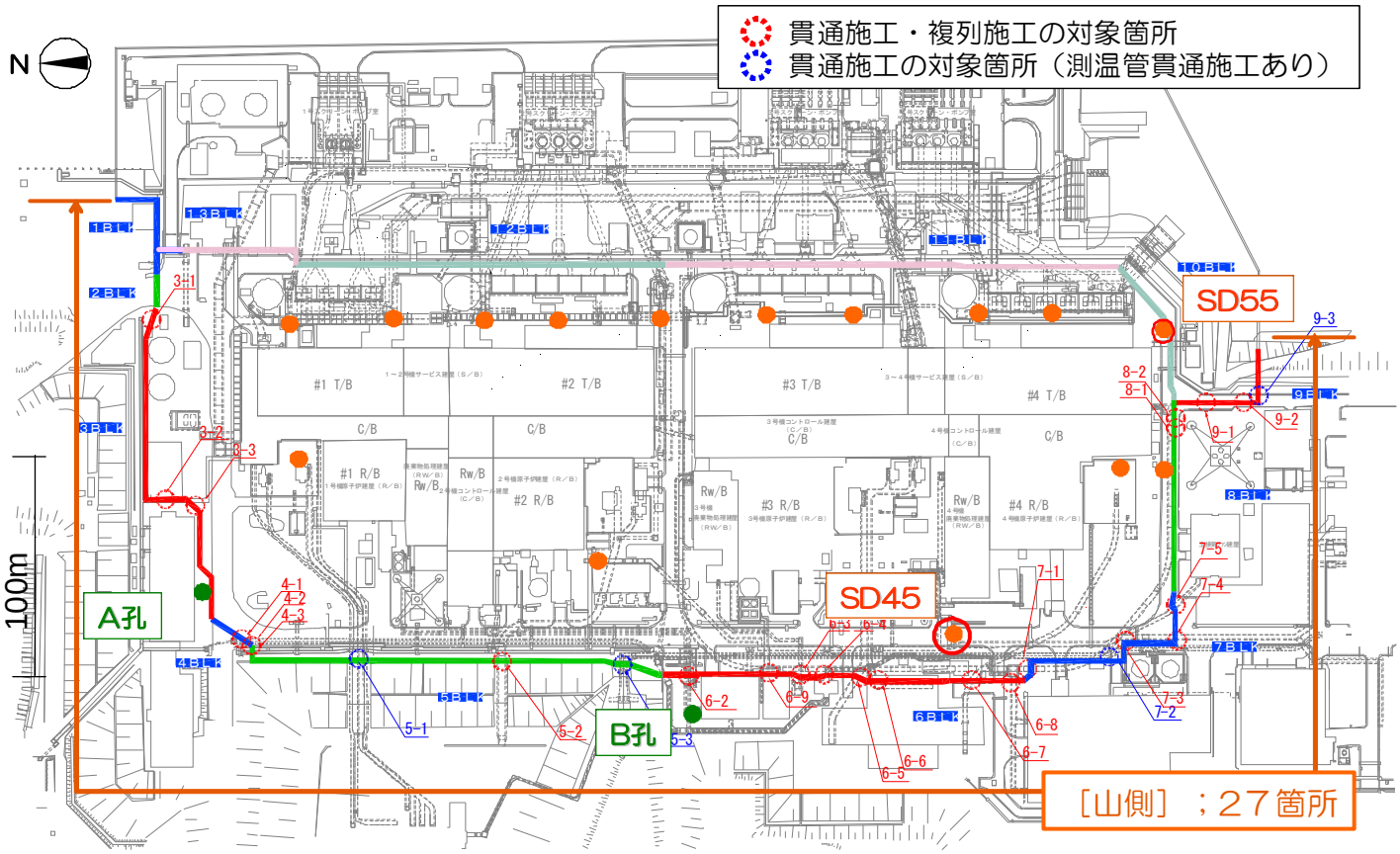
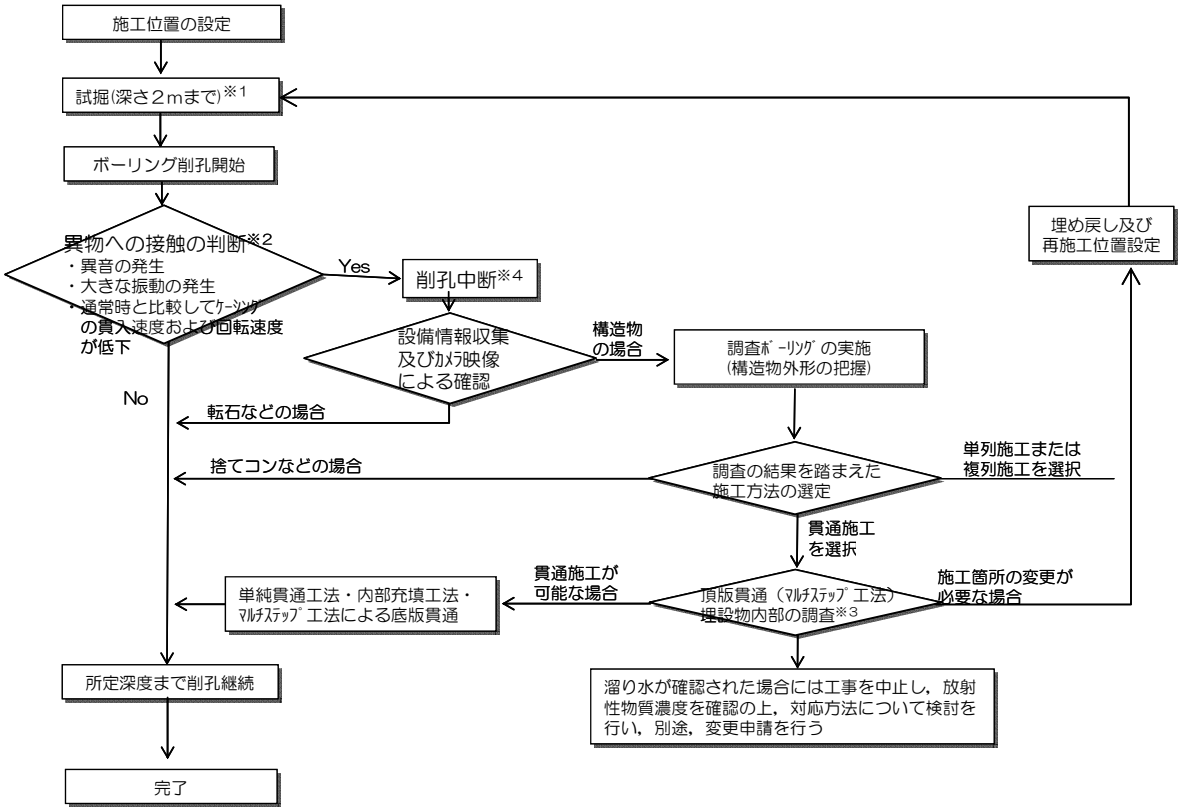


図１４－２８　凍土壁ライン近傍のサブドレン・地下水位観測孔　配置図

7　不明埋設物への対応

ボーリング削孔中に「異音が発生する」,「大きな振動が発生する」等により，図面にない不明な埋設物が確認された場合は削孔を中断し,カメラ等により埋設物の状況の確認等を行った上で，適切な施工方法を選定，または，施工位置の移動等を行う。



※１　旧地盤面から深さ２ｍまで試掘することにより，東日本大震災以降に設置した電源ケーブル等の確認を行う。この試掘により，削孔作業において比較的容易に損傷する可能性が想定される埋設物（直接埋設された配管・ケーブル等）については，その位置・規模を全て特定出来る。2m 以深の埋設物のうち，建屋と連通している埋設物については，基本的には図面等で確認済みであり，不明埋設物の多くが建屋建設当時の残置物（配管・ガレキ・仮設物基礎　等 ）であると想定している。

※２　「異物への接触の判断」は，削孔深度が所定の深度に達するまで，異物への接触の都度に行う。

※３　ｶﾒﾗ映像による内容物確認および水質調査

※４　万が一，不明埋設物を誤って破損した際には，溜り水が有る場合には水の放射性物質濃度を確認する。並行して「不明物対処確認委員会」で不明埋設物の同定・対応方法について検討する。

図１５　不明埋設物への対応フロー

以　上

海側ライン上の埋設物に対する施工時の考慮

1　はじめに

凍土遮水壁は，地盤中に凍結管を約１m間隔で設置し，凍結管内に-30℃のブライン（冷却材）を循環させて凍結管周囲の地盤を凍結して造成する。海側ライン上の埋設物周辺の施工にあたっては，埋設物を図面・試掘・現地調査で確認し，構造形式，内容物，埋設物内部の状況を整理した上で，埋設物の幅・機能に応じて，適切な施工方法を選定する。なお，海側ライン上の埋設物のうち，１号機放水管，２～４号機海水配管トレンチ，２号機放水管①，３号機放水管①，３号機取水電源ケーブル管路との干渉箇所の施工については，別途実施計画変更に反映する。

1.1　凍土遮水壁の施工手順

「添付資料－１４　別添－２　1.1　凍土遮水壁の施工手順」に示す通り。

1.2　埋設物の種類

建屋周辺の地盤中には，建屋間を連絡する電気・通信ケーブルや配管を内包するトレンチや取水管，放水管等の埋設物が存在する。

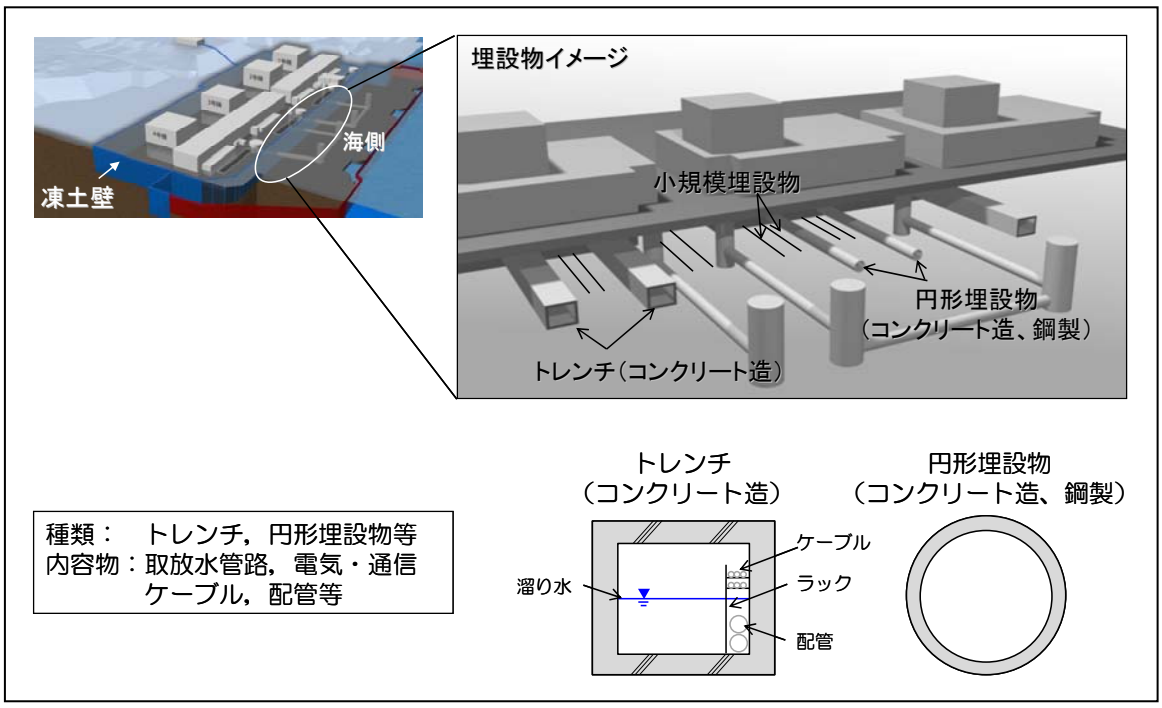


図１　埋設物のイメージ

2　埋設物に対する施工方法

「添付資料－１４　別添－２　２　埋設物に対する施工方法」に示す通り。

3　貫通施工の基本方針

3.1　貫通施工の種類とパターン

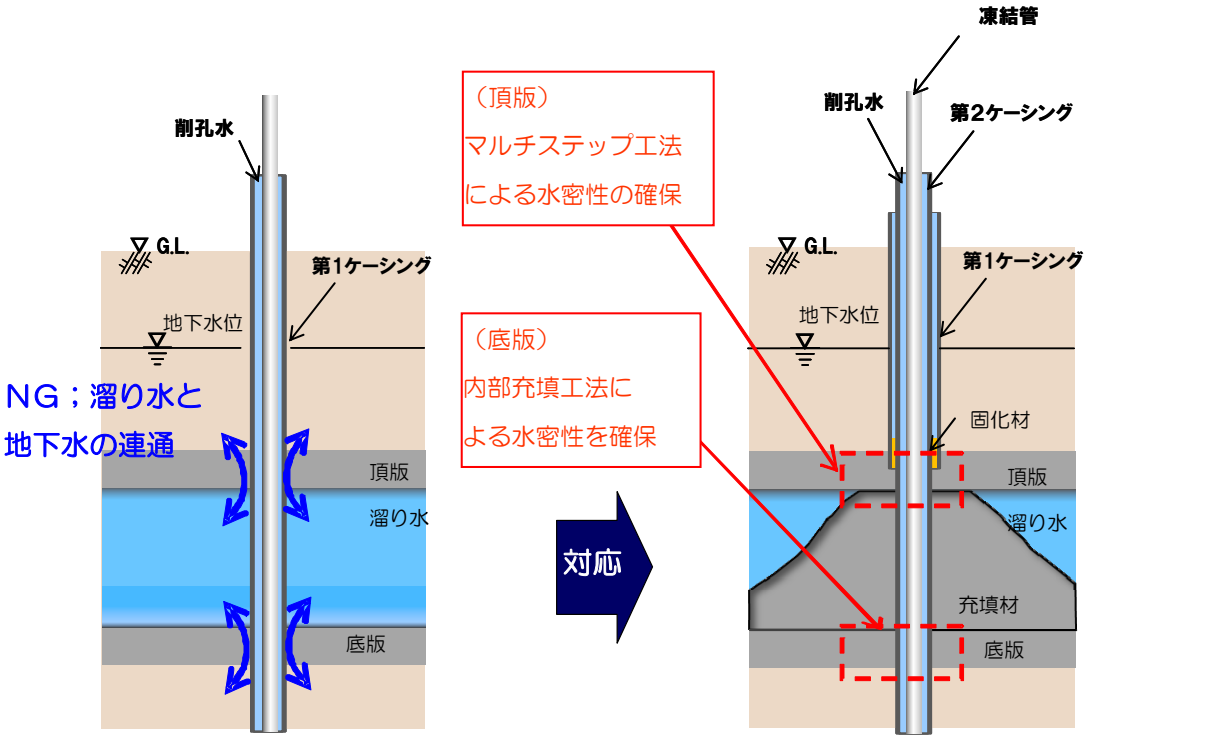
「添付資料－１４　別添－２　3.1　貫通施工の種類とパターン」に示す通り。

3.2　貫通施工における水密性の確保

3.2.1　貫通施工時の留意事項

貫通施工を行う際には，以下について留意する。

留意事項	対応
埋設物内の溜り水と地下水の連通の防止	水密性の確保（内部充填工法・マルチステップ工法の適用）
重油配管，軽油配管および薬品配管や運用中の通信・制御ケーブルの損傷の防止	・重油配管，軽油配管および薬品配管；トレンチ内の位置確認，防護・離隔確保 ・通信・制御ケーブル；図面・現地確認により使用状況を確認，必要に応じて移動



止水対策（水密性確保）を実施しない場合

注）頂版マルチステップ・底版内部充填工法のケース

止水対策（水密性確保）を実施する場合

マルチステップ工法における水密性確保に関する成立性確認

マルチステップ工法による埋設物頂版・底版貫通施工時の水密性確保については，資源エネルギー庁公募「平成 25 年度発電用原子炉等廃炉・安全技術基盤整備事業（地下水の流入抑制のための凍土方式による遮水技術に関するフィージビリティ・スタディ事業）」により成立性が確認されている。

図２　貫通施工時の留意事項

3.2.2　貫通施工の施工パターン

「添付資料－１４　別添－２　3.2.2　貫通施工の施工パターン」に示す施工パターンおよび以下を用いて施工する。

(1)頂版マルチステップ・底版内部充填工法（鋼管）

埋設物が鋼製の管路で，周辺の地下水位が頂版より高い場合，または，貫通箇所の溜り水が被圧されている場合に適用する。

3.3.1　頂版マルチステップ・底版内部充填工法（鋼管）

頂版マルチステップ・底版内部充填工法（鋼管）の施工手順を図３に示す。

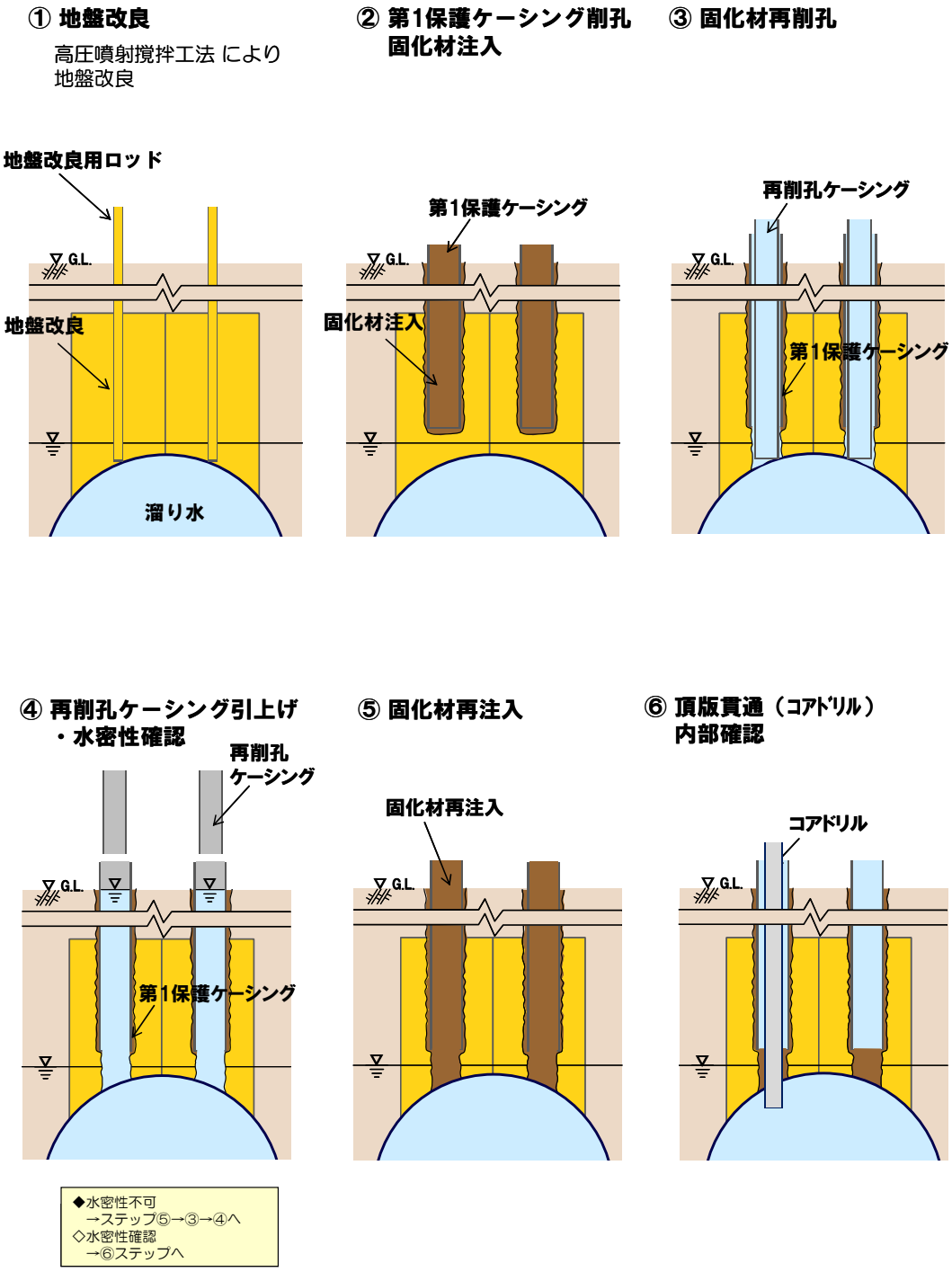
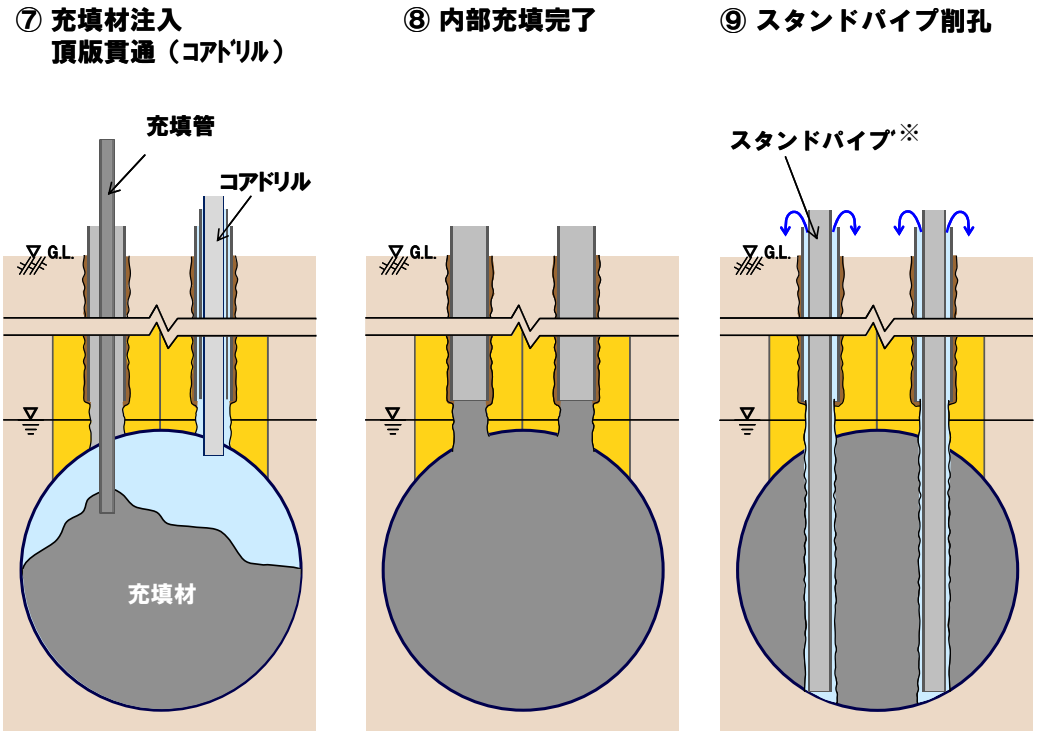


図３　頂版マルチステップ・底版内部充填工法（鉄管）の施工手順（１）



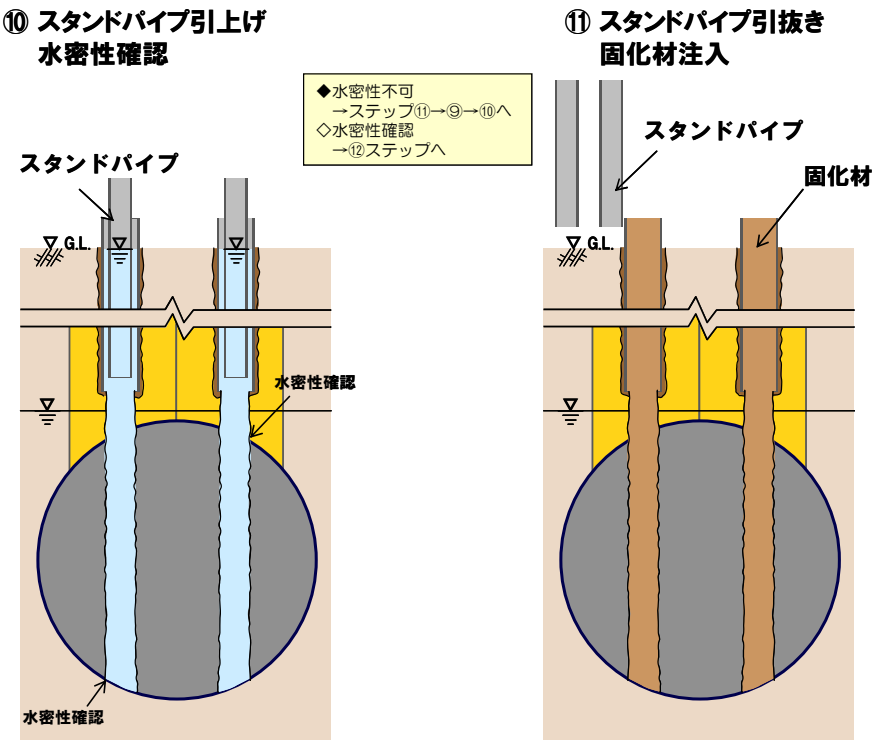


図３　頂版マルチステップ・底版内部充填工法（鉄管）の施工手順（２）

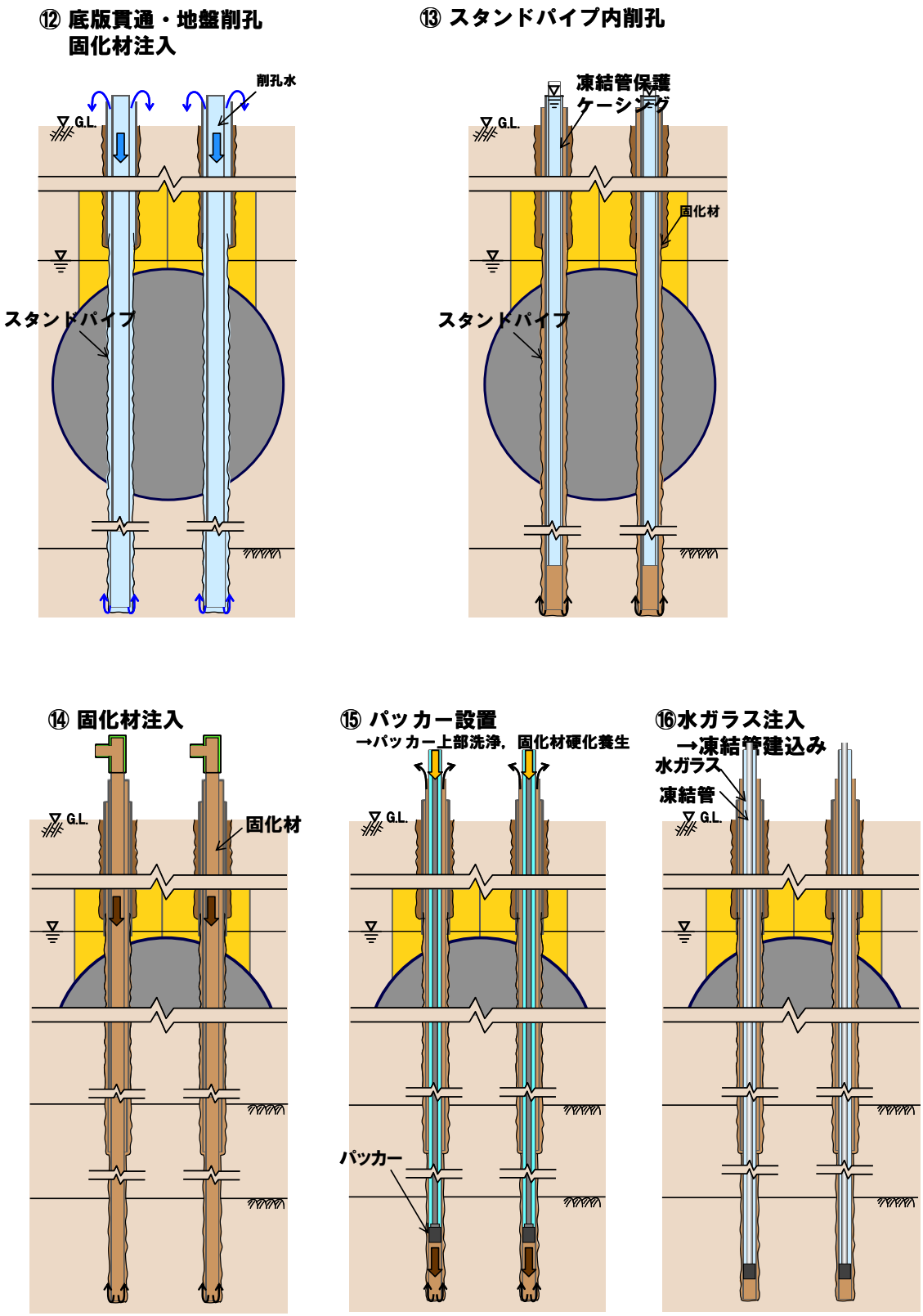


図３　頂版マルチステップ・底版内部充填工法の施工手順（３）

3.3.2　施工後の貫通箇所の水密性確認

貫通施工前後に埋設構造物内の溜り水の水位を測定し,水位変化から貫通箇所の漏えい有無を確認する。漏えいが確認された場合は，別途変更申請を行う。

＜施工後の確認時期＞;各年実施する「福島原子力発電所　１～４号機トレンチ等内滞留水の点検」に，貫通施工を対象とする埋設物を追加して確認

4　凍結防止措置

「添付資料－１４　別添－２　4　凍結防止措置」に示す通り。

5　海側ライン上の貫通施工の対象箇所

海側ライン上の凍結管（測温管含む）の貫通施工の対象箇所を図４，表１に示す。また，それぞれ箇所での施工方法を図７に示す。

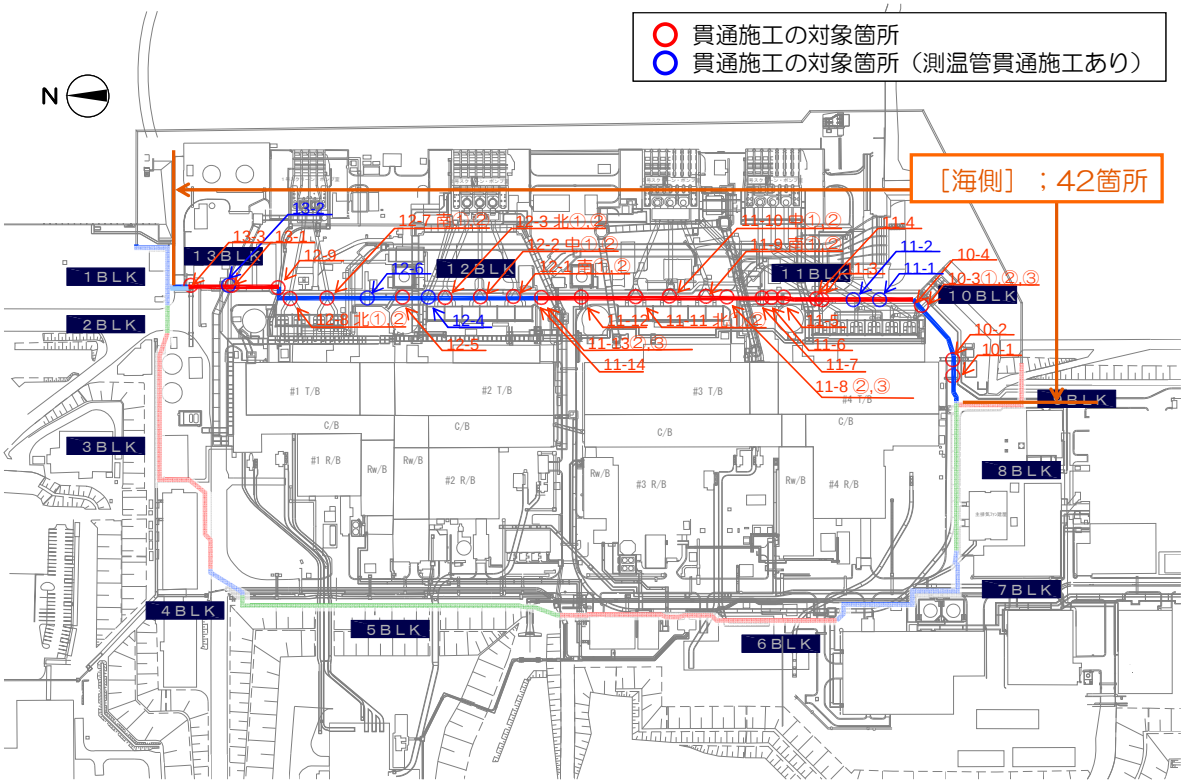


図４　貫通施工の対象箇所

表１　貫通施工の対象箇所

		構造物名	溜り水調査※3		貫通施工箇所での溜り水※3		調査時期	施工パターン	備考
			溜り水※2の有無	溜り水※1の区分	有無	自由水面・被圧			
10BLK	10-1	消火配管トレンチ（4号機南側）	無	—	無	—	H26.9	（頂版）頂版撤去 （底版）単純	
	10-2	4号機薬品タンク連絡ダクト	無	—	無	—	H26.9	（頂版）頂版撤去 （底版）単純	
	10-3	4号機放水管①	有	C	有	被圧	H26.9	（頂版）マルチステップ （底版）内部充填	
		4号機放水管②	有	C	有	被圧	H26.9	（頂版）マルチステップ （底版）内部充填	
		4号機放水管③	有	C	有	被圧	H26.9	（頂版）マルチステップ （底版）内部充填	
	10-4	4号機海水配管（SW）埋設ダクト	無	—	無	—	H26.10	（頂版）単純 （底版）単純	
11BLK	11-1	4号機取水管-南	無	—	無	—	H26.9	（頂部）単純 （底部）単純	測温管貫通施工あり
	11-2	4号機取水管-中	無	—	無	—	H26.9	（頂部）単純 （底部）単純	測温管貫通施工あり
	11-3	4号機取水管-北	無	—	無	—	H26.9	（頂部）単純 （底部）単純	
	11-4	4号機海水配管トレンチ（SW系）	無	—	無	—	H26.9	（頂版）頂版撤去（単純） （底版）単純	
	11-5	4号機別棟機械室連絡トレンチ	無	—	無	—	H26.9	（頂版）頂版撤去 （底版）単純	
	11-6	ストームドレン配管トレンチ	無	—	無	—	H26.9	（頂版）頂版撤去 （底版）単純	
	11-7	3号機薬品タンク連絡ダクト	無	—	無	—	H26.9	（頂版）頂版撤去 （底版）単純	
	11-8	3号機放水管②	有	C	有	自由水面	H26.10	（頂版）マルチステップ （底版）内部充填	
		3号機放水管③	有	C	有	自由水面	H26.10	（頂版）マルチステップ （底版）内部充填	
	11-9	3号機取水管-南①	無	—	無	—	H26.8	（頂部）単純 （底部）単純	
		3号機取水管-南②	無	—	無	—	H26.8	（頂部）単純 （底部）単純	
	11-10	3号機取水管-中①	無	—	無	—	H26.8	（頂部）単純 （底部）単純	
		3号機取水管-中②	無	—	無	—	H26.8	（頂部）単純 （底部）単純	
	11-11	3号機取水管-北①	無	—	無	—	H26.8	（頂部）単純 （底部）単純	
		3号機取水管-北②	無	—	無	—	H26.8	（頂部）単純 （底部）単純	
	11-12	No.2軽油配管トレンチ	無	—	無	—	H26.9	（頂版）頂版撤去（単純） （底版）単純	
	11-13	2号機放水管②	有	C	有	自由水面	H26.10	（頂版）マルチステップ （底版）内部充填	
		2号機放水管③	有	C	有	自由水面	H26.10	（頂版）マルチステップ （底版）内部充填	
	11-14	1～4号機発電機注入用 窒素ガスボンベ室連絡トレンチ	無	—	無	—	H26.10	（頂版）頂版撤去 （底版）単純	
12BLK	12-1	2号機取水管-南①	無	—	無	—	H26.9	（頂部）単純 （底部）単純	
		2号機取水管-南②	無	—	無	—	H26.9	（頂部）単純 （底部）単純	
	12-2	2号機取水管-中①	無	—	無	—	H26.9	（頂部）単純 （底部）単純	
		2号機取水管-中②	無	—	無	—	H26.9	（頂部）単純 （底部）単純	
	12-3	2号機取水管-北①	無	—	無	—	H26.9	（頂部）単純 （底部）単純	
		2号機取水管-北②	無	—	無	—	H26.9	（頂部）単純 （底部）単純	
	12-4	2号機取水電源ケーブル管路A，B	無	—	無	—	H26.10	（頂版）単純 （底版）単純	測温管貫通施工あり
	12-5	N0.1軽油配管トレンチ	無	—	無	—	H26.10	（頂版）頂版撤去（単純） （底版）単純	
	12-6	1号機ボイラー室電気品室連絡トレンチ	有	C	無	—	H26.10	（頂版）頂版撤去 （底版）単純	測温管貫通施工あり
	12-7	1号機取水管-南①	無	—	無	—	H26.9	（頂部）単純 （底部）単純	
		1号機取水管-南②	無	—	無	—	H26.9	（頂部）単純 （底部）単純	
	12-8	1号機取水管-北①	無	—	無	—	H26.9	（頂部）単純 （底部）単純	
		1号機取水管-北②	無	—	無	—	H26.9	（頂部）単純 （底部）単純	
	12-9	1号機取水電源ケーブル管路	無	—	無	—	H26.10	（頂版）単純 （底版）単純	
13BLK	13-1	重油配管トレンチ	無	—	無	—	H26.10	（頂版）単純 （底版）単純	
	13-2	1号機海水配管トレンチ	有	C	有	被圧	H26.10	（頂版）マルチステップ （底版）内部充填	測温管貫通施工あり
	13-3	地下通路	無	—	無	—	H26.10	（頂版）単純 （底版）単純	

※１　貫通施工に関する溜り水の区分（放射性物質濃度（Cs））
　Ａ：１．０×１０^{6}Bq/L以上
　Ｂ：１．０×１０^{4}Bq/L以上～１．０×１０^{6}Bq/L未満
　Ｃ：１．０×１０^{4}Bq/L未満
　今後の凍土遮水壁貫通施工に伴う調査により上記区分のＡ，Ｂに相当する溜まり水が確認された場合は，溜まり水の除去の計画を検討の上，実施する。
※２　上表で溜り水「無」の埋設構造物内に，貫通施工前の調査によって溜り水を有することが確認された場合には工事を中止し，別途，変更申請を行う。
　ただし，測定の結果，明らかに雨水由来あるいは地下水由来の水と推定される場合については報告する。
※３　貫通施工を行う埋設構造物の貫通施工中に埋設構造物内の溜り水の水位が大きく変動した場合など，溜り水の漏えいを防止する観点で，上表の施工パターンを変更する必要が生じた場合には直ちに工事を中止し，別途変更申請を行う。
注）1号機放水管，2～4号機海水配管トレンチ，2号機放水管①，3号機放水管①，3号機取水電源ケーブル管路との干渉箇所については，別途，変更申請を行う。

6　貫通施工箇所に溜り水を有する埋設構造物からの溜り水漏えいについて

貫通施工箇所に溜り水を有する埋設構造物に対して貫通施工を行う下記の８箇所については，溜り水水位と地下水位の関係から頂版マルチステップ・底版内部充填の貫通施工方法を選択する。

建屋のひび割れ部において建屋内部の滞留水の水頭に対して外部の地下水の水頭が高い場合には，建屋外部から内部への移流が支配的となる。同様に，埋設構造物の貫通施工が完了した箇所において凍結前に万一水密性が損なわれた場合，埋設構造物内の溜り水の調査結果から，溜り水の水頭よりも構造物周辺地下水の水頭が高くなっていることから，地下水が埋設構造物内に流入する“移流”が支配的となり，埋設構造物から溜り水が漏えいすることはない。

表２　貫通施工箇所に溜り水を有する埋設物の貫通施工方法

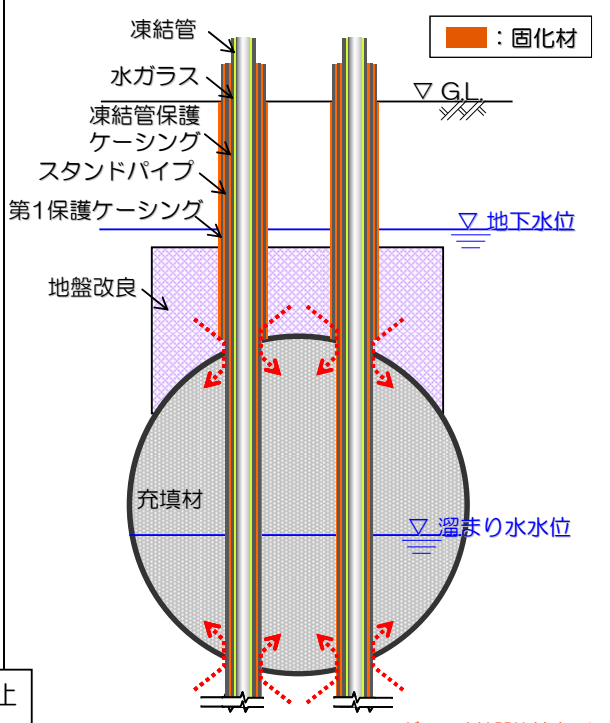
対象貫通箇所	貫通施工方法
・10-3 4号機放水管①②③ ・11-8 3号機放水管②③ ・11-13 2号機放水管②③ ・13-2 1号機海水配管トレンチ 以下の施工方法により溜まり水の漏えいを防止 頂版；マルチステップ工法 底版；内部充填工法	 注） 放水管貫通施工のイメージ

表３　貫通施工箇所に溜り水を有する埋設構造物の溜り水水位と地下水位

対象貫通箇所	貫通施工方法	溜り水水位（測定時期）	地下水位※1（測定時期）
10-3　４号機放水管①②③	頂版：ﾏﾙﾁｽﾃｯﾌﾟ 底版：内部充填	O.P. +2.00m （平成 26 年 9 月 5 日）	O.P. +3.42m （サブドレンNo.56及び旧護岸※2， 平成 26 年 9 月 5 日）
11-8　３号機放水管②③		O.P. +2.59m （平成 26 年 10 月 23 日）	O.P. +4.65m （サブドレンNo.31及び地下水位観測孔 No.3， 平成 26 年 10 月 20 日）
11-13　２号機放水管②③		O.P. +3.59m （平成 26 年 10 月 23 日）	O.P. +5.06m （サブドレンNo.25及び地下水位観測孔 No.2-5， 平成 26 年 10 月 20 日）
13-2　１号機海水配管トレンチ		O.P. -8.09m （平成 26 年 10 月 10 日）	O.P. +2.93m （サブドレン No.2 及び地下水位観測孔 No.1-16， 平成 26 年 10 月 7 日）

※1：地下水位については，溜り水水位測定時期を考慮した貫通箇所近傍のサブドレン及び 4m 盤地下水位観測孔の測定値等より推定した。

※2：旧護岸位置における地下水位を平均潮位とし，以下の通り設定した。

O.P.+1.589m：O.P.+0.889m + 0.7m（震災による地盤沈下補正分）

6.1　地下水位の推定

各貫通箇所における地下水位については，貫通箇所近傍のサブドレン及び 4m 盤地下水位観測孔の測定値等を用いて，山海方向に線形補間し推定した（図５参照）。推定結果を図６に示す。

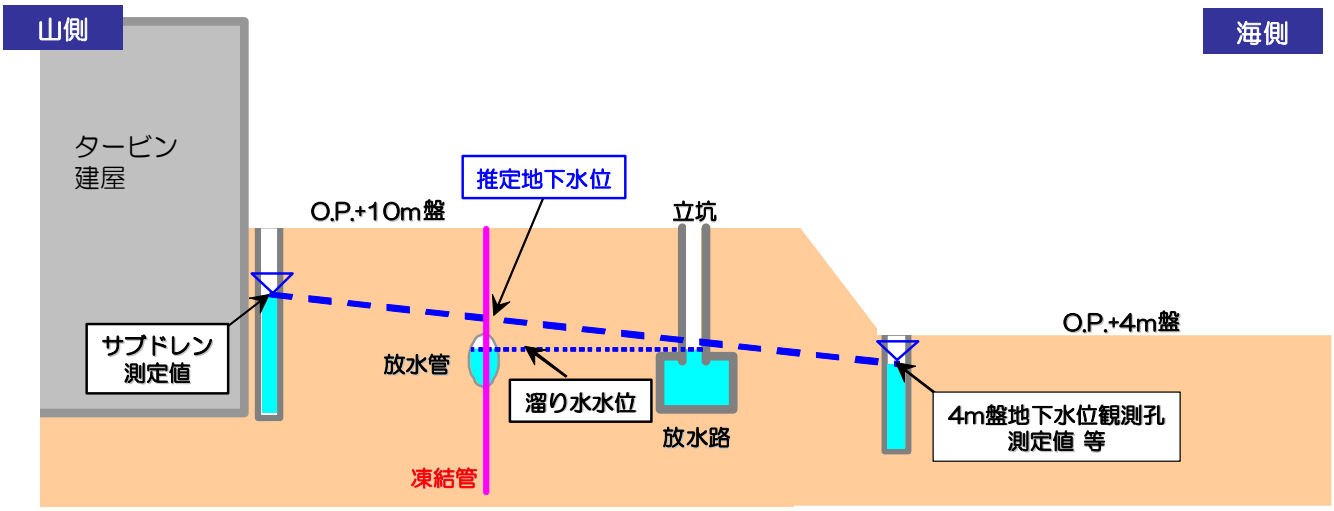
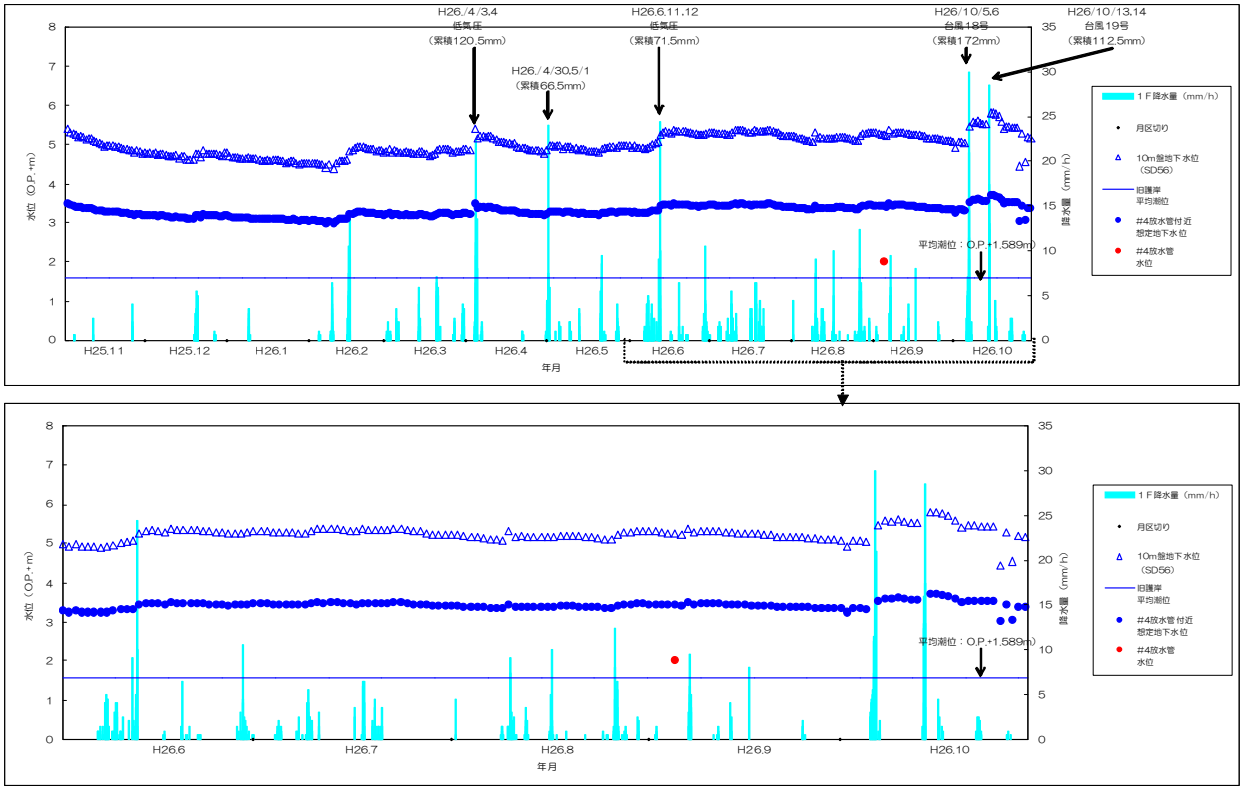


図５　貫通箇所における地下水位推定方法



■４号機放水管貫通箇所周辺の地下水の水位変化※

・貫通箇所周辺の地下水位は通年を通して，降雨の影響を受ながら変動しており，貫通箇所より山側に位置する１０m盤地下水位（サブドレンＮｏ．56）は，O.P.+4.4～5.8m程度で推移している。

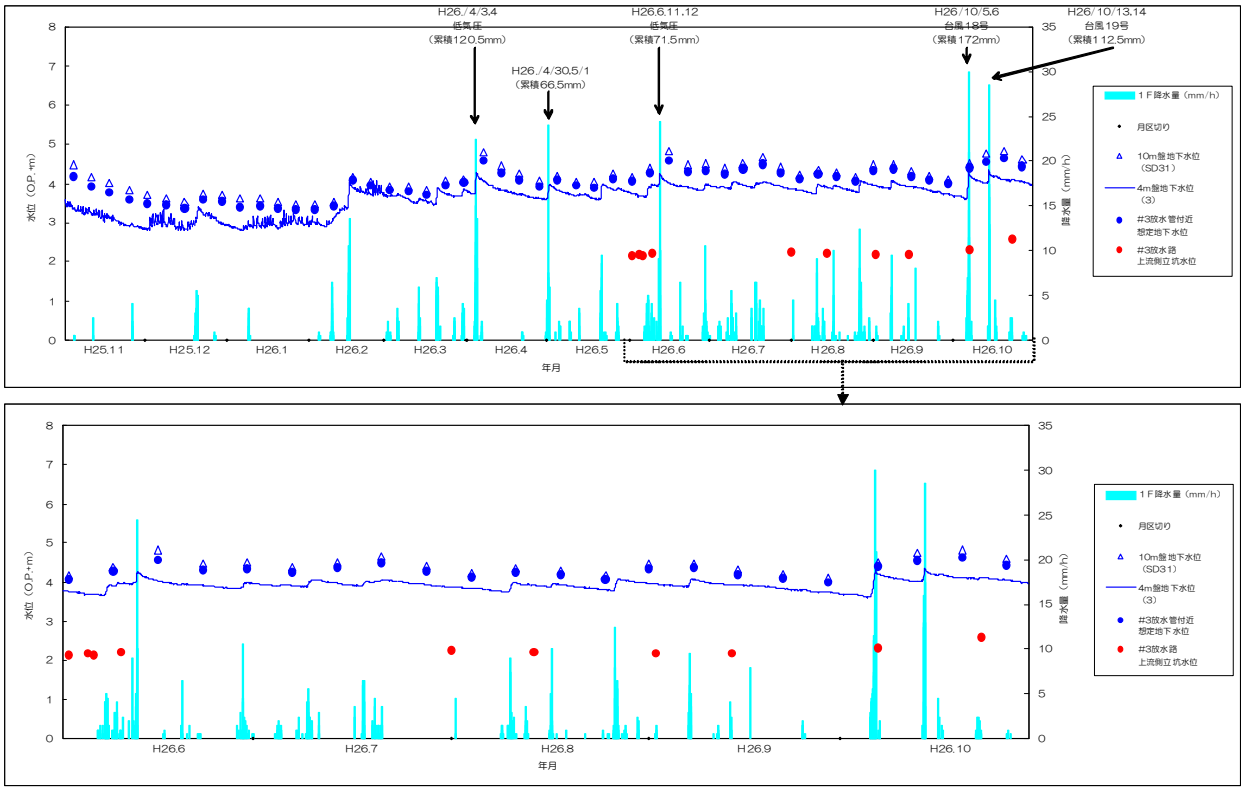
・貫通箇所海側の堆砂・埋め立てエリアは，海域の潮位とほぼ同程度の地下水位と想定される。

■４号機放水管貫通箇所付近の地下水位の想定※

・周辺地下水位より，４号機放水管付近の地下水位は，通年を通して，O.P.+3.0～3.7m程度で推移しているものと想定され，４号機放水管内の溜り水よりも高い状態であるものと想定される。

※　期間：平成25年11月～平成26年10月

図６－１　【１０－３】4 号機放水管①②③　地下水位推定結果



■３号機放水路上流側立坑の水位変化※

【平常時】

・放水路立坑水位はO.P.+２m程度で推移しており，貫通箇所より山側の10m盤地下水位（サブドレンNo.31）より，２～３m程度，海側の４m盤地下水位（No.３）より２m程度低い状態で維持している。

【大雨後】

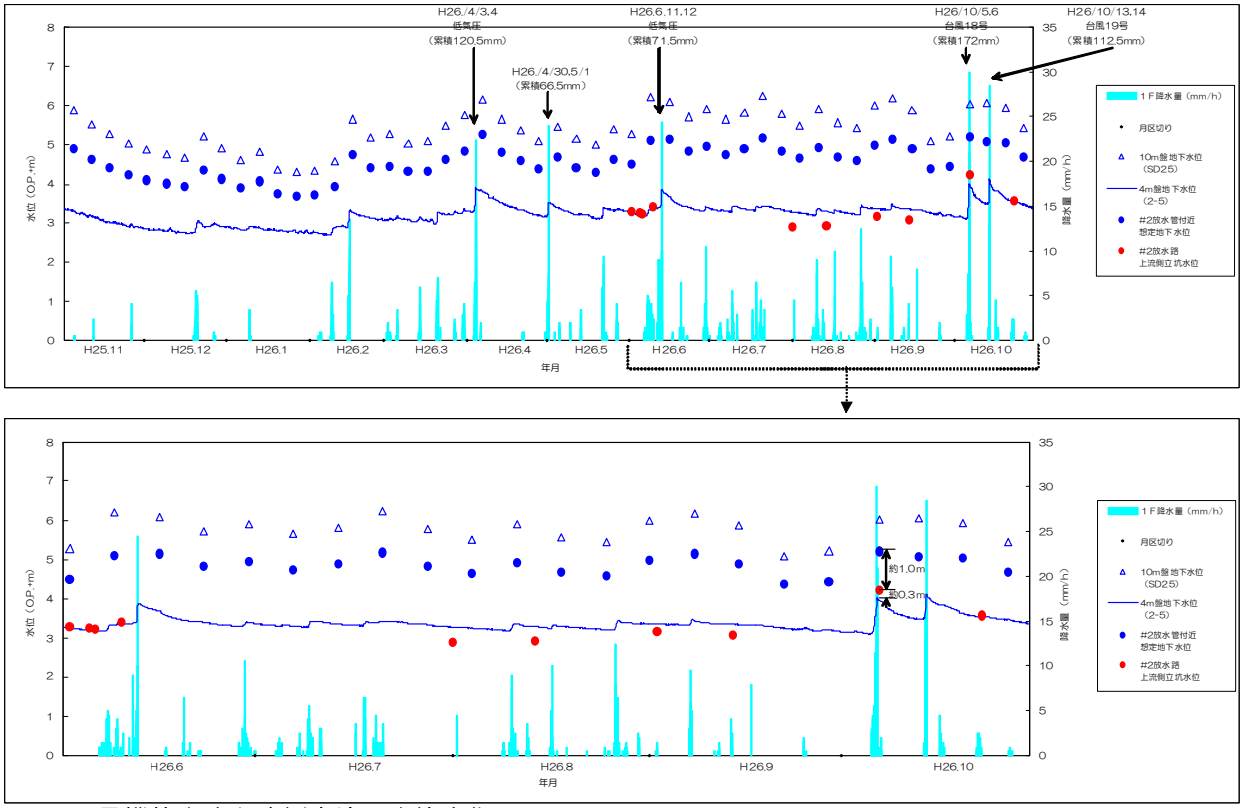
・２号機放水路立坑水位と比較して，大きな水位上昇は見られない。

■３号機放水管貫通箇所付近の地下水位の想定※

・周辺地下水位より，３号機放水管周辺の地下水位は，通年を通して※，O.P.+3.3～4.7m程度で推移し，同放水管内水位（＝放水路立坑水位）より高い状態を維持しているものと想定される。

※　期間：平成25年11月～平成26年10月

図６－２　【１１－８】3 号機放水管②③　地下水位推定結果



■２号機放水路上流側立坑の水位変化※

【平常時】

・台風等の気象擾乱がない時期には4m盤地下水位（No.2-5）と同程度と想定される。

【大雨後】

・4m盤地下水位（No.2-5）と比較し，一時的に高い状態が確認され，台風等の大雨の影響と想定される。

・平成26年10月の台風18号（累計172mm）による降雨時には，立坑水位はO.P.+4.43mまで上昇し，4m盤地下水位（No.2-5）より0.3m程度高い状態となった。

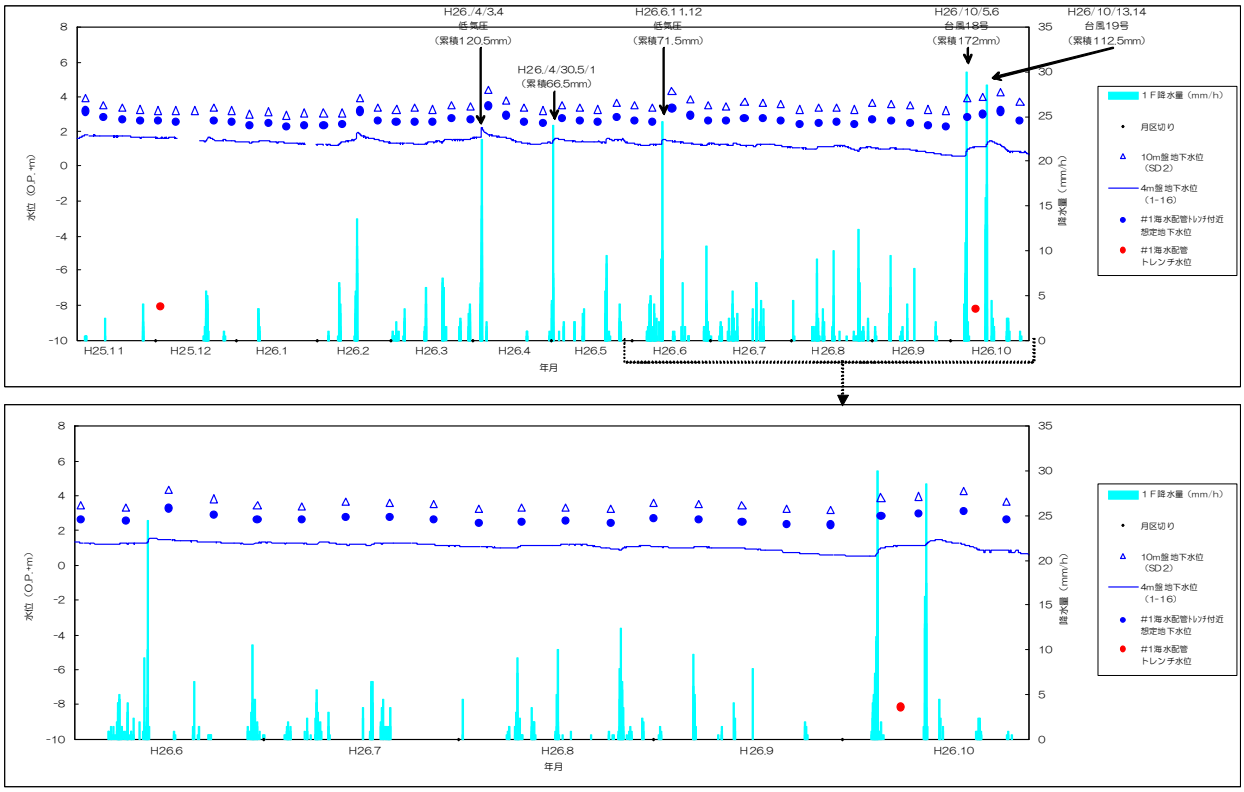
■２号機放水管貫通箇所付近の地下水位の想定※

・通年を通して※，２号機放水管貫通箇所より山側に位置するサブドレンNo.25は，海側のNo.2-5の地下水位より２～３m程度高い状態を維持している。

・周辺地下水位より，２号機放水管周辺の地下水位は，大雨による上昇時においても同放水管内水位（＝放水路立坑水位）より高い状態であるものと想定される。

※　期間：平成25年11月～平成26年10月

図６－３　【１１－１３】2 号機放水管②③　地下水位推定結果



■１号機海水配管トレンチ貫通箇所周辺の地下水の水位変化※

・貫通箇所周辺の地下水位は通年を通して※，降雨の影響を受けながら変動しており，貫通箇所より海側に位置する４m盤地下水位（No.1-16）の地下水位は，O.P.+0.6～2.3m程度，山側に位置する１０m盤水位（サブドレンＮｏ．２）の地下水位は，O.P.+2.9～4.4m程度で推移している。

・１０m盤地下水位は４m盤地下水位より，1.5～3.2m程度高い水位を維持しており，大雨等による地下水位上昇時においても，４m盤と１０m盤の地下水位差に大きな変化は見られない。

■１号機海水配管トレンチ貫通箇所付近の地下水位の想定※

・周辺地下水位より，１号機海水配管トレンチ付近の地下水位は，通年を通して※，O.P.+2.4～3.5m程度で推移し，１号機海水配管トレンチ内の溜り水よりも高い状態であるものと想定される。

※　期間：平成25年11月～平成26年10月

図６－４　【１３－１２】1号機海水配管トレンチ　地下水位推定結果

6.2　施工時の確認事項

溜り水水位と地下水位の関係については,頂版の貫通施工後にも当該埋設物内の溜り水の水位計測を行い「溜まり水水位 ≦ 地下水位」の確認を行った上で，その後の施工を実施する。

上記条件を逸脱する計測・調査結果が得られた場合には別途変更申請を行う。

また,貫通施工を行う埋設物の貫通施工中に埋設物内の溜り水の水位が大きく変動した場合など，溜り水の漏えいを防止する観点で，表１記載の施工パターンを変更する必要が生じた場合には直ちに工事を中止し，別途変更申請を行う。

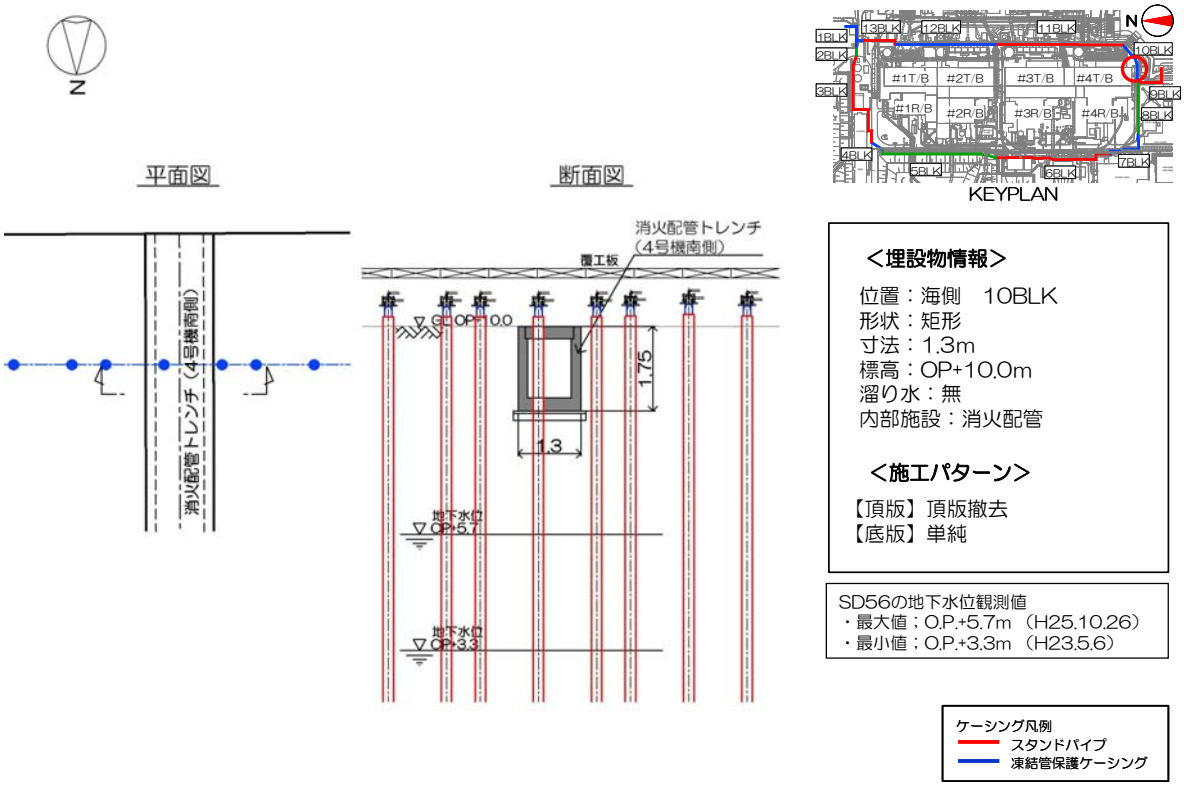


図７－１　【１０－１】消火配管トレンチ　４号機南側　施工方法（貫通施工）

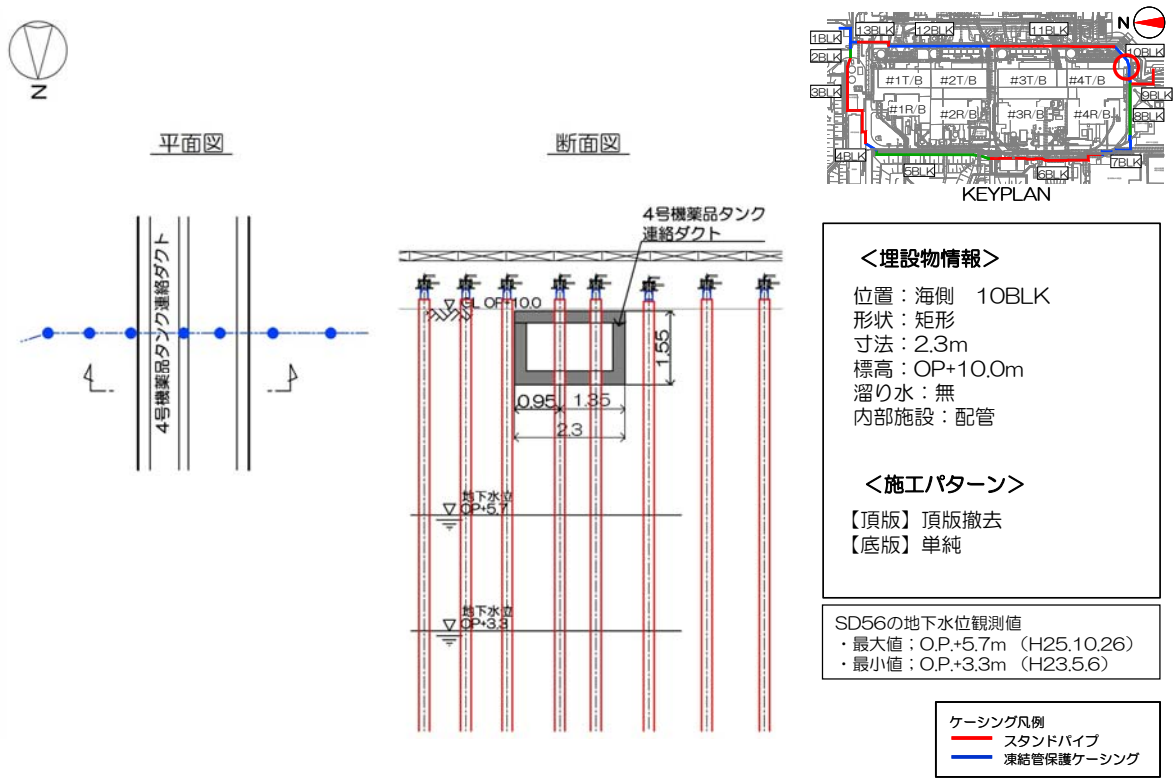


図７－２　【１０－２】４号機薬品タンク連絡ダクト　施工方法（貫通施工）

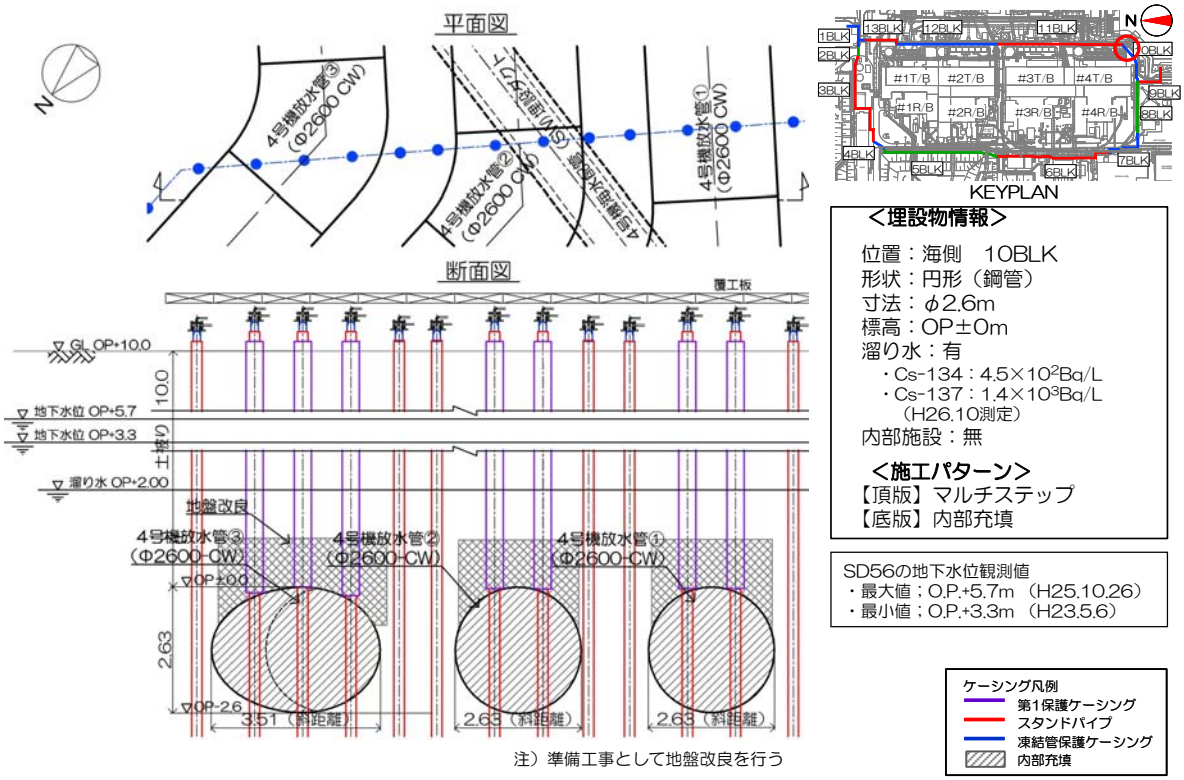


図７－３　【１０－３】4 号機放水管①②③　施工方法(貫通施工)

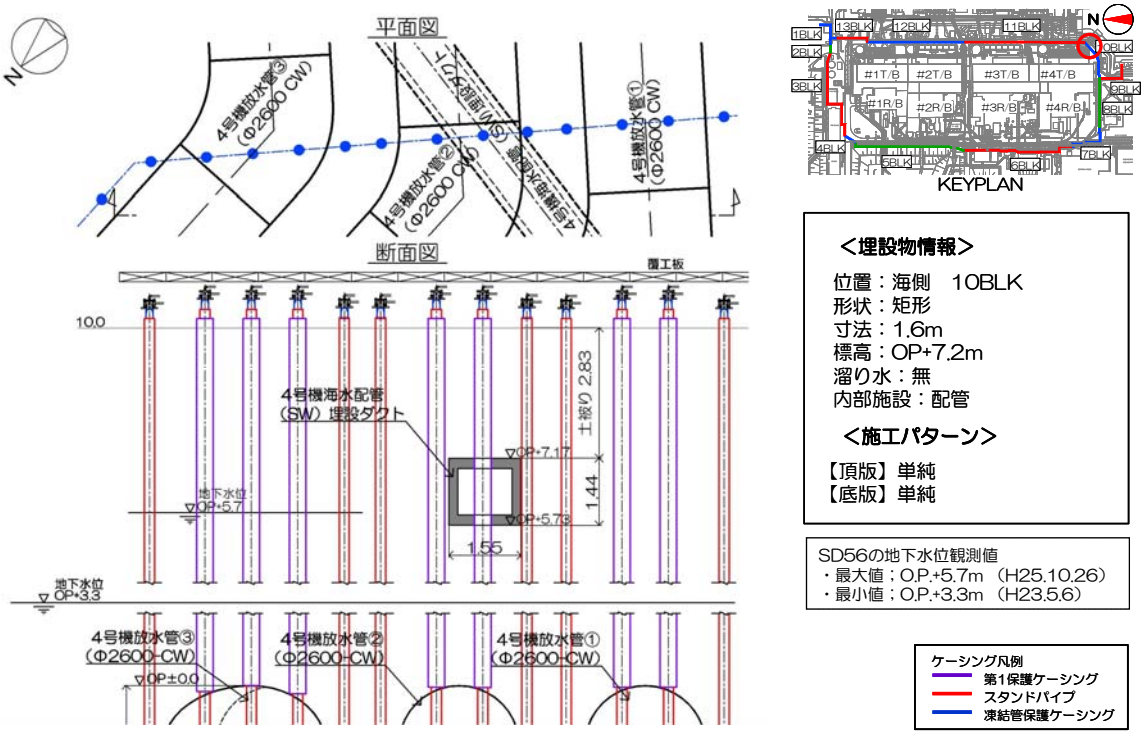


図７－４　【１０－４】4 号機海水配管（SW）埋設ダクト　施工方法(貫通施工)

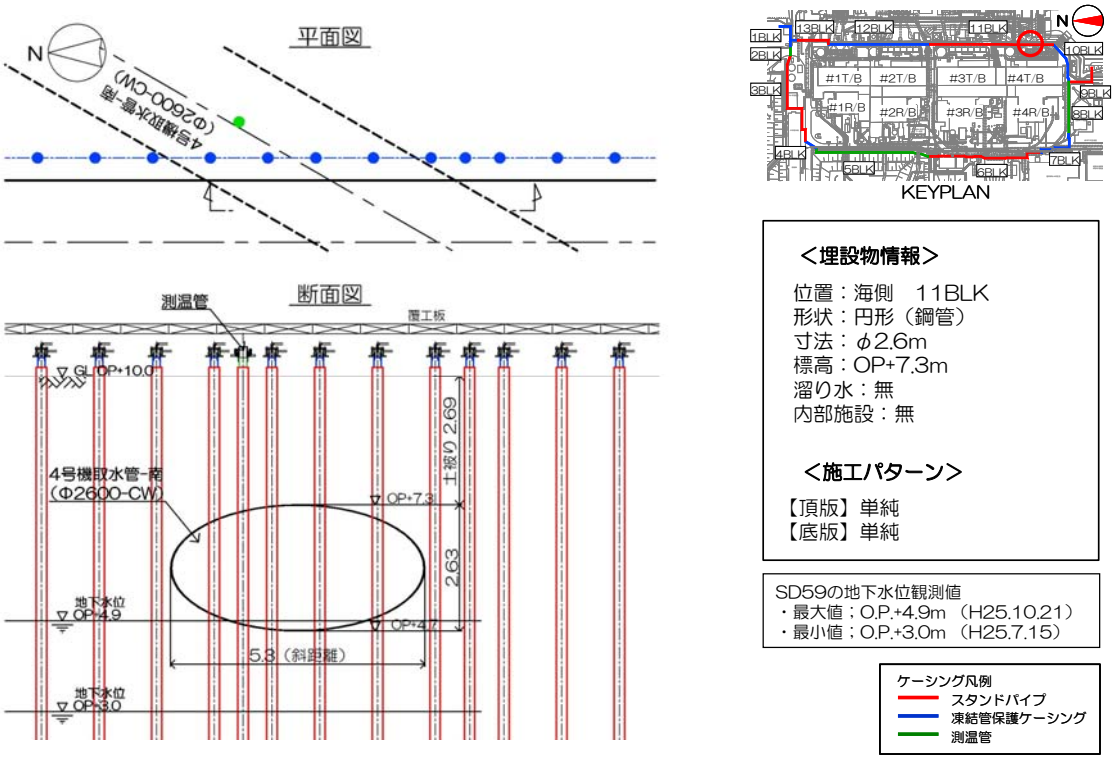


図７－５　【１１－１】4 号機取水管-南　施工方法(貫通施工)

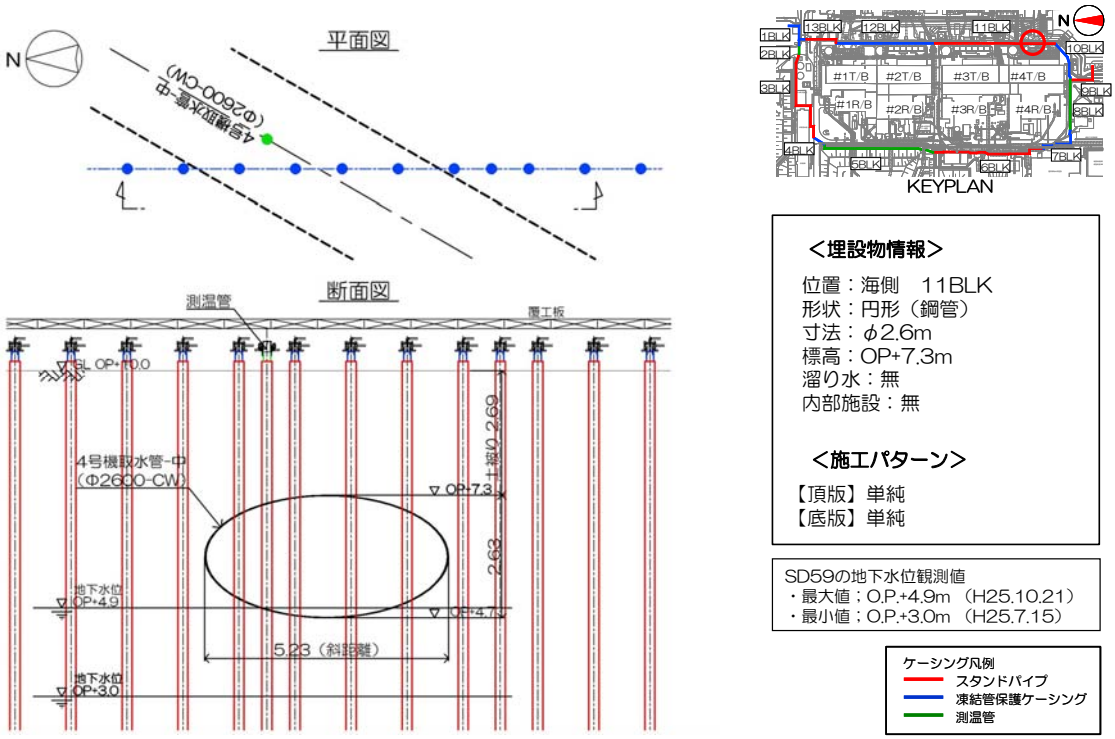


図７－６　【１１－２】4 号機取水管-中　施工方法(貫通施工)

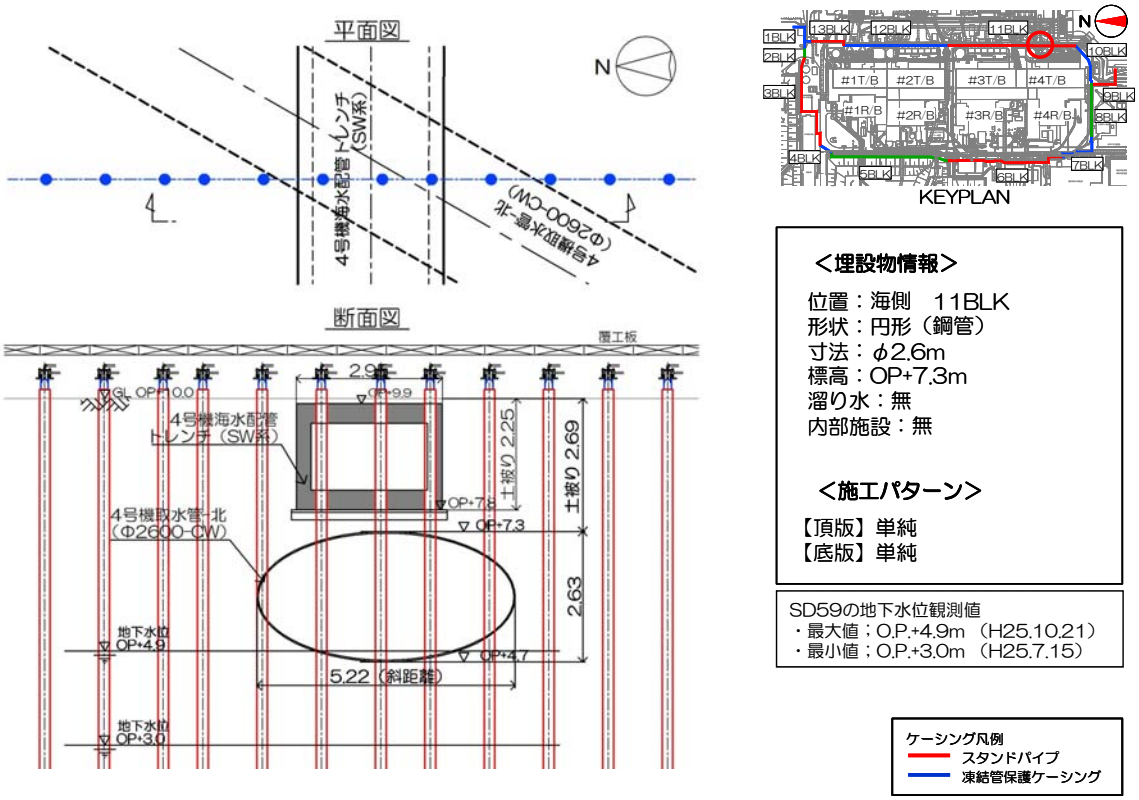


図７－７　【１１－３】4 号機取水管-北　施工方法(貫通施工)

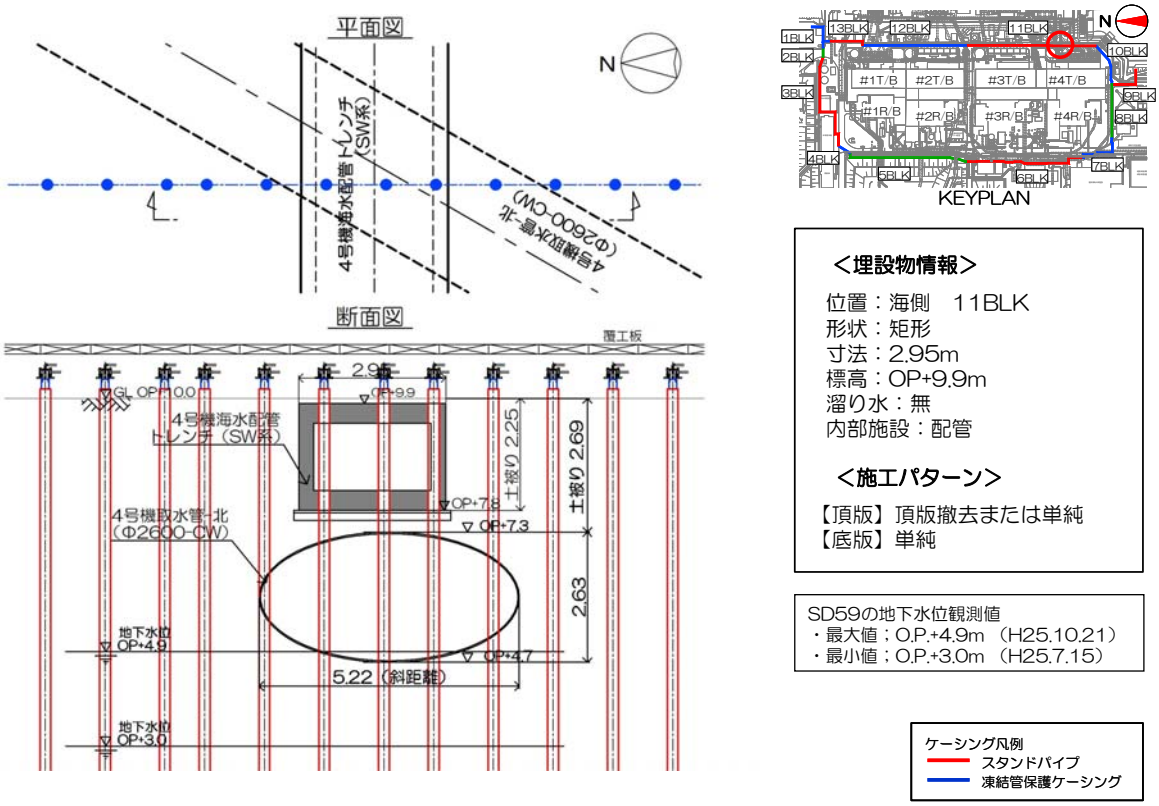


図７－８　【１１－４】4 号海水配管トレンチ（ＳW系）施工方法
（貫通施工）

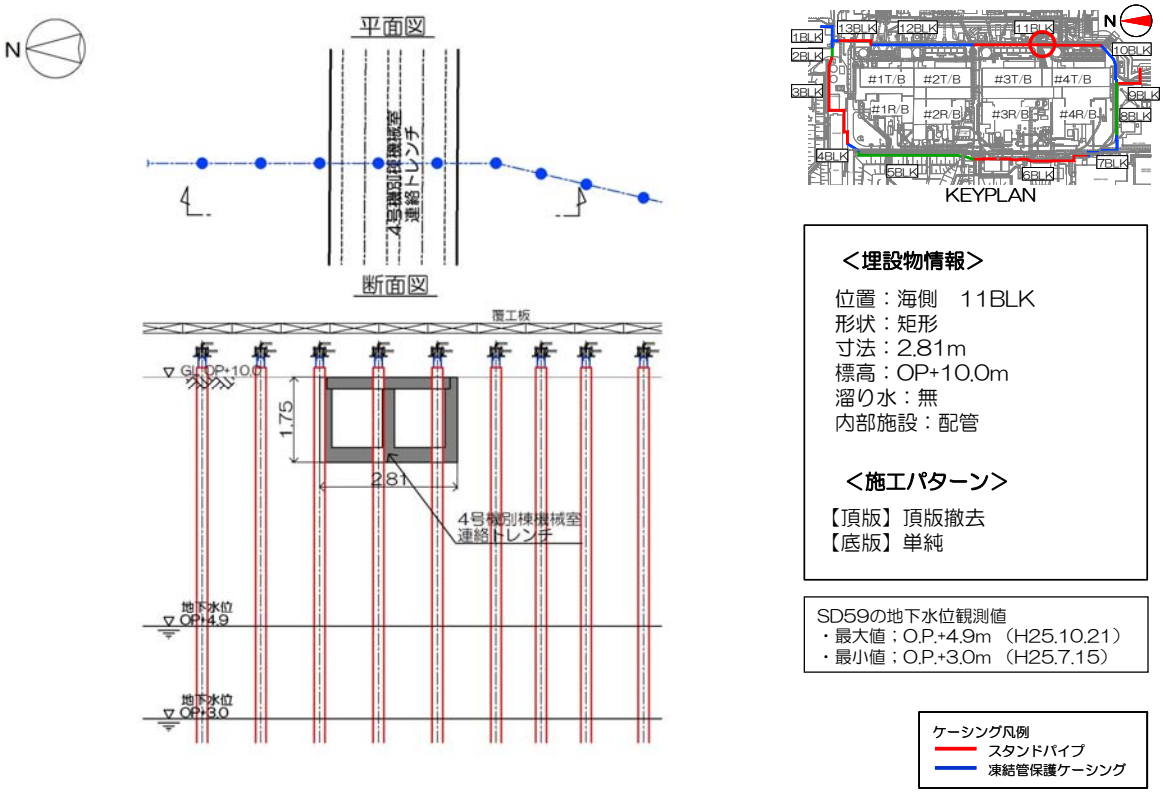


図７－９　【１１－５】4 号機別棟機械室連絡トレンチ　施工方法（貫通施工）

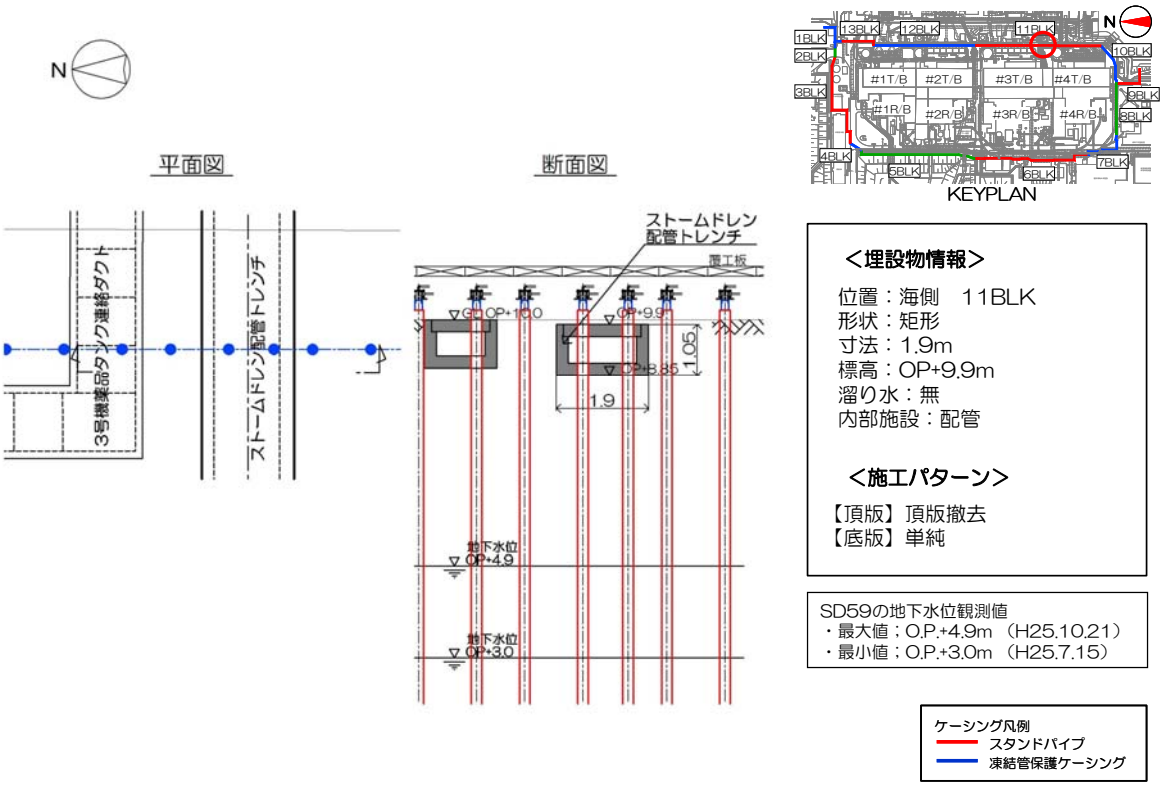


図７－１０　【１１－６】ストームドレン配管トレンチ　施工方法（貫通施工）

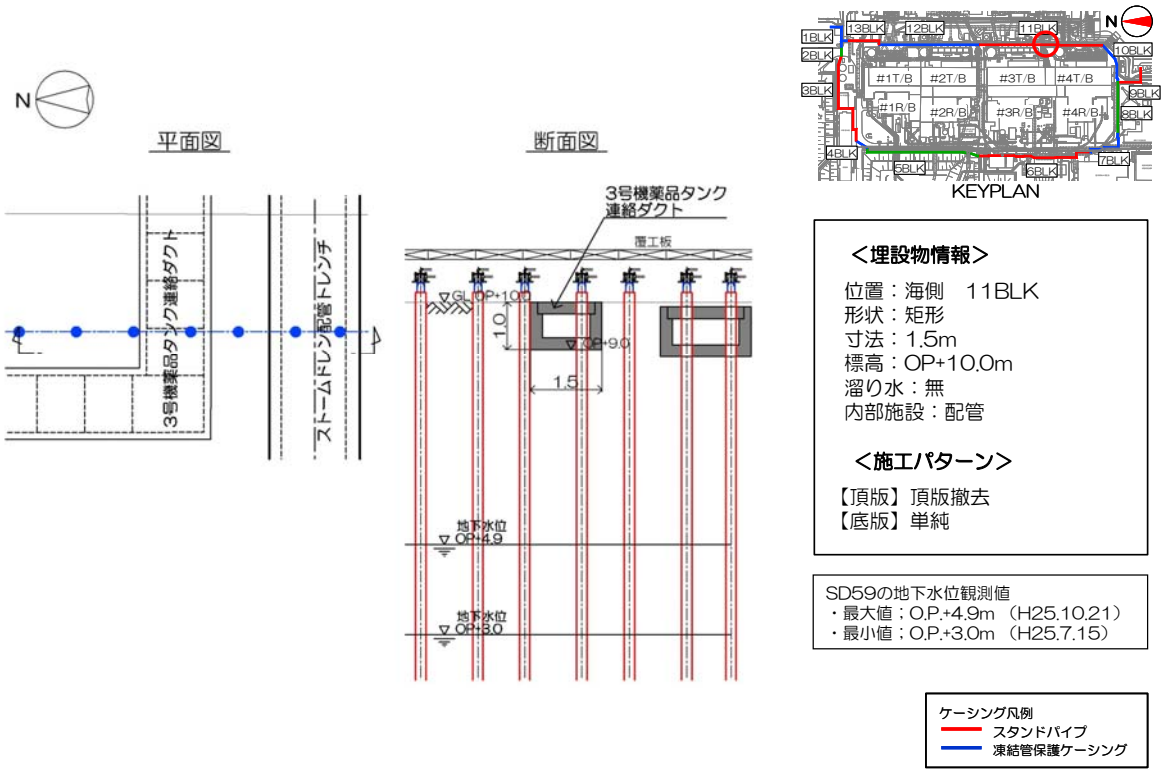
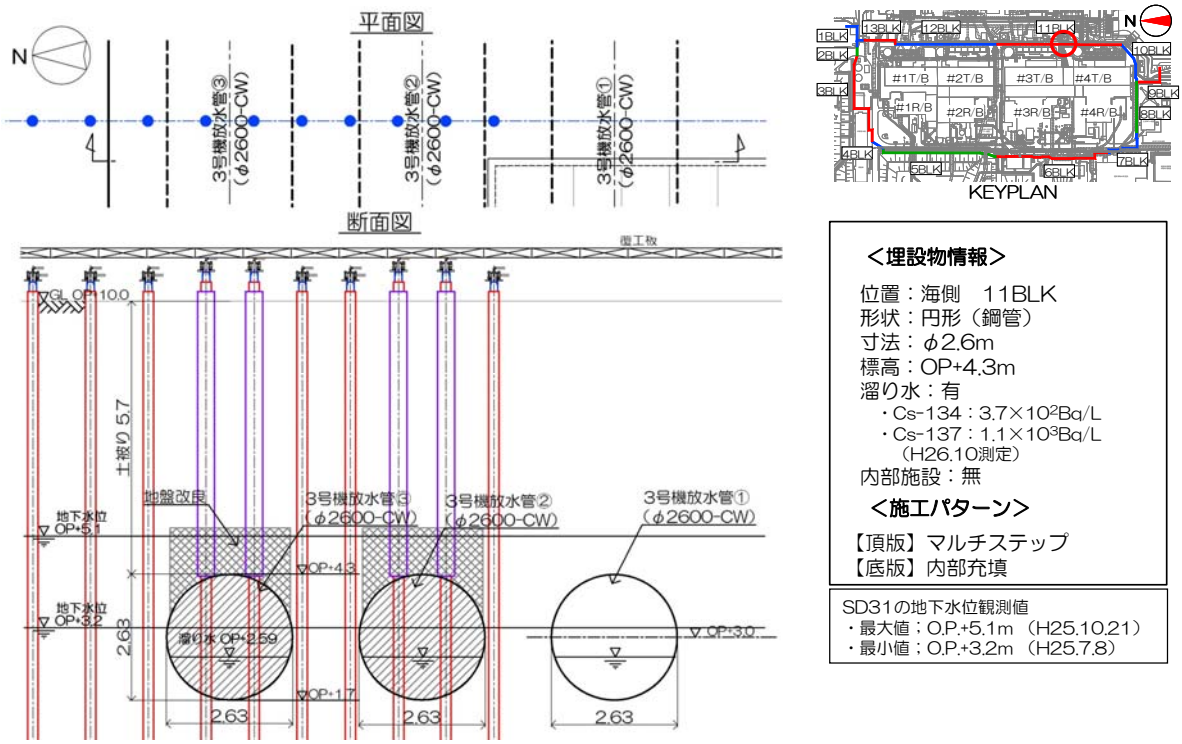


図７－１１　【１１－７】3 号薬品タンク連絡ダクト　施工方法（貫通施工）



＜埋設物情報＞

位置：海側　11BLK
形状：円形（鋼管）
寸法：φ2.6m
標高：OP+4.3m
溜り水：有
・Cs-134：3.7×10²Bq/L
・Cs-137：1.1×10³Bq/L
（H26.10測定）
内部施設：無

＜施工パターン＞

【頂版】マルチステップ
【底版】内部充填

SD31の地下水位観測値
・最大値；O.P.+5.1m（H25.10.21）
・最小値；O.P.+3.2m（H25.7.8）

注）放水管②・③については，準備工事として地盤改良を行う

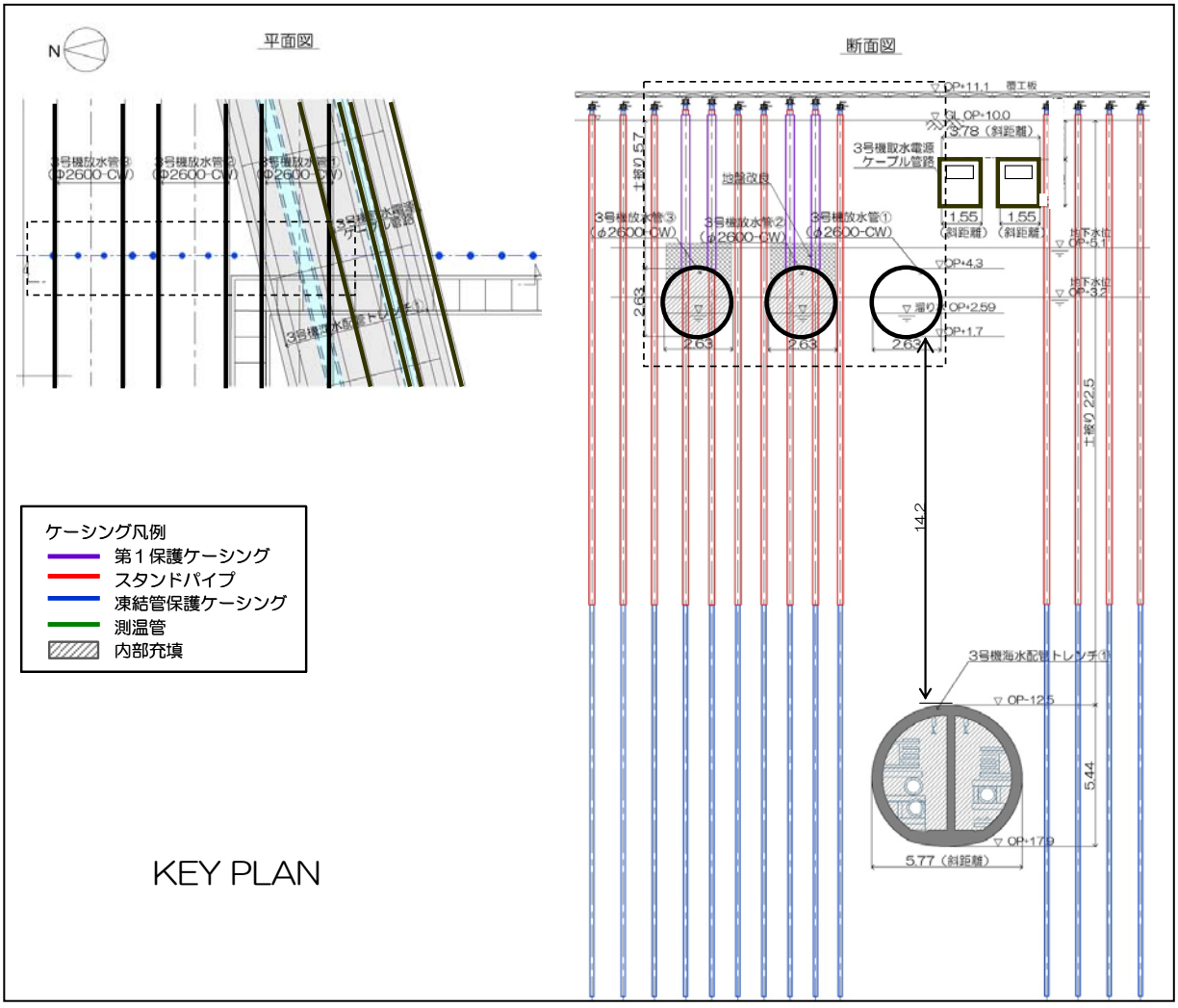


図７－１２　【１１－８】3 号機放水管②③　施工方法（貫通施工）

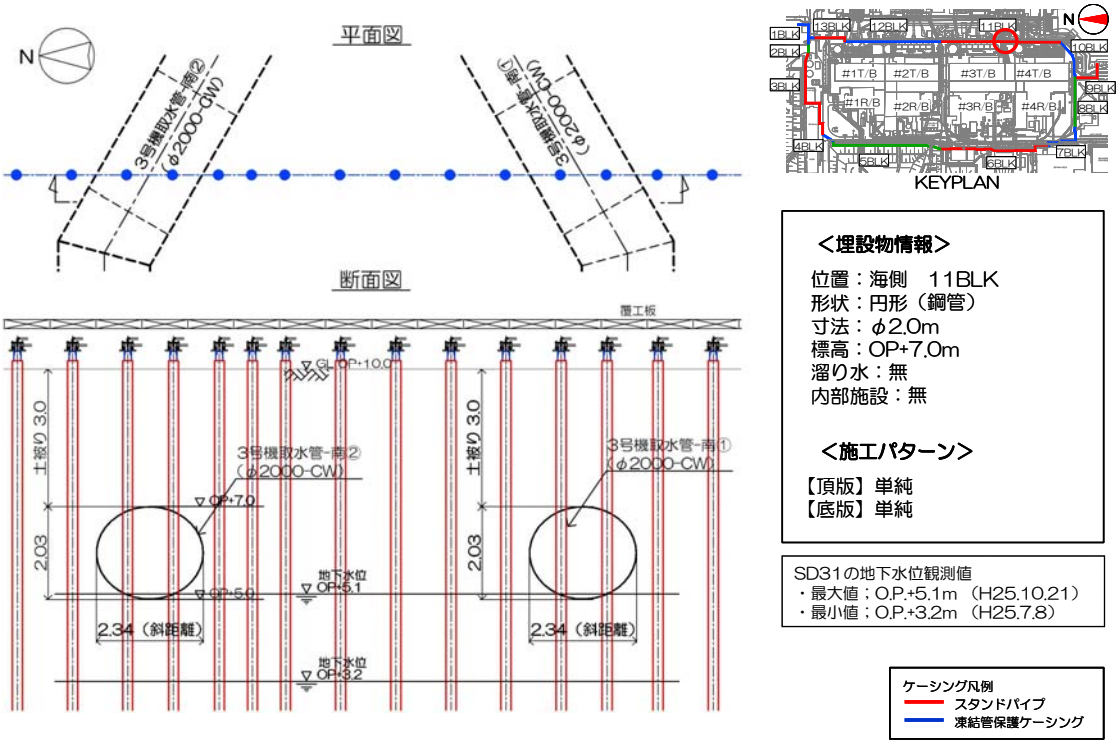


図７－１３　【１１－９】3 号機取水管-南①②　施工方法（貫通施工）

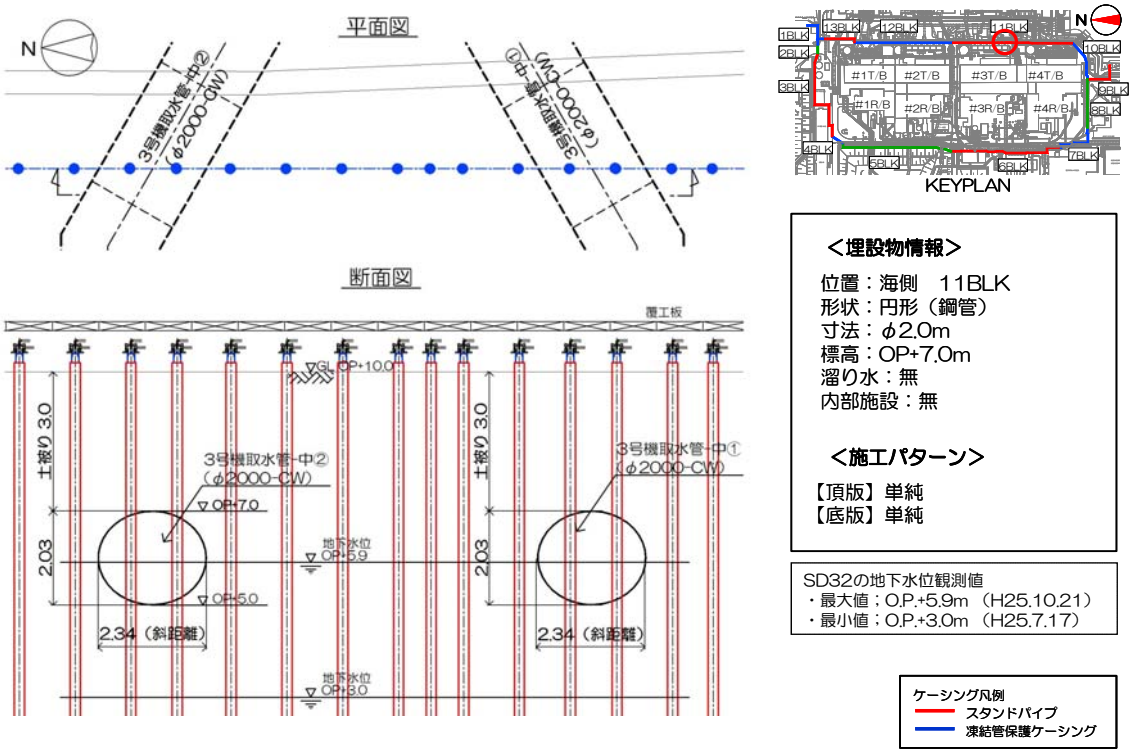


図７－１４　【１１－１０】3 号機取水管-中①②　施工方法（貫通施工）

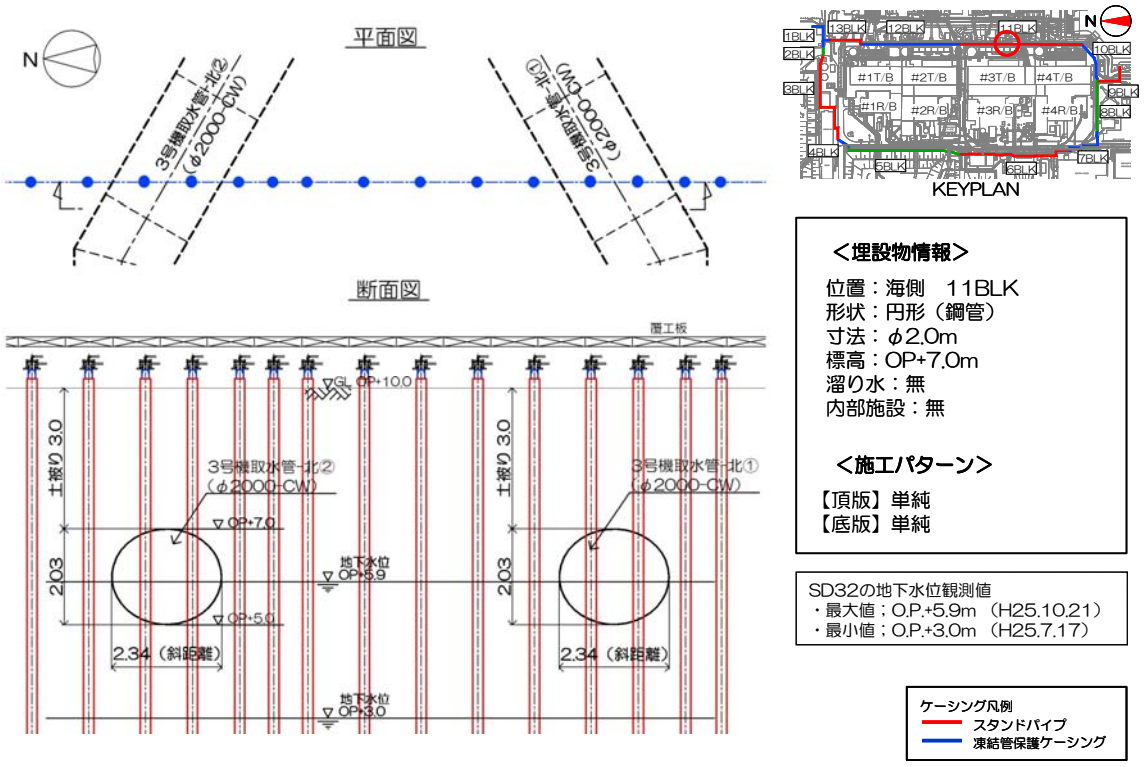


図７－１５　【１１－１１】3 号機取水管-北①②　施工方法（貫通施工）

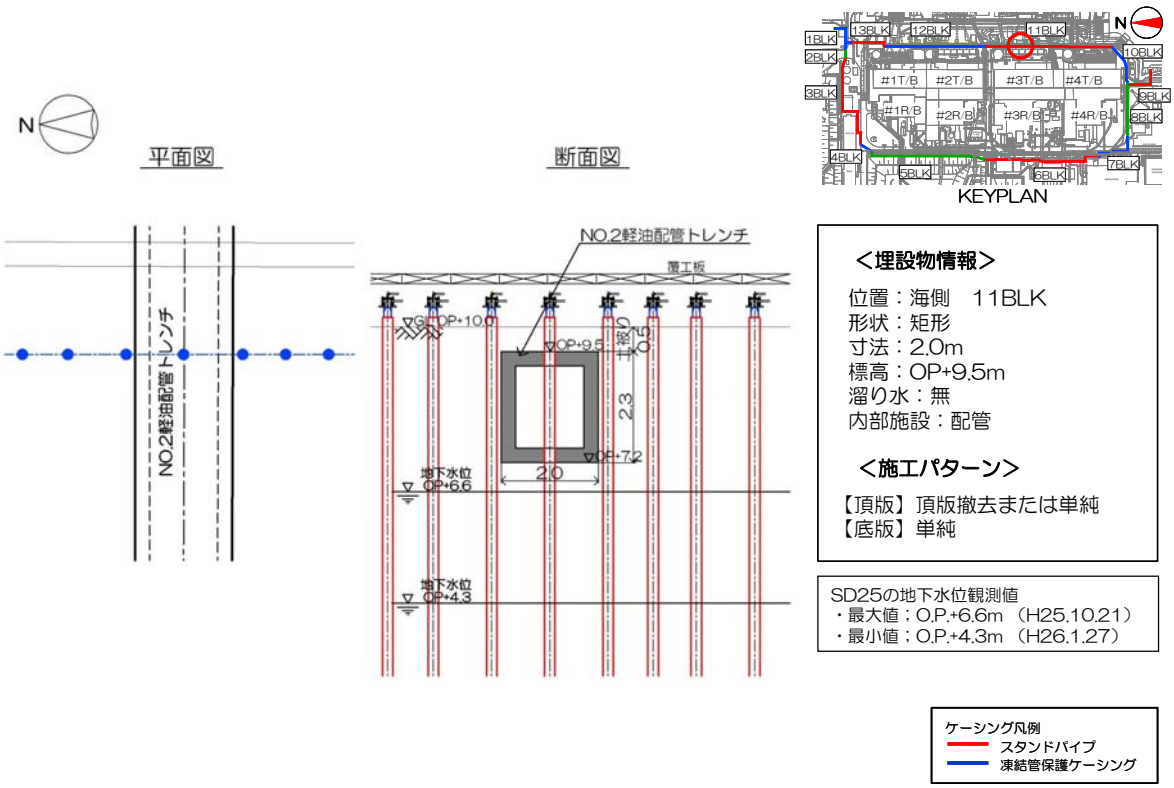
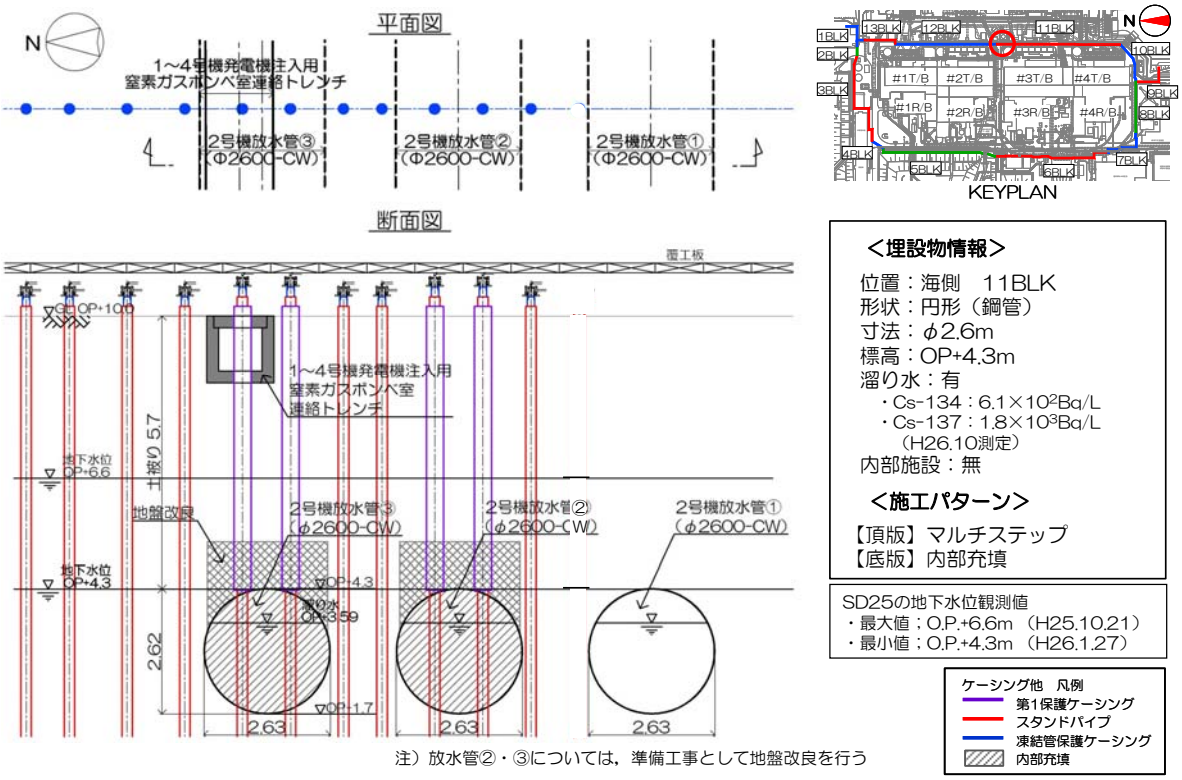


図７－１６　【１１－１２】No.２軽油配管トレンチ　施工方法（貫通施工）



注）放水管②・③については，準備工事として地盤改良を行う

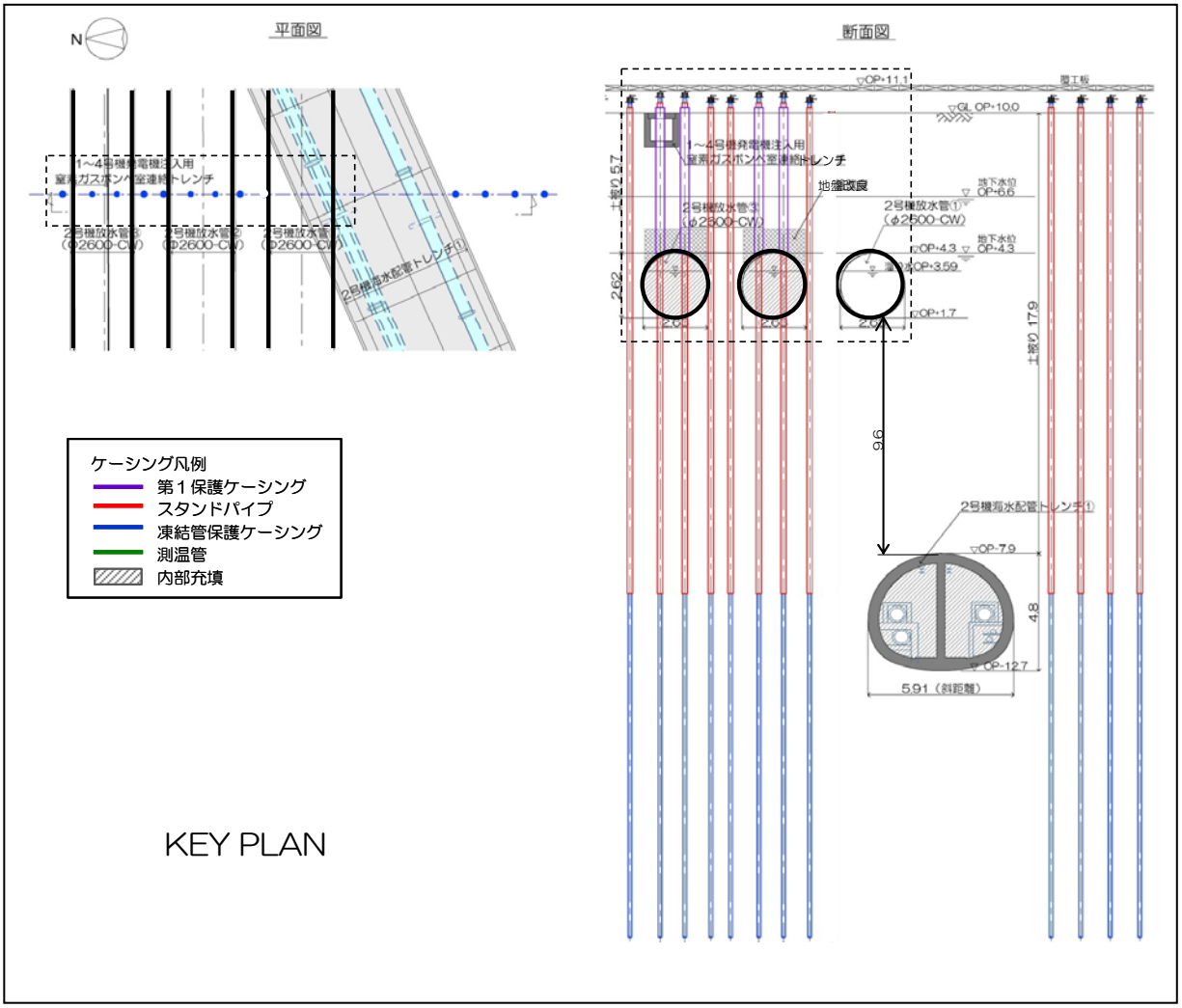


図７－１７　【１１－１３】2 号機放水管②③　施工方法（貫通施工）

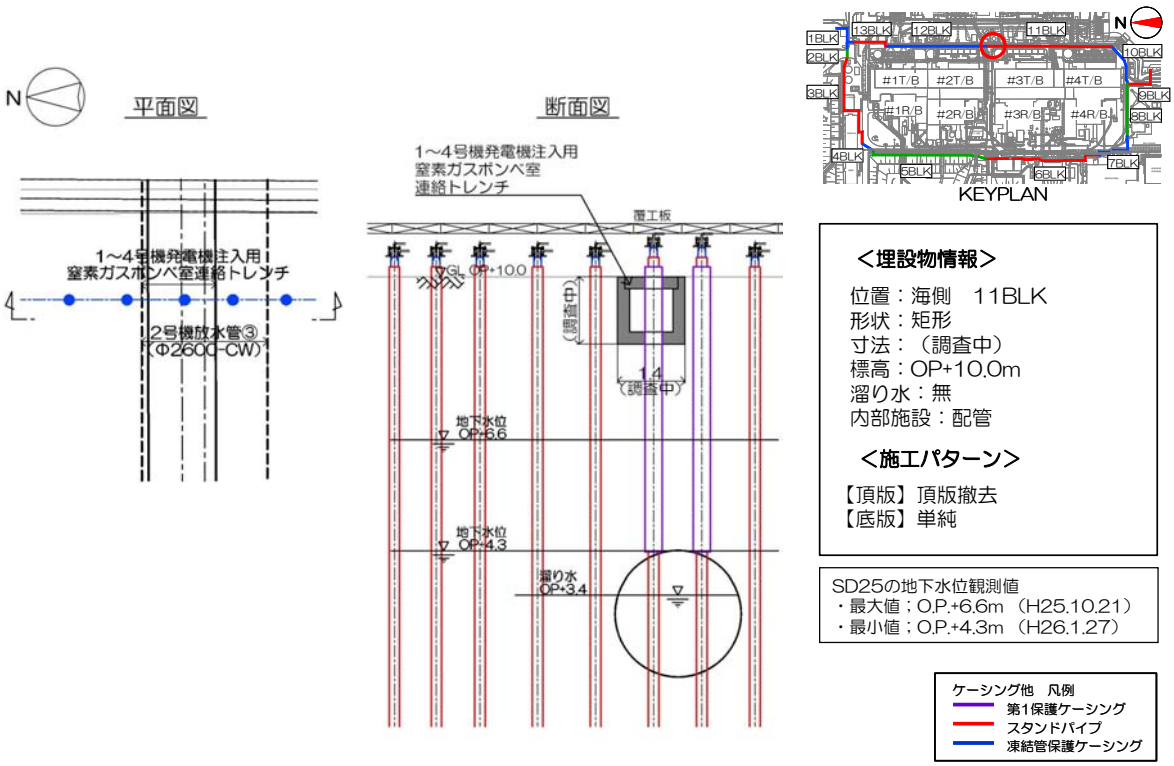


図７－１８　【１１－１４】1～4 号機発電機注入用窒素ガスボンベ室連絡トレンチ
施工方法（貫通施工）

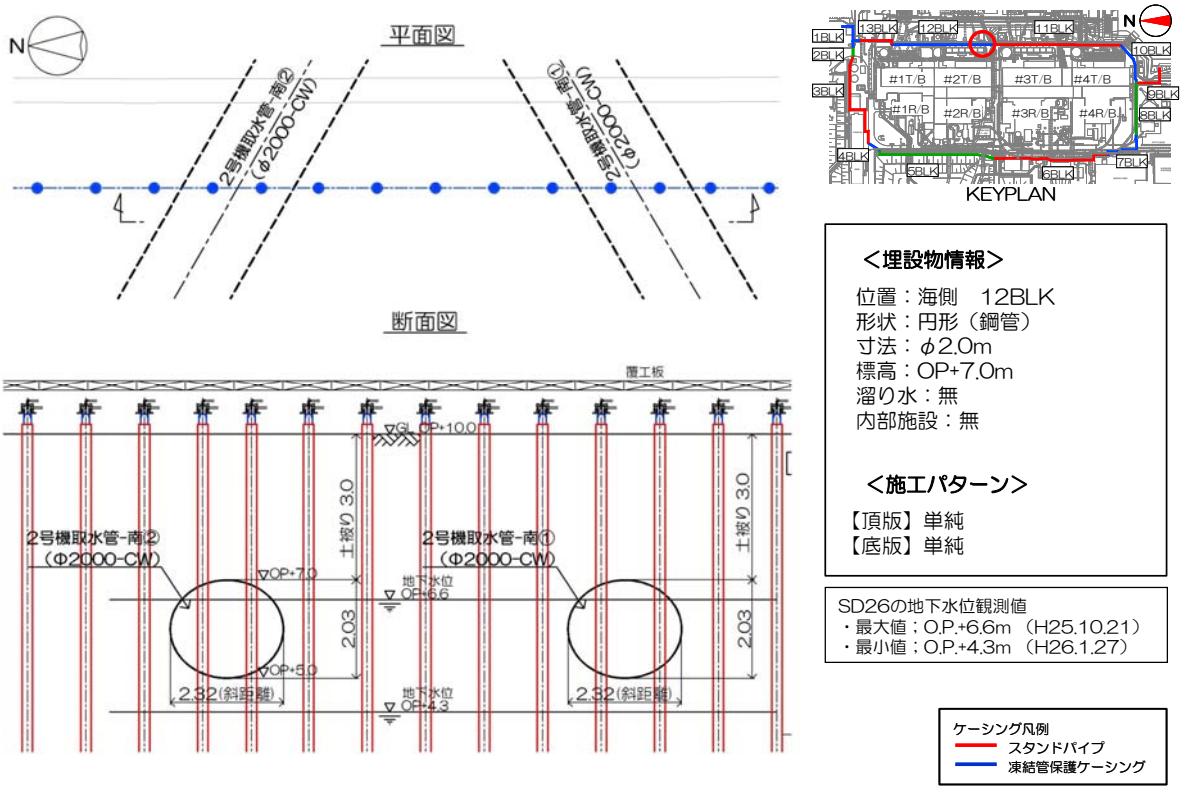


図７－１９　【１２－１】2 号機取水管-南①②　施工方法（貫通施工）

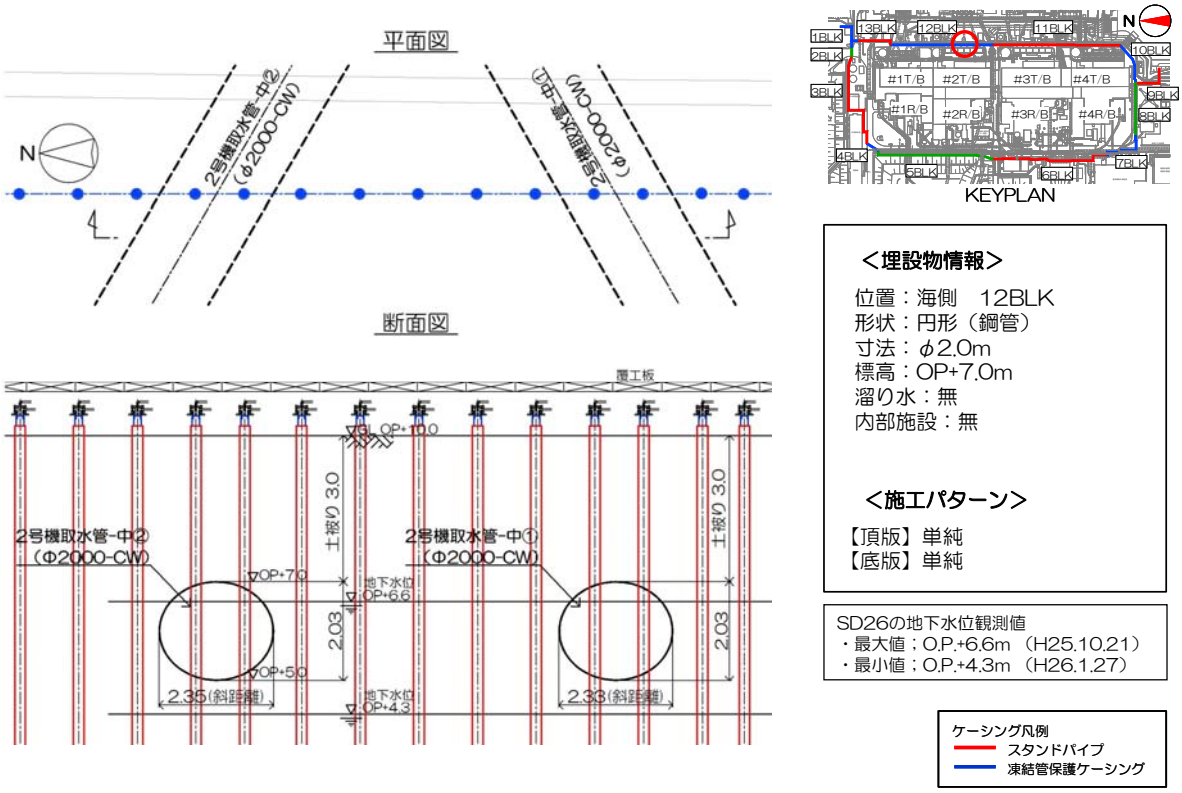


図７－２０　【１２－２】2 号機取水管-中①②　施工方法（貫通施工）

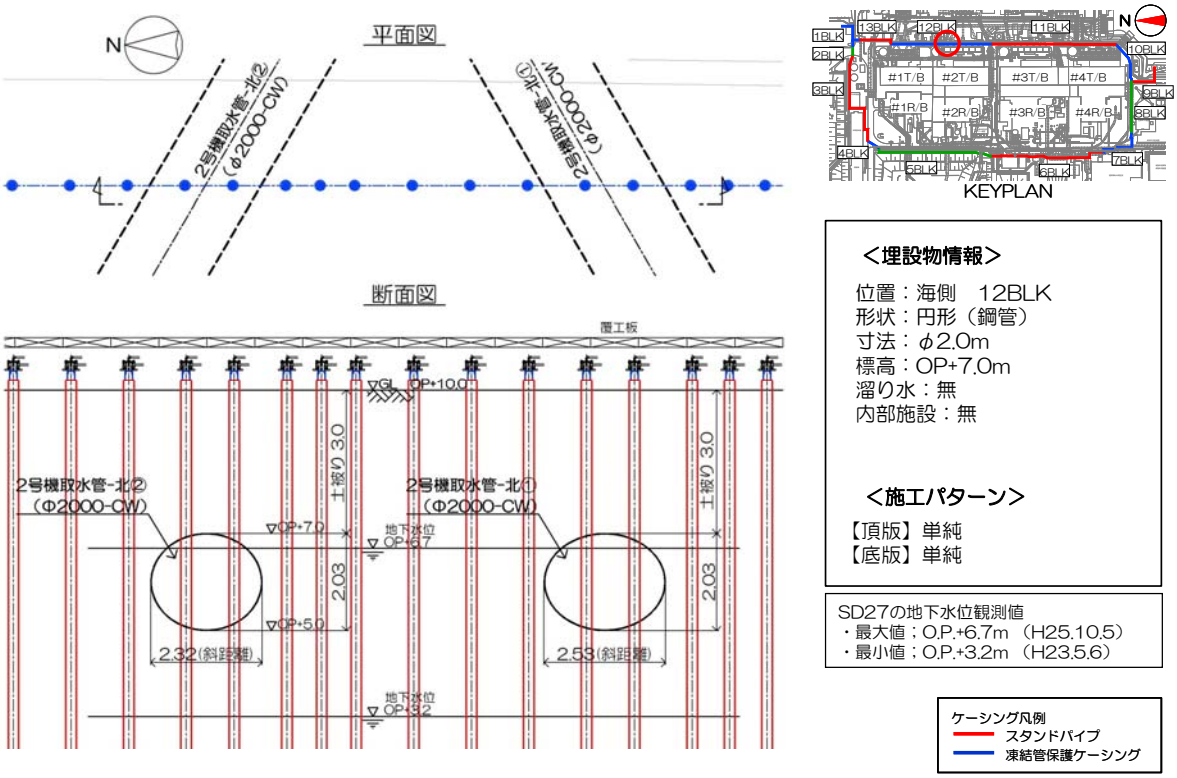


図７－２１　【１２－３】2 号機取水管-北①②　施工方法（貫通施工）

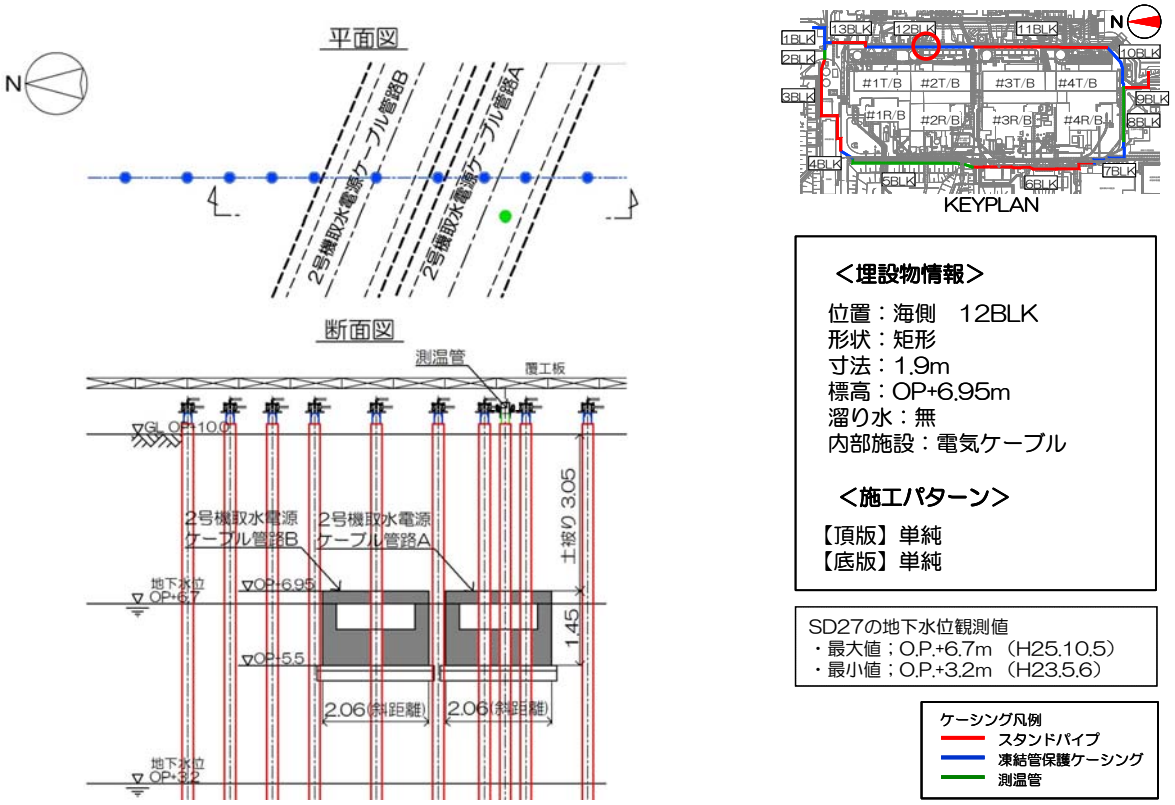


図７－２２　【１２－４】2 号機取水電源ケーブル管路 A,B　施工方法（貫通施工）

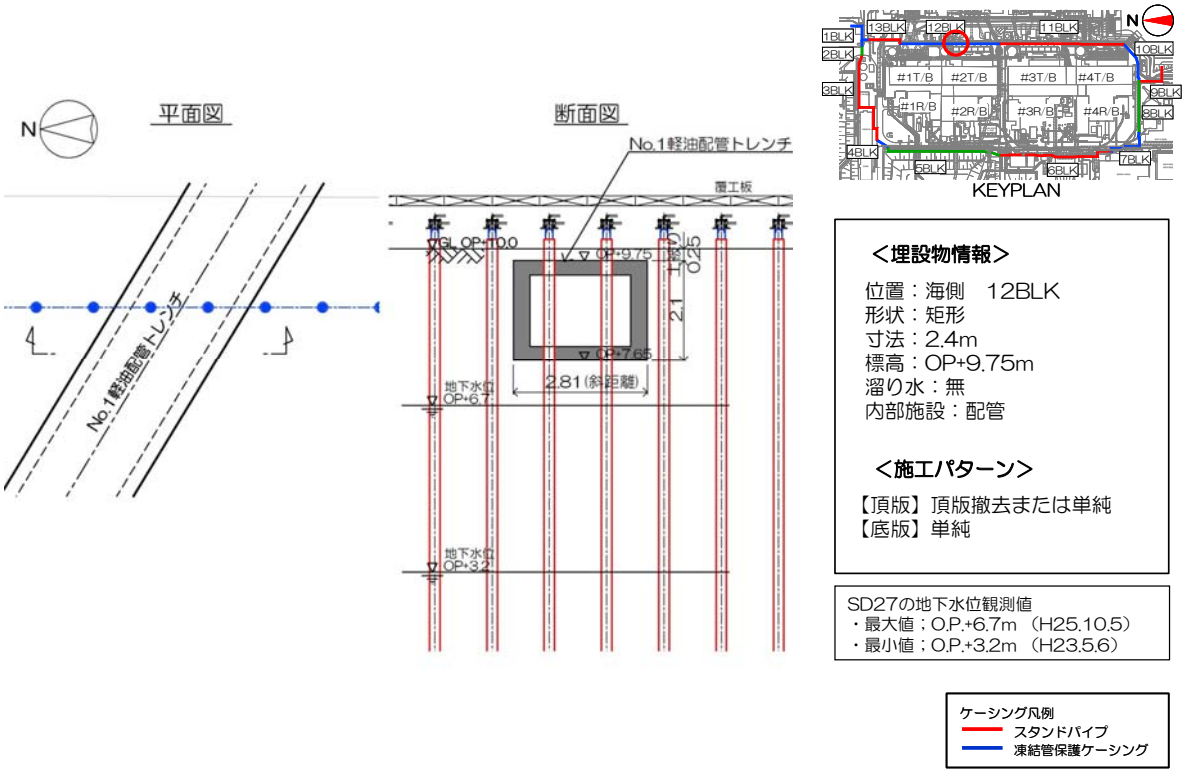
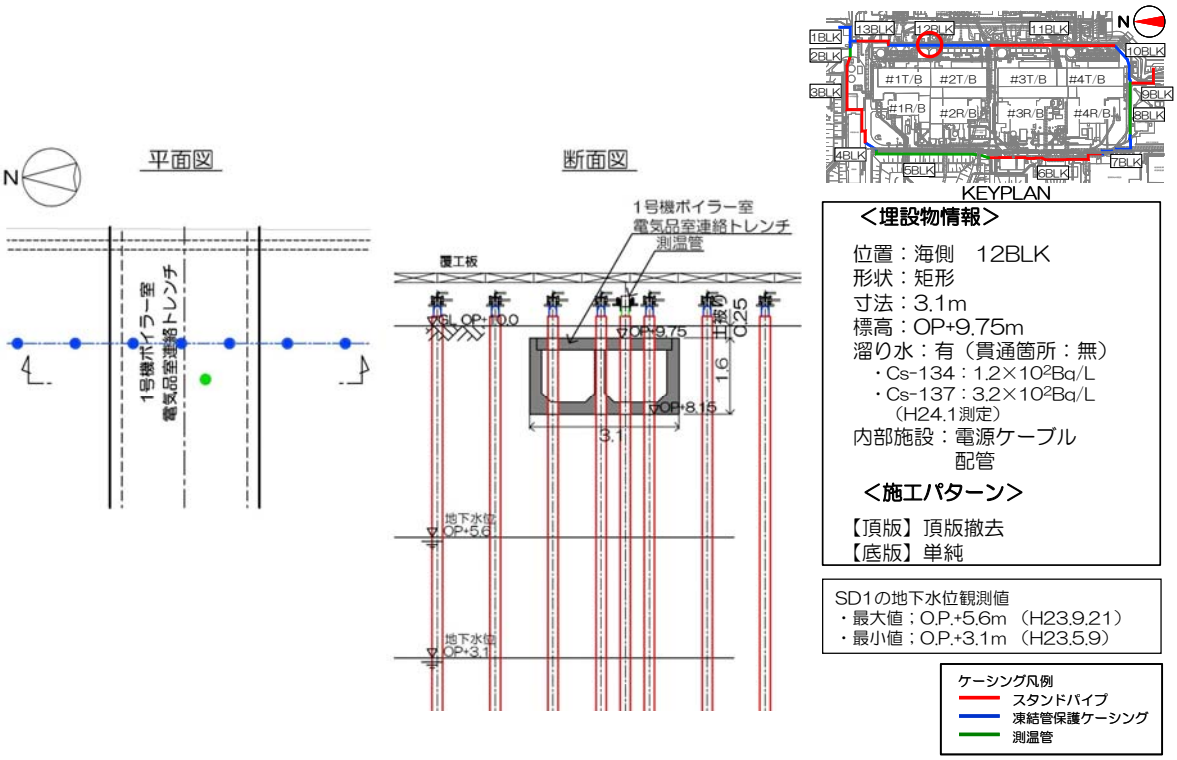


図７－２３　【１２－５】No.１軽油配管トレンチ　施工方法（貫通施工）



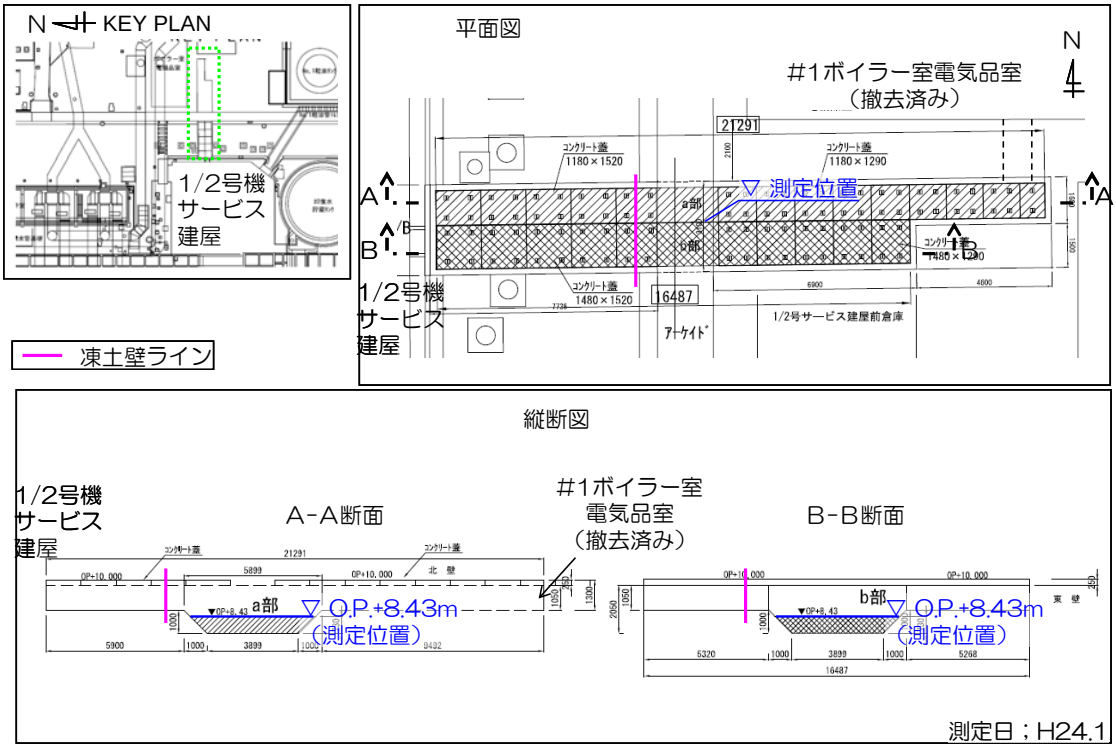


図７－２４　【１２－６】１号機ボイラー室電気品室連絡トレンチ　施工方法（貫通施工）

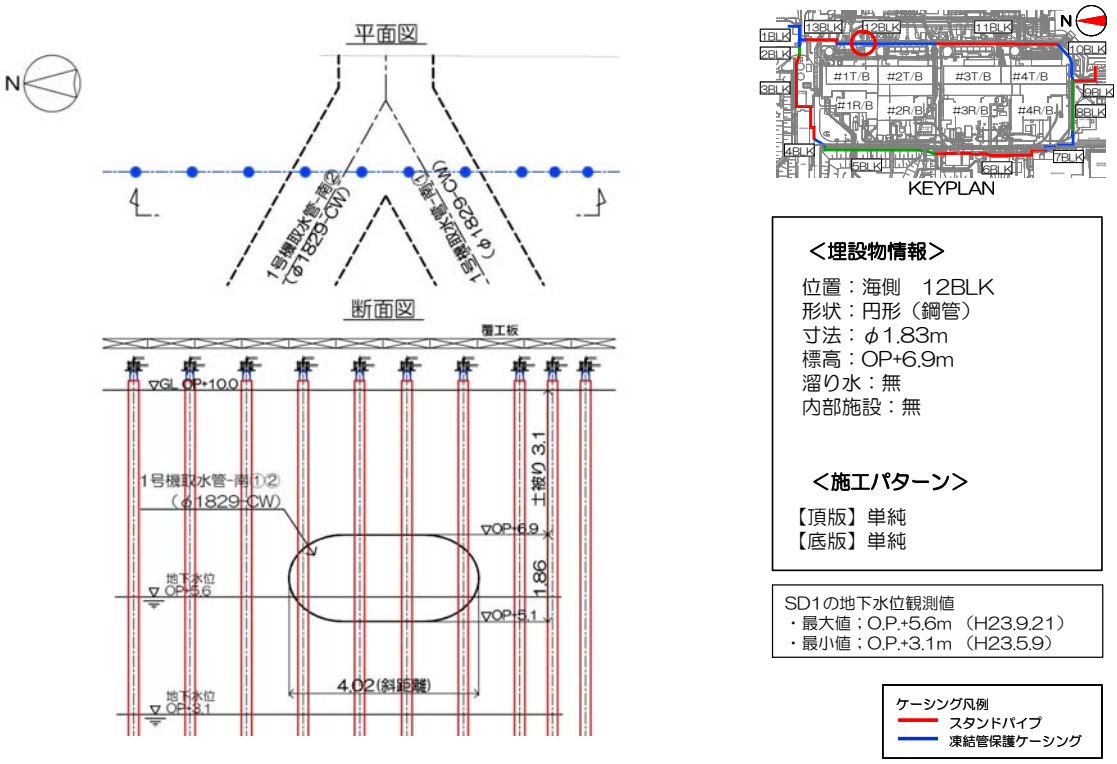


図７－２５　【１２－７】1 号機取水管-南①②　施工方法（貫通施工）

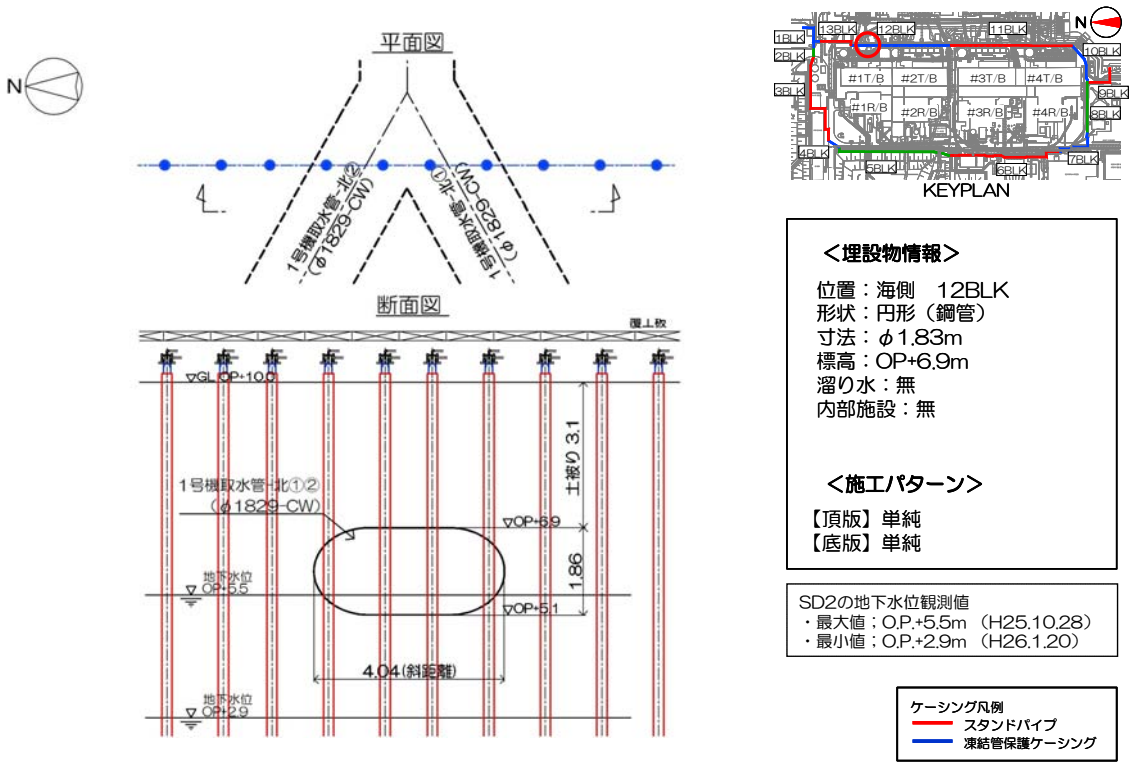


図７－２６　【１２－８】1 号機取水管-北①②　施工方法（貫通施工）

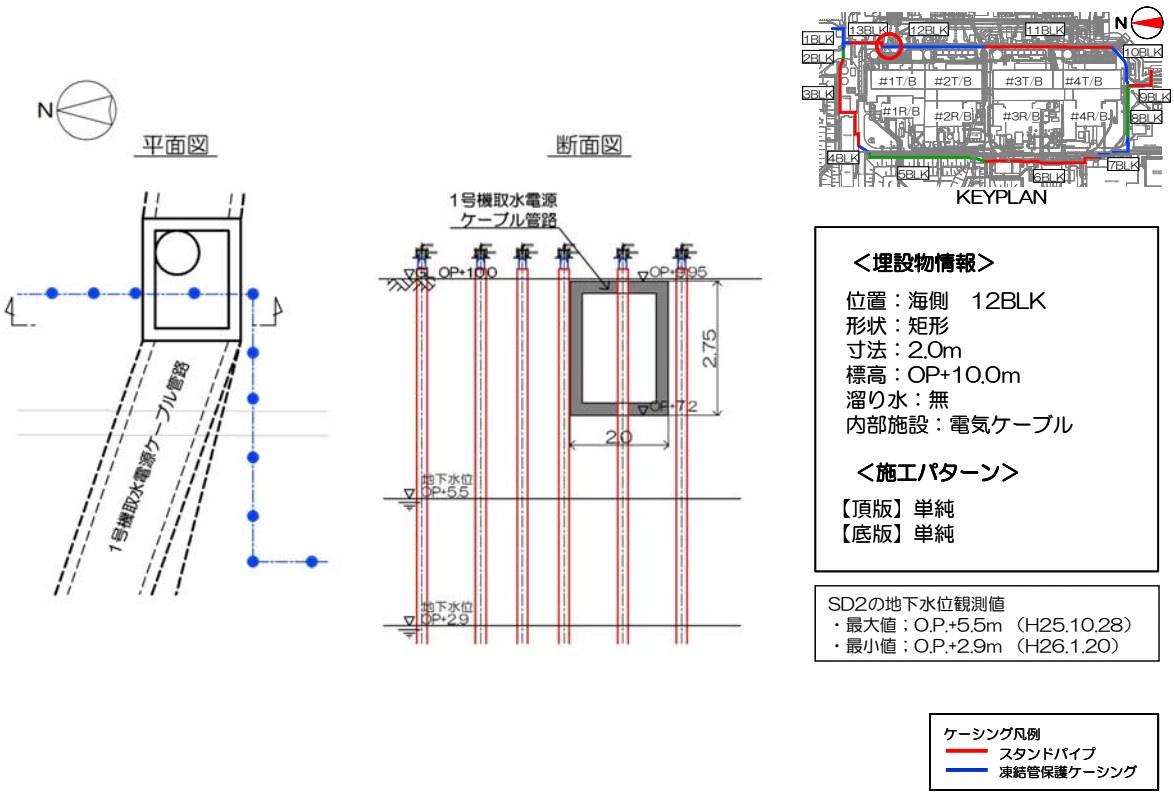


図７－２７　【１２－９】1 号機取水電源ケーブル管路　施工方法（貫通施工）

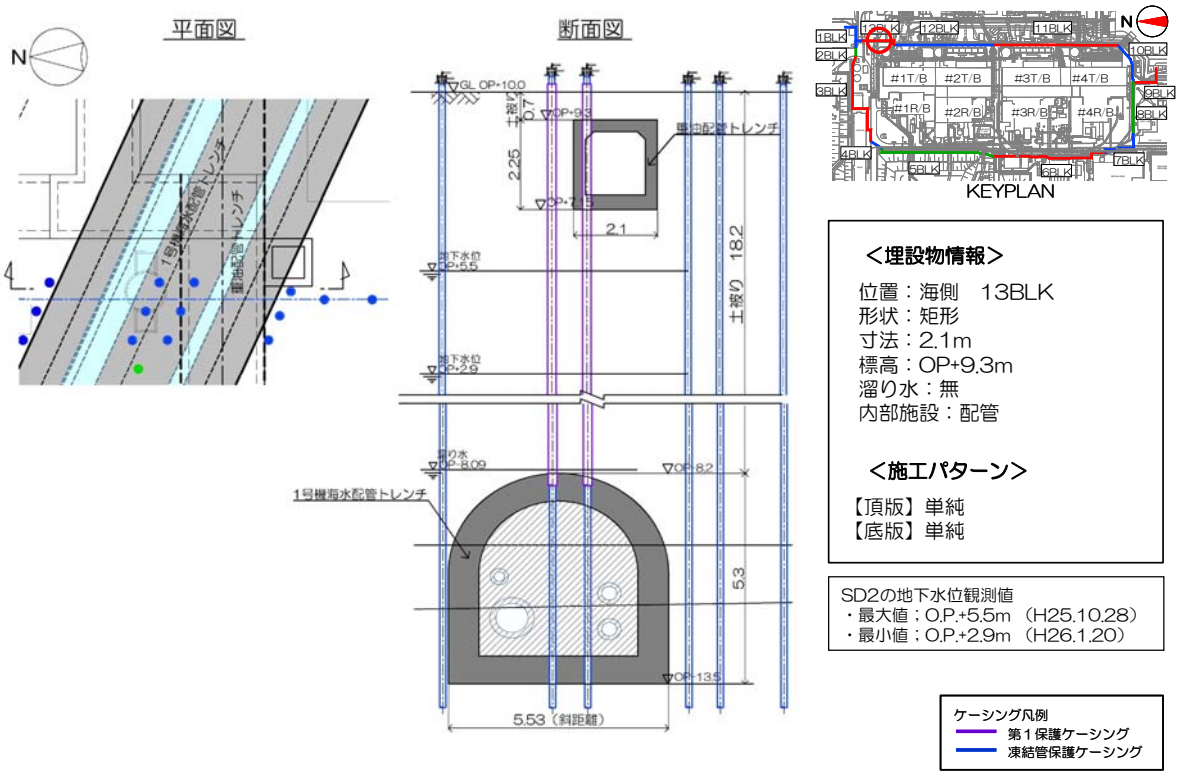


図７－２８　【１３－１】重油配管トレンチ　施工方法（貫通施工）

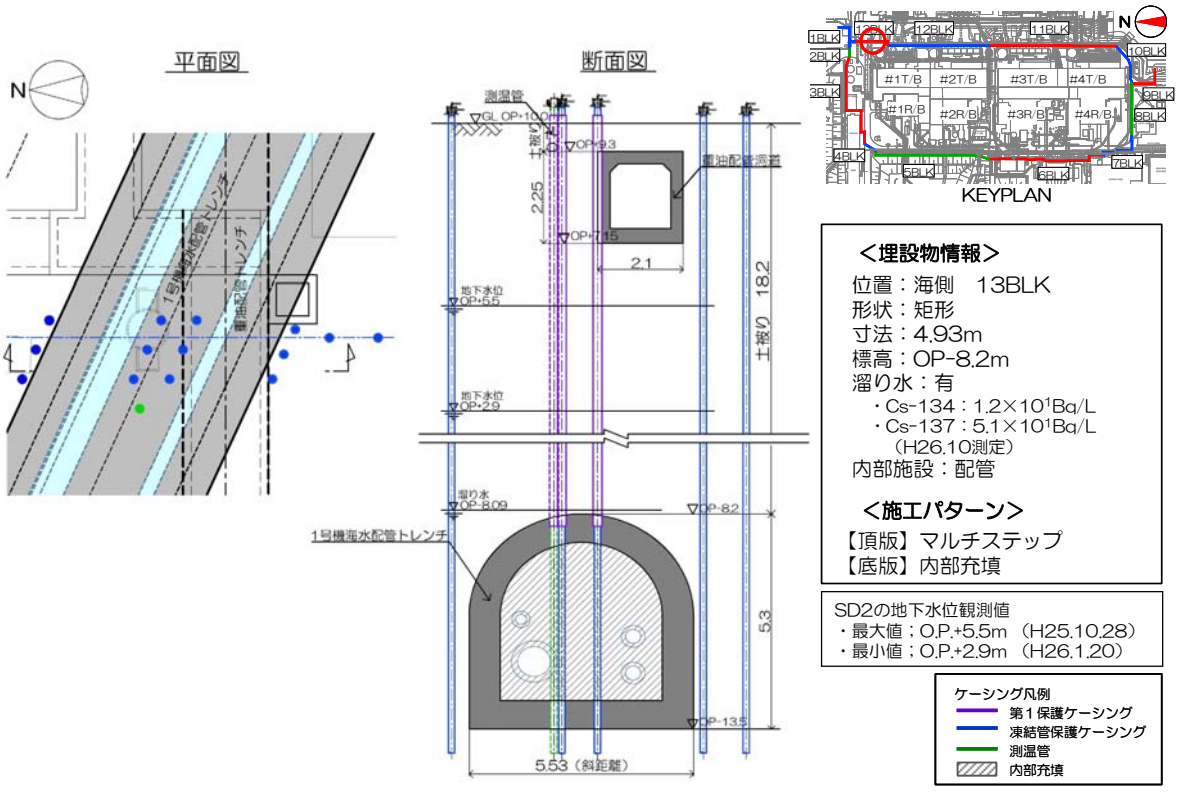


図７－２９　【１３－２】1 号機海水配管トレンチ　施工方法（貫通施工）

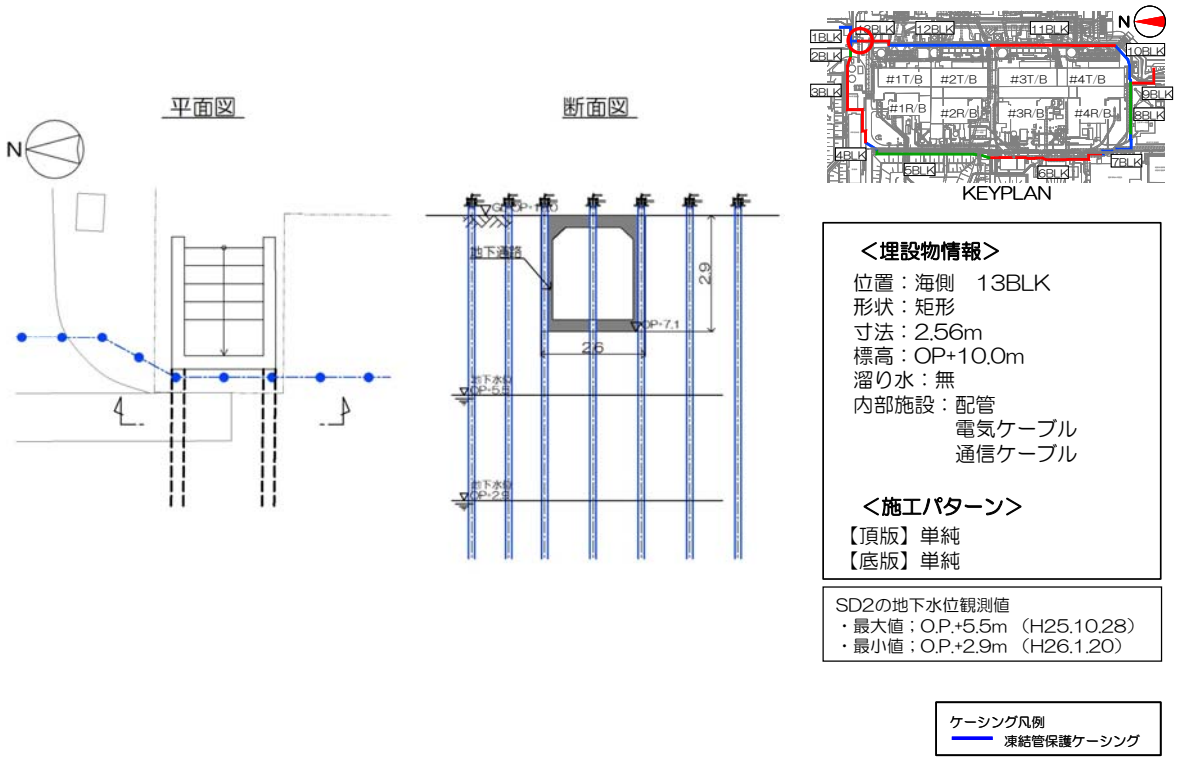


図７－３０　【１３－３】地下通路　施工方法（貫通施工）

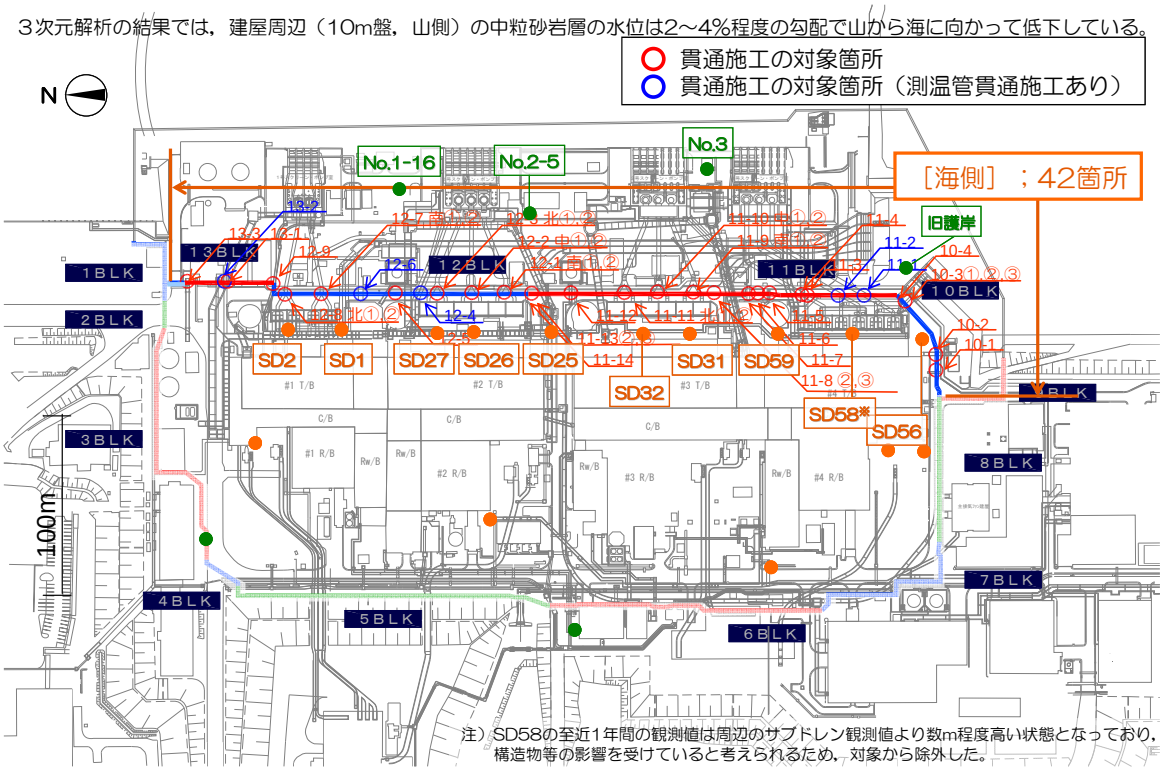


図７－３１　凍土壁ライン近傍のサブドレン・地下水位観測孔　配置図

7　不明埋設物への対応

「添付資料－１４　別添－２　7　不明埋設物への対応」に示す通り。

以　上