

柏崎刈羽原子力発電所 6 号機

「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 報告書
(改訂版)

平成 21 年 6 月 16 日

東京電力株式会社

【目 次】

1. まえがき
2. 耐震安全性評価の基本方針
3. 敷地周辺・敷地近傍・敷地の地質及び地質構造
4. 基準地震動 S_s の策定
5. 原子炉建屋基礎地盤の安定性評価（原子炉建屋，タービン建屋，コントロール建屋）
6. 安全上重要な建物・構築物の耐震安全性
7. 安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価
8. 屋外重要土木構築物の耐震安全性評価
9. 弾性設計用地震動 S_d に対する検討
10. 地震随件事象に対する考慮（周辺斜面の安定性）
11. 地震随件事象に対する考慮（津波に対する安全性）
12. 地震随件事象に対する考慮（活断層の変位に伴う建屋基礎地盤の変形評価）
13. まとめ

【添付資料 1】

耐震設計上の重要度分類 B・C クラスの建物・構築物に関する地盤支持性能確認結果について

【付録 1】

耐震強化工事の基本的な考え方について

【付録 2】

耐震強化用地震動による評価結果について

【付録 3】

耐震強化工事を実施した耐震安全上重要な設備の耐震性評価に関する整理

【付録 4】

中越沖地震の観測記録における上下動が大きいことに関する観測記録の分析および理由，耐震安全性評価への影響の考察

1. まえがき

1. まえがき

平成 18 年 9 月 19 日付けで、原子力安全委員会により「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」が改訂された（以下、「新耐震指針」という。）。これに伴い原子力安全・保安院より「『発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針』等の改訂に伴う既設発電用原子炉施設の耐震安全性の評価等の実施について（文書番号 平成 18・09・19 原院第 6 号 平成 18 年 9 月 20 日）」に基づき、既設の発電用原子炉施設等について、新耐震指針に照らした耐震安全性の評価等を実施するよう求められ、「柏崎刈羽原子力発電所の耐震安全性評価実施計画書（平成 18 年 10 月 18 日）」（以下、「実施計画書」という。）を原子力安全・保安院へ提出した。

その後、平成 19 年 7 月 16 日に発生した平成 19 年新潟県中越沖地震に伴い、経済産業大臣からの指示「平成 19 年新潟県中越沖地震を踏まえた対応について（指示）」（平成 19・07・20 原第 1 号）に基づき実施計画書を見直し、平成 19 年 8 月 20 日に提出した。

本報告書は、上記実施計画書に基づき取りまとめた平成 21 年 5 月 19 日付「柏崎刈羽原子力発電所 6 号機 『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報告書」を、「総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会 耐震・構造設計小委員会 構造ワーキンググループ」および「総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会 耐震・構造設計小委員会 地震・津波、地質・地盤合同ワーキンググループ」での議論等を踏まえて一部改訂したものである。

2. 耐震安全性評価の基本方針

2. 耐震安全性評価の基本方針

耐震安全性評価の基本方針を以下に示す。

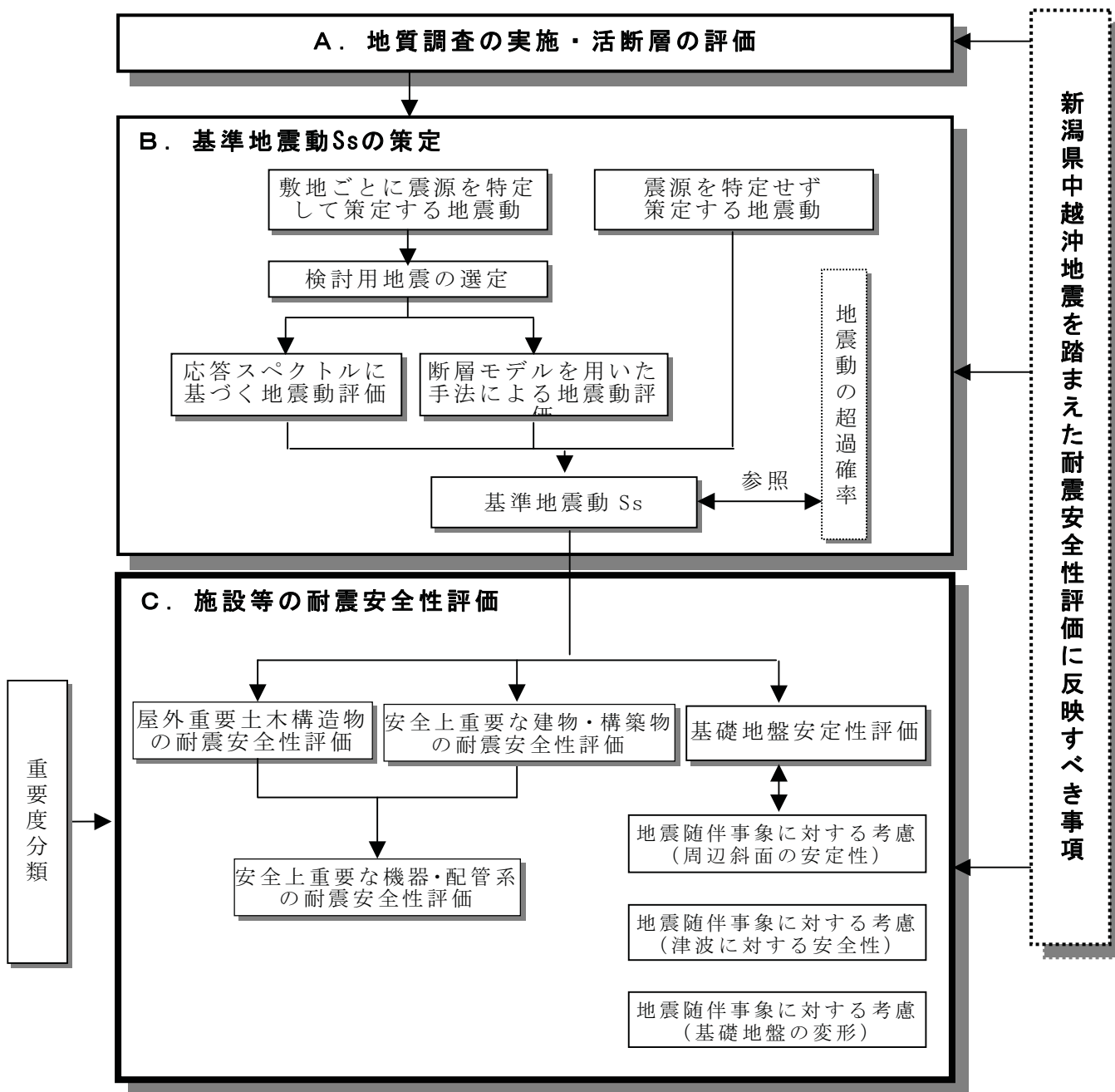
- 1) 耐震安全性評価は、新耐震指針に照らして策定した基準地震動 S_s に対し、耐震安全上重要な施設の安全機能保持の観点から行う。また、旧耐震指針において $S1$ または静的地震力が果たしてきた役割を考慮する観点から、弾性設計用地震動 S_d および静的地震力に対する検討を代表施設について行い、旧耐震指針から新耐震指針への連続性を考察する。
- 2) 評価対象施設は、新耐震指針による S クラスの施設を対象とする。ただし、 B クラスおよび C クラス設備のうち、その破損が S クラス設備に波及的破損を生じさせるおそれのある設備については、波及的影響評価を実施する。
- 3) 耐震安全性評価は、平成 19 年 7 月 16 日に発生した新潟県中越沖地震を受けた「新潟県中越沖地震を踏まえた原子力発電所等の耐震安全性に反映すべき事項（中間取りまとめ）について（通知）」（平成 19・12・26 原院第 6 号）^{*1} および「新潟県中越沖地震を踏まえた原子力発電所等の耐震安全性評価に反映すべき事項について」（平成 20・08・29 原院第 10 号）^{*2} の知見を適切に反映する。

^{*1} 平成 19 年 12 月 27 日経済産業省原子力安全・保安院長より通知
^{*2} 平成 20 年 9 月 4 日経済産業省原子力安全・保安院長より通知
- 4) 施設に作用する地震力の算定、発生応力の算定、安全機能の評価等に用いる地震応答解析手法、解析モデル、許容値等については、従来の評価実績、最新の知見及び規格・基準等を考慮する。また、施設運用上の管理値や実測値などについても考慮する。

評価対象を第 2.1.1-1 表に，耐震安全性評価の全体フローを第 2.1.1-1 図に示す。

第 2.1.1-1 表 柏崎刈羽原子力発電所 6 号機における評価対象

施設等の分類	評価対象施設等の内訳
基礎地盤	原子炉建屋基礎地盤，タービン建屋基礎地盤，コントロール建屋基礎地盤
建物・構築物	原子炉建屋，タービン建屋，コントロール建屋，排気筒
機器・配管系	原子炉本体，計測制御系統設備，原子炉冷却系統設備，原子炉格納施設，放射線管理設備，燃料設備，附帯設備
屋外重要土木 構造物	原子炉冷却系統設備に係る土木構造物
地震随件事象	津波，周辺斜面，基礎地盤変形



第 2.1.1-1 図 新耐震指針に照らした耐震安全性評価フロー

3. 敷地周辺・敷地近傍・敷地の地質及び地質構造

3. 敷地周辺・敷地近傍・敷地の地質及び地質構造

「柏崎刈羽原子力発電所 敷地及び敷地周辺の地質・地質構造に係る報告書」（原管発官 20 第 3 2 5 号 平成 20 年 10 月 22 日付け）、「柏崎刈羽原子力発電所 7 号機「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報告書（改訂 1）」（原管発官 20 第 4 4 1 号 平成 21 年 1 月 9 日付け）及び「柏崎刈羽原子力発電所 7 号機 タービン建屋の地震応答解析における耐震壁及び補助壁の取扱いの不適合に伴う再評価結果等の耐震安全性評価報告書等への反映について」（原管発官 21 第 4 0 号 平成 21 年 4 月 24 日付け）に示すとおり。

4. 基準地震動 S_s の策定

4. 基準地震動 Ss の策定

「柏崎刈羽原子力発電所における平成 19 年新潟県中越沖地震時に取得された地震観測データの分析及び基準地震動に係る報告書」(原管発官 20 第 285 号 平成 20 年 9 月 22 日付けで補正, 原管発官 20 第 324 号 平成 20 年 10 月 22 日付けで追補)に示すとおり。

5. 建屋基礎地盤の安定性評価

(原子炉建屋, タービン建屋, コントロール建屋)

【目 次】

5. 建屋基礎地盤の安定性評価（原子炉建屋，タービン建屋，コントロール建屋）	5-1
5.1. 評価方針.....	5-1
5.2. 評価方法.....	5-1
5.2.1. 基礎地盤の地質概要	5-1
5.2.2. 解析手法.....	5-2
5.2.3. 評価内容.....	5-4
5.3. 評価結果.....	5-6
5.3.1. すべり安全率	5-6
5.3.2. 建屋基礎底面の鉛直方向の相対変位・傾斜	5-7
5.3.3. 支持力.....	5-7

【参考資料】

参考資料5.1 二次元基礎地盤解析における奥行き方向の側面抵抗効果*

*柏崎刈羽原子力発電所7号機 「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 報告書(改訂1)(原管発官20 第441号 平成21年1月9日付け, 原管発官21第40号 平成21年4月24日付けで「柏崎刈羽原子力発電所7号機 タービン建屋の地震応答解析における耐震壁及び補助壁の取扱いの不適合」に伴う再評価結果等を反映) 再掲

参考資料5.2 鉛直地震動の正負反転を考慮した検討

5. 建屋基礎地盤の安定性評価（原子炉建屋，タービン建屋，コントロール建屋）

5.1. 評価方針

柏崎刈羽原子力発電所 6 号機の耐震安全上重要な設備・機器等を内包する建物・構築物を支持する原子炉建屋，タービン建屋基礎地盤について，基準地震動 S_s による地震力に対して十分な支持性能をもつことを評価する。

なお，コントロール建屋の評価結果については，柏崎刈羽原子力発電所 7 号機「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 報告書（改訂 1）（原管発官 20 第 441 号 平成 21 年 1 月 9 日付け，原管発官 21 第 40 号 平成 21 年 4 月 24 日付けで「柏崎刈羽原子力発電所 7 号機 タービン建屋の地震応答解析における耐震壁及び補助壁の取扱いの不適合」に伴う再評価結果等を反映）に示すとおり。

5.2. 評価方法

5.2.1. 基礎地盤の地質概要

敷地の平面図を第 5.2.1-1 図に，地質構造図を第 5.2.1-2 図に，敷地北部の地質水平断面図を第 5.2.1-3 図に，地質鉛直断面図を第 5.2.1-4 図に示す。

6 号機基礎地盤は，凝灰岩，砂岩等の薄層などを挟む塊状泥岩からなる西山層である。西山層は 6 号機位置では標高 -130m 付近まで分布しており，下位には標高約 -310m まで砂岩・泥岩互層を主体とする椎谷層が分布している。西山層の上位には第四紀層である安田層，番神砂層（一部大湊砂層を含む。以下「番神砂層」という。），新期砂層が分布する。6 号機は背斜構造の西翼部に位置し，西山層は $NNE - SSW \sim N - S$ の走向で $10^\circ \sim 15^\circ$ の角

度で西へ傾斜している。

6号機基礎地盤並びにその付近にみられる断裂は、節理、面のゆ着した断層および小断層に区分される。

節理は連続性に乏しく、ENE－WSWの走向で高角度で北あるいは南へ傾斜する傾向にあるが、顕著な定方向性は認められない。

面のゆ着した断層は、低角度に傾斜するものが卓越している。地層が岩石化する以前に形成されたものと考えられ、弱面とはなっておらず、工学的には問題とはならないものである。

小断層としては、5号～7号機基礎地盤中に分布するNW－SEE～NNW－SSEの走向で高角度のもの（以下「V系断層」という。）、層理面に平行で低角度のもの（以下「F系断層」という。）、6号および7号機基礎地盤中に分布するENE－WSWの走向で低角度で南に傾斜するもの（以下「L系断層」という。）が認められる。なお、7号機原子炉建屋およびコントロール建屋は、基礎岩盤である西山層と同等以上の力学特性を有するマンメイドロックを介して岩盤に支持されている。

5.2.2. 解析手法

基準地震動 S_s に対する地震応答解析を二次元動的有限要素法解析により行う。地震応答解析は周波数応答解析手法を用い、等価線形化法により動せん断弾性係数および減衰定数のひずみ依存性を考慮する。

地震時の応力は、自重解析による常時応力と、地震応答解析による地震時応力増分を重ね合わせることにより求める。地震時応力増分は水平地震動および鉛直地震動による応答を考慮し、常時応力は地盤の自重解析により求まる初期応力、建屋基礎掘削に伴

う解放力および建屋・埋戻土の荷重を考慮して求める。

安定性評価フローを第 5.2.2-1 図に示す。

5.2.2.1. 解析モデル

(1) 解析用地盤モデル

解析断面は，原子炉建屋，タービン建屋で直交する 3 断面（原子炉建屋汀線平行：A-A'断面，タービン建屋汀線平行：B-B'断面，原子炉建屋・タービン建屋汀線直交：C-C'断面）とする。

解析用地盤モデルは，F 系断層，V 系断層，L 系断層を考慮し，地質鉛直断面図に基づき以下の方針に従って作成する。

a. 解析モデルの領域

解析幅は，原子炉建屋中心から左右にそれぞれ建屋幅の 2.5 倍以上の領域を確保するようモデル化する。

解析深さは，十分な深さとして建屋幅の 1.5 倍以上の領域を確保するようモデル化する。

b. 要素の大きさ

各要素の大きさは，応力の変化をなめらかに表現でき，かつ地震波の伝播を十分に考慮できるように設定する。

以上 a, b の方針に基づいて作成した解析用要素分割図を第 5.2.2-2 図に示す。

(2) 境界条件

地震応答解析における境界条件は，モデル下端を粘性境界，側方をエネルギー伝達境界とする。また，常時応力を算定する自重解析における境界条件は，モデル下端を固定境界，側方を鉛直ローラ境界とする。

境界条件を第 5.2.2-3 図に示す。

(3) 解析用建屋モデル

原子炉建屋，タービン建屋の解析用建屋モデルは，それぞれについて設定された多質点系モデルから変換することにより作成する。

5.2.2.2. 解析用物性値

設置許可申請時の解析用物性値については第 5.2.2-1 表に示した方法に基づき，第 5.2.2-2 表のとおり設定している。

本検討における解析用物性値の設定にあたっては，新潟県中越沖地震による地盤物性への影響を確認するため，地震後に実施した深さ約 300m のボーリングにより得られた各種試験結果と設置許可申請時のデータを比較した。比較した結果は第 5.2.2-4 図に示すとおりであり地震の影響は認められない。

以上より，本検討の解析用物性値は設置許可申請時に設定した第 5.2.2-2 表を用いることとする。

5.2.2.3. 地震力

地震力については基準地震動 S_s を解放基盤表面である解析モデル下端に入力する。

5.2.2.4. 地下水位

解析用地下水位は，第 5.2.2-5 図のとおり設定する。

5.2.3. 評価内容

5.2.3.1. すべり安全率

すべり安全率は，想定したすべり線上の応力状態をもとに，す

べり線上のせん断抵抗力の和をすべり線上のせん断力の和で除して求める。

想定するすべり線は，原子炉建屋，タービン建屋基礎底面，F系断層，V系断層を通るものを基本とする。

また，すべり安全率の算定にあたっては，以下の方針に基づくこととする。

- a. 埋戻土，新期砂層の強度は期待しない。
- b. 番神砂層，安田層，西山層，椎谷層，断層およびマンメイドロックについては，以下の取り扱いとする。
 - ① 番神砂層，安田層，西山層，椎谷層および断層については，安全側に引張強度をゼロとする。なお，西山層の引張強度は同層の破壊包絡線の設定に際して用いる。
 - ② すべり安全率を算定する際のせん断強度は，引張応力が発生しない場合，非破壊ではピーク強度を，せん断破壊もしくは破壊履歴有りでは残留強度を用いる。また，引張応力が発生する場合は，すべり線の直応力が圧縮の場合は残留強度を用い，直応力が引張の場合はせん断強度を考慮しない。
 - ③ マンメイドロックは打継部の強度を用いる。

5.2.3.2. 建屋基礎底面の鉛直方向の相対変位・傾斜

原子炉建屋，タービン建屋基礎底面の鉛直方向の相対変位・傾斜について評価する。

5.2.3.3. 支持力

原子炉建屋，タービン建屋から基礎底面の地盤に作用する鉛直方向の合力および建屋基礎底面に接する地盤要素の鉛直応力が

最大となるそれぞれの時刻について，要素ごとの安全係数およびモビライズド面を求めて連続したすべり線が形成されないことを確認する。

5.3. 評価結果

5.3.1. すべり安全率

5.3.1.1. 原子炉建屋基礎地盤

すべり安全率の時刻歴を第 5.3.1-1 表～第 5.3.1-10 表に示す。

最小すべり安全率は 1.6 となり評価基準値 1.5 以上であることから，すべりに対して十分な安全性を有している。なお，地盤物性のばらつきを考慮した場合においても，安全性を有していることを確認している。

また，要素ごとの安全係数を第 5.3.1-1 図～第 5.3.1-10 図に示す。

岩盤部については，建屋隅角部の一部に引張強度やせん断強度に達した要素があるものの，小さな範囲にとどまっている。F系断層およびV系断層についても，一部にせん断破壊に達した要素があるものの連続はしていない。

5.3.1.2. タービン建屋基礎地盤

すべり安全率の時刻歴を第 5.3.1-11 表～第 5.3.1-20 表に示す。

最小すべり安全率は 1.5 となり評価基準値 1.5 以上であることから，すべりに対して十分な安全性を有している。

また，要素ごとの安全係数を第 5.3.1-11 図～第 5.3.1-18 図に示す。

建屋隅角部の一部に引張強度やせん断強度に達した要素があるものの，小さな範囲にとどまっている。

5.3.2. 建屋基礎底面の鉛直方向の相対変位・傾斜

5.3.2.1. 原子炉建屋基礎地盤

原子炉建屋基礎底面両端の最大相対変位・傾斜を第 5.3.2-1 表に示す。

原子炉建屋基礎底面両端の最大相対変位は 2.8cm，原子炉建屋基礎底面の最大傾斜は約 1/2,000 であり，安全上重要な機器・配管系の安全機能に支障を与えるものではない。

5.3.2.2. タービン建屋基礎地盤

タービン建屋基礎底面両端の最大相対変位・傾斜を第 5.3.2-2 表に示す。

タービン建屋基礎底面両端の最大相対変位は 1.7cm，タービン建屋基礎底面の最大傾斜は約 1/5,500 であり，安全上重要な機器・配管系の安全機能に支障を与えるものではない。

5.3.3. 支持力

5.3.3.1. 原子炉建屋基礎地盤

原子炉建屋から基礎底面の地盤に作用する鉛直方向の合力および，建屋基礎底面に接する地盤要素の鉛直応力が最大となるそれぞれの時刻における要素ごとの安全係数およびモビライズド面から，破壊に至る要素が連続せず，連続したすべり線が形成されないことを確認した。代表的なケースの接地圧の分布，要素ごとの安全係数，モビライズド面を第 5.3.3-1 図に示す。

以上より，原子炉建屋基礎地盤は支持力に対して十分な安全性を有している。

なお，原子炉建屋地震応答解析結果に基づく接地圧に関する評

価は 6 章に示している。

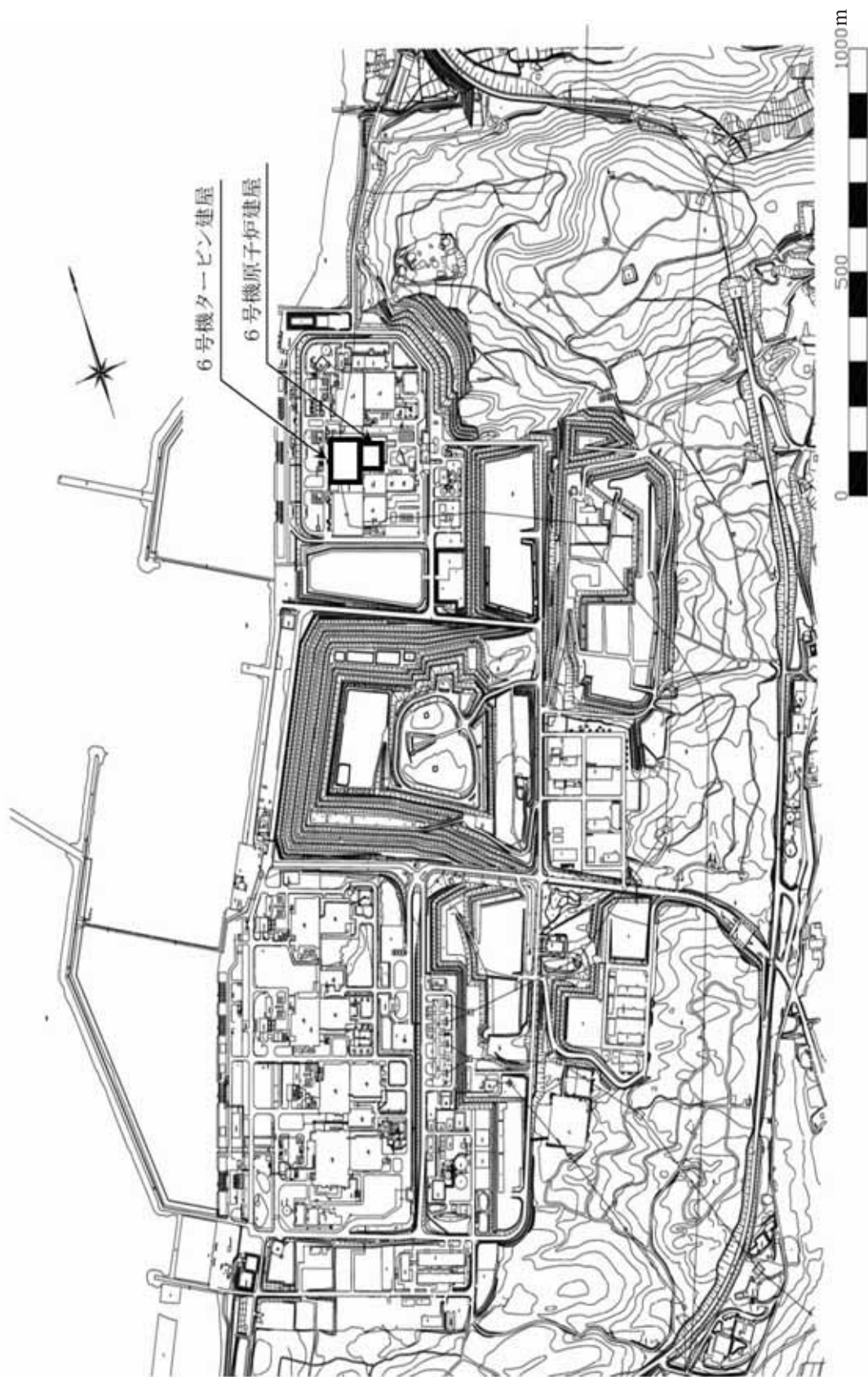
5.3.3.2. タービン建屋基礎地盤

タービン建屋から基礎底面の地盤に作用する鉛直方向の合力および、建屋基礎底面に接する地盤要素の鉛直応力が最大となるそれぞれの時刻における要素ごとの安全係数およびモビライズド面から、破壊に至る要素が連続せず、連続したすべり線が形成されないことを確認した。代表的なケースの接地圧の分布、要素ごとの安全係数、モビライズド面を第 5.3.3-2 図に示す。

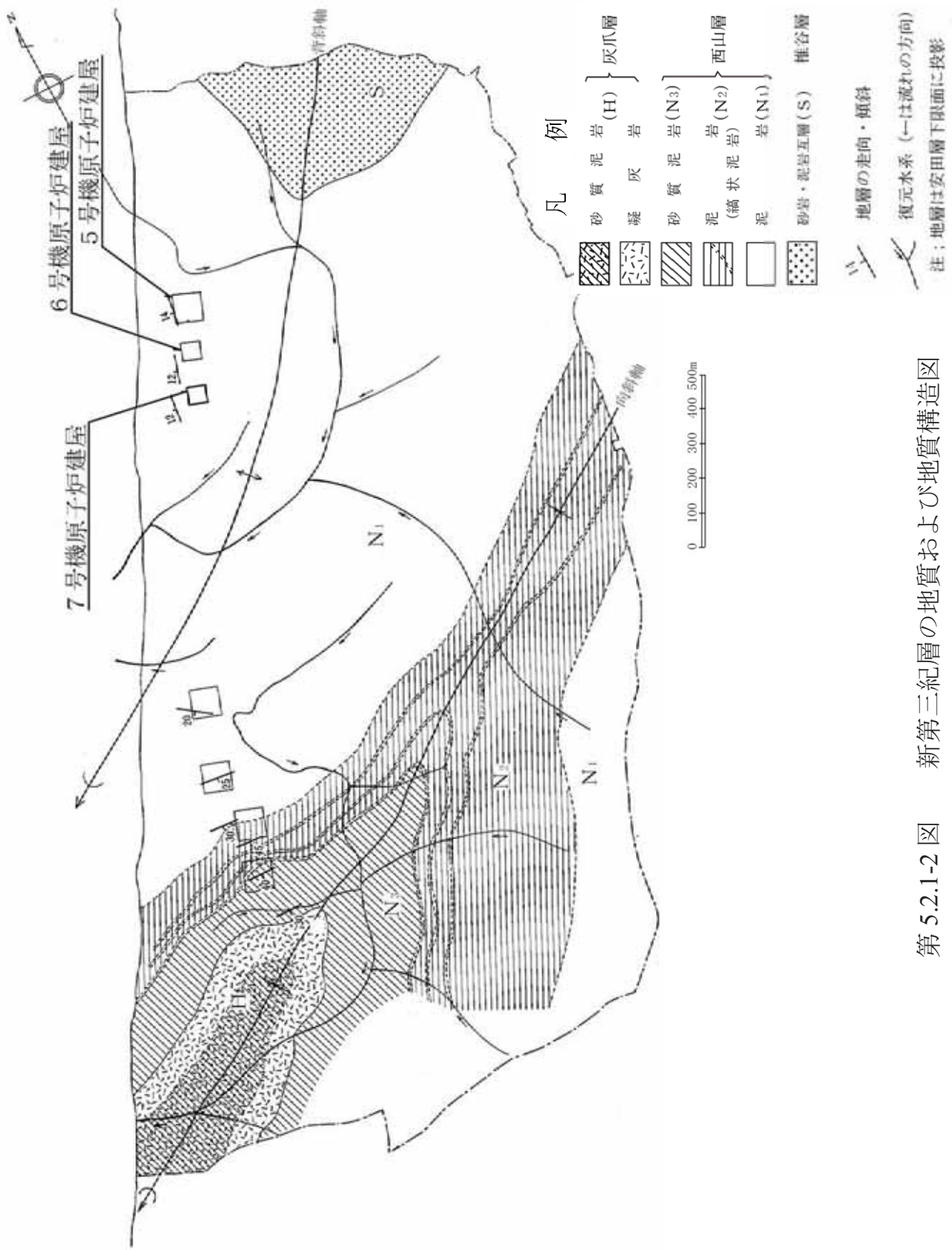
以上より、タービン建屋基礎地盤は支持力に対して十分な安全性を有している。

なお、タービン建屋地震応答解析結果に基づく接地圧に関する評価は 6 章に示している。

以上より、柏崎刈羽原子力発電所 6 号機原子炉建屋、タービン建屋基礎地盤について、基準地震動 S_s による安定性を評価した結果、基礎地盤は十分な支持性能をもつことを確認した。



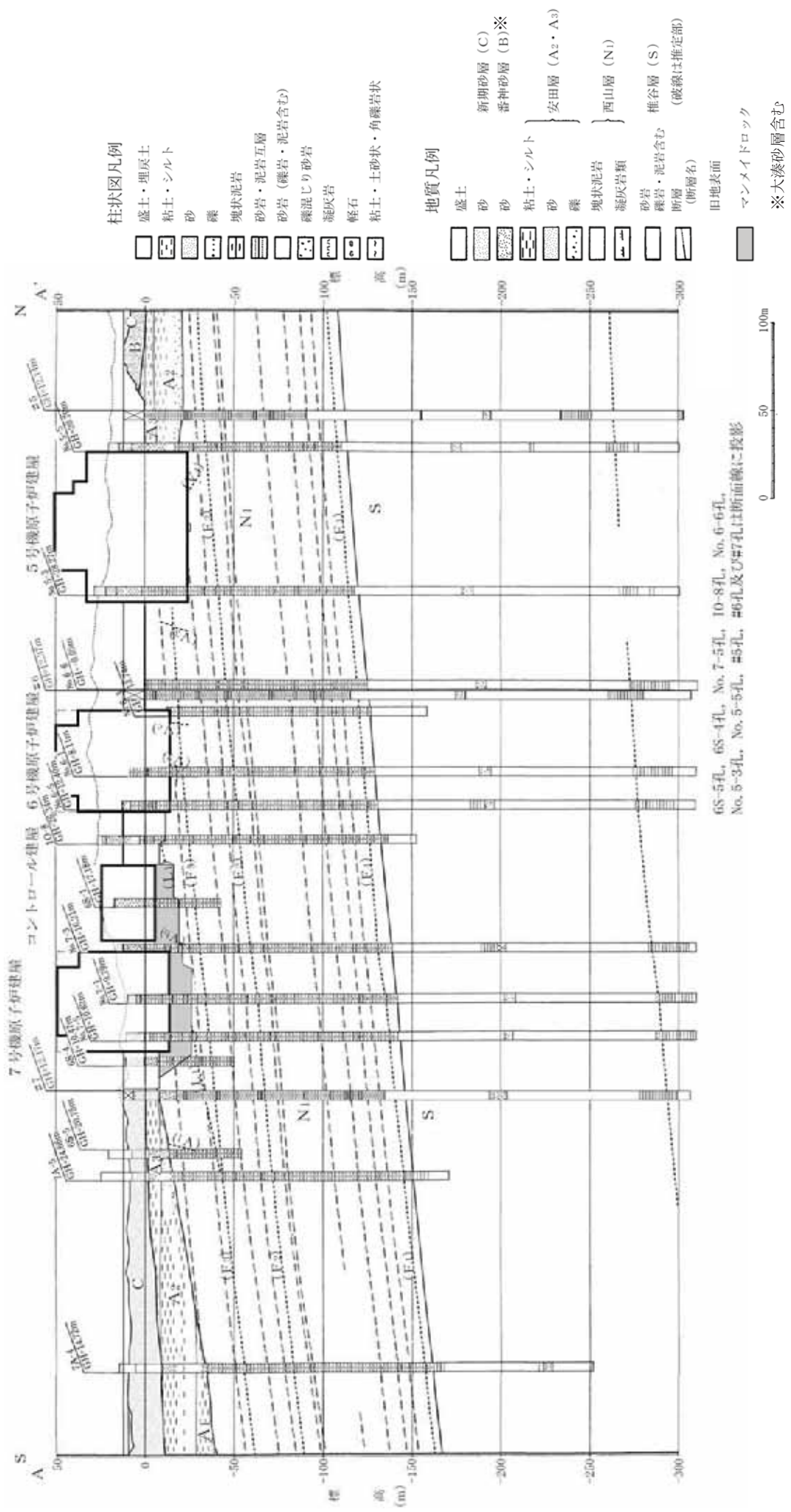
第 5.2.1-1 図 敷地平面図



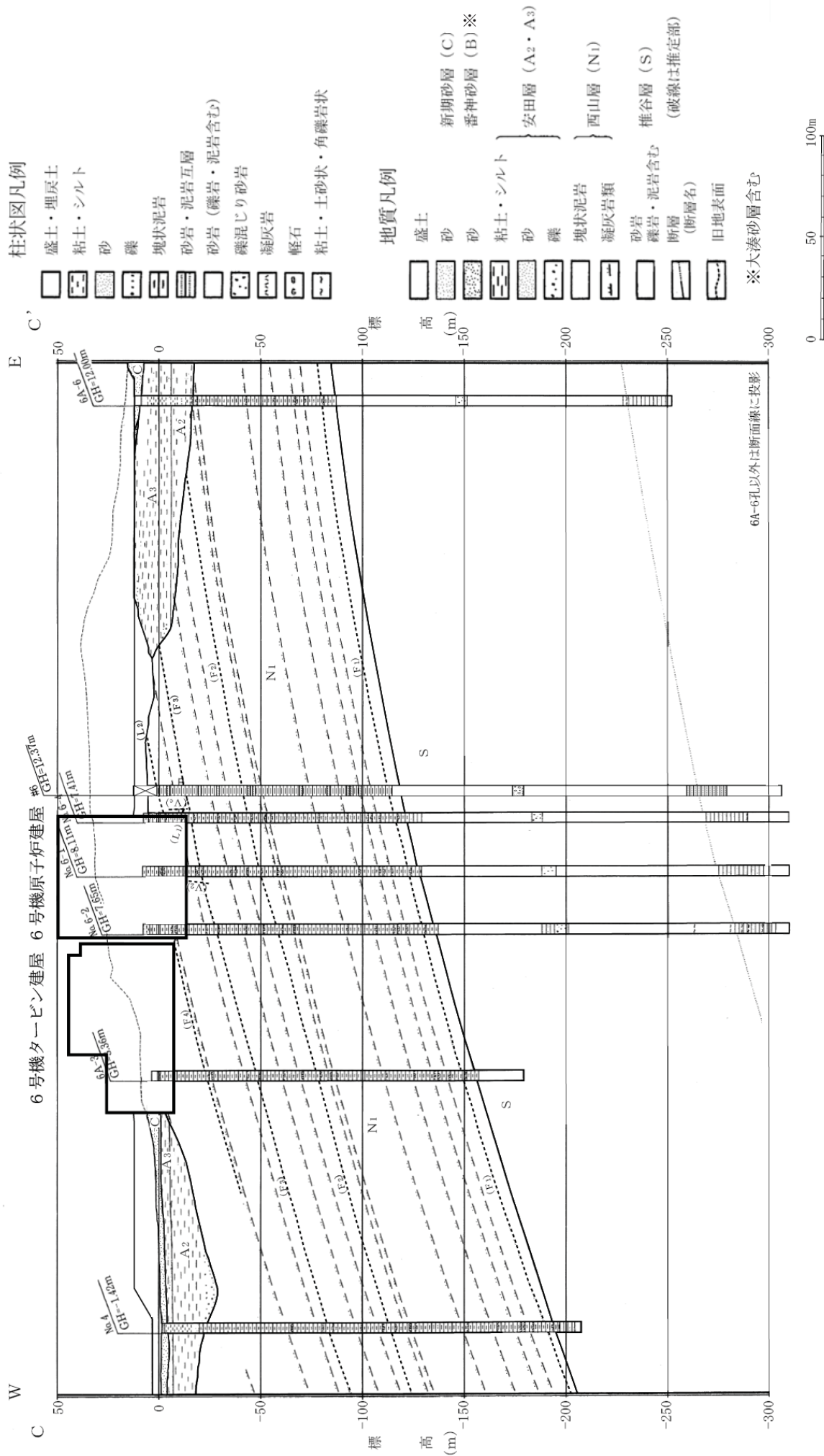
第 5.2.1-2 図 新第三紀層の地質および地質構造図



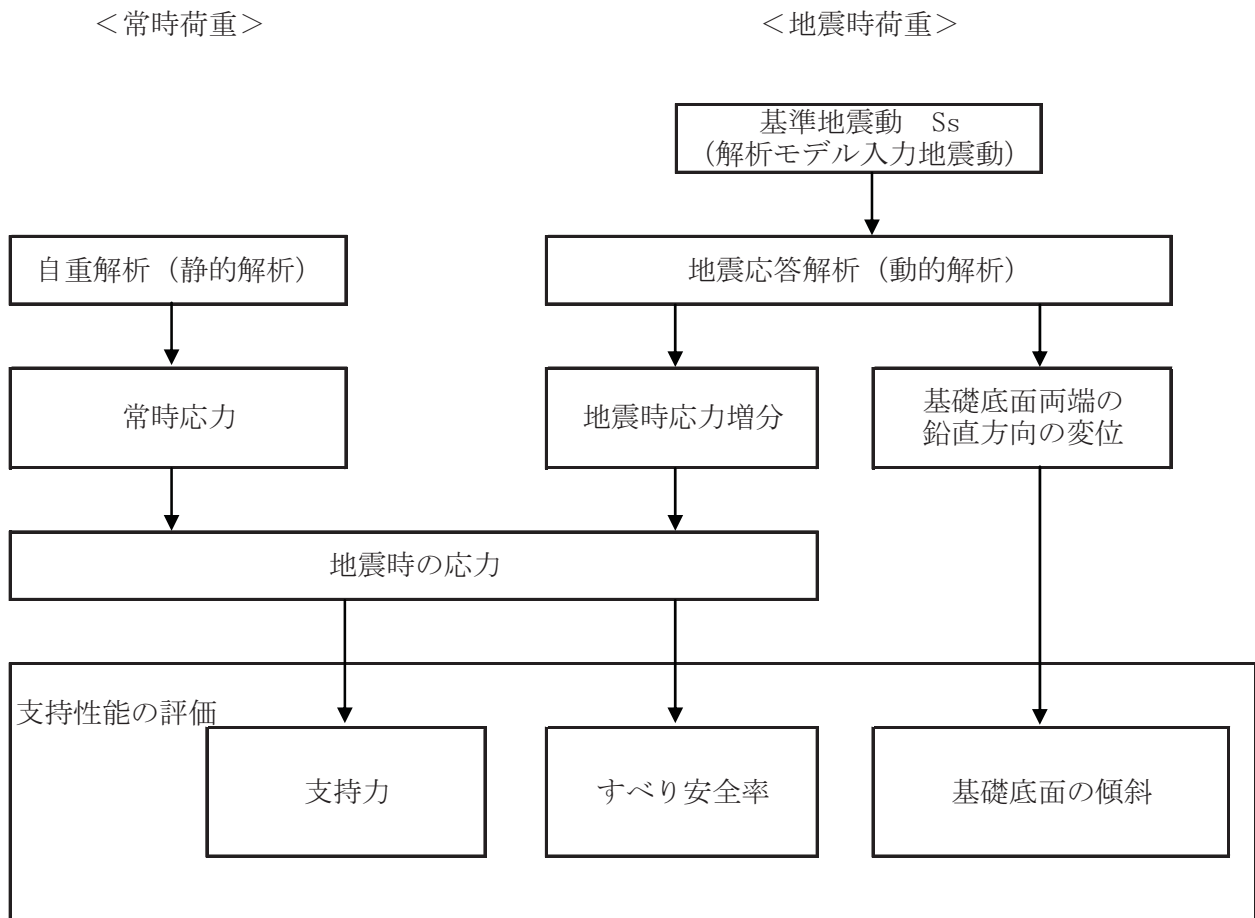
第 5.2.1-3 図 6 号機付近地質水平断面図(標高-13m)



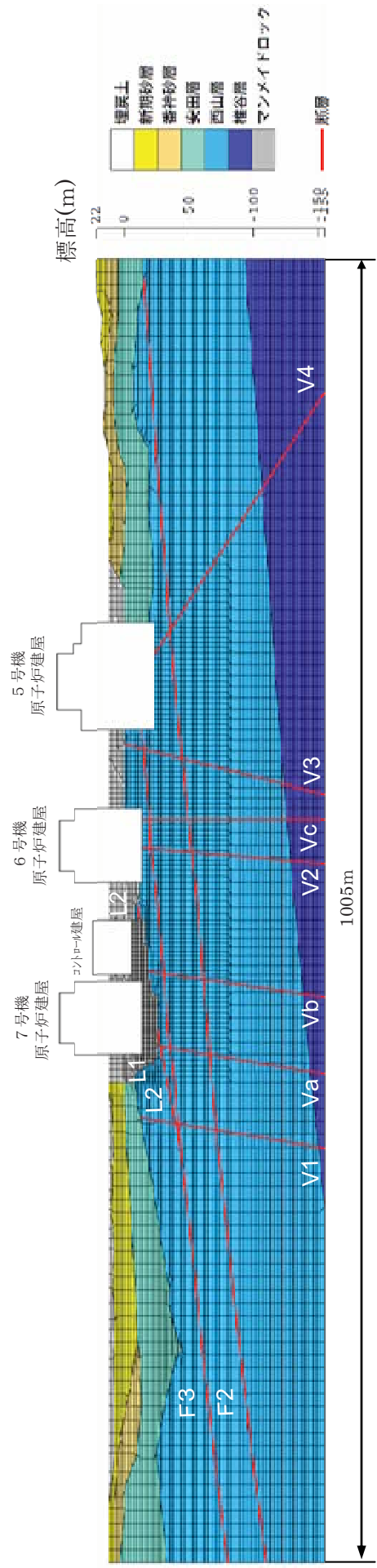
第 5.2.1-4 図(1) 6号機付近地質鉛直断面図(A-A')



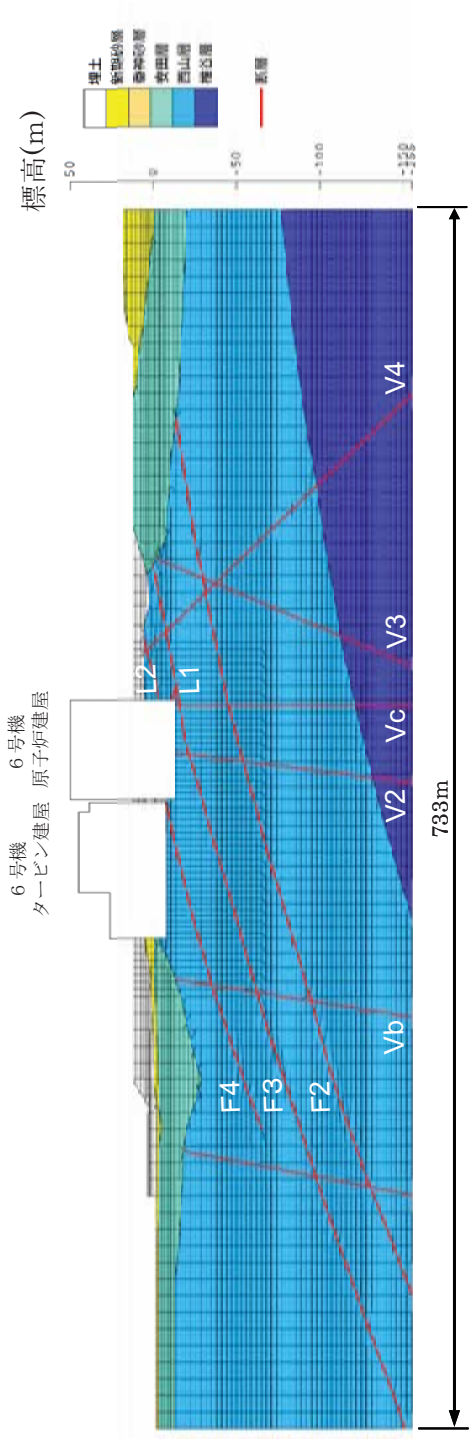
第 5.2.1-4 図(2) 6 号機付近地質鉛直断面図(C-C')



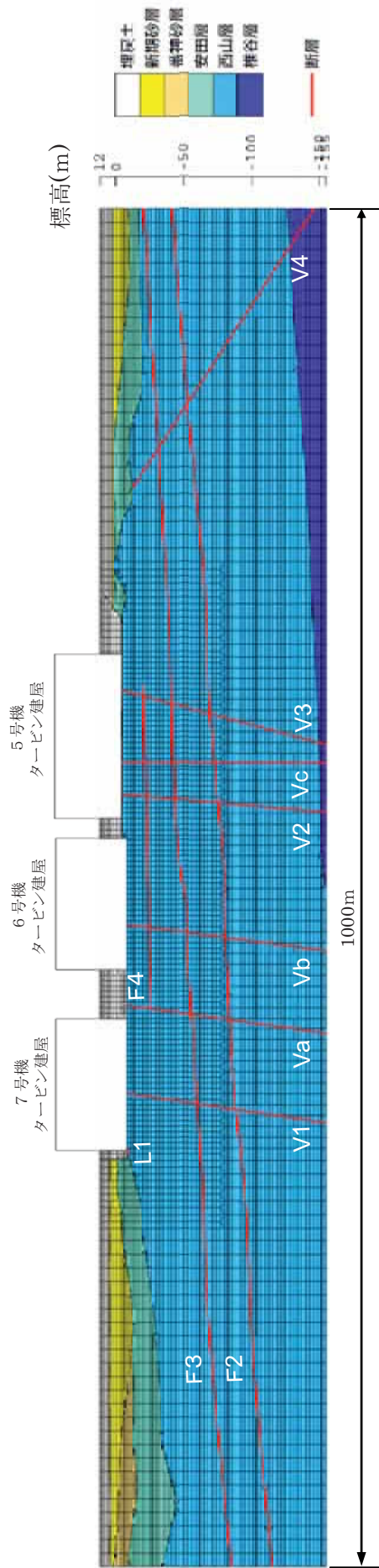
第 5.2.2-1 図 建屋基礎地盤の安定性評価フロー



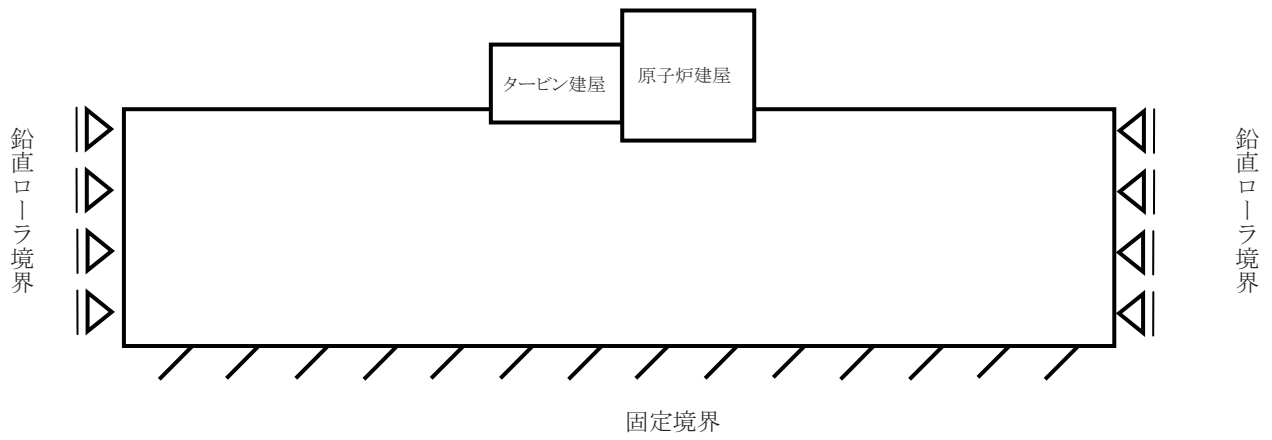
第 5.2.2-2 図(1) 解析用要素分割図(原子炉建屋汀線平行断面)



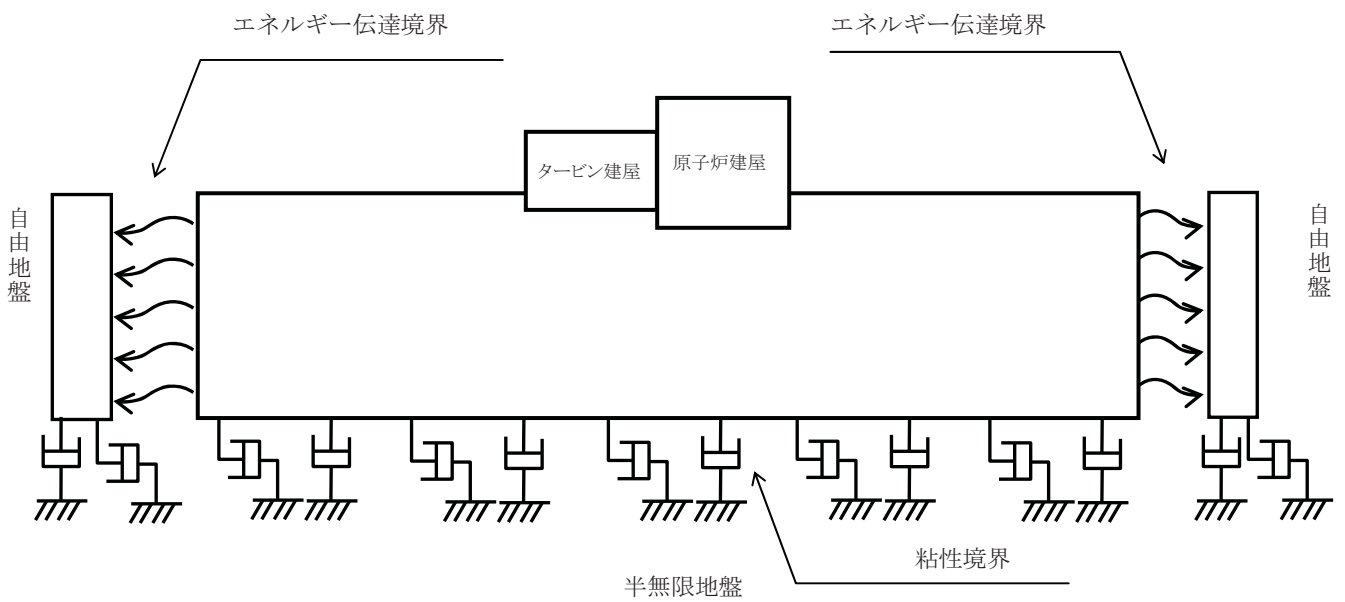
第 5.2.2-2 図(2) 解析用要素分割図(汀線直交断面)



第 5.2.2-2 図(3) 解析用要素分割図(タービン建屋汀線平行断面)



自重解析時



地震応答解析時

第 5.2.2-3 図 境界条件

第 5.2.2-1 表 解析用物性値設定方法

物理特性	均質部				不均質部				表層部				マンメイドロック		
	西山層		椎谷層		F系断層		V系断層		L系断層		安田層	番沖砂層		新期砂層	埋戻土
	密度試験結果	三軸圧縮試験結果	密度試験結果	三軸圧縮試験結果	密度試験結果 (粘土部・破砕部の層厚を考慮した重み付け平均)	三軸圧縮試験結果	密度試験結果	三軸圧縮試験結果	密度試験結果	三軸圧縮試験結果	密度試験結果	三軸圧縮試験結果		密度試験結果	(既設号戸の数値)
ρ_t	密度試験結果	密度試験結果	密度試験結果	密度試験結果	密度試験結果を考慮した重み付け平均)	密度試験結果	密度試験結果	密度試験結果	密度試験結果	密度試験結果	密度試験結果	密度試験結果	密度試験結果	(既設号戸の数値)	
E_0	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	F ₃ 断層の三軸圧縮試験結果を粘土部・破砕部ごとに圧密圧力で回帰	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	(既設号戸の数値)	
ν	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	粘土部：西山層の値 破砕部：三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	(砂質土の一般的な値)	
G_0	P/S検層によるS波速度および密度から算定	P/S検層によるS波速度	P/S検層によるS波速度	P/S検層によるS波速度および密度から算定	弾性波速度測定試験結果から求めたG ₀ を粘土部・破砕部ごとに平均	T.M.S.L.±0.0mにおける西山層の値	弾性波速度測定試験結果	弾性波速度測定試験結果	弾性波速度測定試験結果	弾性波速度測定試験結果	弾性波速度測定試験結果	弾性波速度測定試験結果	弾性波速度測定試験結果	弾性波速度測定結果	
ν_d	P/S検層で得たP波速度、S波速度により算定	P/S検層で得たP波速度	P/S検層で得たP波速度	P/S検層で得たP波速度、S波速度により算定	弾性波速度測定試験結果から求めたν _d を粘土部・破砕部ごとに設定	弾性波速度測定試験結果から求めたν _d を粘土部・破砕部ごとに設定	弾性波速度測定試験結果	弾性波速度測定試験結果	弾性波速度測定試験結果	弾性波速度測定試験結果	弾性波速度測定試験結果	弾性波速度測定試験結果	弾性波速度測定試験結果	弾性波速度測定結果	
$G/G_0 \sim \nu/h \sim \nu$	動的単純せん断試験結果	動的単純せん断試験結果	動的単純せん断試験結果	動的単純せん断試験結果	動的単純せん断試験結果を粘土部・破砕部ごとに設定	動的単純せん断試験結果	動的単純せん断試験結果	動的単純せん断試験結果	動的単純せん断試験結果	動的単純せん断試験結果	動的単純せん断試験結果	動的単純せん断試験結果	動的単純せん断試験結果	動的単純せん断試験結果	
ピーク強度	圧裂試験結果および三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果を粘土部・破砕部ごとに設定	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	(考慮しない)	
残留強度	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	三軸圧縮試験結果	(考慮しない)	

第 5.2.2-2 表(1) 解析用物性値

物性値		地層区分	均質部	
			西山層	椎谷層
物理特性		ρ_t (g/cm ³)	$1.69 - 0.00048 \cdot Z$	$1.94 - 0.00044 \cdot Z$
変形特性	静的変形特性	E_0 (N/mm ²)	$502 - 2.29 \cdot Z$	$251 - 3.88 \cdot Z$
		ν	$0.48 + 0.00024 \cdot Z$	0.46
	動的変形特性	G_0 (N/mm ²)	$394 - 1.63 \cdot Z$	$-133 - 7.35 \cdot Z$
		ν_d	$0.45 + 0.00015 \cdot Z$	$0.47 + 0.00031 \cdot Z$
		$G/G_0 \sim \gamma$	$1/(1+4.10 \gamma^{1.37})$	$1/(1+5.76 \gamma^{0.69})$
	$h \sim \gamma$ (%)	$25.0 \gamma^{0.94} + 0.7$	$\gamma / (0.065 \gamma + 0.004) + 0.7$	
強度特性	ピーク強度	C_u (N/mm ²)	$1.37 - 0.00504 \cdot Z$	$0.721 - 0.00773 \cdot Z$
		ϕ_u (°)	0	0
		σ_t (N/mm ²)	$0.335 - 0.00157 \cdot Z$	0
	残留強度	C_{ur} (N/mm ²)	$0.673 - 0.00201 \cdot Z$	$0.799 - 0.00607 \cdot Z$
備考	強度特性は下図のように設定する。		強度特性は下図のように設定する。	強度特性は下図のように設定する。
	<p>ピーク強度</p> <p>残留強度</p>		<p>ピーク強度</p> <p>残留強度</p>	

注：Zは、標高(m)を示す。

注：Pは、地下水位を考慮した圧密圧力(N/mm²)を示す。

注：γは、せん断歪み(%)を示す。

第 5.2.2-2 表(2) 解析用物性値

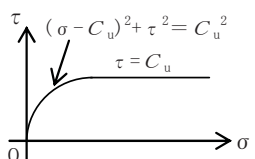
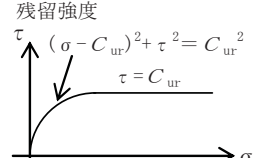
物性値		地層区分	断層部				
			F系断層		V系断層	L系断層	
物理特性	ρ_t (g/cm ³)	F系断層		1.78	1.82		
		粘土部 1.92	破砕部 1.73				
		層厚の重み付き平均=1.75					
変形特性	静的変形特性	E_0 (N/mm ²)	$62.4 + 80.5 \cdot P$	低圧部 : $48.8 + 923 \cdot P$ 高圧部 : $224 + 131 \cdot P$	低圧部 : $141 + 389 \cdot P$ 高圧部 : $296 + 78.0 \cdot P$	$165 + 148 \cdot P$	
		ν	0.46	0.46	0.46	0.46	
	動の変形特性	G_0 (N/mm ²)	337	340	394	230	
		ν_d	0.47	0.42	0.44	0.47	
		$G/G_0 \sim \gamma$	$1/(1+7.45\gamma^{1.14})$	$1/(1+9.79\gamma^{1.03})$	$1/(1+4.75\gamma^{0.68})$	$1/(1+4.86\gamma^{0.73})$	
		$h \sim \gamma$ (%)	$41.0\gamma^{0.62}$	$35.0\gamma^{0.42}$	$18.0\gamma^{0.28} + 0.1$	$17.0\gamma^{0.31}$	
	強度特性	ピーク強度	C_u (N/mm ²)	$0.286 + 0.191 \cdot P$	$0.279 + 0.242 \cdot P$	$0.504 + 0.359 \cdot P$	$0.486 + 0.481 \cdot P$
			ϕ_u (°)	0	0	0	0
σ_t (N/mm ²)			0	0	0	0	
残留強度		C_{ur} (N/mm ²)	$0.219 + 0.251 \cdot P$	$0.278 + 0.181 \cdot P$	$0.485 + 0.293 \cdot P$	$0.497 + 0.353 \cdot P$	
備考		<p>強度特性は下図のように設定する。</p> <p>ピーク強度</p> <p>残留強度</p>					

注：Zは、標高(m)を示す。

注：Pは、地下水位を考慮した圧密圧力(N/mm²)を示す。

注：γは、せん断歪み(%)を示す。

第 5.2.2-2 表(3) 解析用物性値

物性値		地層区分	表層部			
			安田層	番神砂層	新期砂層	埋戻土
物理特性	ρ_t (g/cm ³)		1.76	1.84	1.64	1.89
変形特性	静的変形特性	E_0 (N/mm ²)	126+232・P	23.5+572・P	19.3+187・P	58.8
		ν	0.49	0.47	0.33	0.33
	動の変形特性	G_0 (N/mm ²)	175	184	25.3	27.0
		ν_d	0.45	0.43	0.36	0.41
		$G/G_0 \sim \gamma$	$1/(1+5.39\gamma^{0.77})$	$1/(1+9.48\gamma^{0.74})$	$1/(1+10.95\gamma^{0.81})$	$1/(1+9.01\gamma^{0.77})$
		$h \sim \gamma$ (%)	$24.8\gamma^{0.56}$	$\gamma/(0.041\gamma+0.005)+1.0$	$\gamma/(0.031\gamma+0.002)$	$\gamma/(0.034\gamma+0.003)+0.1$
強度特性	ピーク強度	C_u (N/mm ²)	0.238+0.407・P	0.322+0.412・P	—	—
		ϕ_u (°)	0	0	—	—
		σ_t (N/mm ²)	0	0	—	—
	残留強度	C_{ur} (N/mm ²)	0.224+0.312・P	0.321+0.375・P	—	—
備 考	強度特性は下図の通りに設定する。					
	<p>ピーク強度</p>  <p>残留強度</p> 					

注：Zは、標高(m)を示す。

注：Pは、地下水位を考慮した圧密圧力(N/mm²)を示す。

注：γは、せん断歪み(%)を示す。

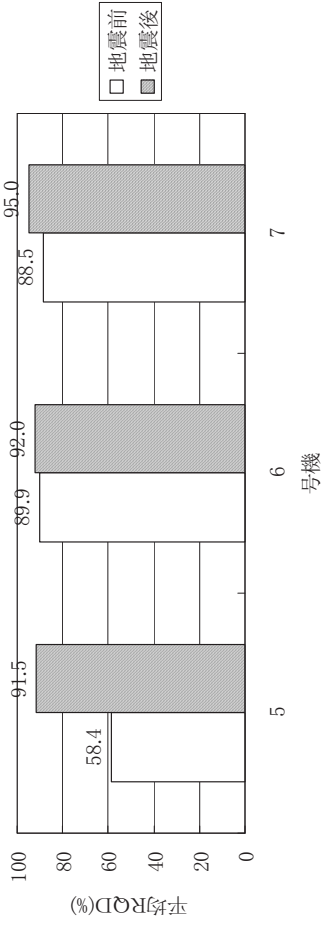
第 5.2.2-2 表(4) 解析用物性値

物性値		地層区分		マンメイドロック		
				7号炉原子炉建屋下	コントロール建屋下	
物理特性		ρ_t (g/cm ³)		1.75	1.75	
変形特性	静的変形特性	E_0 (N/mm ²)		1160	1020	
		ν		0.44	0.45	
	動の変形特性	G_0 (N/mm ²)		2110	1990	
		ν_d		0.36	0.36	
		$G/G_0 \sim \gamma$		$1/(1+4.30\gamma^{1.00})$	$1/(1+4.30\gamma^{1.00})$	
		$h \sim \gamma$ (%)		$19.0\gamma^{0.60}$	$19.0\gamma^{0.60}$	
	強度特性	ピーク強度	C_u (N/mm ²)	均質部	1.84	1.84
				打継部	1.38	1.38
ϕ_u (°)				0	0	
σ_t (N/mm ²)			均質部	0.666	0.666	
		打継部	0.330	0.330		
残留強度		C_{ur} (N/mm ²)	均質部	1.38	1.38	
			打継部	1.04	1.04	
備 考		<p>強度特性は下図のように設定する。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>ピーク強度</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>残留強度</p> </div> </div>				

注：Pは、地下水位を考慮した圧密圧力(N/mm²)を示す。

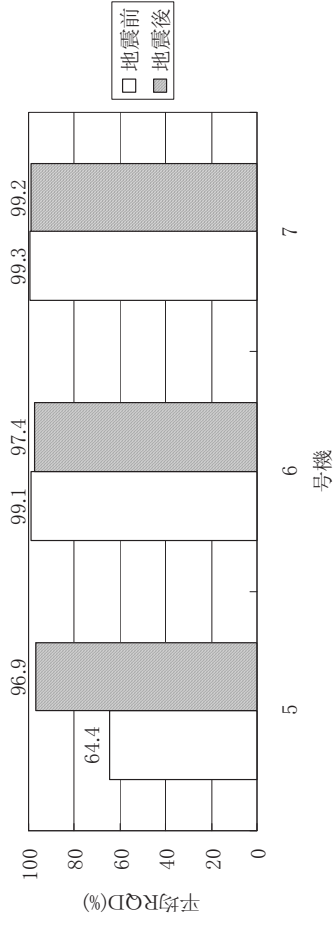
注：γは、せん断歪み(%)を示す。

西山層

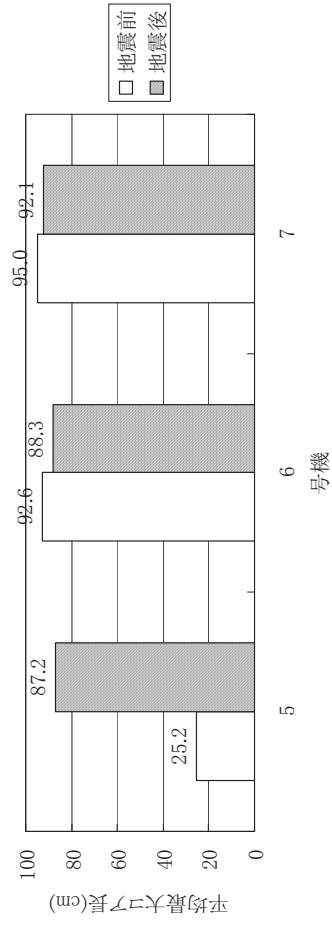
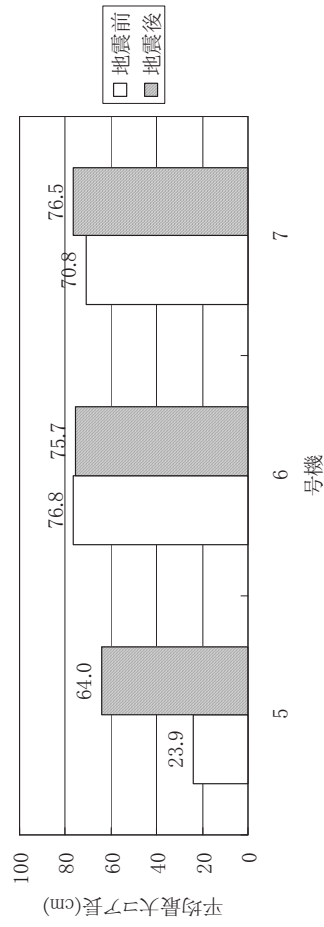


平均 R Q D

椎谷層

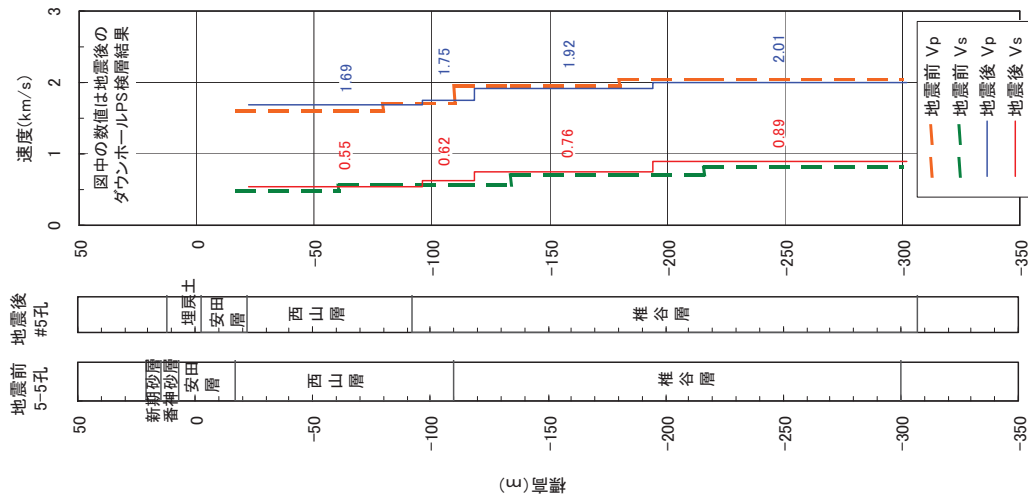


平均 最大 コア 長

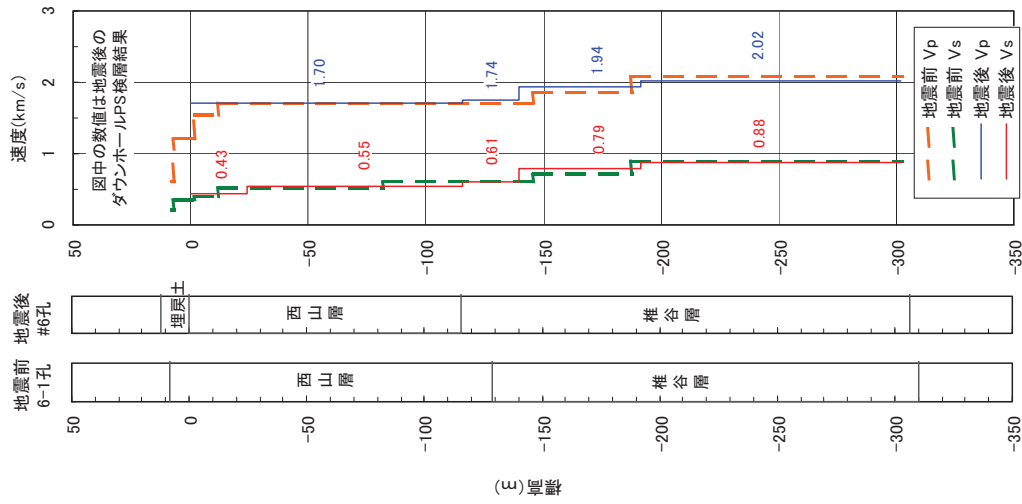


第 5.2.2-4 図(1) 地震前後の物性値の比較 (平均 R Q D, 平均最大コア長)

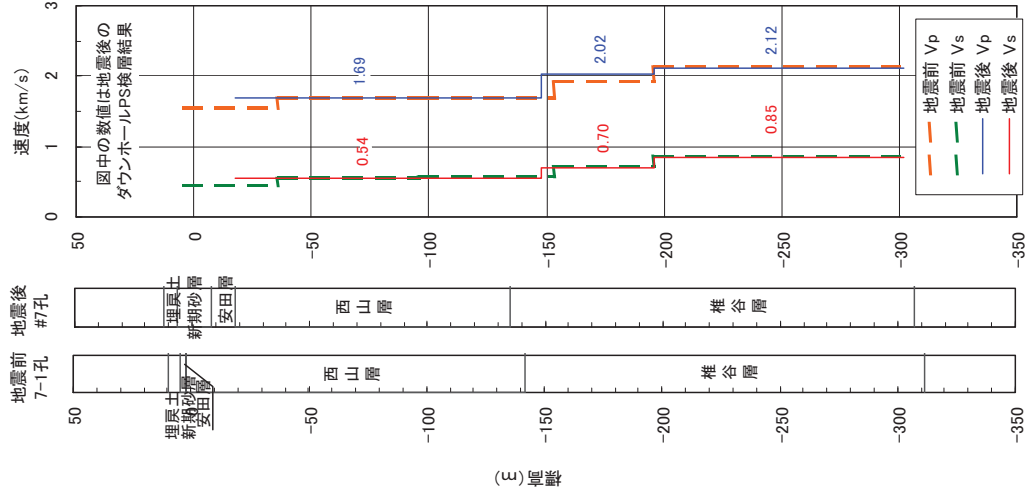
5号機



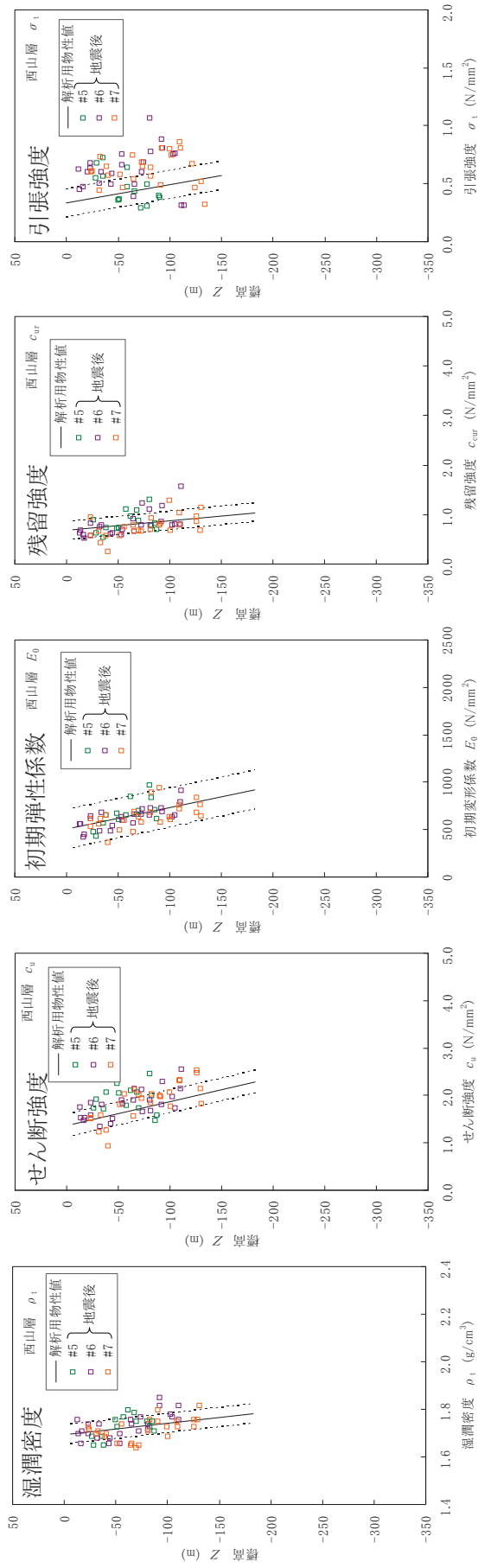
6号機



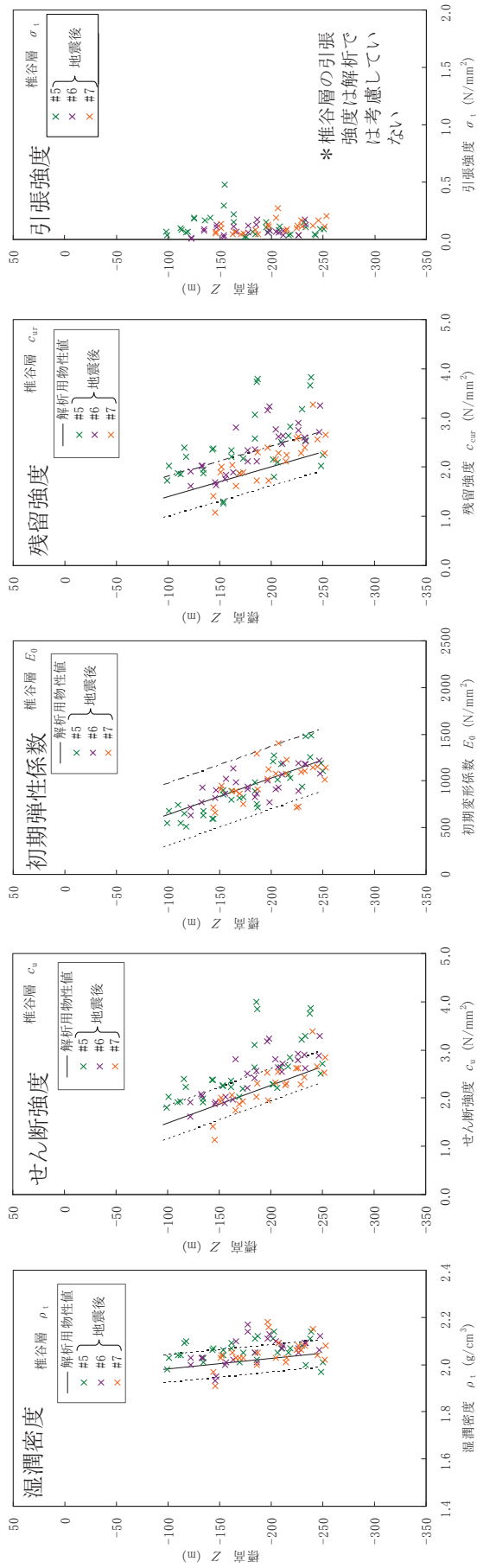
7号機



第 5.2.2-4 図(2) 地震前後の物性値の比較 (P S 検層)

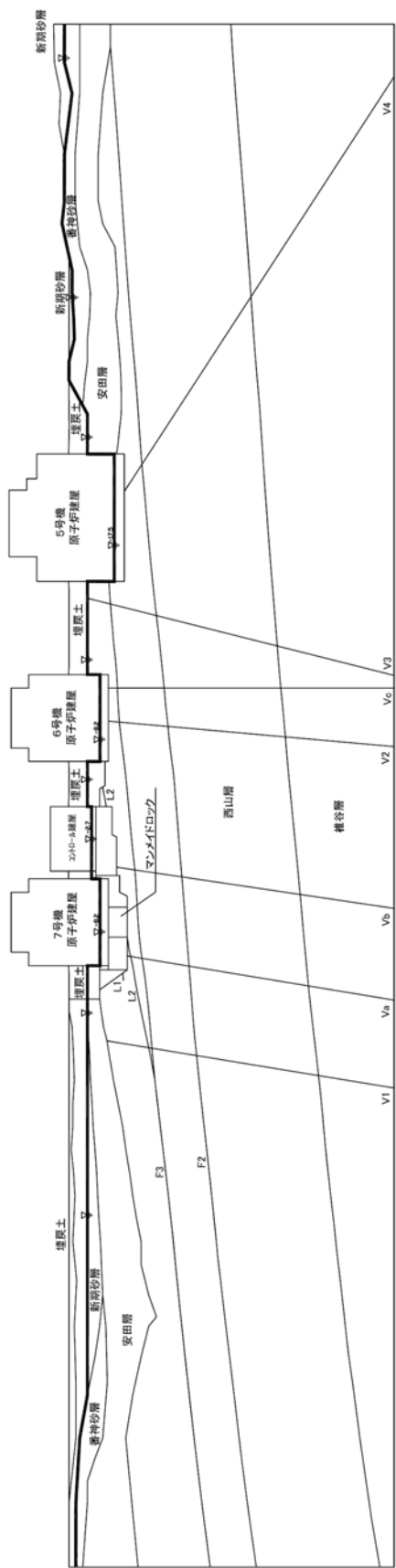


西山層

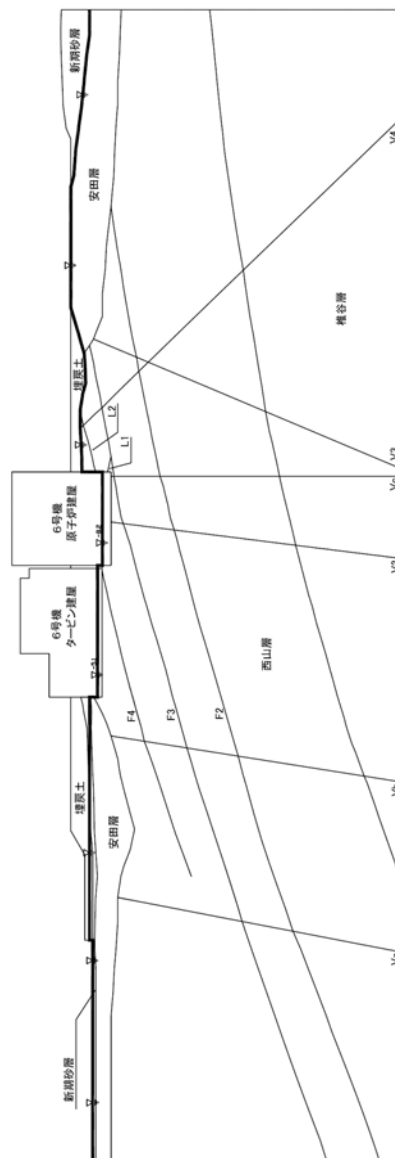


椎谷層

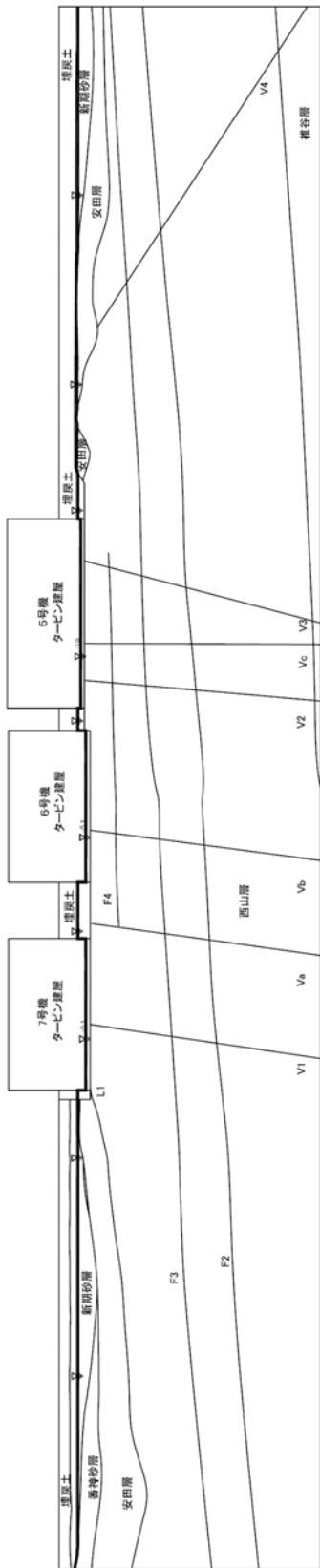
第 5.2.2-4 図(3) 地震前後の物性値の比較 (湿潤密度, 強度, 変形係数)



第 5.2.2-5 図(1) 解析用地下水水位設定図(原子炉建屋汀線平行断面)








第 5.2.2-5 図(2) 解析用地下水水位設定図(汀線直交断面)

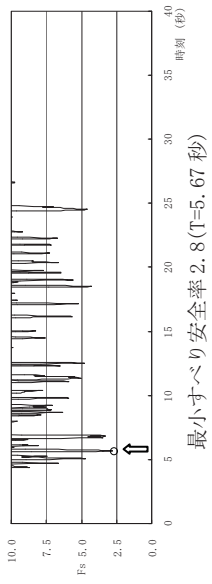
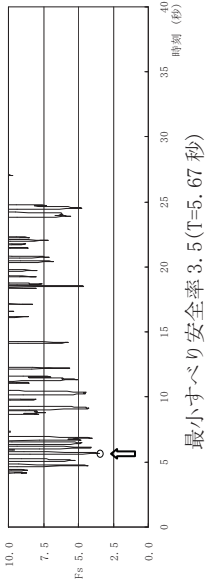
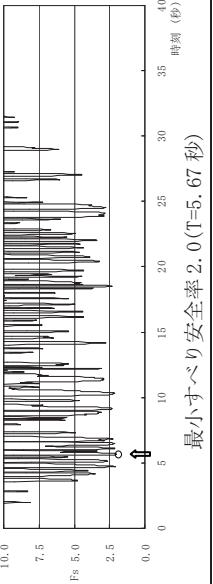
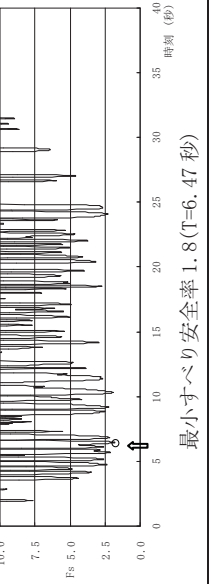
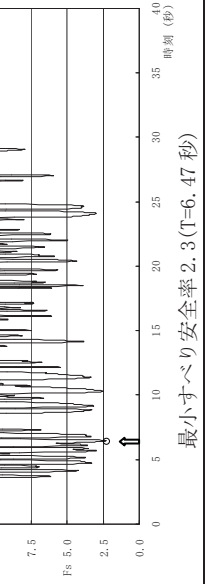


第 5.2.2-5 図(3) 解析用地下水設定図(タービン建屋汀線平行断面)


第 5.3.1-1 表 すべり安全率(原子炉建屋基礎地盤,汀線平行断面,Ss-1)


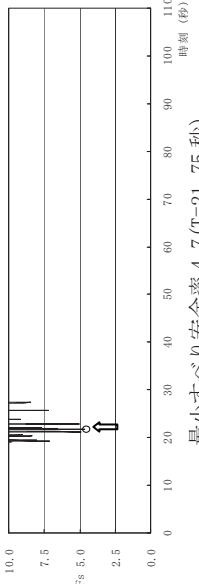

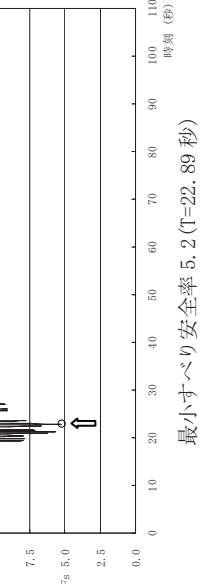

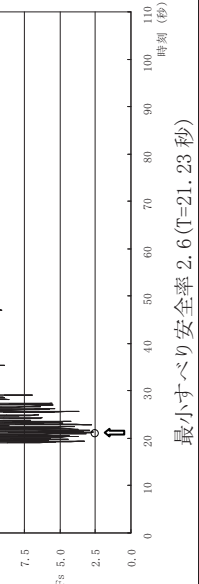

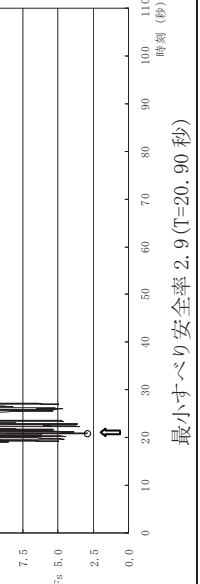

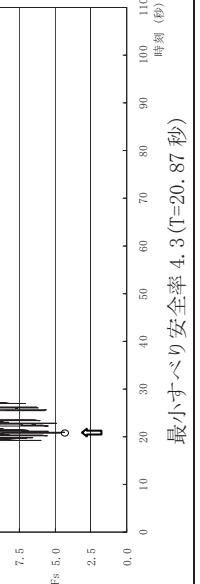
凡 例
 ○ : すべり安全率
 の最小値
 — : すべり線

すべり線形状	最小すべり安全率	時刻(秒)
 建屋底面のすべり	2.8	5.67
 建屋底面のすべり	3.5	5.67
 F3断層 + V系断層のすべり	2.0	5.67
 F2断層のすべり	1.8	6.47
 F2断層 + V系断層のすべり	2.3	6.47

すべり安全率 (Fs) タイムヒストリー
 最小すべり安全率 2.8(T=5.67 秒)
 最小すべり安全率 3.5(T=5.67 秒)
 最小すべり安全率 2.0(T=5.67 秒)
 最小すべり安全率 1.8(T=6.47 秒)
 最小すべり安全率 2.3(T=6.47 秒)


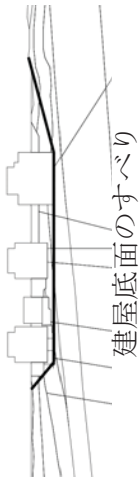
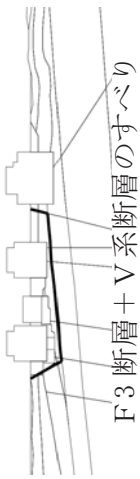


第 5.3.1-2 表 すべり安全率(原子炉建屋基礎地盤,汀線平行断面,Ss-2)

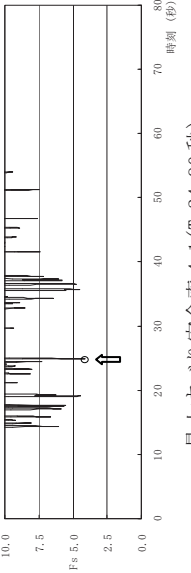
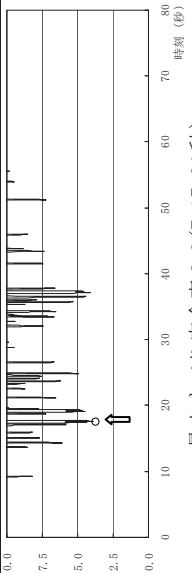
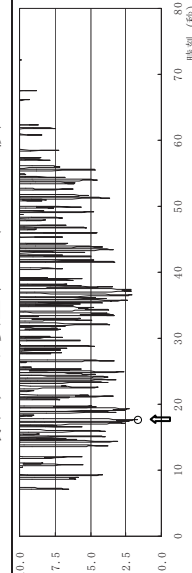
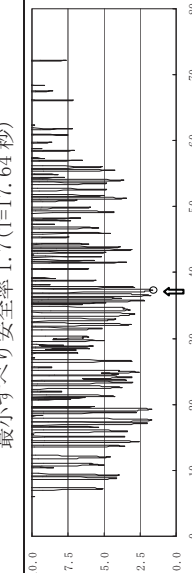
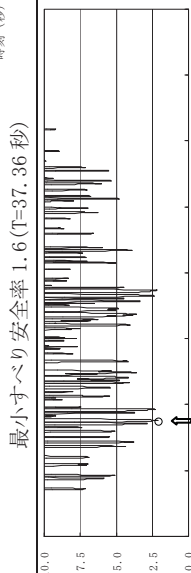
凡 例

 ○ : すべり安全率の最小値
 — : すべり線

すべり線形状	すべり線形状	時刻(秒)	最小すべり安全率	すべり安全率 (Fs) タイムヒストリー
1	 建屋底面のすべり	21.75	4.7	 最小すべり安全率 4.7 (T=21.75 秒)
2	 建屋底面のすべり	22.89	5.2	 最小すべり安全率 5.2 (T=22.89 秒)
3	 F3 断層 + V 系断層のすべり	21.23	2.6	 最小すべり安全率 2.6 (T=21.23 秒)
4	 F2 断層のすべり	20.90	2.9	 最小すべり安全率 2.9 (T=20.90 秒)
5	 F2 断層 + V 系断層のすべり	20.87	4.3	 最小すべり安全率 4.3 (T=20.87 秒)

第 5.3.1-3 表 すべり安全率(原子炉建屋基礎地盤,汀線平行断面,Ss-3)


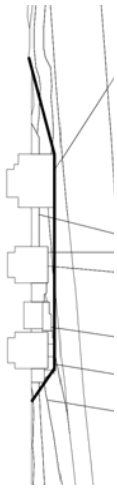



凡 例
 ○ : すべり安全率
 の最小値
 — : すべり線

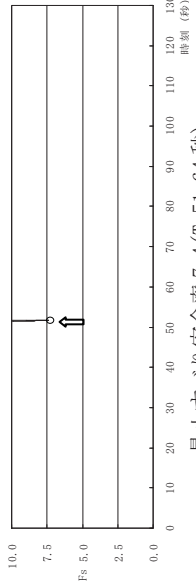
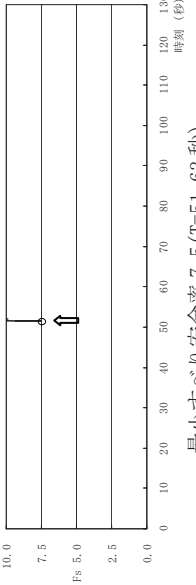
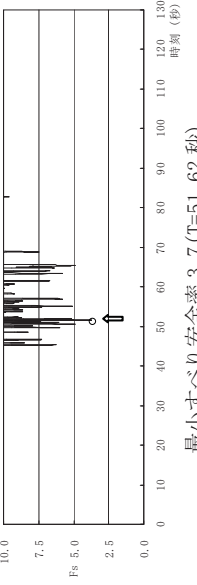
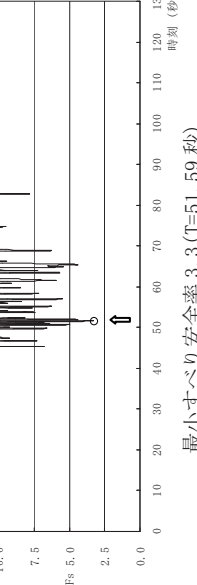
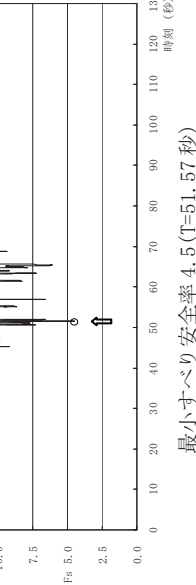
すべり線形状	最小すべり安全率	時刻(秒)
 <p>建屋底面のすべり</p>	4.1	24.90
 <p>建屋底面のすべり</p>	3.9	17.64
 <p>F3 断層 + V 系断層のすべり</p>	1.7	17.64
 <p>F2 断層のすべり</p>	1.6	37.36
 <p>F2 断層 + V 系断層のすべり</p>	2.1	17.59

すべり安全率 (Fs) タイムヒストリー
 <p>最小すべり安全率 4.1 (T=24.90 秒)</p>
 <p>最小すべり安全率 3.9 (T=17.64 秒)</p>
 <p>最小すべり安全率 1.7 (T=17.64 秒)</p>
 <p>最小すべり安全率 1.6 (T=37.36 秒)</p>
 <p>最小すべり安全率 2.1 (T=17.59 秒)</p>

第 5.3.1-4 表 すべり安全率(原子炉建屋基礎地盤,汀線平行断面,Ss-4)


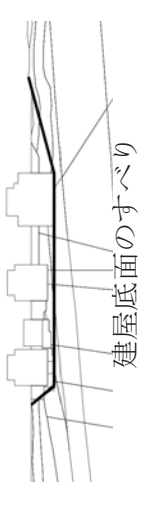
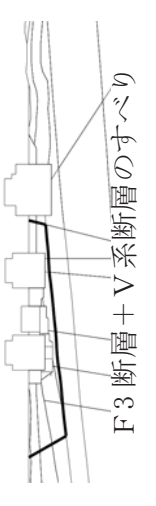

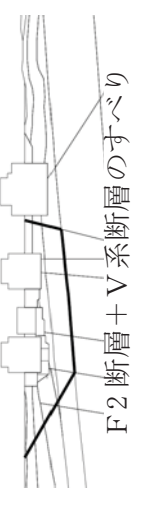
凡 例
 ○ : すべり安全率
 の最小値
 — : すべり線

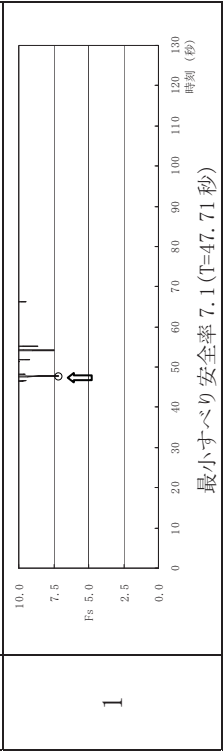
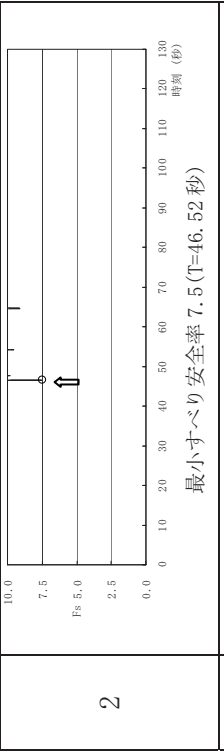
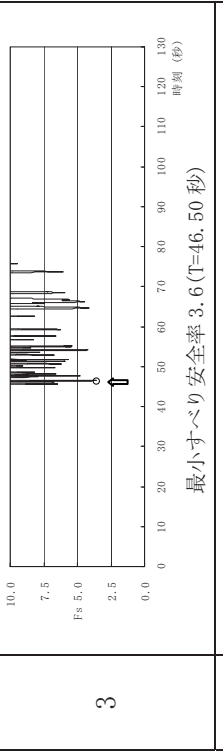
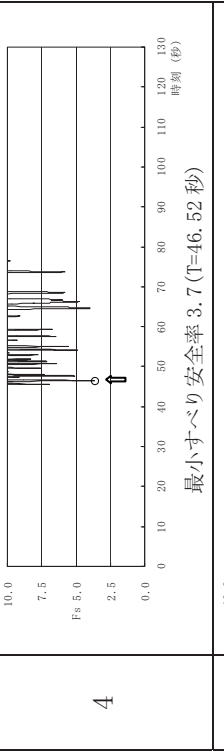
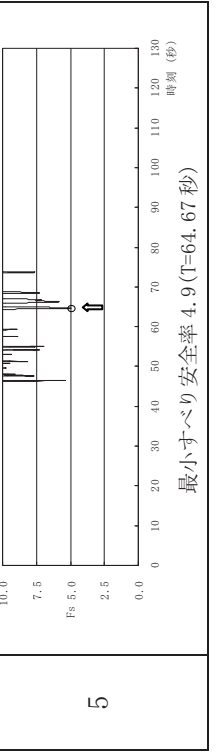
すべり線形状	最小すべり安全率	時刻(秒)
 建屋底面のすべり	7.4	51.64
 建屋底面のすべり	7.5	51.63
 F3 断層 + V系断層のすべり	3.7	51.62
 F2 断層のすべり	3.3	51.59
 F2 断層 + V系断層のすべり	4.5	51.57

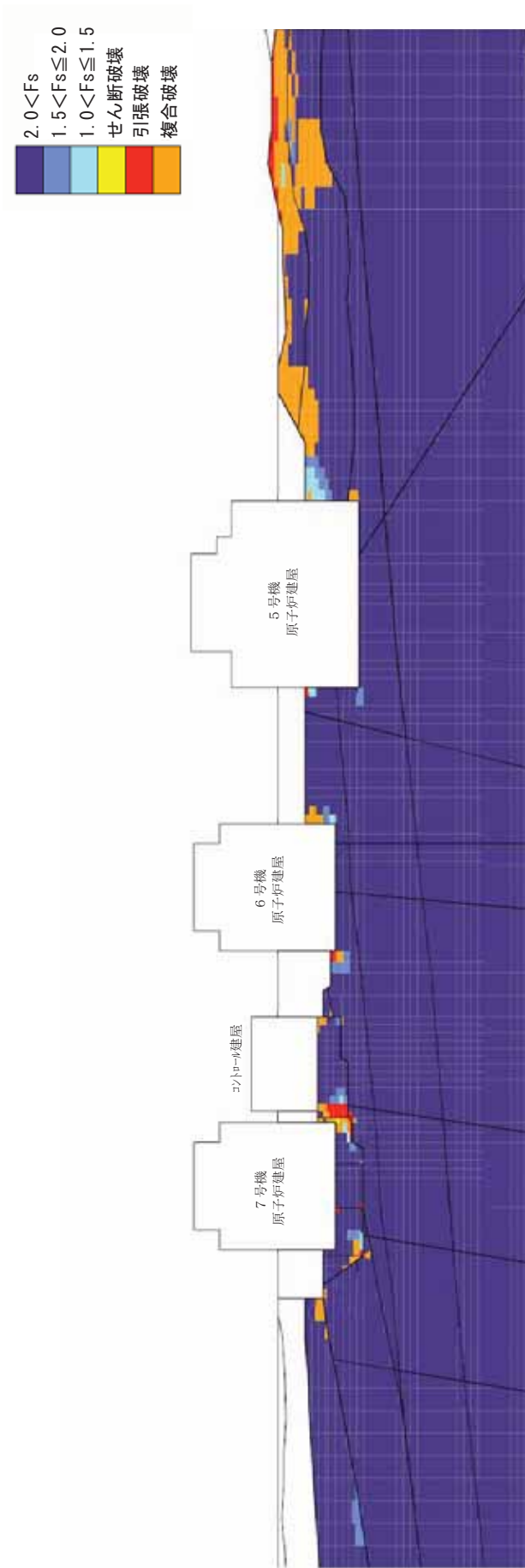
すべり安全率 (Fs) タイムヒストリー
 最小すべり安全率 7.4 (T=51.64 秒)
 最小すべり安全率 7.5 (T=51.63 秒)
 最小すべり安全率 3.7 (T=51.62 秒)
 最小すべり安全率 3.3 (T=51.59 秒)
 最小すべり安全率 4.5 (T=51.57 秒)

第 5.3.1-5 表 すべり安全率(原子炉建屋基礎地盤,汀線平行断面,Ss-5)

凡 例
 ○: すべり安全率
 の最小値
 —: すべり線

すべり線形状	最小すべり安全率	時刻(秒)
 <p>建屋底面のすべり</p>	7.1	47.71
 <p>建屋底面のすべり</p>	7.5	46.52
 <p>F3 断層 + V 系断層のすべり</p>	3.6	46.50
 <p>F2 断層のすべり</p>	3.7	46.52
 <p>F2 断層 + V 系断層のすべり</p>	4.9	64.67

すべり安全率 (Fs) タイムヒストリー
 <p>最小すべり安全率 7.1 (T=47.71 秒)</p>
 <p>最小すべり安全率 7.5 (T=46.52 秒)</p>
 <p>最小すべり安全率 3.6 (T=46.50 秒)</p>
 <p>最小すべり安全率 3.7 (T=46.52 秒)</p>
 <p>最小すべり安全率 4.9 (T=64.67 秒)</p>



(破壊表示は過去の履歴を考慮)

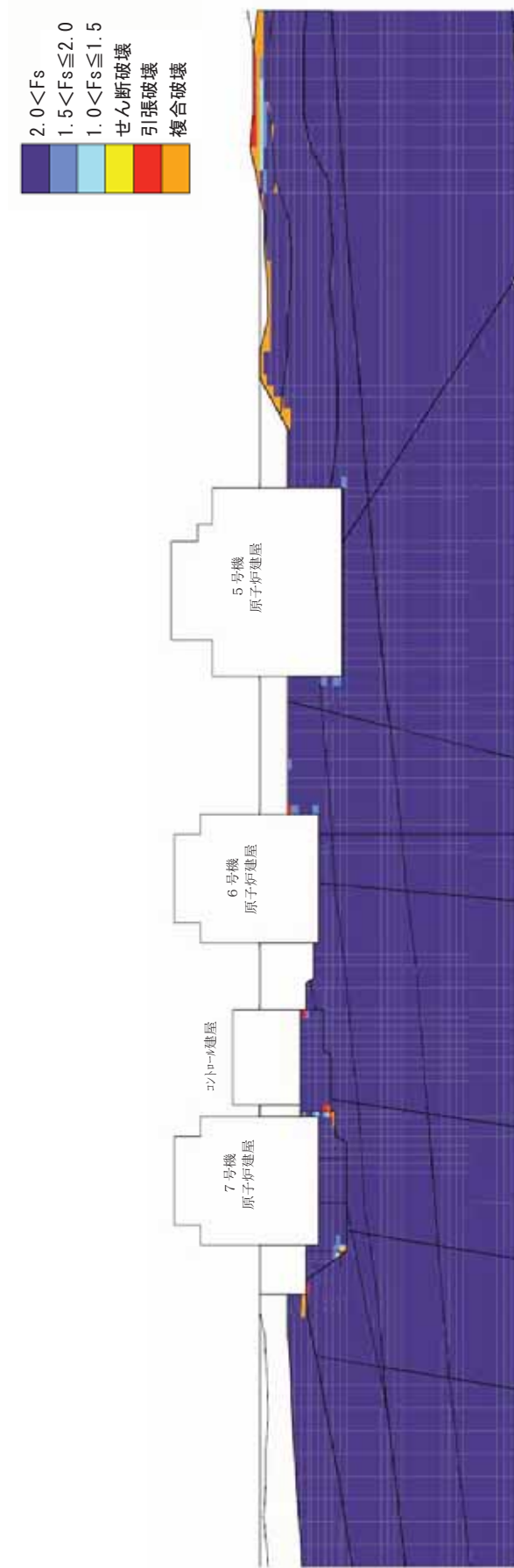
第 5.3.1-1 図(1) 要素ごとの安全係数 (原子炉建屋基礎地盤, 汀線平行断面, Ss-1, T=6.47 秒)

- $2.0 < F_s$
- △ $1.5 < F_s \leq 2.0$
- $1.0 < F_s \leq 1.5$
- せん断破壊
- ▲ 引張破壊



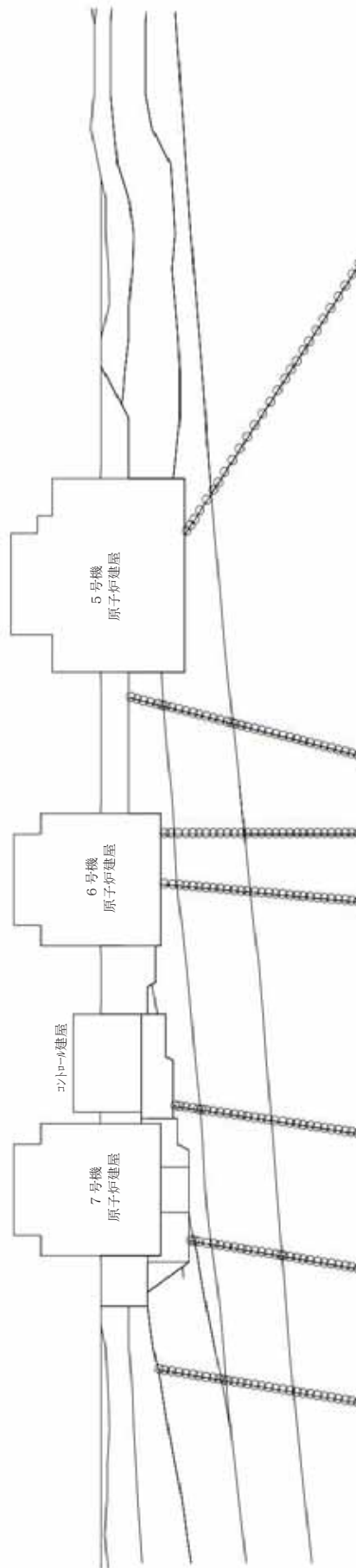
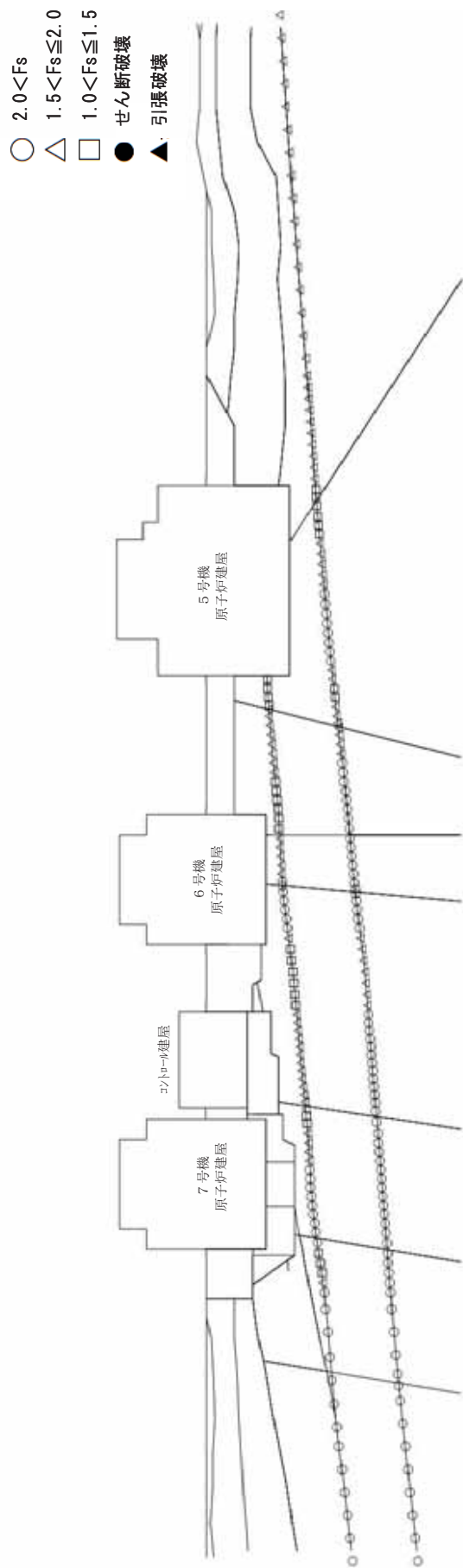
(破壊表示は過去の履歴を考慮)

第 5.3.1-1 図(2) 要素ごとの安全係数 (原子炉建屋基礎地盤, 汀線平行断面, Ss-1, T=6.47 秒)



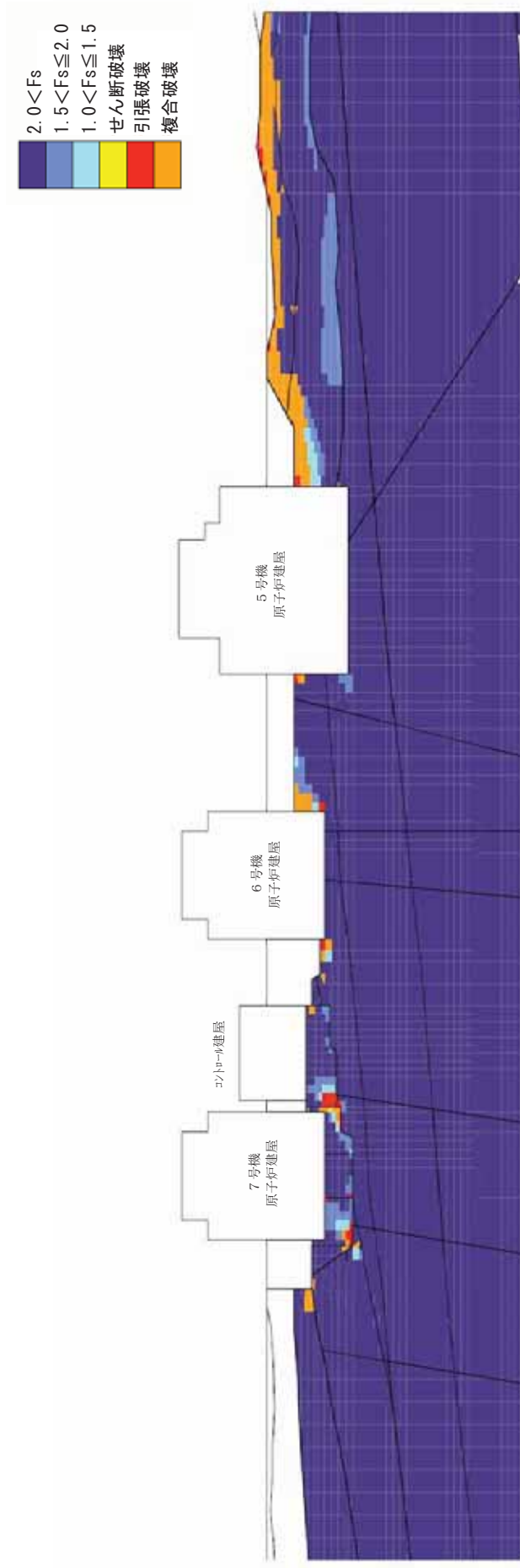
(破壊表示は過去の履歴を考慮)

第 5.3.1-2 図(1) 要素ごとの安全係数 (原子炉建屋基礎地盤, 汀線平行断面, S_s-2 , $T=21.23$ 秒)



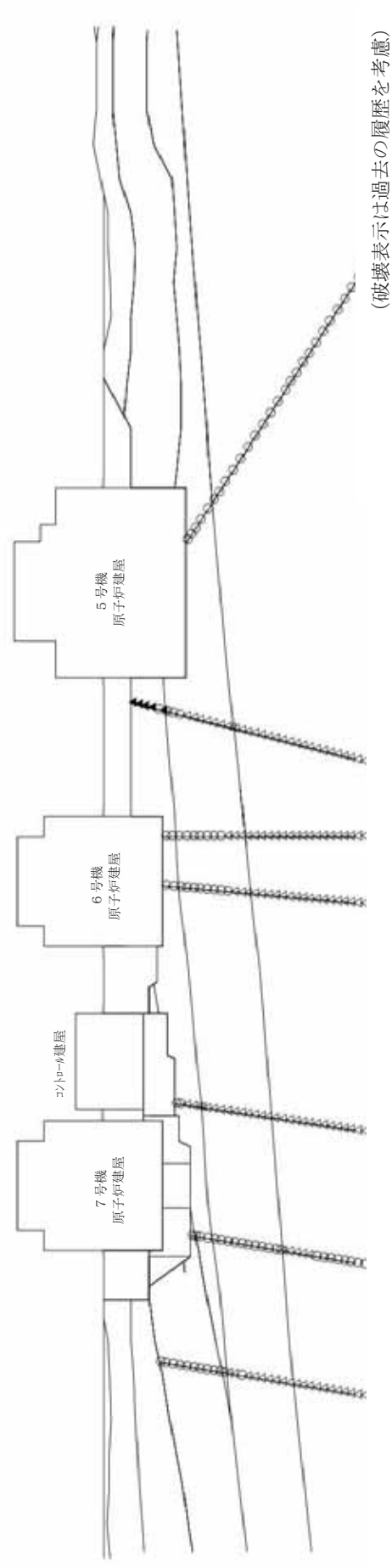
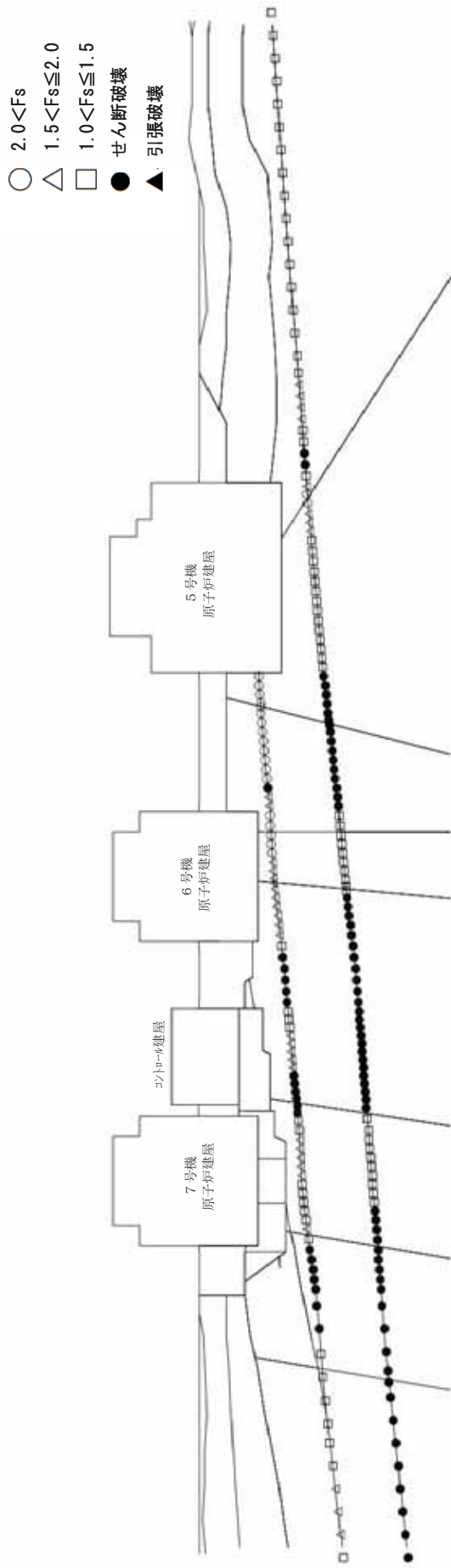
(破壊表示は過去の履歴を考慮)

第 5.3.1-2 図(2) 要素ごとの安全係数 (原子炉建屋基礎地盤, 汀線平行断面, Ss-2, T=21.23 秒)



(破壊表示は過去の履歴を考慮)

第 5.3.1-3 図(1) 要素ごとの安全係数 (原子炉建屋基礎地盤, 汀線平行断面, Ss-3, T=37.36 秒)



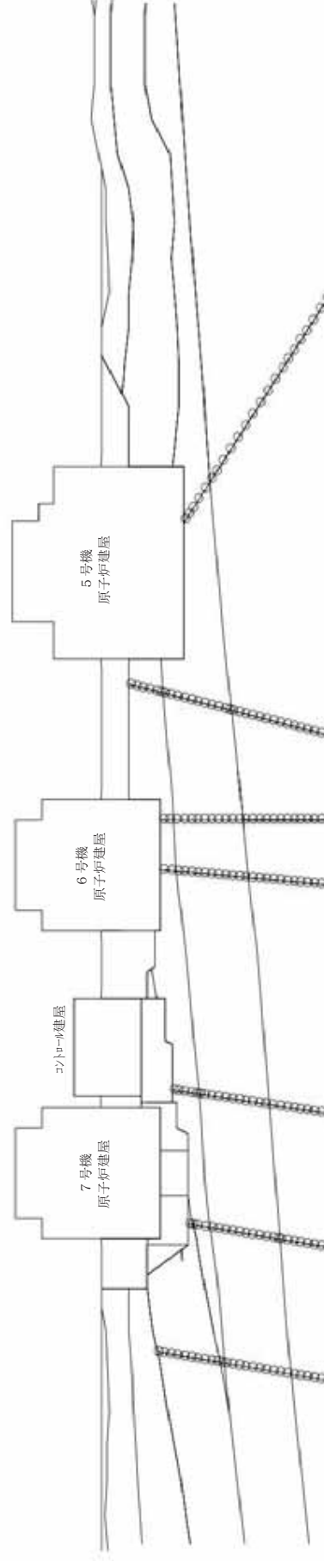
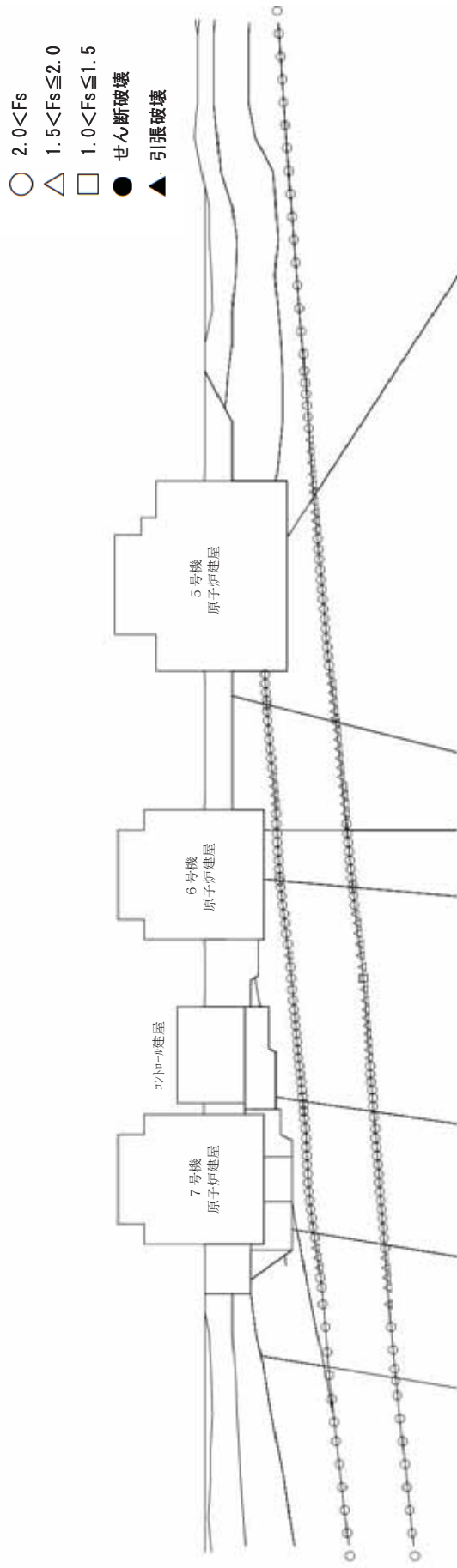
(破壊表示は過去の履歴を考慮)

第 5.3.1-3 図(2) 要素ごとの安全係数 (原子炉建屋基礎地盤, 汀線平行断面, Ss-3, T=37.36 秒)



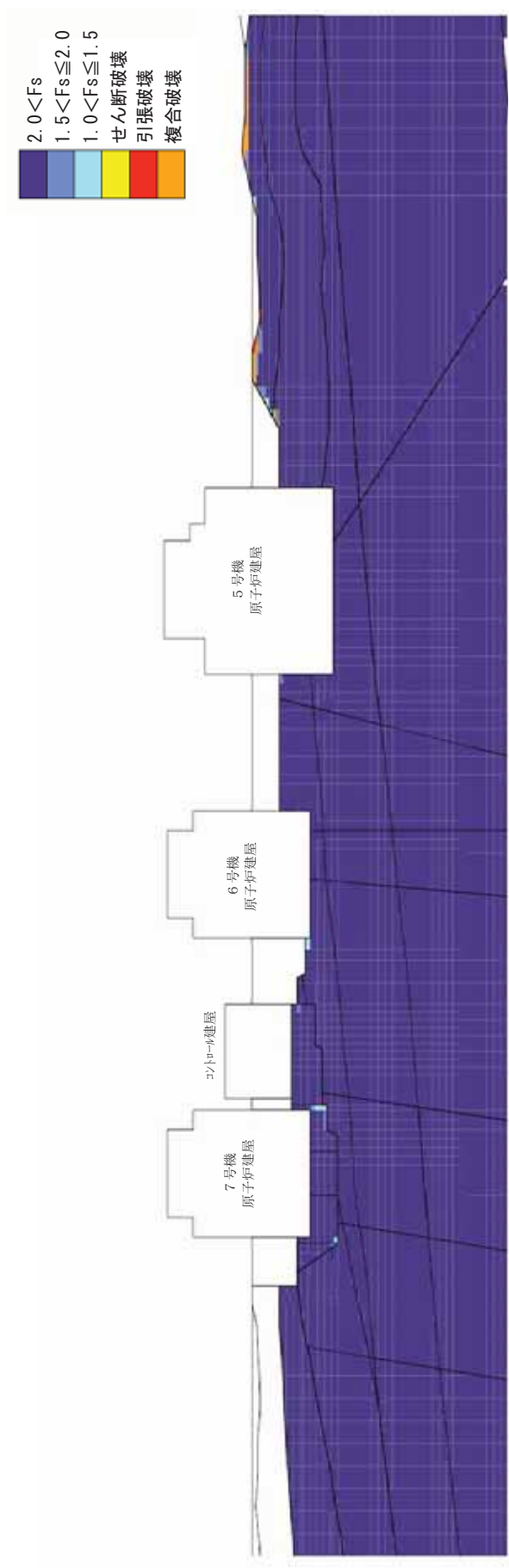
(破壊表示は過去の履歴を考慮)

第 5.3.1-4 図(1) 要素ごとの安全係数 (原子炉建屋基礎地盤, 汀線平行断面, Ss-4, T=51.59 秒)



(破壊表示は過去の履歴を考慮)

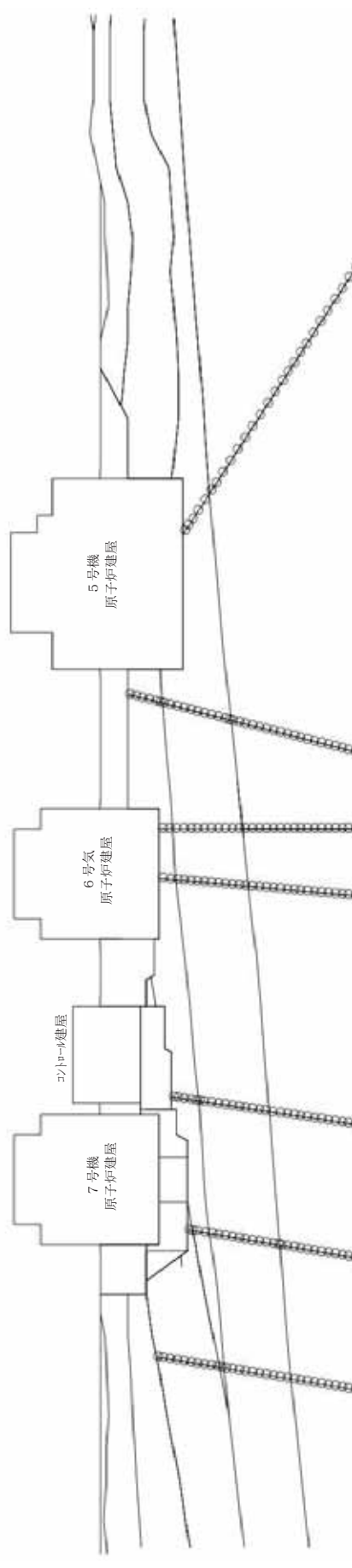
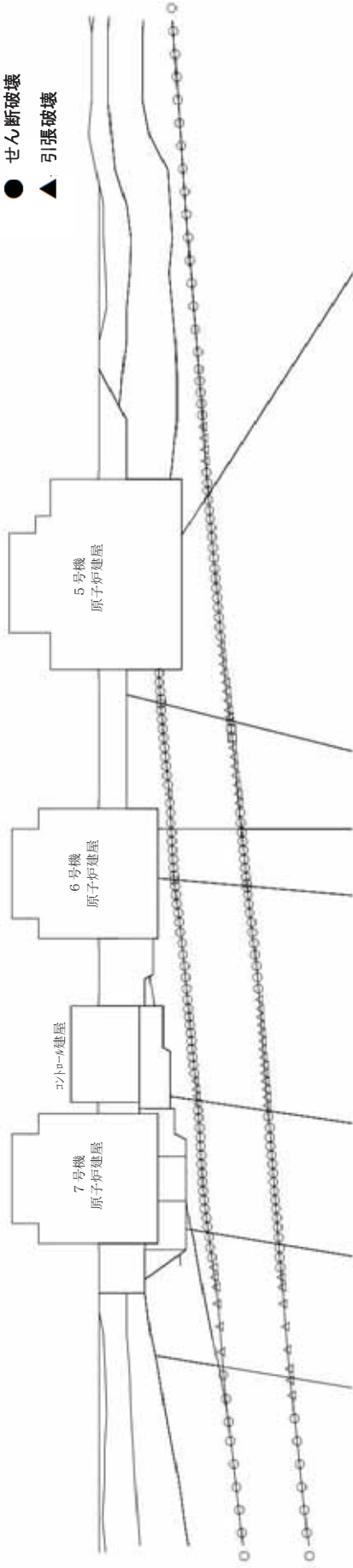
第 5.3.1-4 図(2) 要素ごとの安全係数 (原子炉建屋基礎地盤, 汀線平行断面, Ss-4, T=51.59 秒)



(破壊表示は過去の履歴を考慮)

第 5.3.1-5 図(1) 要素ごとの安全係数 (原子炉建屋基礎地盤, 汀線平行断面, Ss-5, T=46.50 秒)

- $2.0 < F_s$
- △ $1.5 < F_s \leq 2.0$
- $1.0 < F_s \leq 1.5$
- せん断破壊
- ▲ 引張破壊


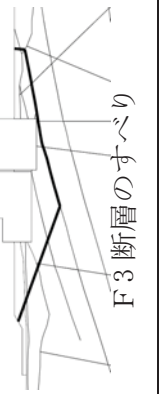
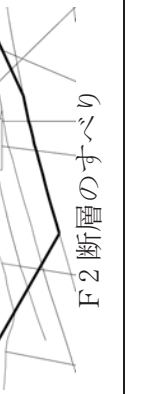



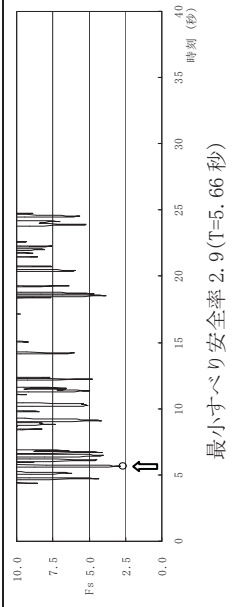
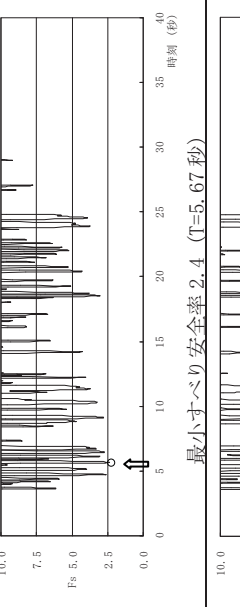
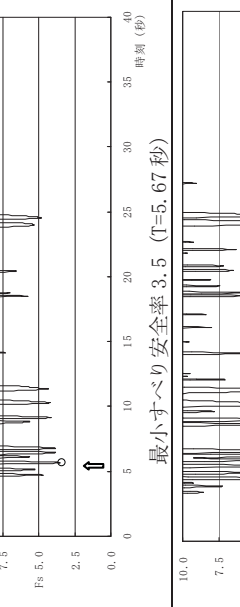
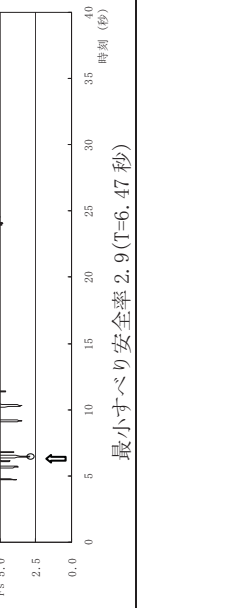
(破壊表示は過去の履歴を考慮)

第 5.3.1-5 図(2) 要素ごとの安全係数 (原子炉建屋基礎地盤, 汀線平行断面, Ss-5, T=46.50 秒)

第 5.3.1-6 表 すべり安全率(原子炉建屋基礎地盤,汀線直交断面,Ss-1)

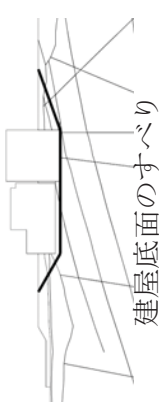
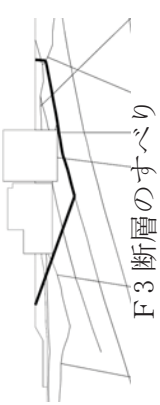
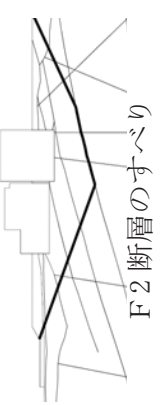
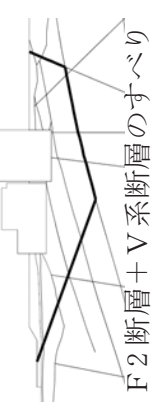
凡 例
 ○ : すべり安全率
 の最小値
 — : すべり線

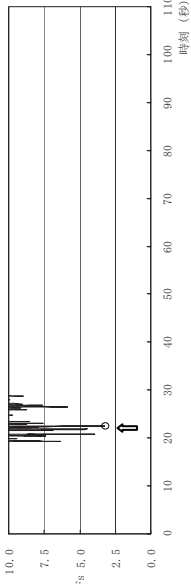
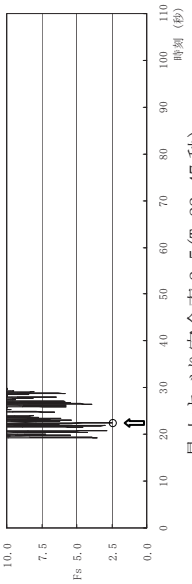
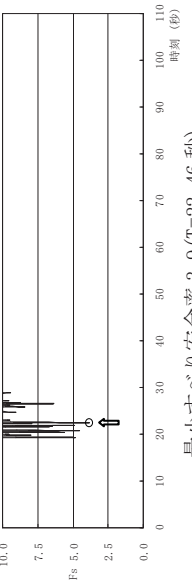
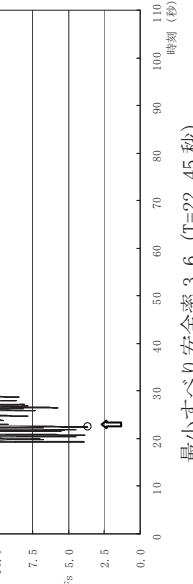
すべり線形状	最小すべり安全率	時刻(秒)
 <p>建屋底面のすべり</p>	2.9	5.66
 <p>F3 断層のすべり</p>	2.4	5.67
 <p>F2 断層のすべり</p>	3.5	5.67
 <p>F2 断層 + V 系断層のすべり</p>	2.9	6.47

すべり安全率 (Fs) タイムヒストリー
 <p>最小すべり安全率 2.9 (T=5.66 秒)</p>
 <p>最小すべり安全率 2.4 (T=5.67 秒)</p>
 <p>最小すべり安全率 3.5 (T=5.67 秒)</p>
 <p>最小すべり安全率 2.9 (T=6.47 秒)</p>

第 5.3.1-7 表 すべり安全率(原子炉建屋基礎地盤,汀線直交断面,Ss-2)

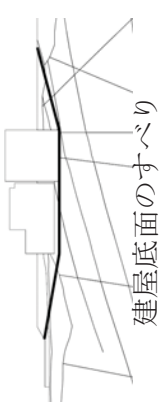
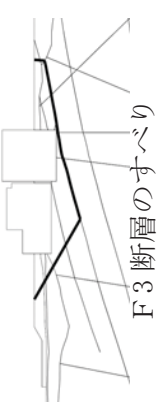
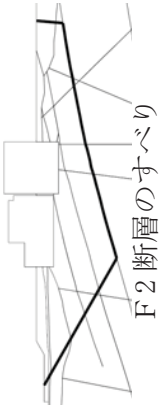

凡 例
 ○ : すべり安全率
 の最小値
 — : すべり線

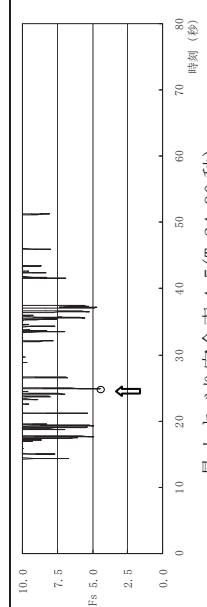
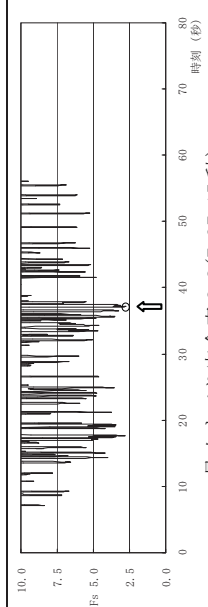
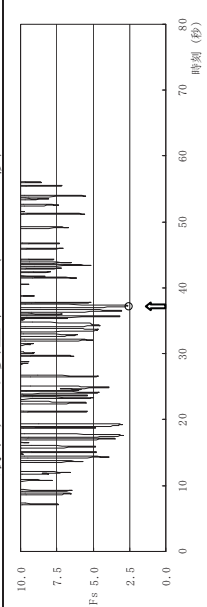
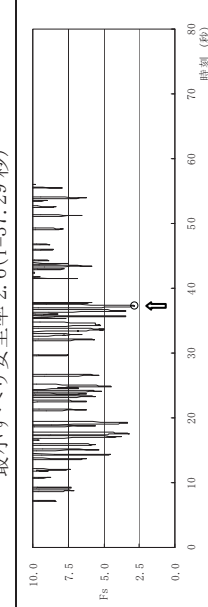
すべり線形状	最小すべり安全率	時刻(秒)
 建屋底面のすべり	3.2	22.46
 F3 断層のすべり	2.5	22.47
 F2 断層のすべり	3.9	22.46
 F2 断層 + V 系断層のすべり	3.6	22.45

すべり安全率 (Fs) タイムヒストリー
 最小すべり安全率 3.2 (T=22.46 秒)
 最小すべり安全率 2.5 (T=22.47 秒)
 最小すべり安全率 3.9 (T=22.46 秒)
 最小すべり安全率 3.6 (T=22.45 秒)

第 5.3.1-8 表 すべり安全率(原子炉建屋基礎地盤,汀線直交断面,Ss-3)

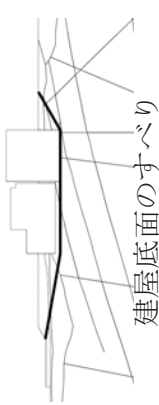
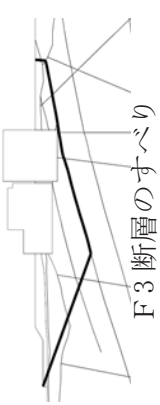
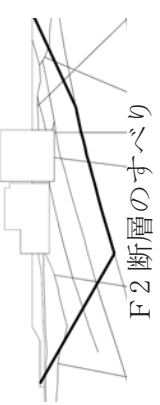
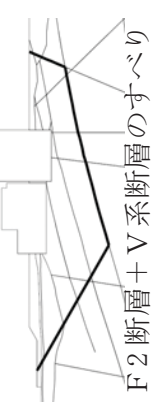
凡 例
 ○ : すべり安全率の最小値
 — : すべり線

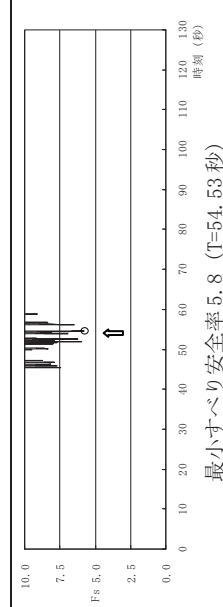
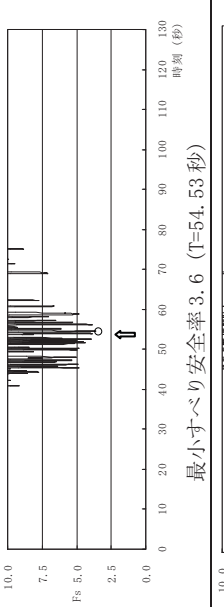
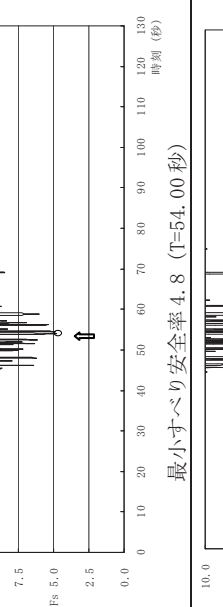
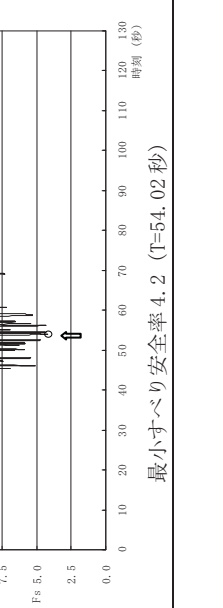
すべり線形状	最小すべり安全率	時刻(秒)
 建屋底面のすべり	4.5	24.90
 F3 断層のすべり	2.8	37.15
 F2 断層のすべり	2.6	37.29
 F2 断層 + V 系断層のすべり	2.8	37.28

すべり安全率 (Fs) タイムヒストリー
 最小すべり安全率 4.5 (T=24.90 秒)
 最小すべり安全率 2.8 (T=37.15 秒)
 最小すべり安全率 2.6 (T=37.29 秒)
 最小すべり安全率 2.8 (T=37.28 秒)

第 5.3.1-9 表 すべり安全率(原子炉建屋基礎地盤,汀線直交断面,Ss-4)

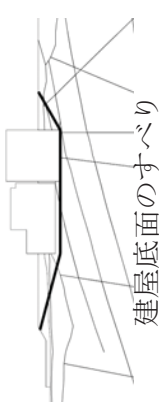
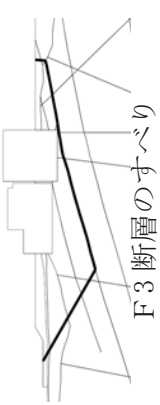
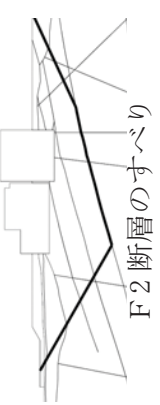
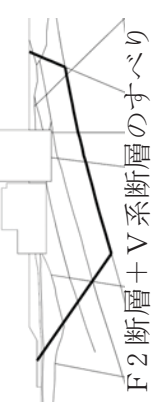
凡 例
 ○ : すべり安全率
 の最小値
 — : すべり線

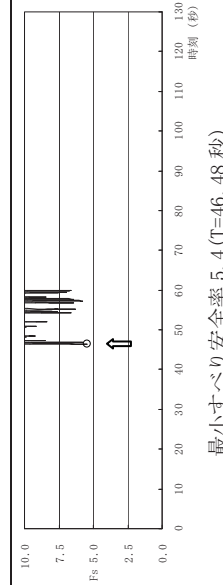
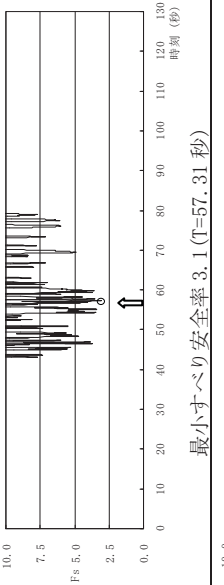
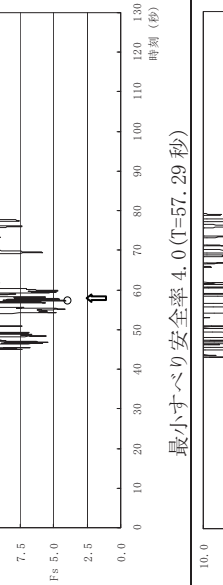
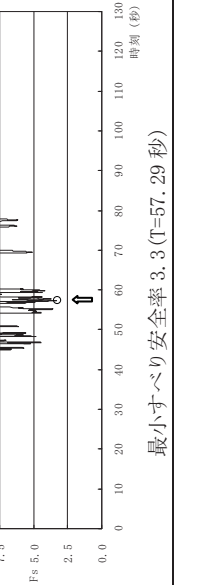
すべり線形状	最小すべり安全率	時刻(秒)
 建屋底面のすべり	5.8	54.53
 F3 断層のすべり	3.6	54.53
 F2 断層のすべり	4.8	54.00
 F2 断層 + V 系断層のすべり	4.2	54.02

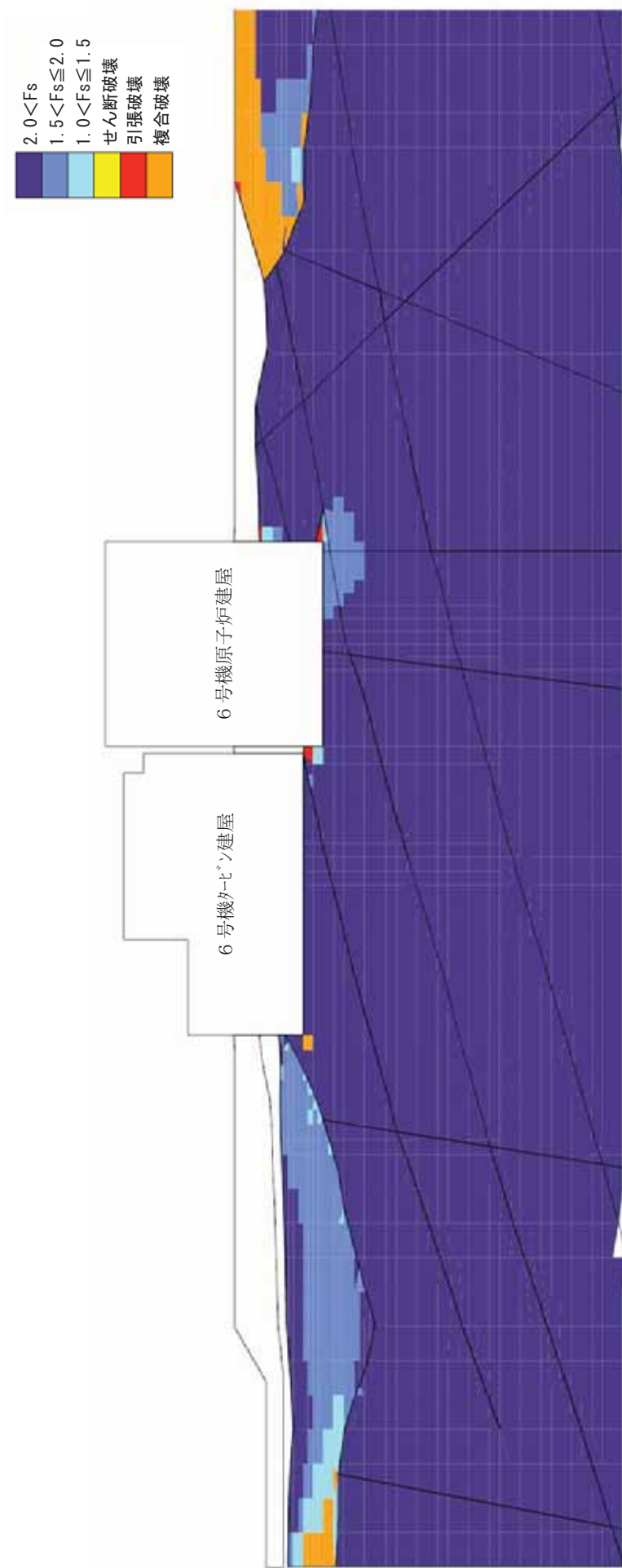
すべり安全率 (Fs) タイムヒストリー
 最小すべり安全率 5.8 (T=54.53 秒)
 最小すべり安全率 3.6 (T=54.53 秒)
 最小すべり安全率 4.8 (T=54.00 秒)
 最小すべり安全率 4.2 (T=54.02 秒)

第 5.3.1-10 表 すべり安全率(原子炉建屋基礎地盤,汀線直交断面,Ss-5)

凡 例
 ○ : すべり安全率
 の最小値
 — : すべり線

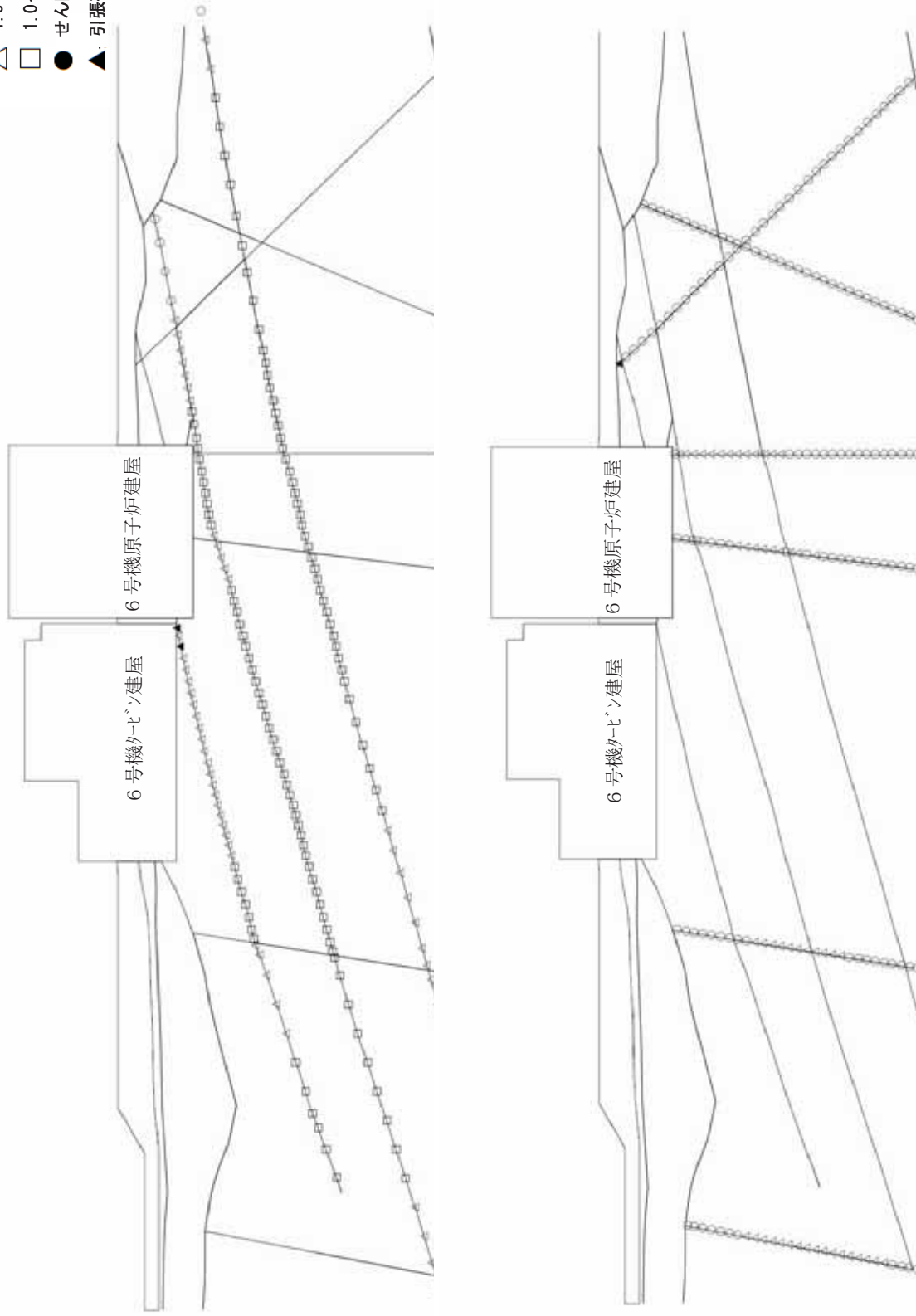
すべり線形状	最小すべり安全率	時刻(秒)
 建屋底面のすべり	5.4	46.48
 F3 断層のすべり	3.1	57.31
 F2 断層のすべり	4.0	57.29
 F2 断層 + V 系断層のすべり	3.3	57.29

すべり安全率 (Fs) タイムヒストリー
 最小すべり安全率 5.4 (T=46.48 秒)
 最小すべり安全率 3.1 (T=57.31 秒)
 最小すべり安全率 4.0 (T=57.29 秒)
 最小すべり安全率 3.3 (T=57.29 秒)



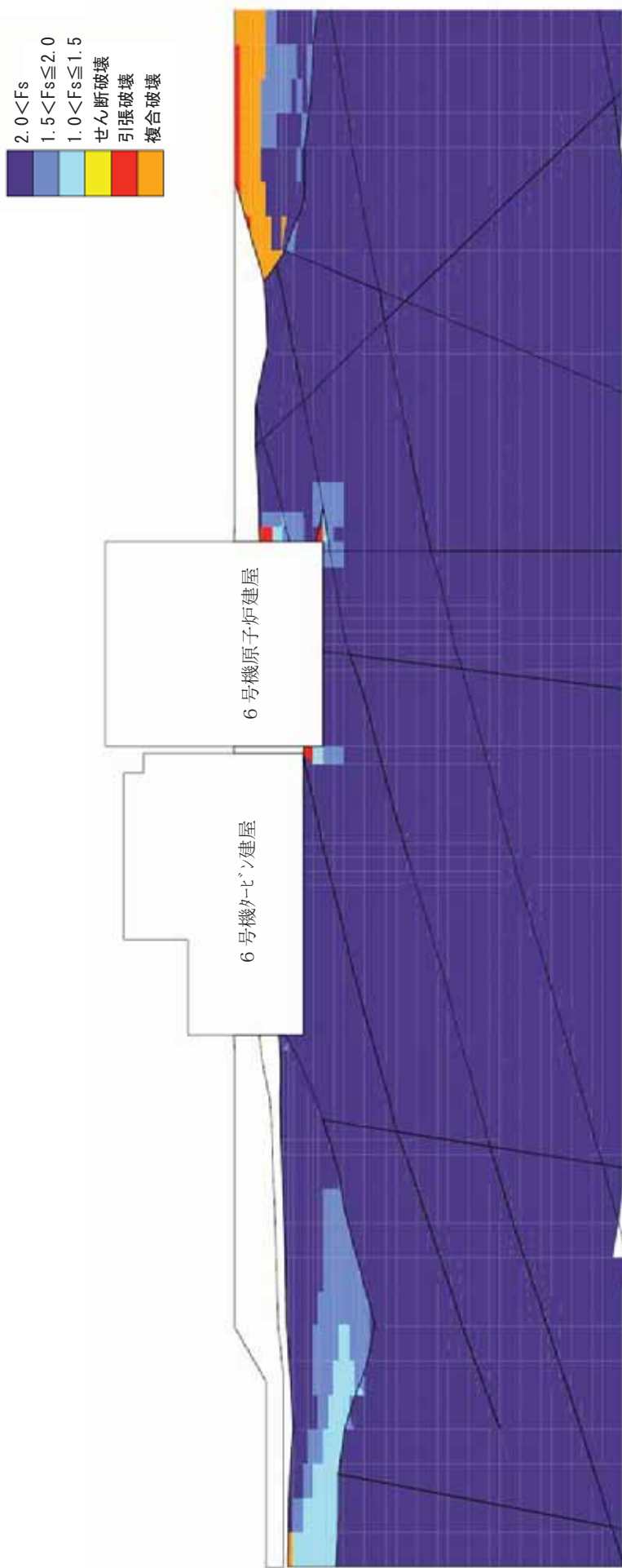
第 5.3.1-6 図(1) 要素ごとの安全係数 (原子炉建屋基礎地盤, 汀線直交断面, Ss-1, T=5.67 秒)

- $2.0 < F_s$
- △ $1.5 < F_s \leq 2.0$
- $1.0 < F_s \leq 1.5$
- せん断破壊
- ▲ 引張破壊



(破壊表示は過去の履歴を考慮)

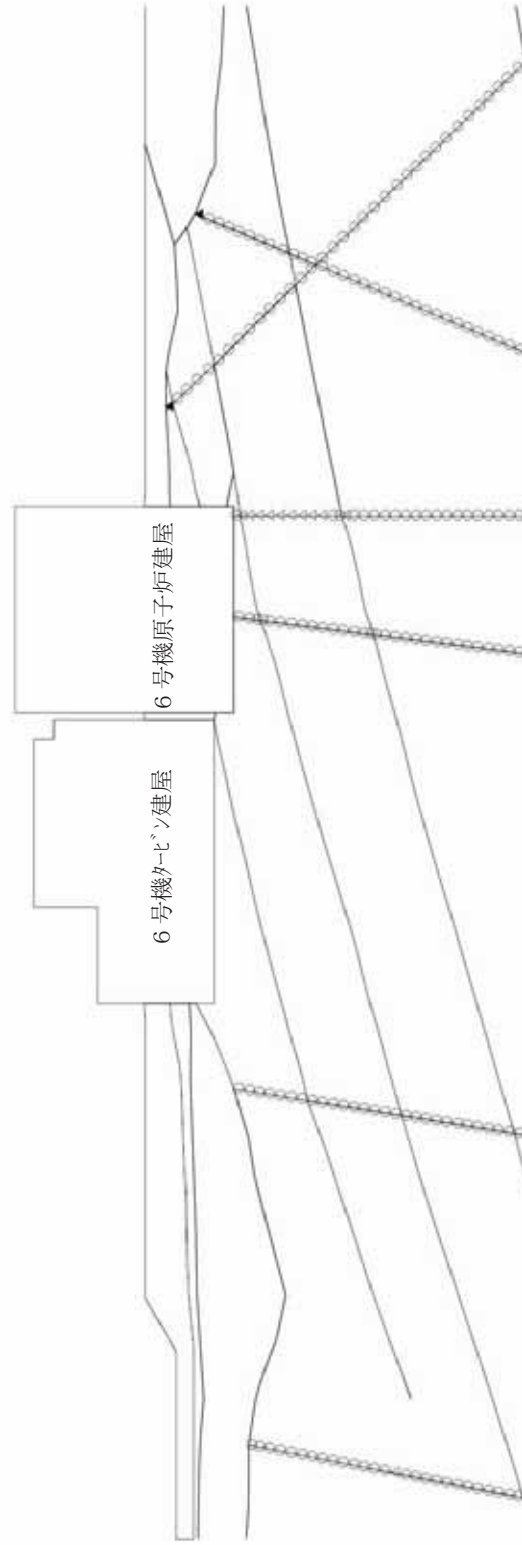
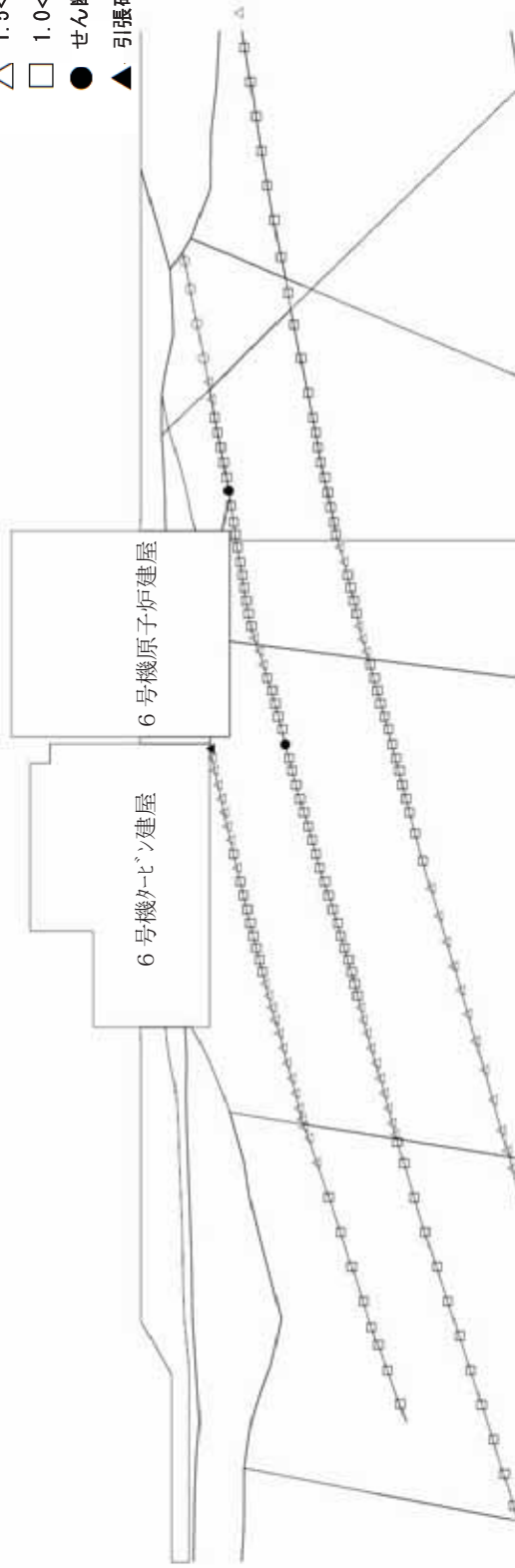
第 5.3.1-6 図(2) 要素ごとの安全係数 (原子炉建屋基礎地盤, 汀線直交断面, Ss-1, T=5.67)



(破壊表示は過去の履歴を考慮)

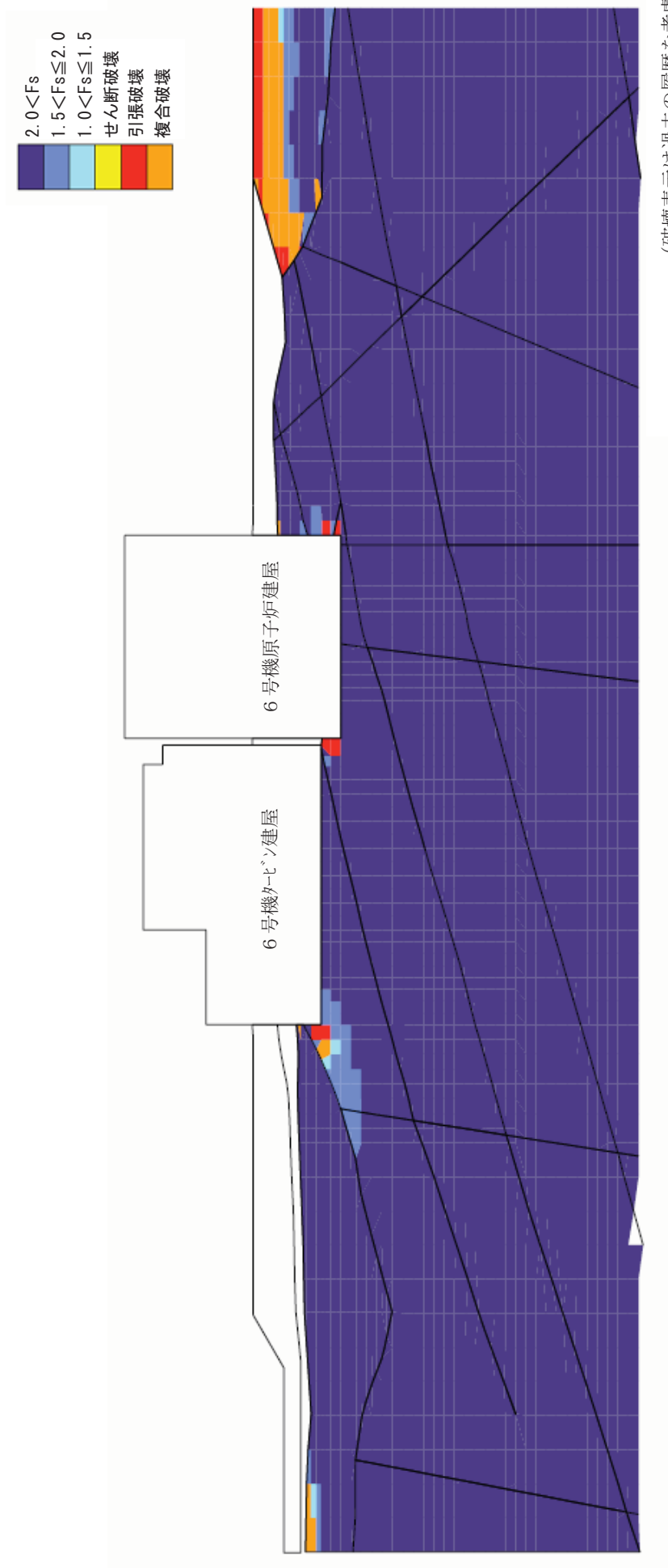
第 5.3.1-7 図(1) 要素ごとの安全係数 (原子炉建屋基礎地盤, 汀線直交断面, Ss-2, T=22.47 秒)

- $2.0 < F_s$
- △ $1.5 < F_s \leq 2.0$
- $1.0 < F_s \leq 1.5$
- せん断破壊
- ▲ 引張破壊



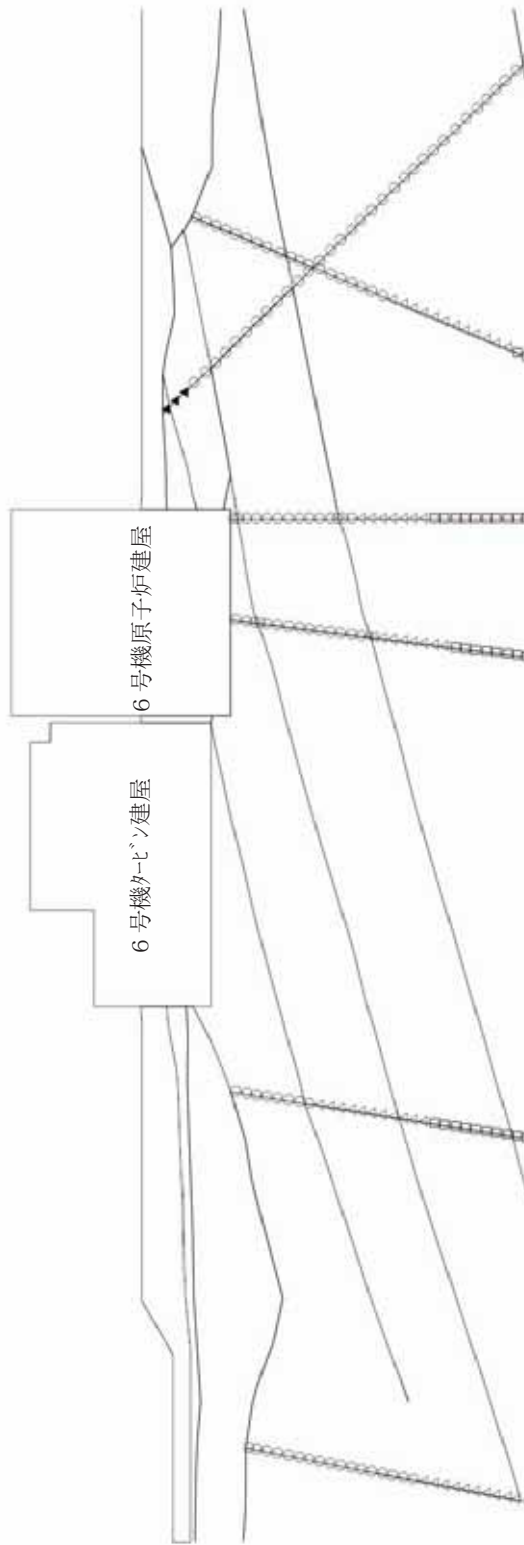
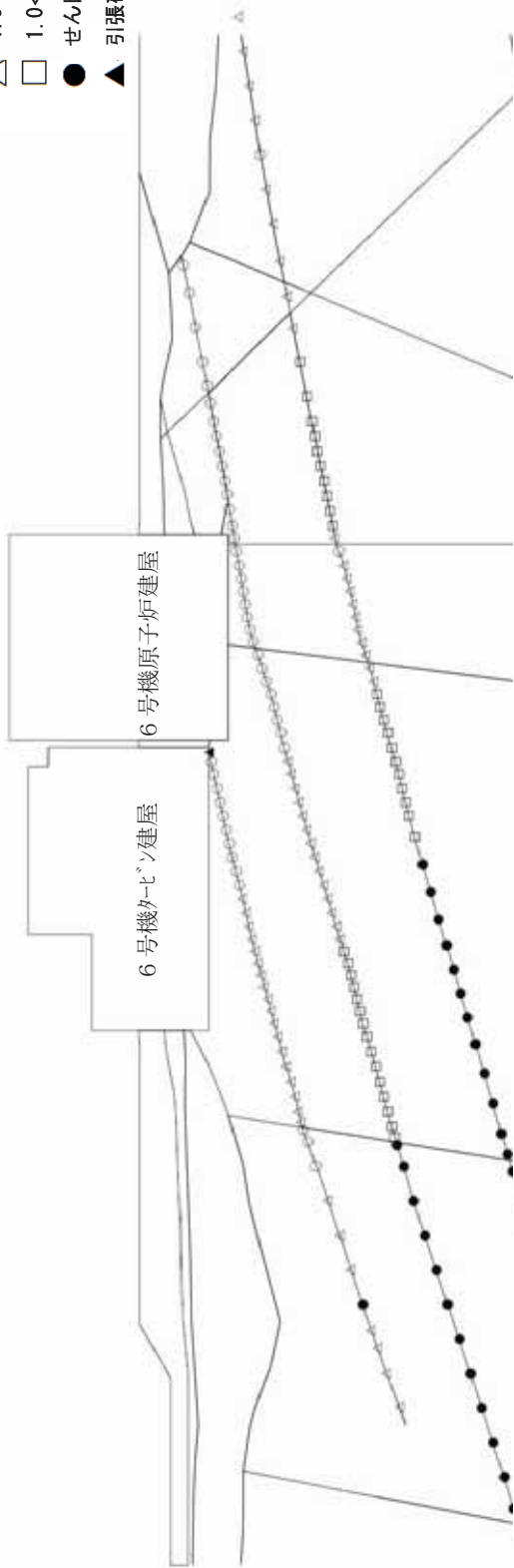
(破壊表示は過去の履歴を考慮)

第 5.3.1-7 図(2) 要素ごとの安全係数 (原子炉建屋基礎地盤, 汀線直交断面, Ss-2, T=22.47 秒)



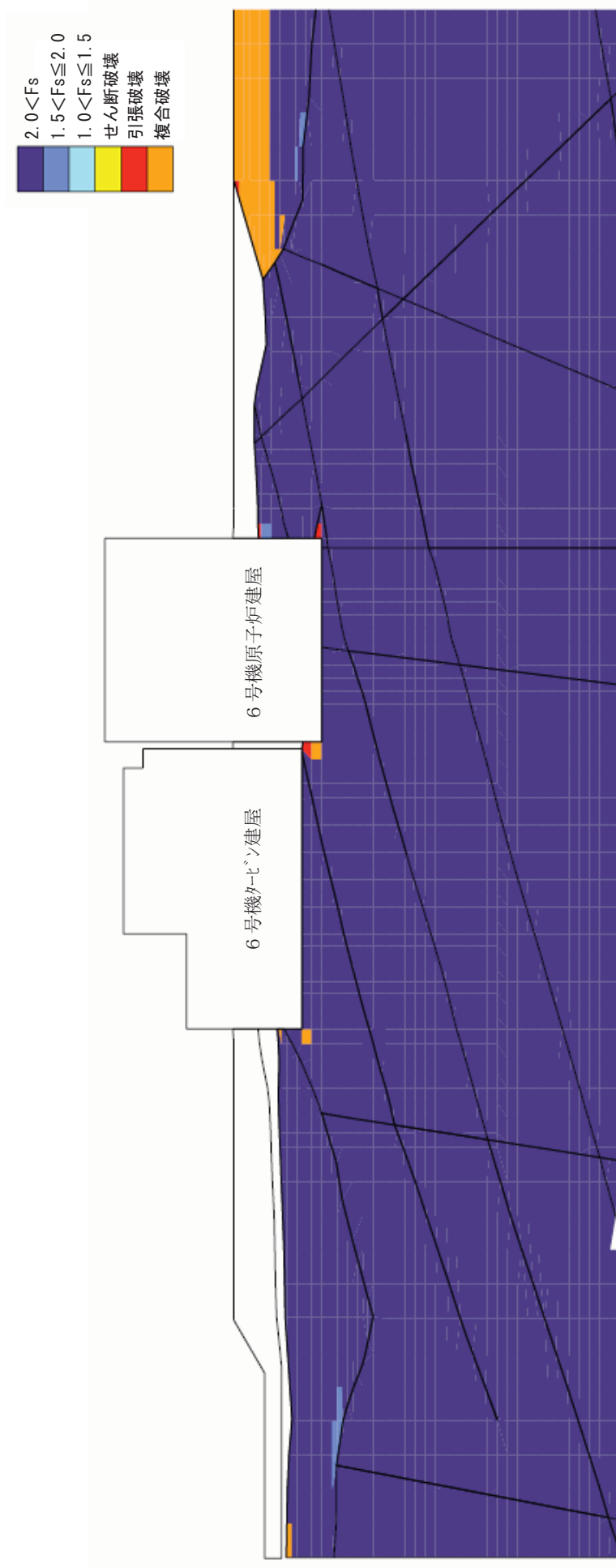
第 5.3.1-8 図(1) 要素ごとの安全係数 (原子炉建屋基礎地盤, 汀線直交断面, Ss-3, T=37.29 秒)

- $2.0 < F_s$
- △ $1.5 < F_s \leq 2.0$
- $1.0 < F_s \leq 1.5$
- せん断破壊
- ▲ 引張破壊



(破壊表示は過去の履歴を考慮)

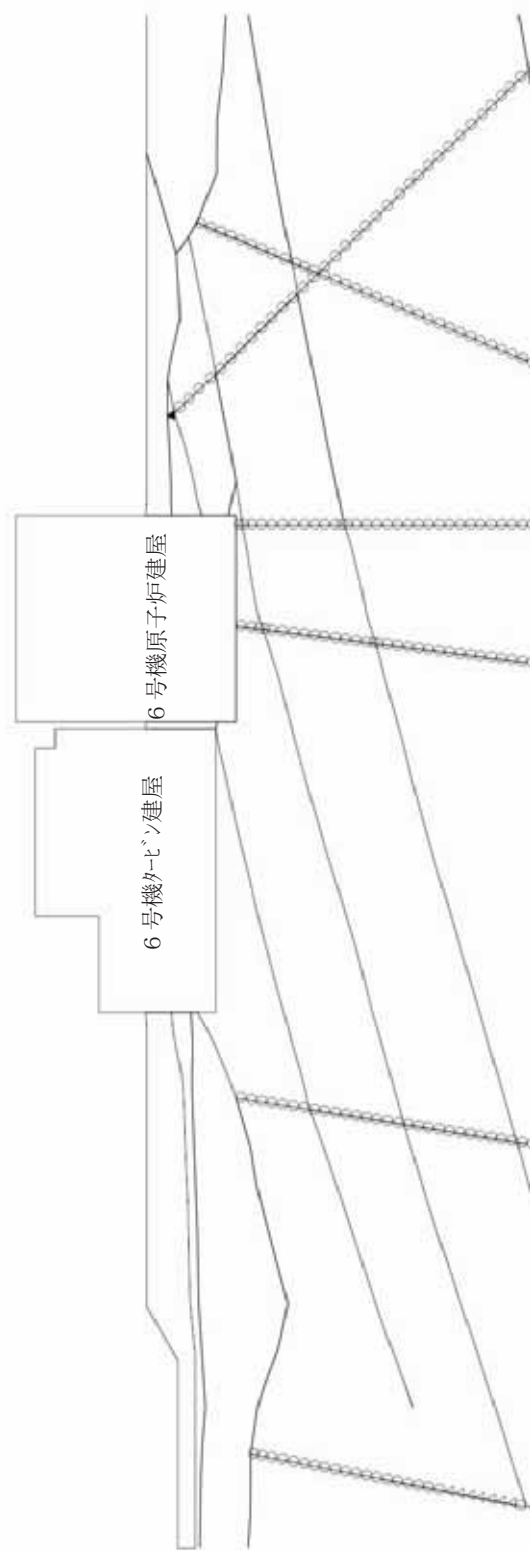
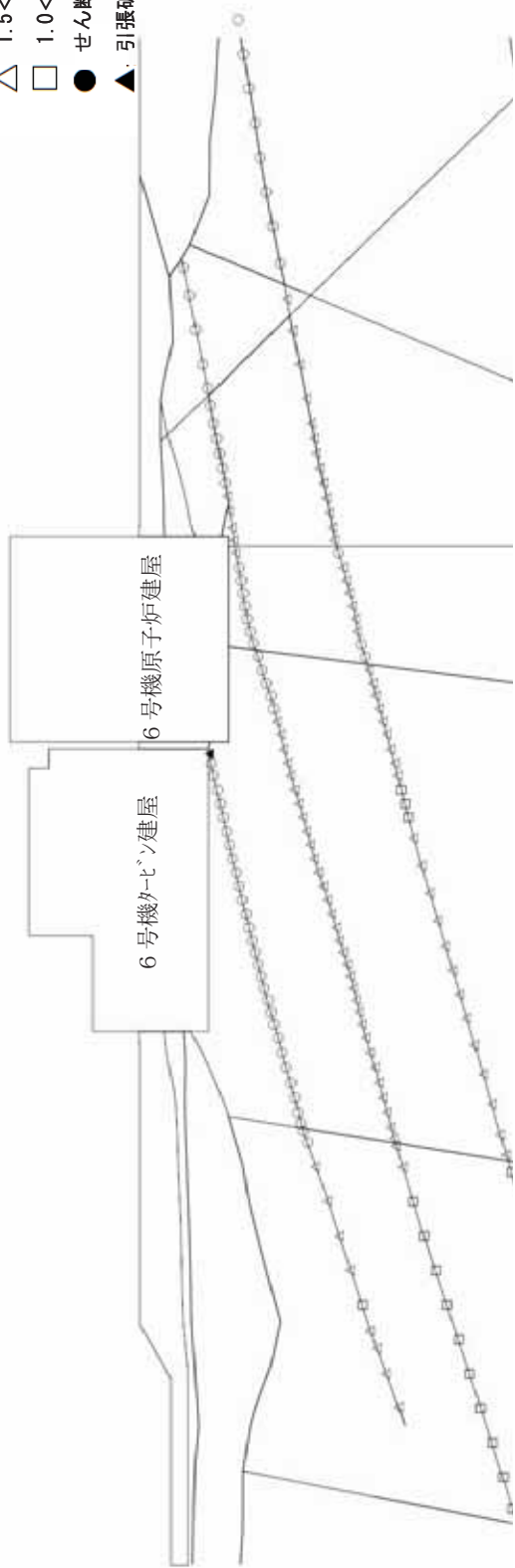
第 5.3.1-8 図(2) 要素ごとの安全係数 (原子炉建屋基礎地盤, 汀線直交断面, Ss-3, T=37.29 秒)



(破壊表示は過去の履歴を考慮)

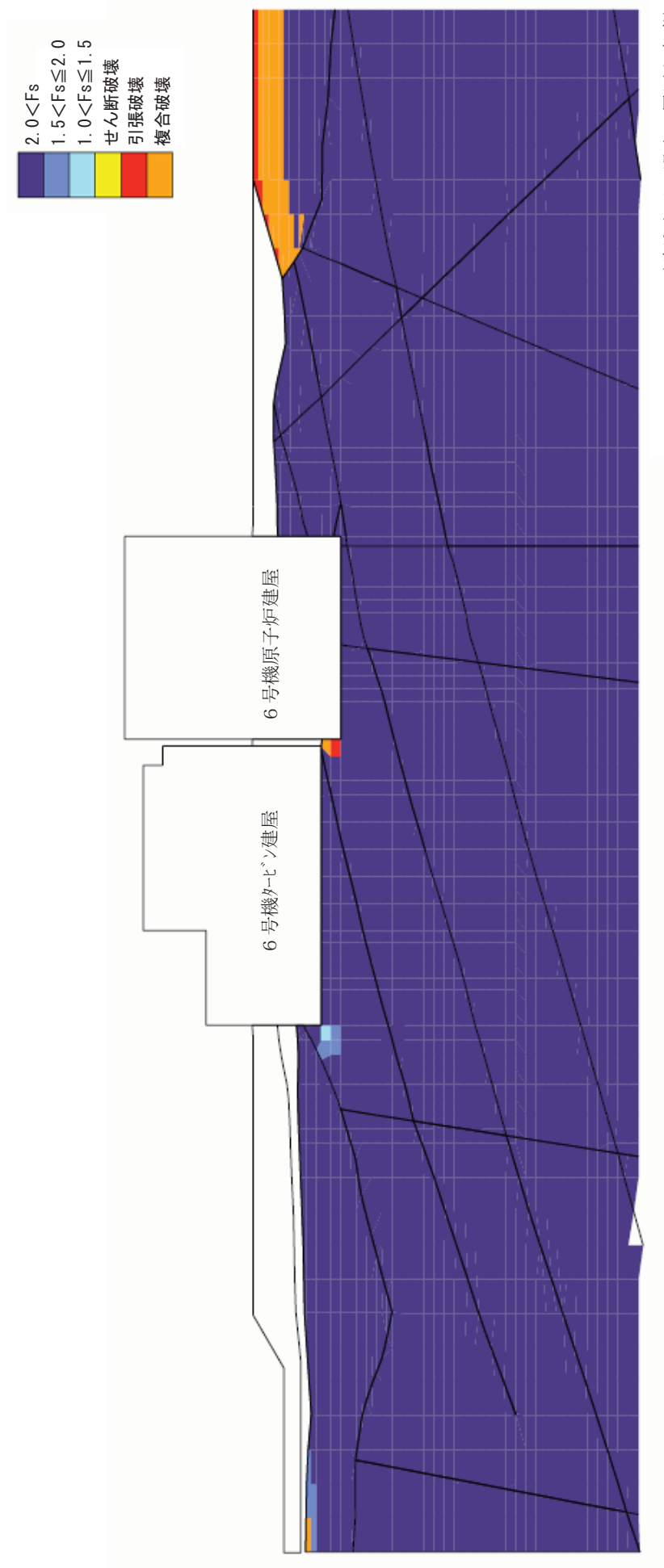
第 5.3.1-9 図(1) 要素ごとの安全係数 (原子炉建屋基礎地盤, 汀線直交断面, Ss-4, T=54.53 秒)

- $2.0 < F_s$
- △ $1.5 < F_s \leq 2.0$
- $1.0 < F_s \leq 1.5$
- せん断破壊
- ▲ 引張破壊



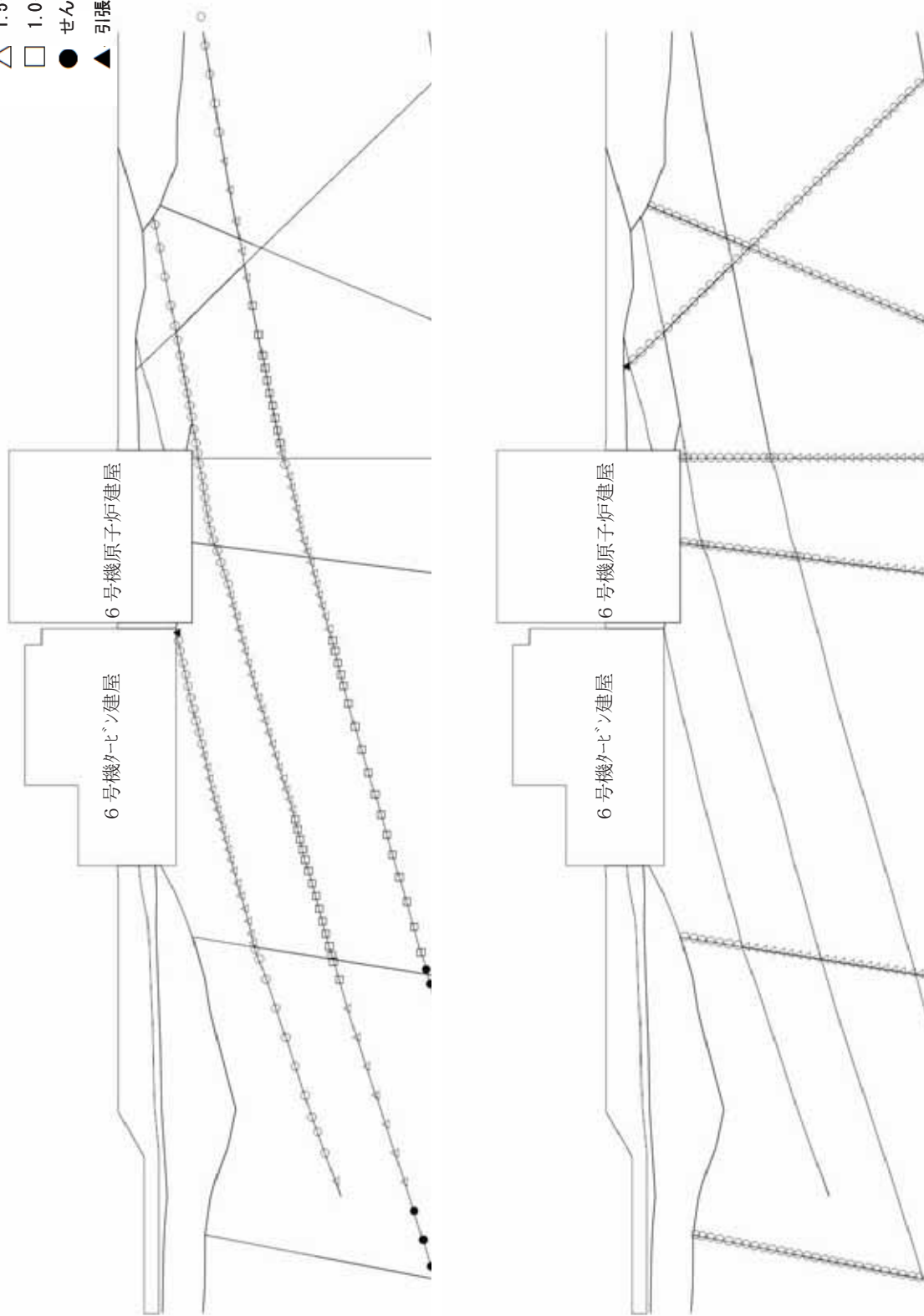
(破壊表示は過去の履歴を考慮)

第 5.3.1-9 図(2) 要素ごとの安全係数 (原子炉建屋基礎地盤, 汀線直交断面, Ss-4, T=54.53 秒)



第 5.3.1-10 図(1) 要素ごとの安全係数 (原子炉建屋基礎地盤, 汀線直交断面, Ss-5, T=57.31 秒)

- 2.0 < F_s
- △ 1.5 < F_s ≤ 2.0
- 1.0 < F_s ≤ 1.5
- せん断破壊
- ▲ 引張破壊



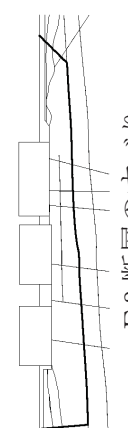



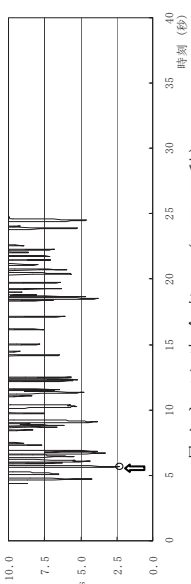
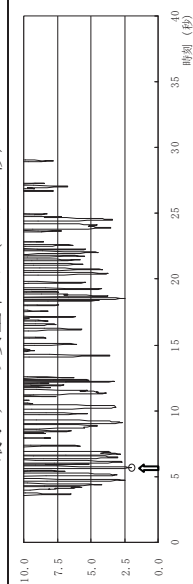
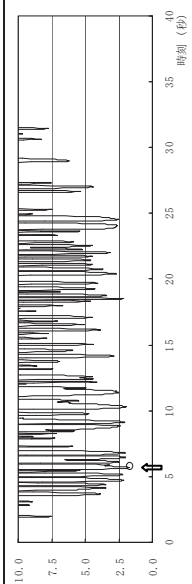
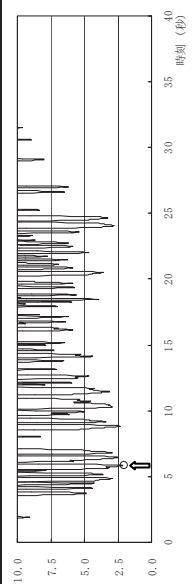
(破壊表示は過去の履歴を考慮)

第 5.3.1-10 図(2) 要素ごとの安全係数 (原子炉建屋基礎地盤, 汀線直交断面, S_s-5, T=57.31 秒)

第 5.3.1-11 表 すべり安全率(タービン建屋基礎地盤,汀線平行断面,Ss-1)


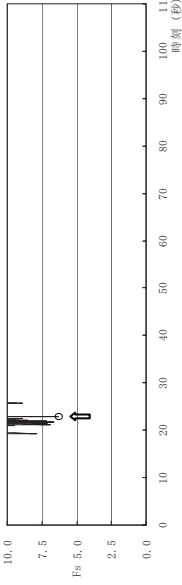

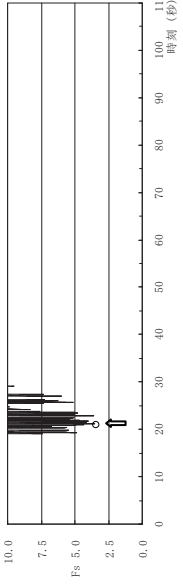

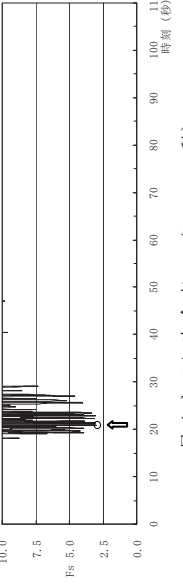

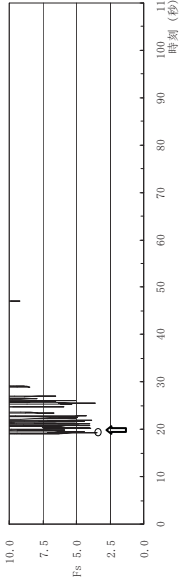
凡 例
 ○ : すべり安全率
 の最小値
 — : すべり線

すべり線形状	時刻 (秒)	最小すべり 安全率	時刻 (秒)
 建屋底面のすべり	5.65	2.3	5.65
 F 4 断層のすべり	5.67	2.0	5.67
 F 3 断層のすべり	5.68	1.7	5.68
 F 2 断層のすべり	5.83	2.1	5.83

すべり安全率 (Fs) タイムヒストリー
1  最小すべり安全率 2.3 (T=5.65 秒)
2  最小すべり安全率 2.0 (T=5.67 秒)
4  最小すべり安全率 1.7 (T=5.68 秒)
5  最小すべり安全率 2.1 (T=5.83 秒)


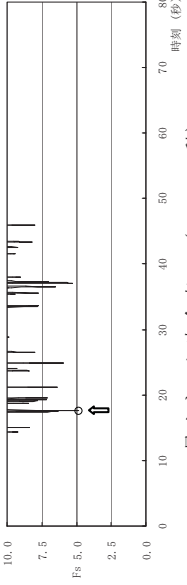

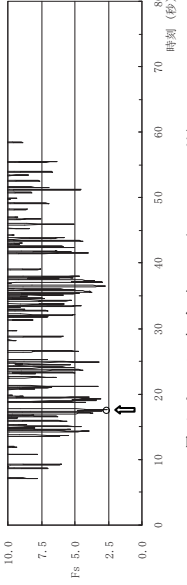

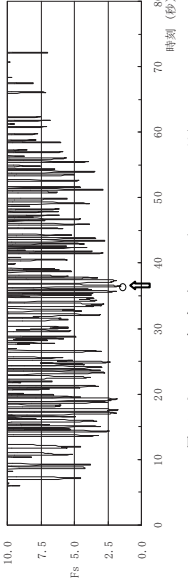
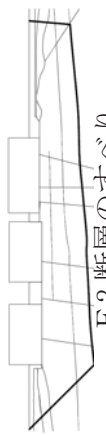
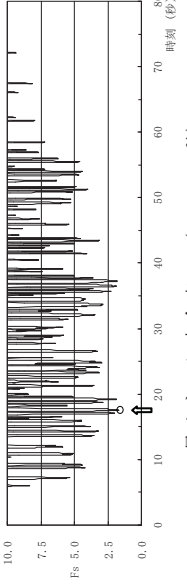
第 5.3.1-12 表 すべり安全率(タービン建屋基礎地盤,汀線平行断面, Ss-2)

凡 例
 ○ : すべり安全率
 の最小値
 — : すべり線

すべり線形状	すべり線形状	時刻 (秒)	最小すべり 安全率	すべり安全率 (Fs) タイムヒストリー
1	 建屋底面のすべり	22.90	6.3	 最小すべり安全率 6.3 (T=22.90 秒)
2	 F 4 断層のすべり	21.23	3.6	 最小すべり安全率 3.6 (T=21.23 秒)
3	 F 3 断層のすべり	20.88	3.0	 最小すべり安全率 3.0 (T=20.88 秒)
4	 F 2 断層のすべり	19.25	3.4	 最小すべり安全率 3.4 (T=19.25 秒)




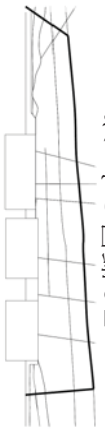
第 5.3.1-13 表 すべり安全率(タービン建屋基礎地盤,汀線平行断面,Ss-3)

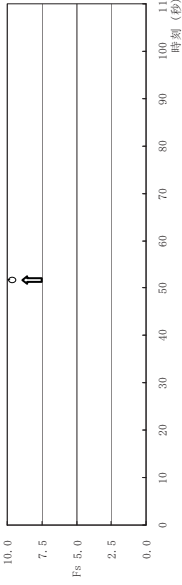
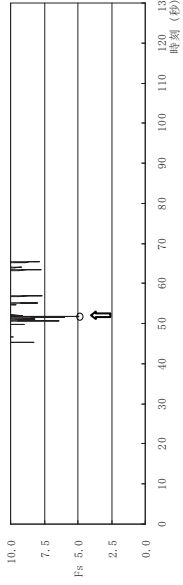
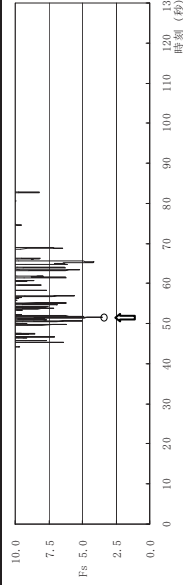
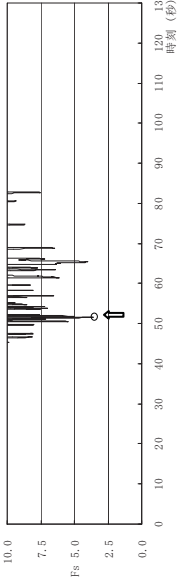
凡 例
 ○ : すべり安全率
 の最小値
 — : すべり線

すべり線形状	時刻 (秒)	最小すべり 安全率	すべり安全率 (Fs) タイムヒストリー
 建屋底面のすべり	17.65	4.8	 最小すべり安全率 4.8 (T=17.65 秒)
 F 4 断層のすべり	17.65	2.6	 最小すべり安全率 2.6 (T=17.65 秒)
 F 3 断層のすべり	36.50	1.5	 最小すべり安全率 1.5 (T=36.50 秒)
 F 2 断層のすべり	17.56	1.7	 最小すべり安全率 1.7 (T=17.56 秒)

第 5.3.1-14 表 すべり安全率(タービン建屋基礎地盤,汀線平行断面,Ss-4)





凡 例
 ○ : すべり安全率
 の最小値
 — : すべり線

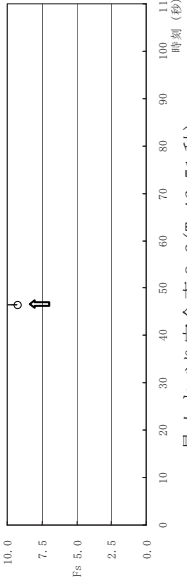
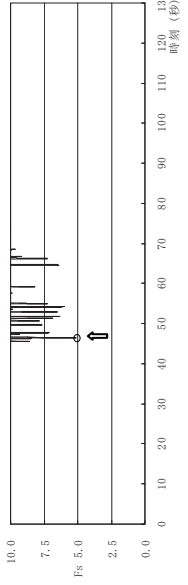
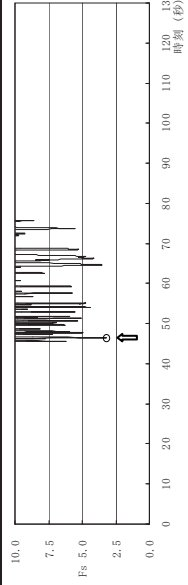
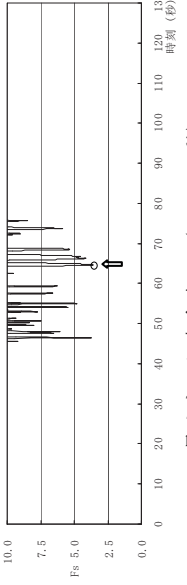
すべり線形状	最小すべり安全率	時刻(秒)
 建屋底面のすべり	9.8	51.80
 F 4 断層のすべり	5.0	51.79
 F 3 断層のすべり	3.6	51.58
 F 2 断層のすべり	3.6	51.54

すべり安全率 (Fs) タイムヒストリー
 最小すべり安全率 9.8 (T=51.80 秒)
 最小すべり安全率 5.0 (T=51.79 秒)
 最小すべり安全率 3.6 (T=51.58 秒)
 最小すべり安全率 3.6 (T=51.54 秒)

第 5.3.1-15 表 すべり安全率(タービン建屋基礎地盤,汀線平行断面,Ss-5)

凡 例
 ○ : すべり安全率の最小値
 — : すべり線

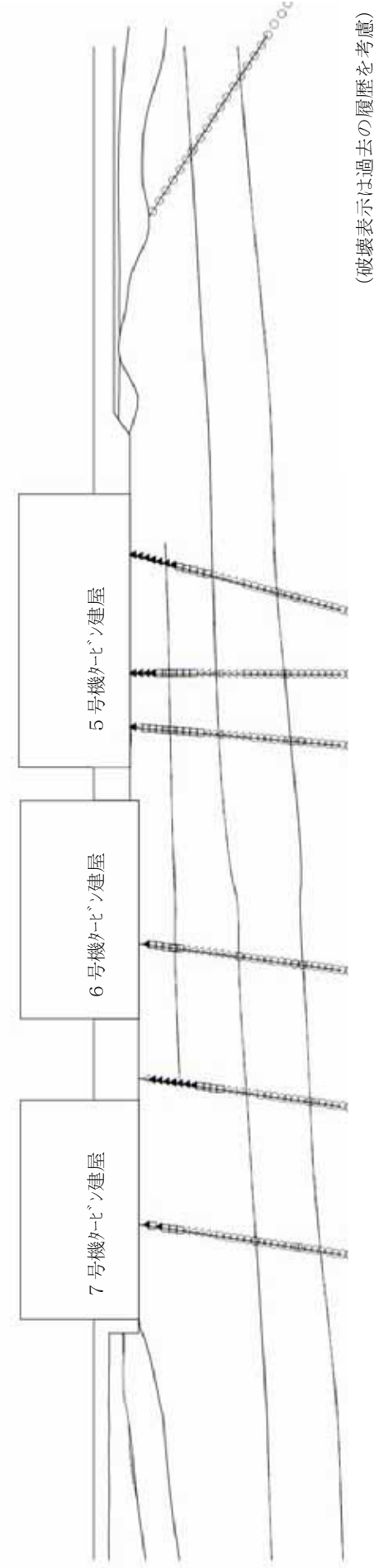
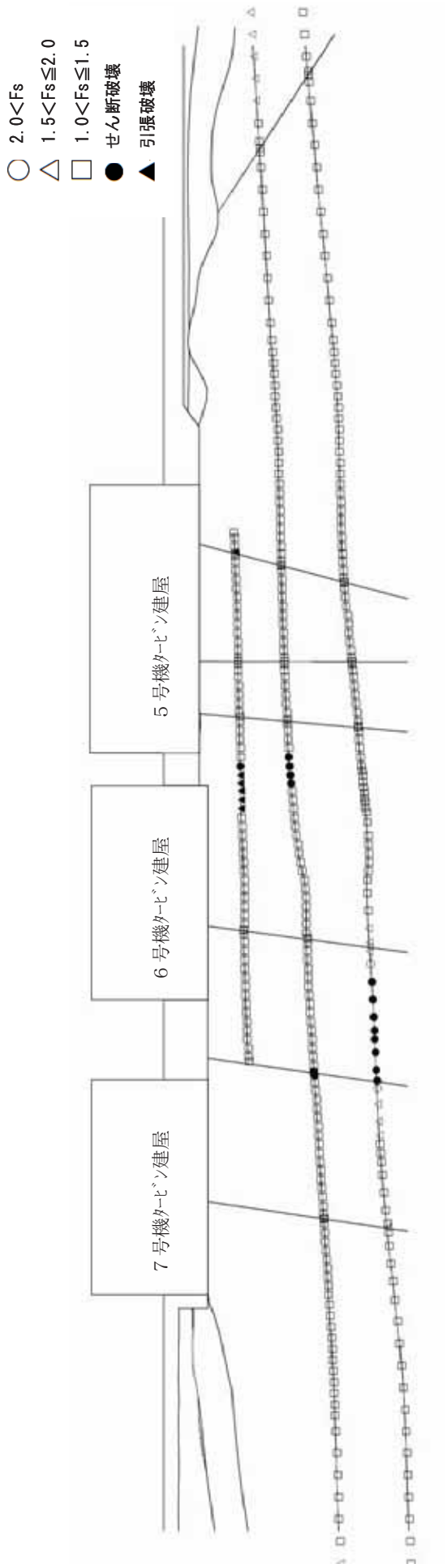
すべり線形状	最小すべり安全率	時刻(秒)
 建屋底面のすべり	9.3	46.51
 F 4 断層のすべり	5.2	46.50
 F 3 断層のすべり	3.2	46.47
 F 2 断層のすべり	3.6	64.66

すべり安全率 (Fs) タイムヒストリー
 最小すべり安全率 9.3 (T=46.51 秒)
 最小すべり安全率 5.2 (T=46.50 秒)
 最小すべり安全率 3.2 (T=46.47 秒)
 最小すべり安全率 3.6 (T=64.66 秒)



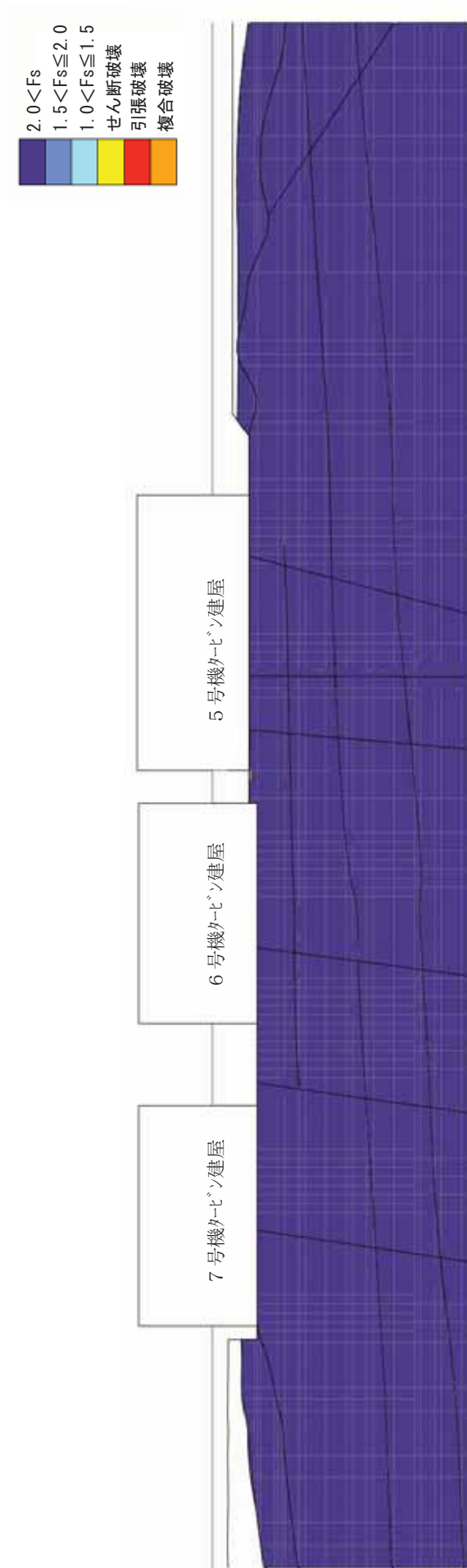
(破壊表示は過去の履歴を考慮)

第 5.3.1-11 図(1) 要素ごとの安全係数 (タービン建屋基礎地盤, 汀線平行断面, $Ss-1$, $T=5.68$ 秒)



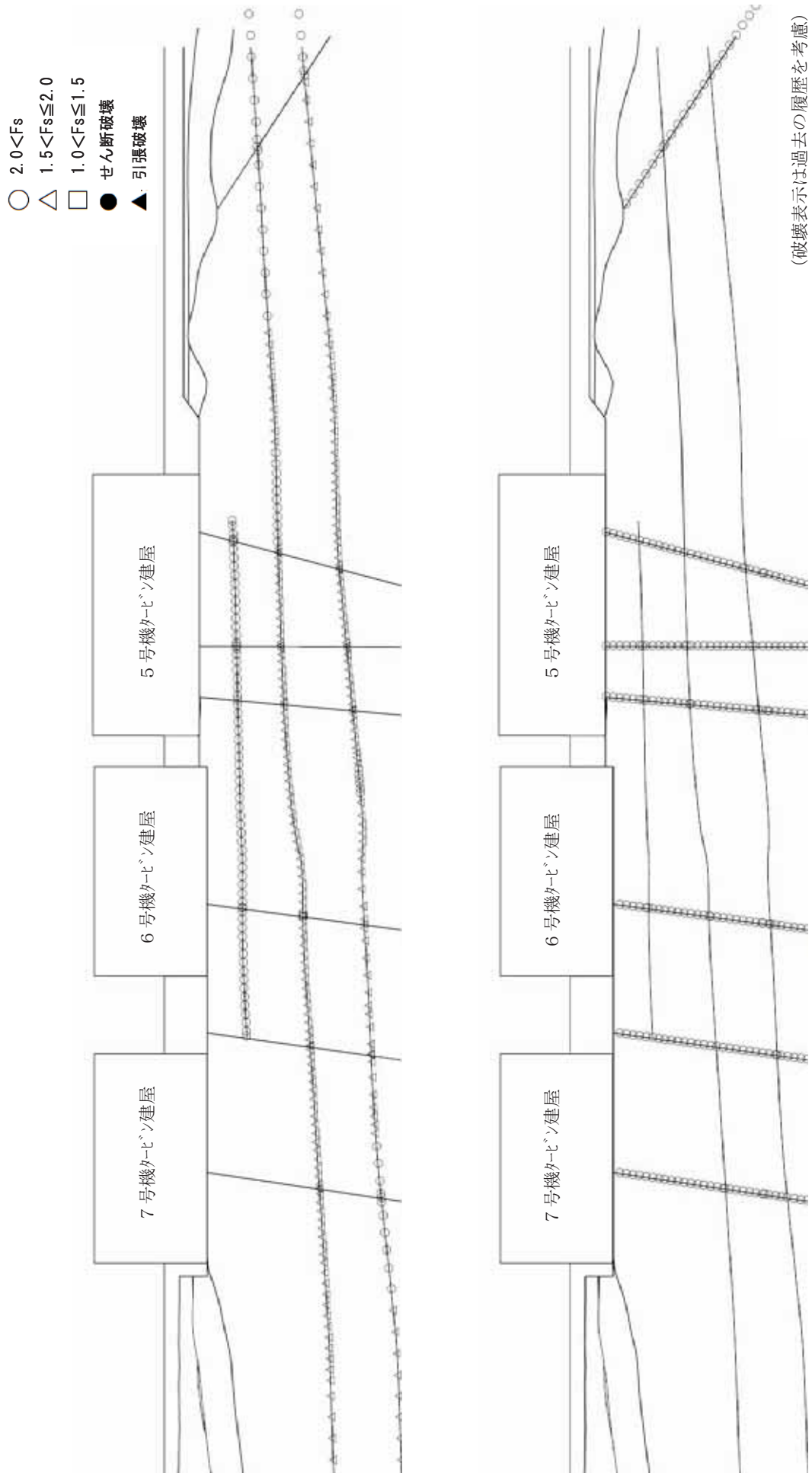
(破壊表示は過去の履歴を考慮)

第 5.3.1-11 図(2) 要素ごとの安全係数 (タービン建屋基礎地盤, 汀線平行断面, Ss-1, T=5.68 秒)

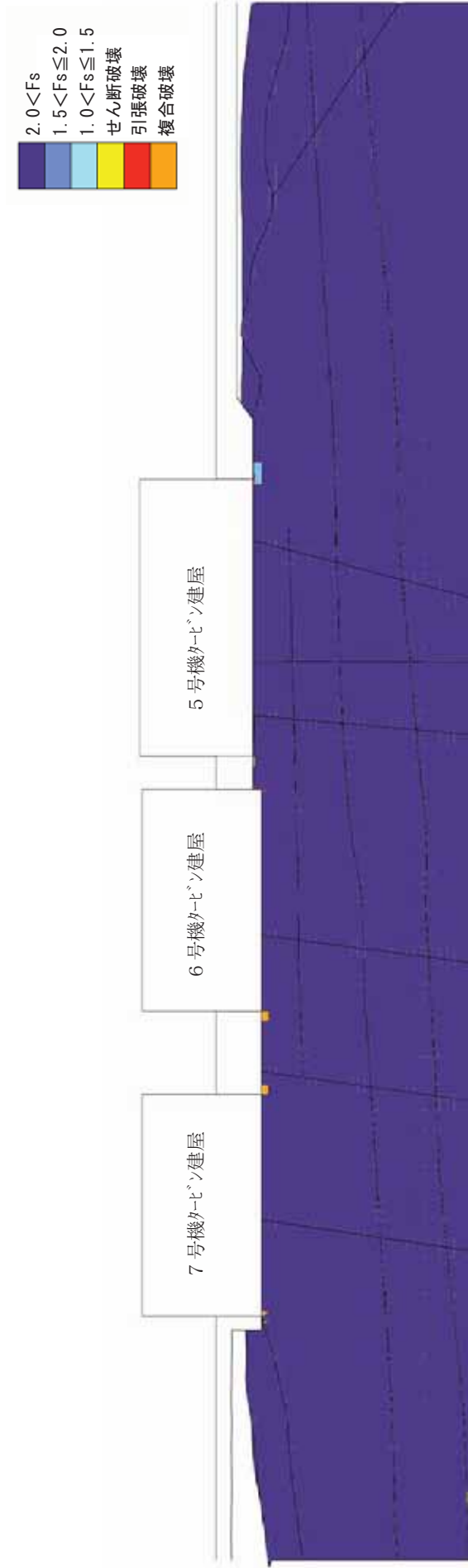


(破壊表示は過去の履歴を考慮)

第 5.3.1-12 図(1) 要素ごとの安全係数 (タービン建屋基礎地盤, 汀線平行断面, Ss-2, T=20.88 秒)

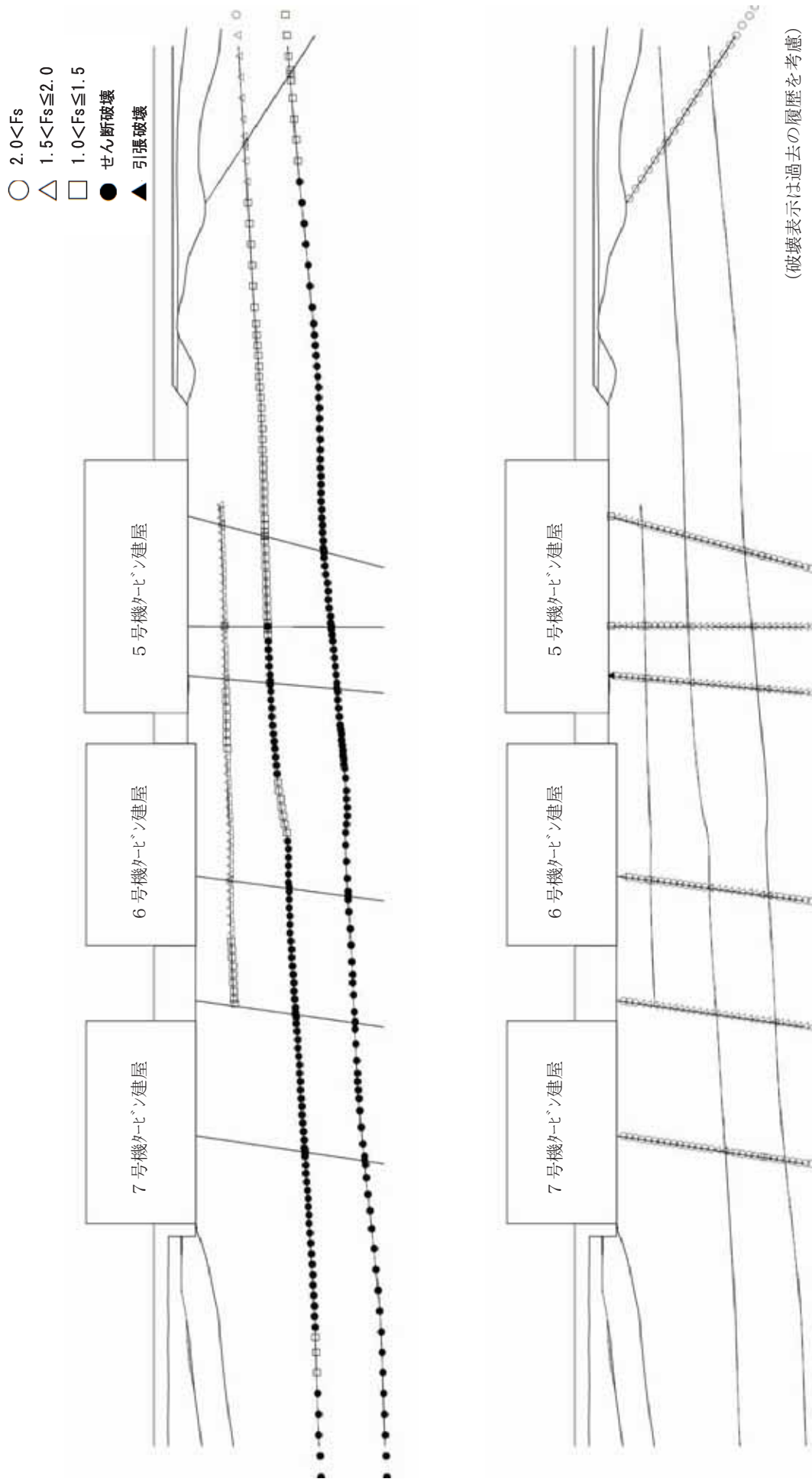


第 5.3.1-12 図(2) 要素ごとの安全係数 (タービン建屋基礎地盤, 汀線平行断面, Ss-2, T=20.88 秒)

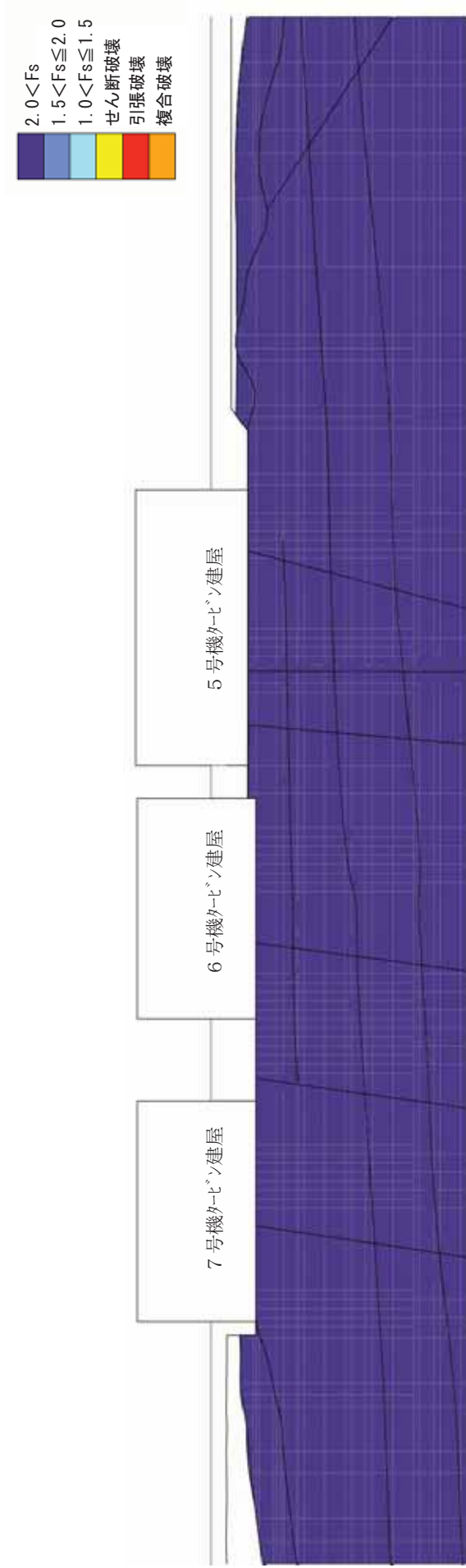


(破壊表示は過去の履歴を考慮)

第5.3.1-13 図(1) 要素ごとの安全係数 (タービン建屋基礎地盤, 汀線平行断面, Ss-3, T=36.50 秒)



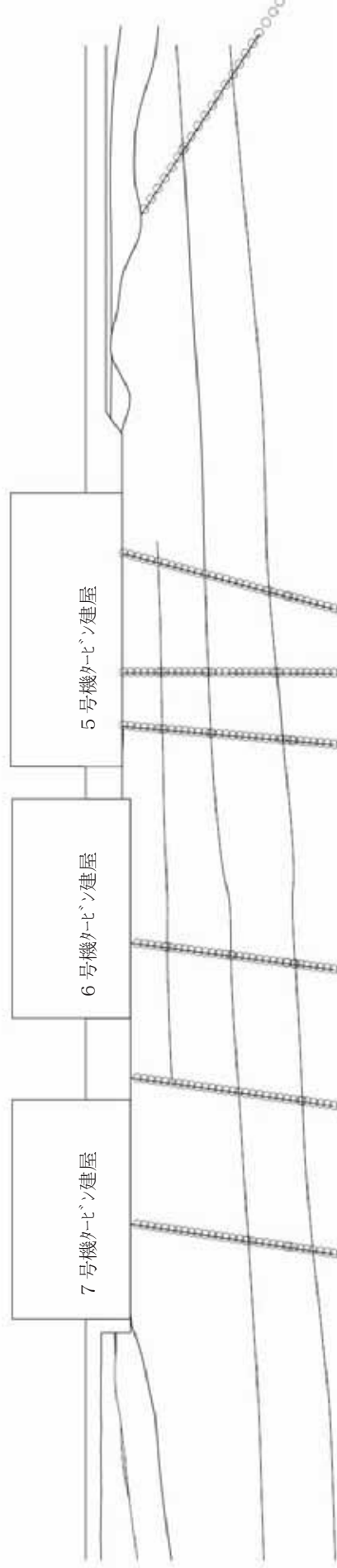
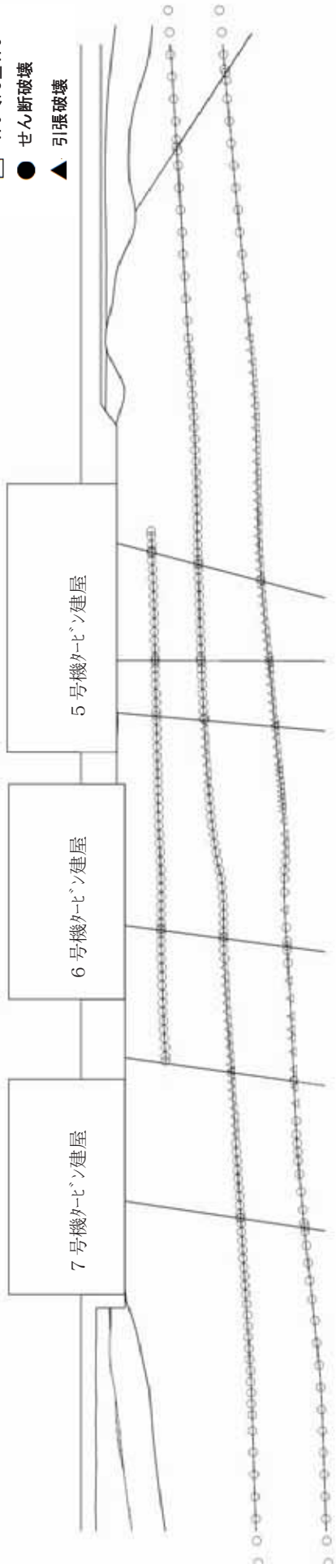
第 5.3.1-13 図(2) 要素ごとの安全係数 (タービン建屋基礎地盤, 汀線平行断面, S_s-3 , $T=36.50$ 秒)



(破壊表示は過去の履歴を考慮)

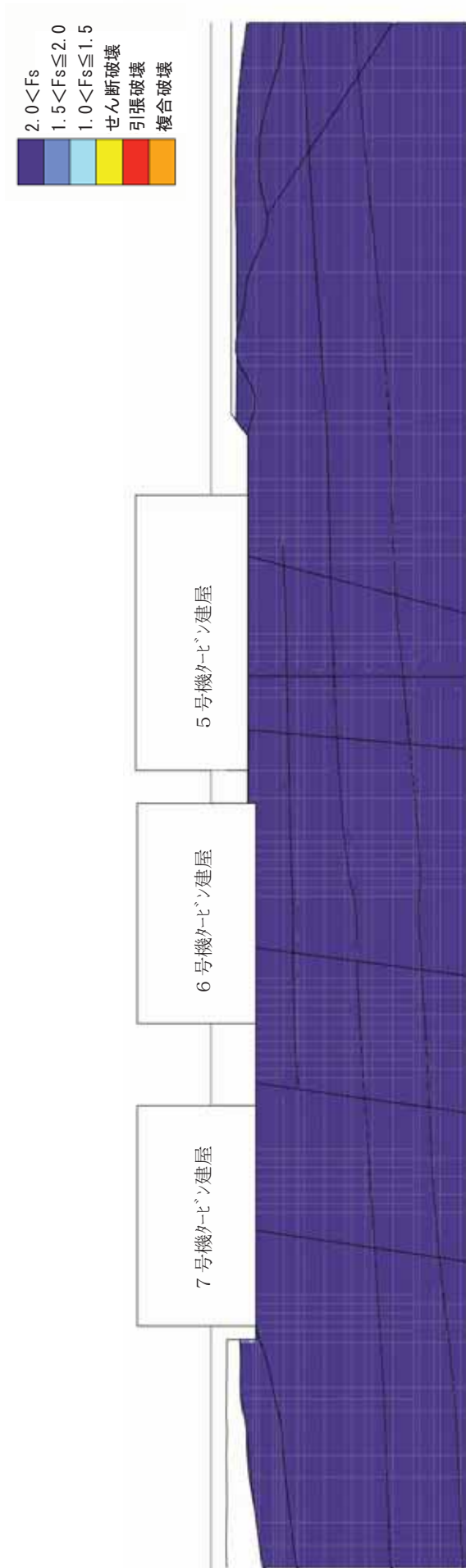
第5.3.1-14 図(1) 要素ごとの安全係数 (タービン建屋基礎地盤, 汀線平行断面, S_s-4 , $T=51.58$ 秒)

- $2.0 < F_s$
- △ $1.5 < F_s \leq 2.0$
- $1.0 < F_s \leq 1.5$
- せん断破壊
- ▲ 引張破壊



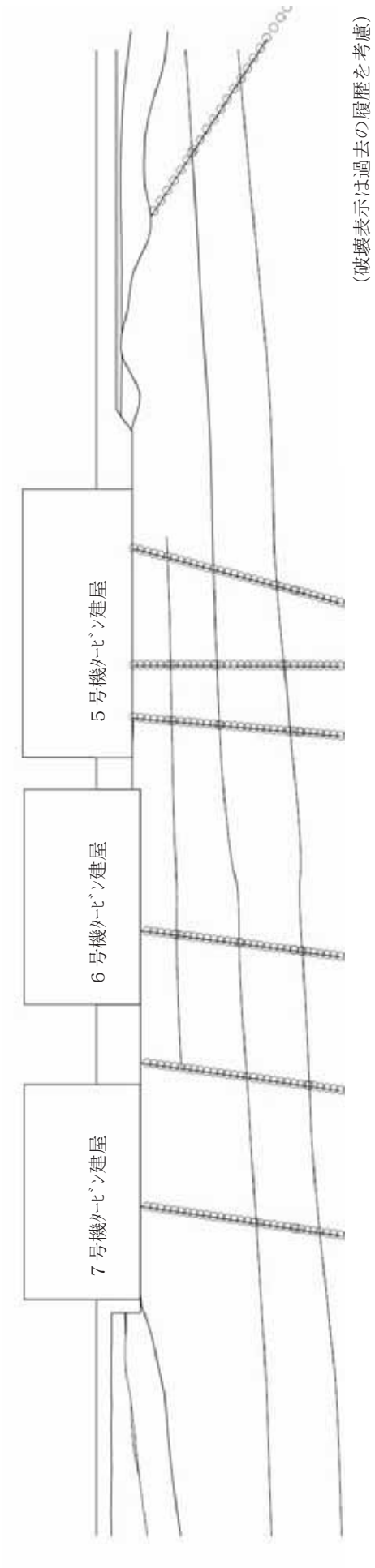
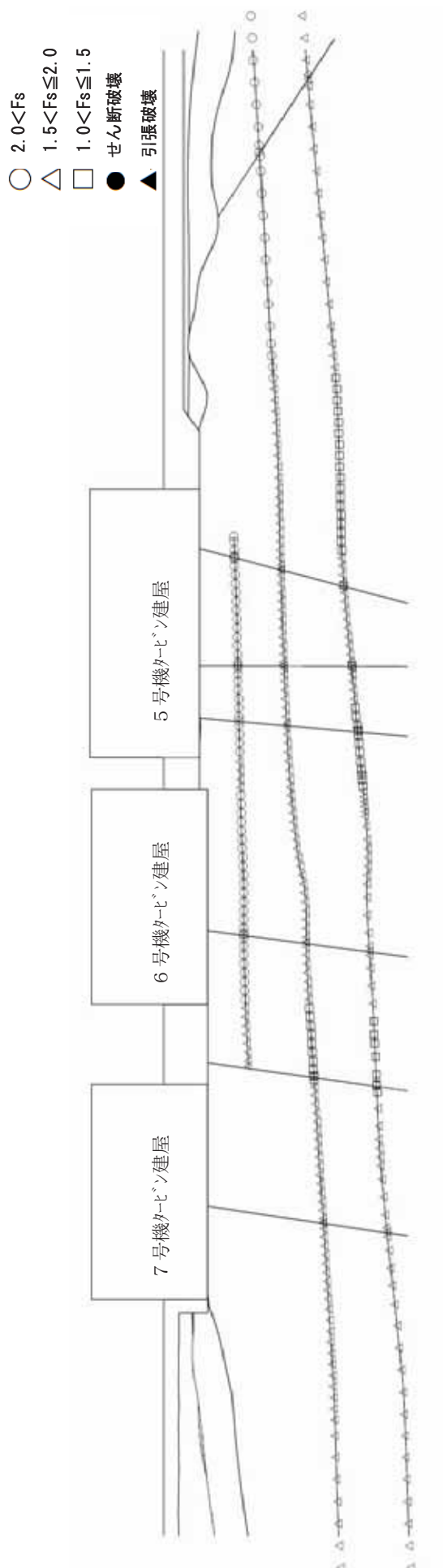
(破壊表示は過去の履歴を考慮)

第 5.3.1-14 図(2) 要素ごとの安全係数（タービン建屋基礎地盤，汀線平行断面， $Ss-4$ ， $T=51.58$ 秒）



(破壊表示は過去の履歴を考慮)

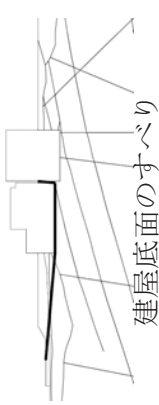
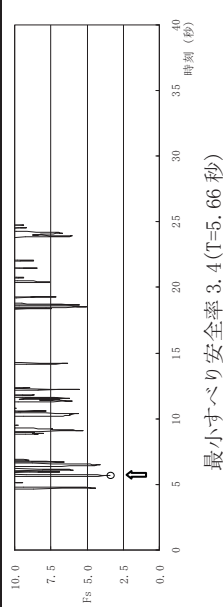
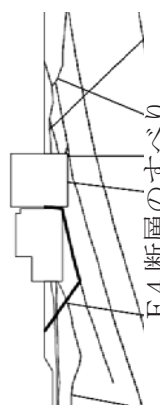
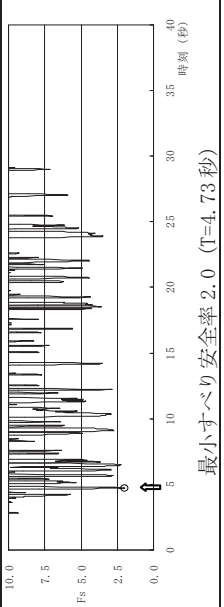
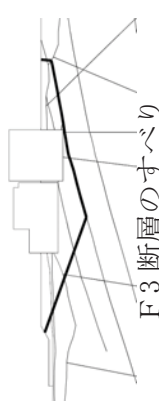
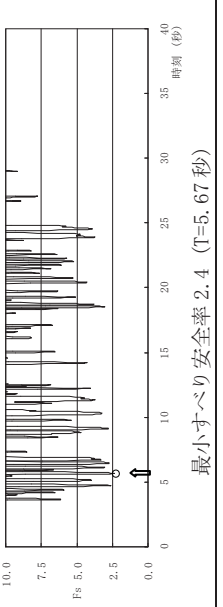
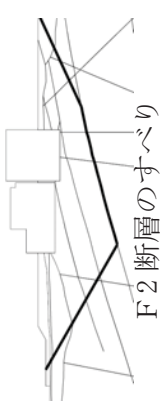
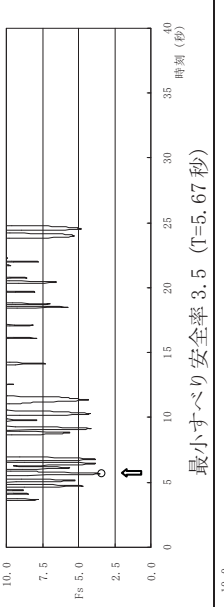
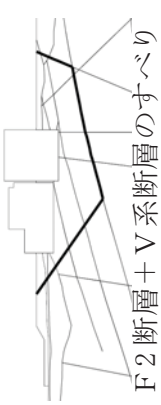
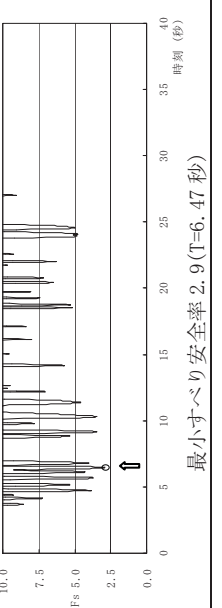
第 5.3.1-15 図(1) 要素ごとの安全係数 (タービン建屋基礎地盤, 汀線平行断面, Ss-5, T=46.47 秒)



第5.3.1-15 図(2) 要素ごとの安全係数 (タービン建屋基礎地盤, 汀線平行断面, Ss-5, T=46.47 秒)

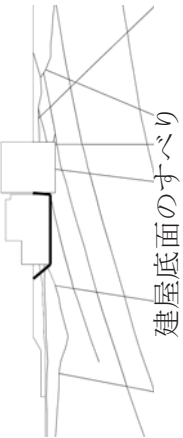
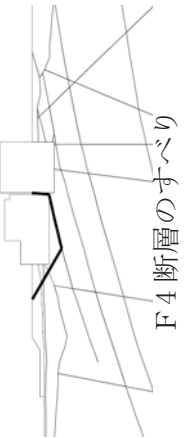
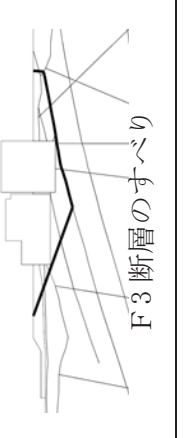


第 5.3.1-16 表 すべり安全率(タービン建屋基礎地盤,汀線直交断面,Ss-1)

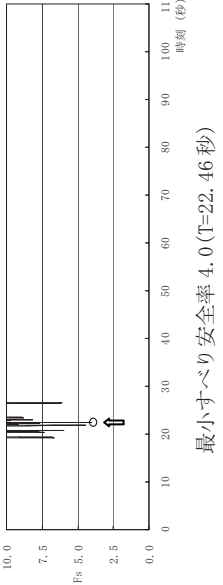
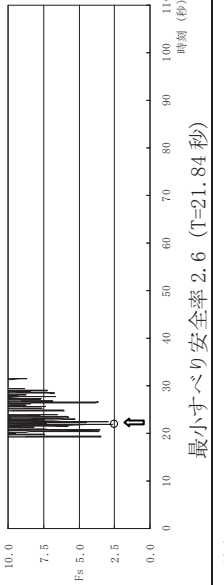
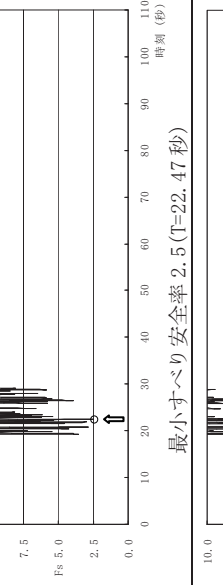
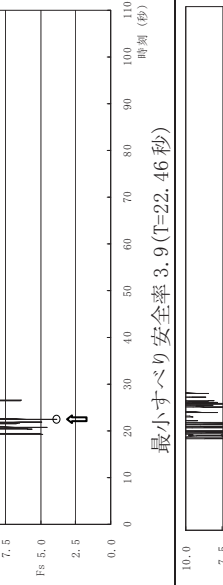
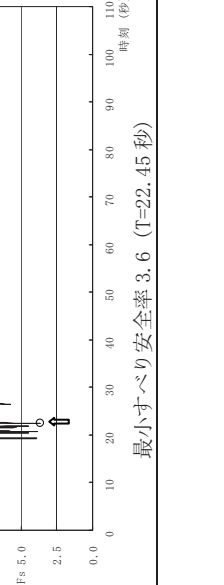
凡 例
 ○ : すべり安全率の最小値
 — : すべり線

すべり線形状	最小すべり安全率	時刻(秒)	すべり安全率 (Fs) タイムヒストリー
 <p>建屋底面のすべり</p>	3.4	5.66	 <p>最小すべり安全率 3.4 (T=5.66 秒)</p>
 <p>F4 断層のすべり</p>	2.0	4.73	 <p>最小すべり安全率 2.0 (T=4.73 秒)</p>
 <p>F3 断層のすべり</p>	2.4	5.67	 <p>最小すべり安全率 2.4 (T=5.67 秒)</p>
 <p>F2 断層のすべり</p>	3.5	5.67	 <p>最小すべり安全率 3.5 (T=5.67 秒)</p>
 <p>F2 断層 + V 系断層のすべり</p>	2.9	6.47	 <p>最小すべり安全率 2.9 (T=6.47 秒)</p>

第 5.3.1-17 表 すべり安全率(タービン建屋基礎地盤,汀線直交断面,Ss-2)


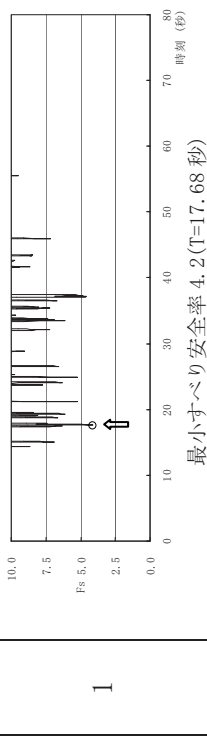
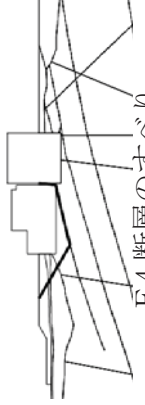
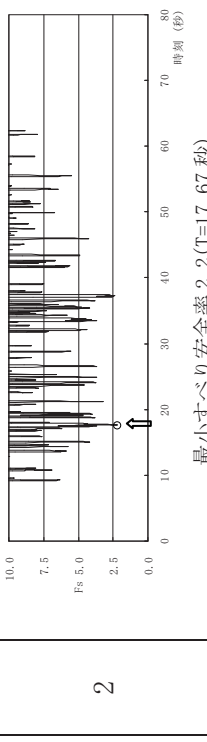

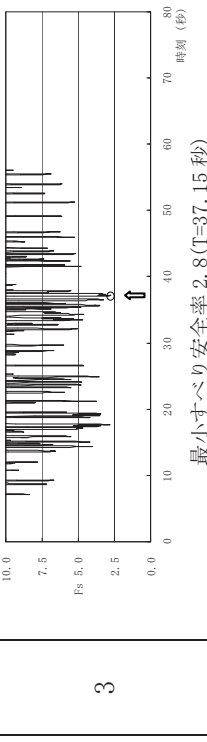

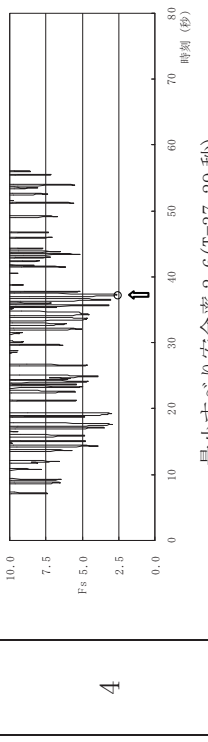
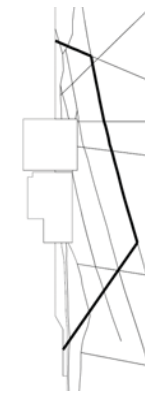
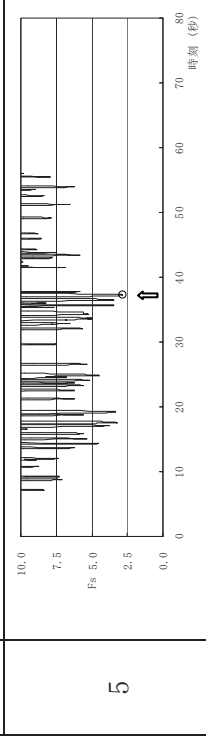
凡 例
 ○ : すべり安全率
 の最小値
 — : すべり線

すべり線形状	すべり線形状	時刻 (秒)	最小すべり 安全率
1	 <p>建屋底面のすべり</p>	22.46	4.0
2	 <p>F 4 断層のすべり</p>	21.84	2.6
3	 <p>F 3 断層のすべり</p>	22.47	2.5
4	 <p>F 2 断層のすべり</p>	22.46	3.9
5	 <p>F 2 断層 + V 系断層のすべり</p>	22.45	3.6

すべり安全率 (Fs) タイムヒストリー
 <p>最小すべり安全率 4.0 (T=22.46 秒)</p>
 <p>最小すべり安全率 2.6 (T=21.84 秒)</p>
 <p>最小すべり安全率 2.5 (T=22.47 秒)</p>
 <p>最小すべり安全率 3.9 (T=22.46 秒)</p>
 <p>最小すべり安全率 3.6 (T=22.45 秒)</p>

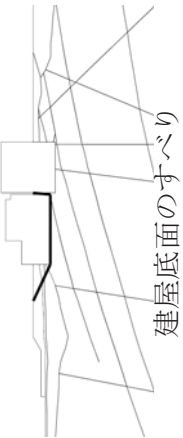
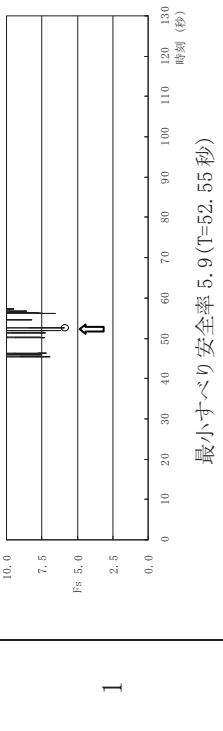
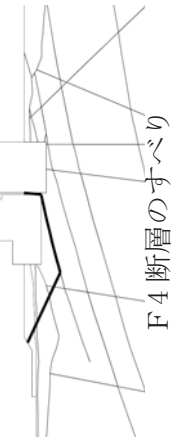
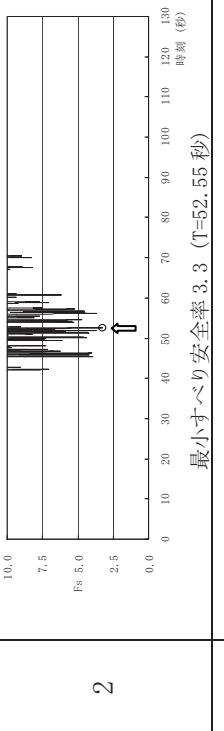

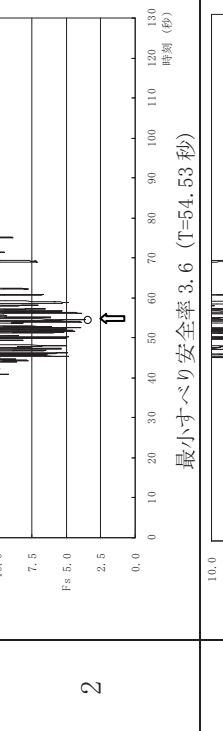
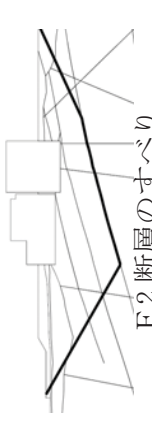
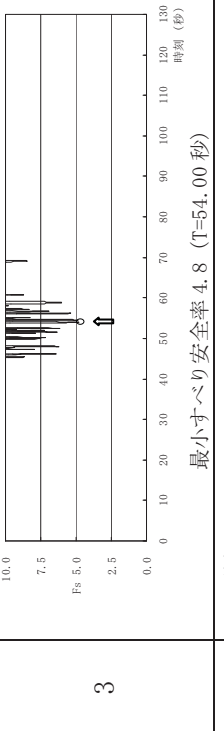

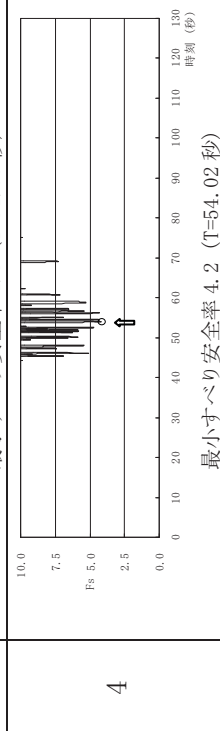
第 5.3.1-18 表 すべり安全率(タービン建屋基礎地盤,汀線直交断面, Ss-3)

凡 例
 ○ : すべり安全率
 の最小値
 — : すべり線

すべり線形状	最小すべり安全率	時刻(秒)	すべり安全率 (Fs) タイムヒストリー
 建屋底面のすべり	4.2	17.68	 最小すべり安全率 4.2 (T=17.68 秒)
 F4 断層のすべり	2.2	17.67	 最小すべり安全率 2.2 (T=17.67 秒)
 F3 断層のすべり	2.8	37.15	 最小すべり安全率 2.8 (T=37.15 秒)
 F2 断層のすべり	2.6	37.29	 最小すべり安全率 2.6 (T=37.29 秒)
 F2 断層 + V 系断層のすべり	2.8	37.28	 最小すべり安全率 2.8 (T=37.28 秒)

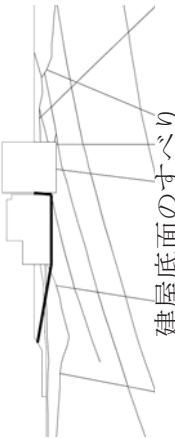
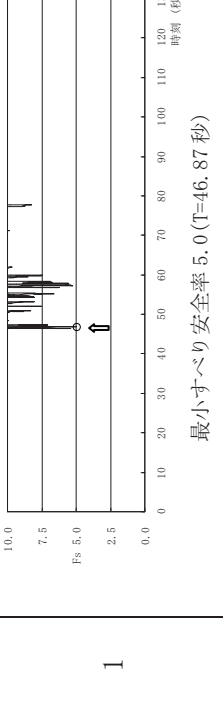
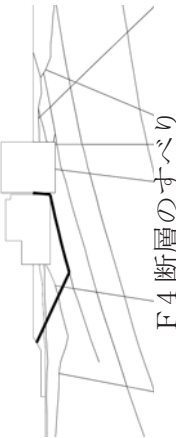
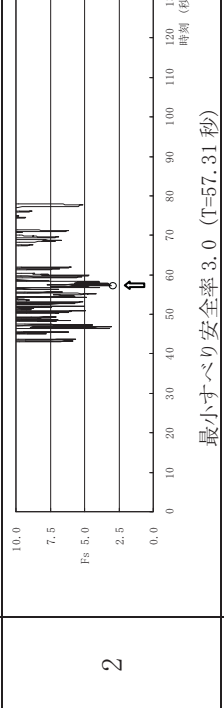
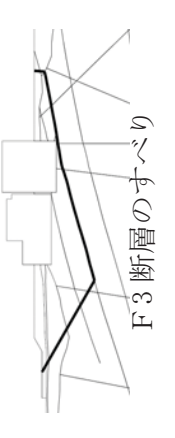
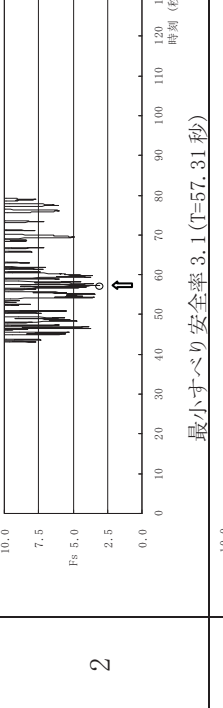
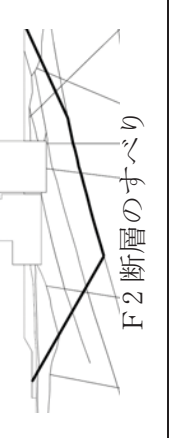
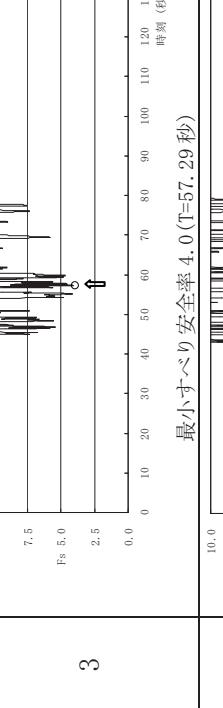

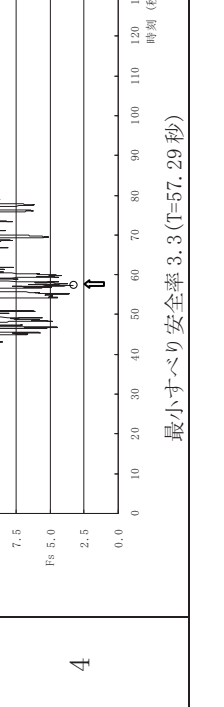
第 5.3.1-19 表 すべり安全率(タービン建屋基礎地盤,汀線直交断面,Ss-4)

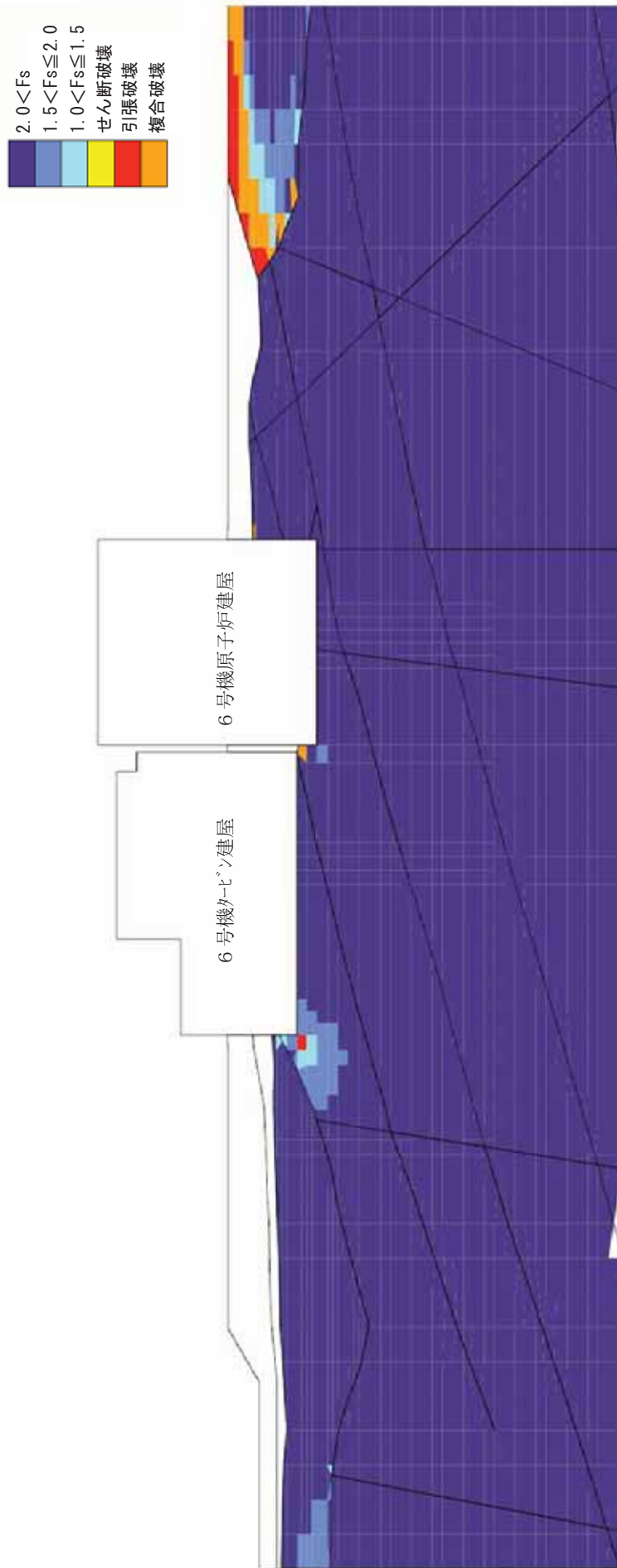
凡 例
 ○ : すべり安全率
 の最小値
 — : すべり線

すべり線形状	すべり線形状	時刻 (秒)	最小すべり 安全率	すべり安全率 (Fs) タイムヒストリー
1	 建屋底面のすべり	52.55	5.9	 最小すべり安全率 5.9 (T=52.55 秒)
2	 F 4 断層のすべり	52.55	3.3	 最小すべり安全率 3.3 (T=52.55 秒)
3	 F 3 断層のすべり	54.53	3.6	 最小すべり安全率 3.6 (T=54.53 秒)
4	 F 2 断層のすべり	54.00	4.8	 最小すべり安全率 4.8 (T=54.00 秒)
5	 F 2 断層 + V 系断層のすべり	54.02	4.2	 最小すべり安全率 4.2 (T=54.02 秒)

第 5.3.1-20 表 すべり安全率(タービン建屋基礎地盤,汀線直交断面,Ss-5)

凡 例
 ○ : すべり安全率の最小値
 — : すべり線

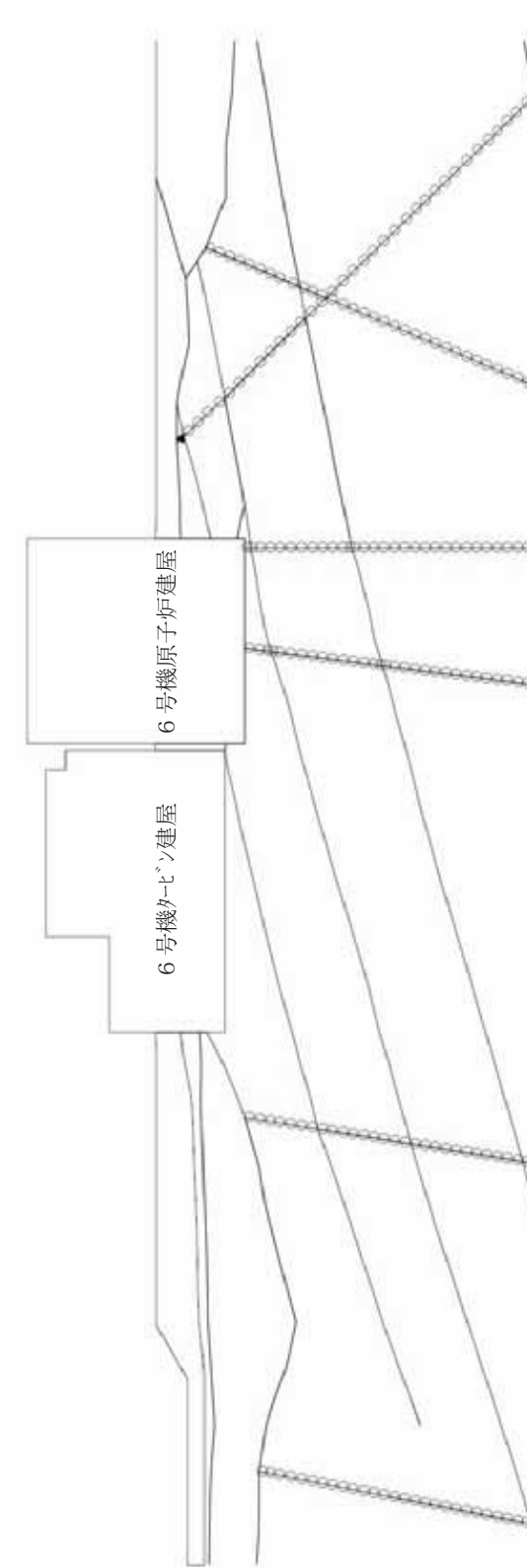
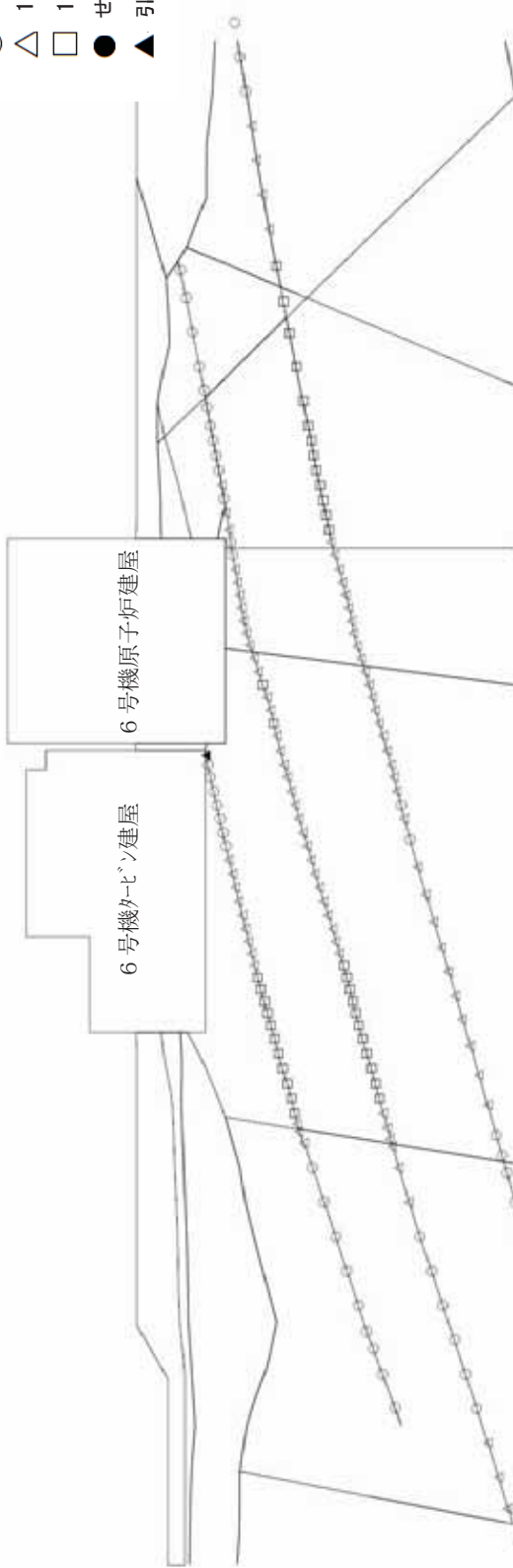
すべり線形状	すべり線形状	時刻(秒)	最小すべり安全率	すべり安全率 (Fs) タイムヒストリー
1	 建屋底面のすべり	46.87	5.0	 最小すべり安全率 5.0 (T=46.87 秒)
2	 F 4 断層のすべり	57.31	3.0	 最小すべり安全率 3.0 (T=57.31 秒)
3	 F 3 断層のすべり	57.31	3.1	 最小すべり安全率 3.1 (T=57.31 秒)
4	 F 2 断層のすべり	57.29	4.0	 最小すべり安全率 4.0 (T=57.29 秒)
5	 F 2 断層 + V 系断層のすべり	57.29	3.3	 最小すべり安全率 3.3 (T=57.29 秒)



(破壊表示は過去の履歴を考慮)

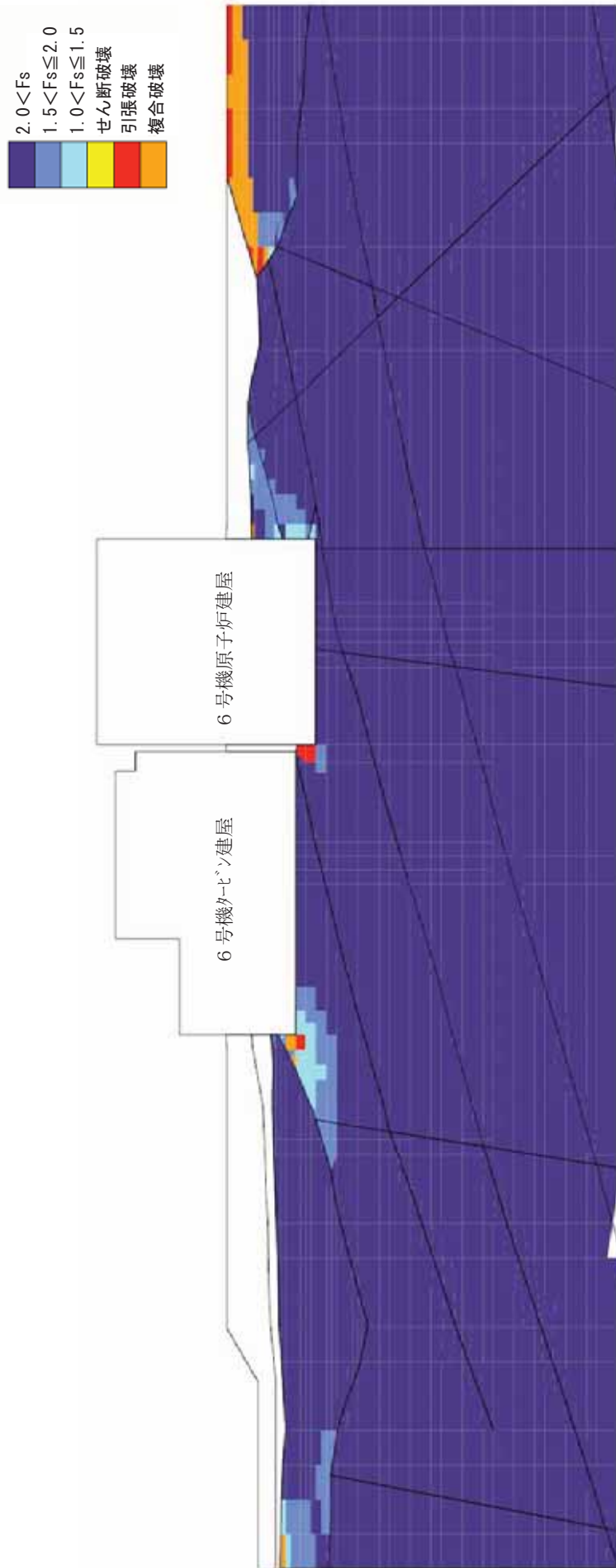
第 5.3.1-13 図(1) 要素ごとの安全係数 (タービン建屋基礎地盤, 汀線直交断面, Ss-1, T=4.73 秒)

- $2.0 < F_s$
- △ $1.5 < F_s \leq 2.0$
- $1.0 < F_s \leq 1.5$
- せん断破壊
- ▲ 引張破壊



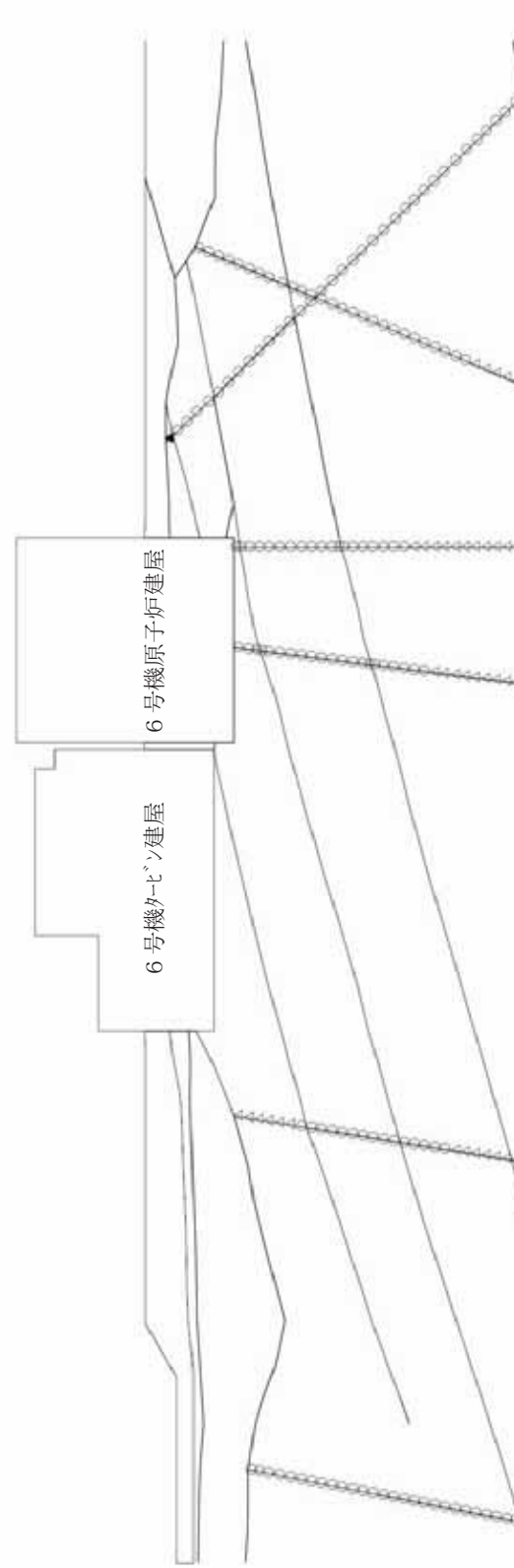
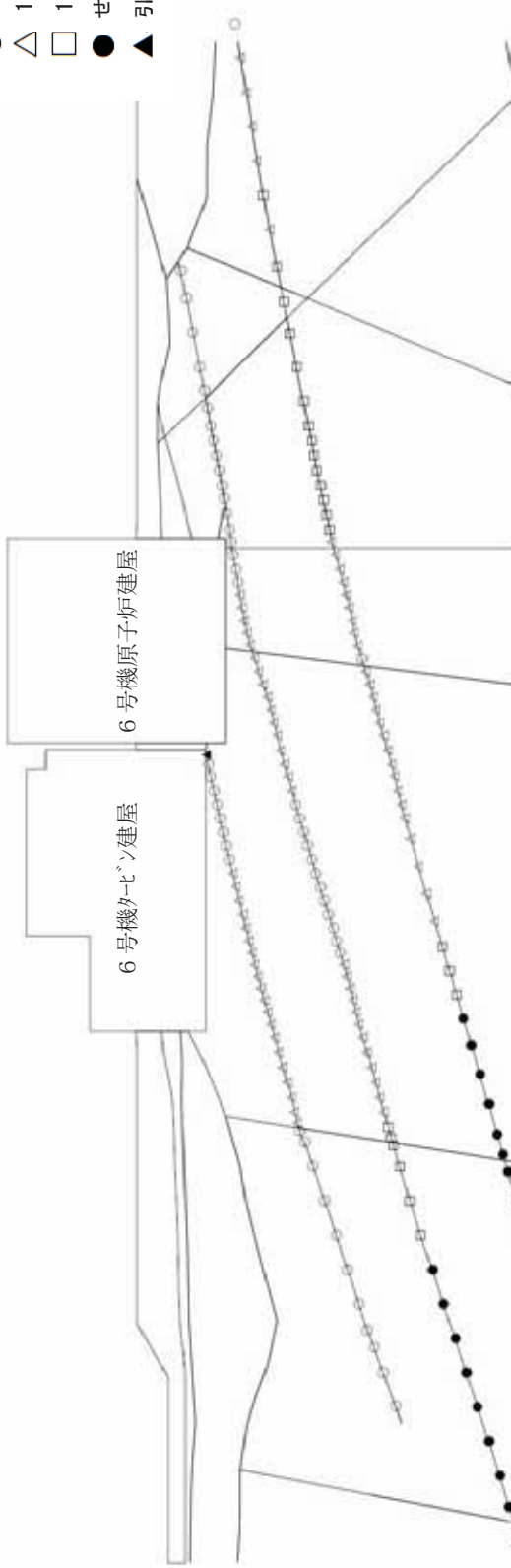
(破壊表示は過去の履歴を考慮)

第 5.3.1-13 図(2) 要素ごとの安全係数 (タービン建屋基礎地盤, 汀線直交断面, Ss-1, T=4.73 秒)



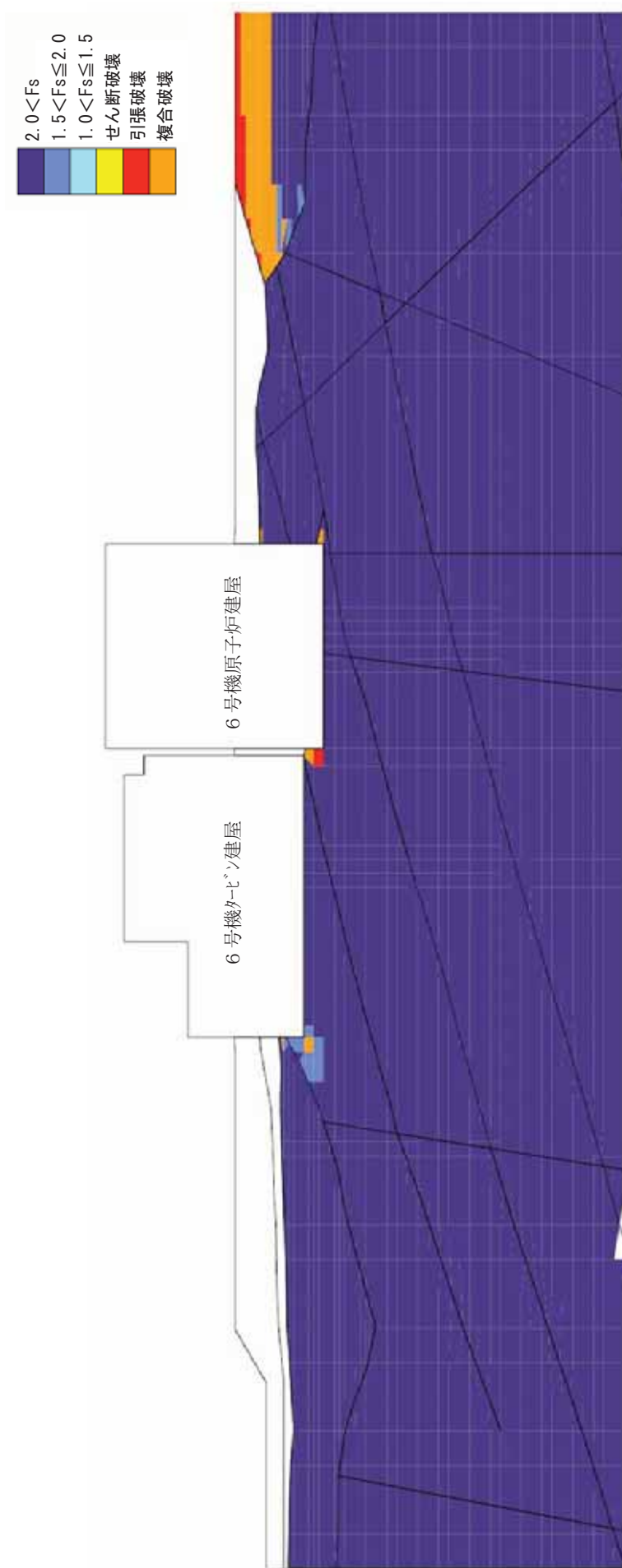
第 5.3.1-14 図(1) 要素ごとの安全係数 (タービン建屋基礎地盤, 汀線直交断面, Ss-3, T=17.67 秒)

- $2.0 < F_s$
- △ $1.5 < F_s \leq 2.0$
- $1.0 < F_s \leq 1.5$
- せん断破壊
- ▲ 引張破壊



(破壊表示は過去の履歴を考慮)

第5.3.1-14 図(2) 要素ごとの安全係数 (タービン建屋基礎地盤, 汀線直交断面, Ss-3, T=17.67 秒)

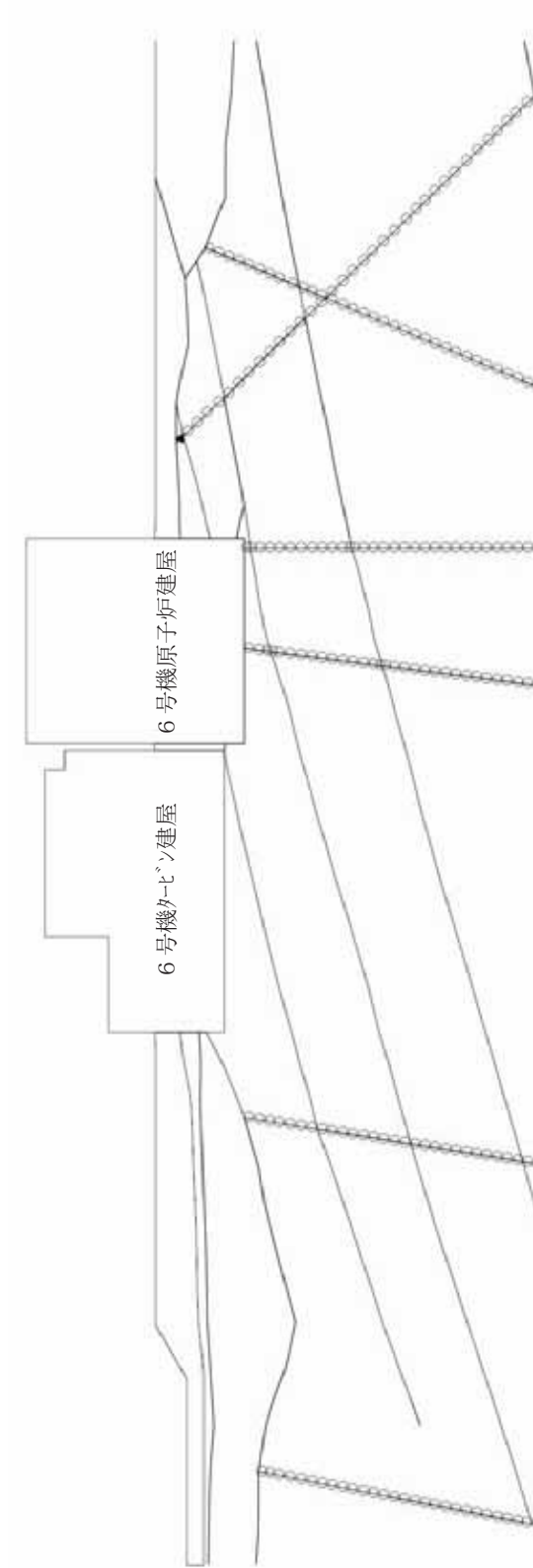
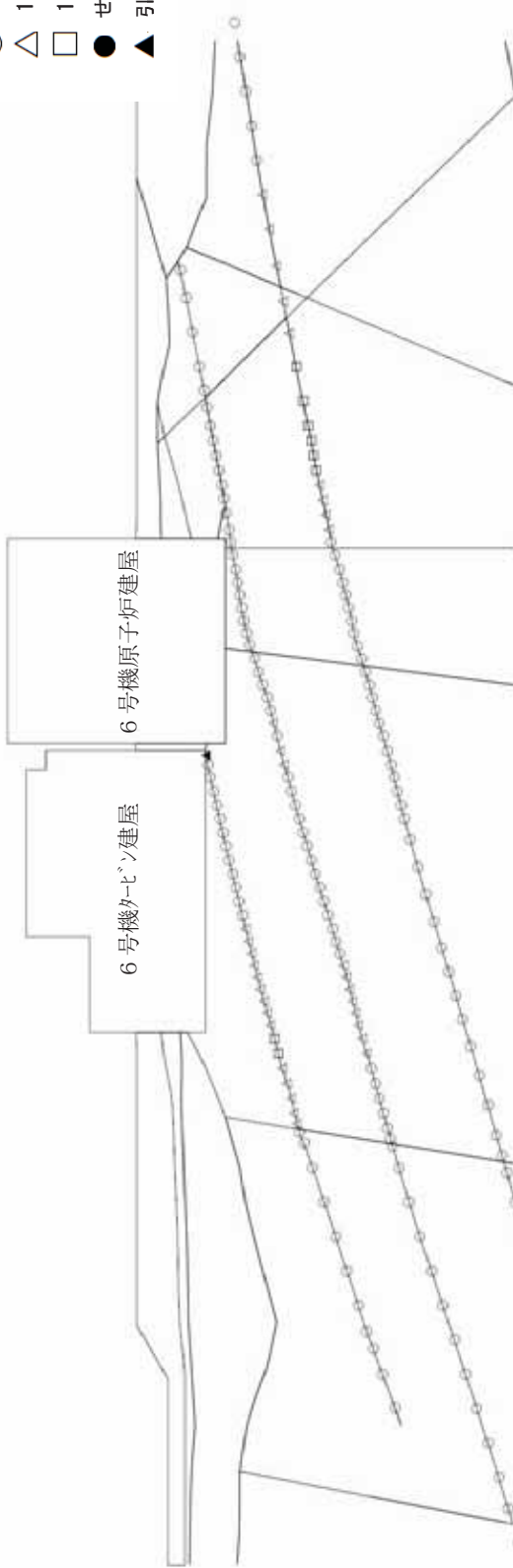


(破壊表示は過去の履歴を考慮)

第 5.3.1-14 図(1) 要素ごとの安全係数 (タービン建屋基礎地盤, 汀線直交断面, Ss-4, T=52.55 秒)

※ 基準地震動 Ss-2, Ss-5 入力時のすべり安全率が最小となる時刻は, 原子炉建屋汀線直交断面と同一であり, 要素ごとの安全係数は第 5.3.1-7 図, 第 5.3.1-10 図を参照のこと。

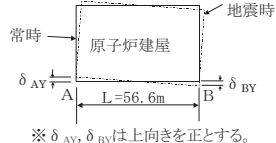
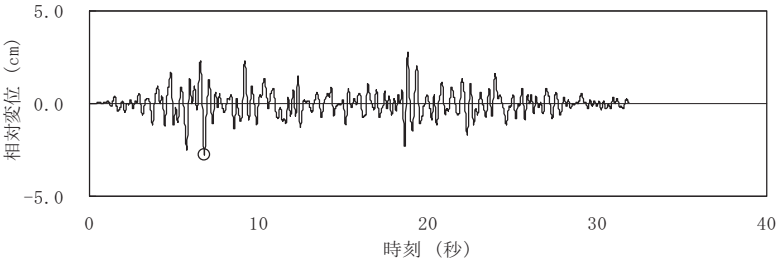
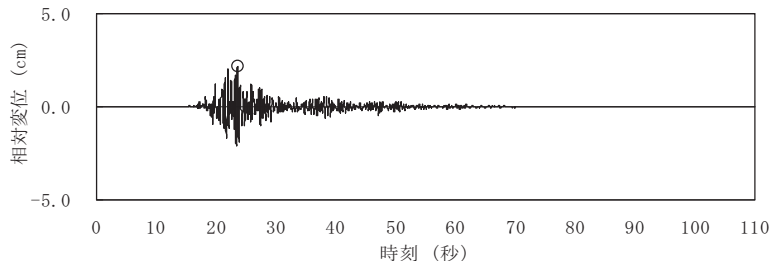
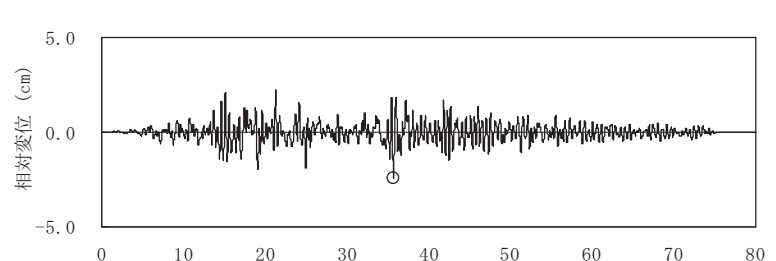
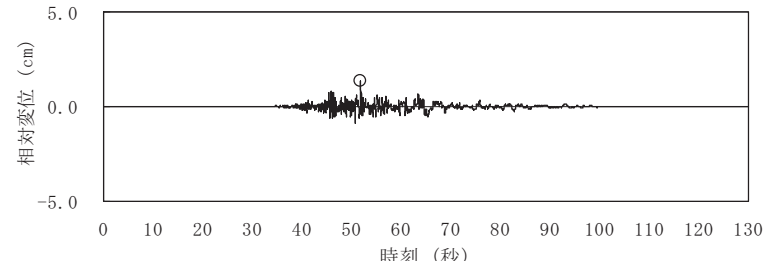
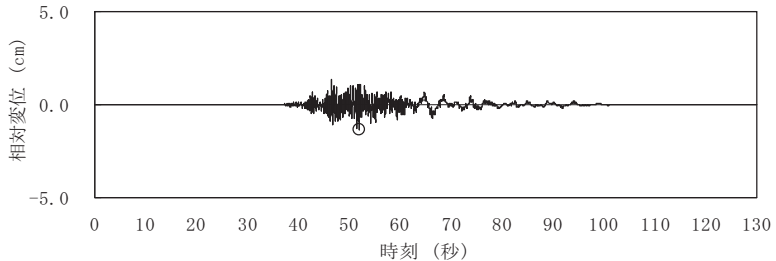
- $2.0 < F_s$
- △ $1.5 < F_s \leq 2.0$
- $1.0 < F_s \leq 1.5$
- せん断破壊
- ▲ 引張破壊



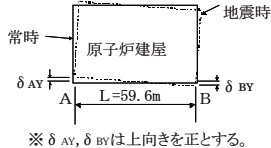
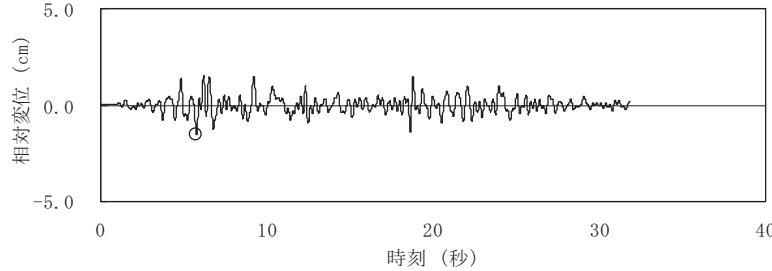
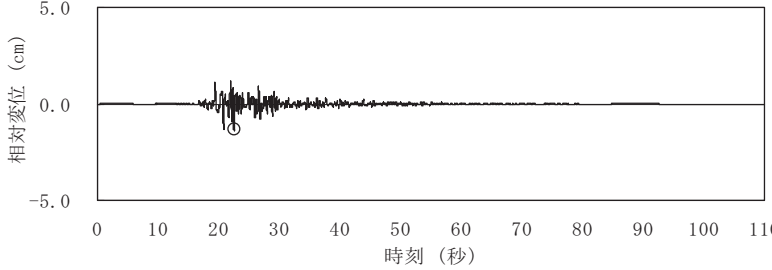
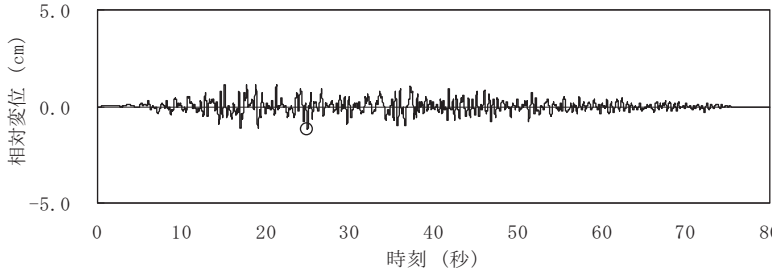
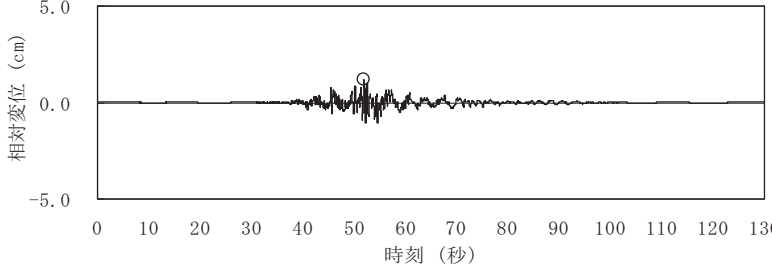
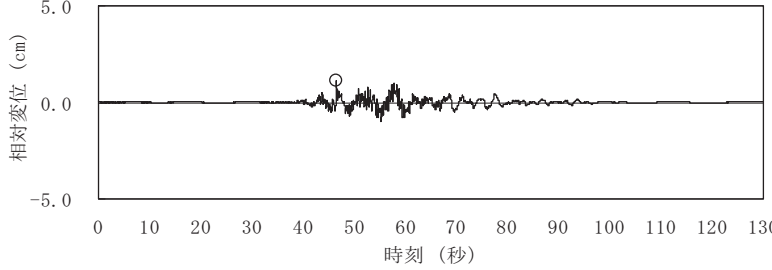
(破壊表示は過去の履歴を考慮)

第5.3.1-14 図(2) 要素ごとの安全係数 (タービン建屋基礎地盤, 汀線直交断面, Ss-4, T=52.55 秒)

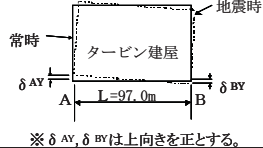
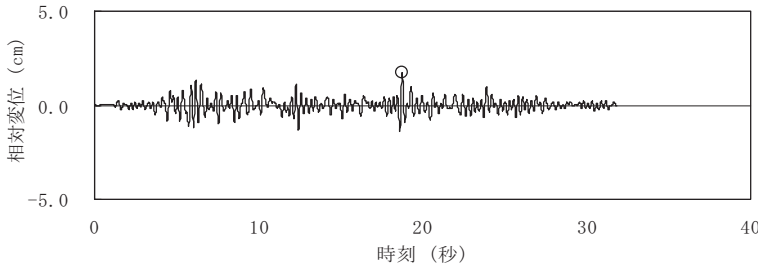
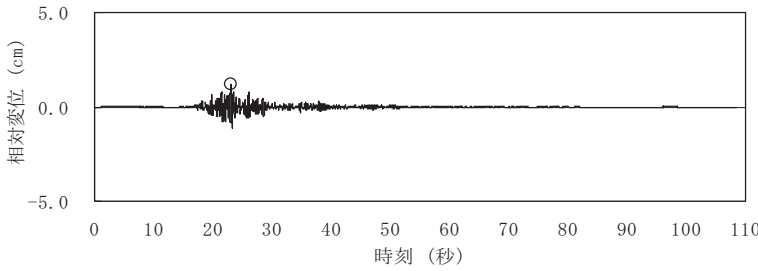
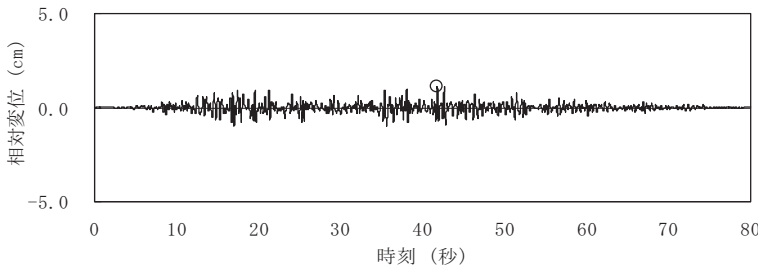
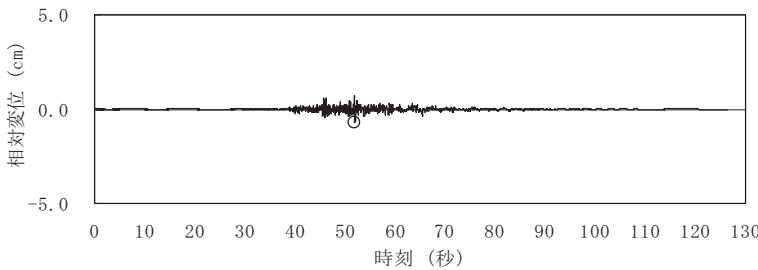
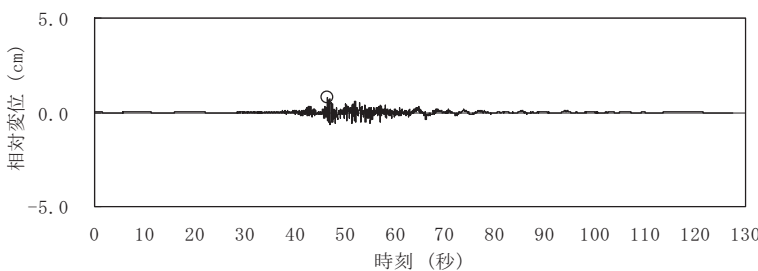
第 5.3.2-1 表(1) 原子炉建屋基礎底面の鉛直方向の相対変位・傾斜
(汀線平行断面)

地震波	鉛直方向の相対変位の時刻歴 $ \delta_{AY} - \delta_{BY} $  ※ δ_{AY}, δ_{BY} は上向きを正とする。	最大傾斜 $\frac{ \delta_{AY} - \delta_{BY} }{L}$
Ss-1	 時刻 (秒) 最大相対変位=2.8cm (T=6.79 秒)	1/2,000
Ss-2	 時刻 (秒) 最大相対変位=2.2cm (T=23.56 秒)	1/2,500
Ss-3	 時刻 (秒) 最大相対変位=2.4cm (T=35.69 秒)	1/2,300
Ss-4	 時刻 (秒) 最大相対変位=1.3cm (T=51.87 秒)	1/4,200
Ss-5	 時刻 (秒) 最大相対変位=1.4cm (T=51.88 秒)	1/4,100

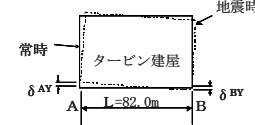
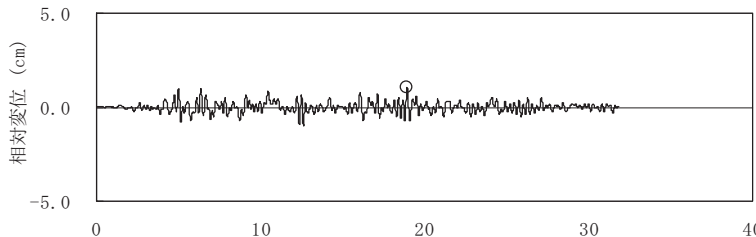
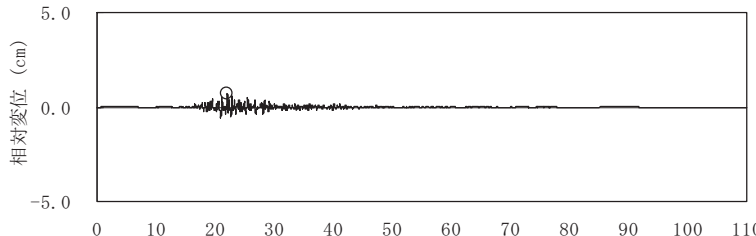
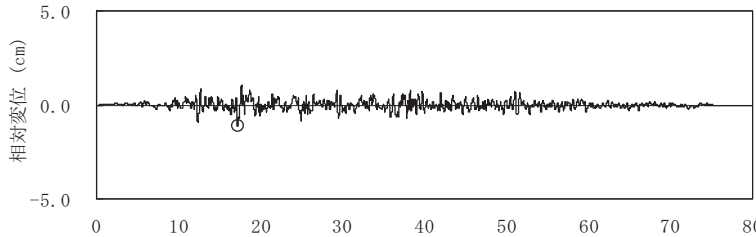
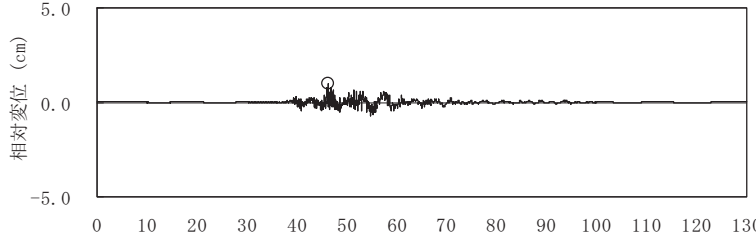
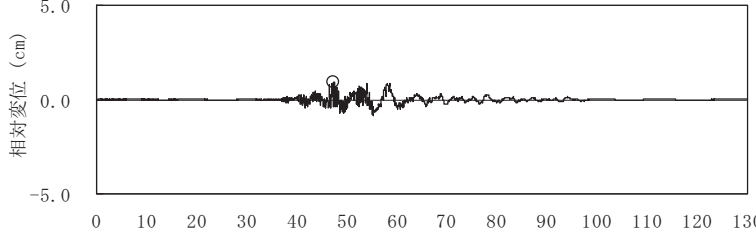
第 5.3.2-1(2)表 原子炉建屋基礎底面の鉛直方向の相対変位・傾斜
(汀線直交断面)

地震波	鉛直方向の相対変位の時刻歴 $ \delta_{AY} - \delta_{BY} $ <div style="text-align: right; margin-top: 10px;">  </div>	最大傾斜 $\frac{ \delta_{AY} - \delta_{BY} }{L}$
Ss-1	 <p style="text-align: center;">時刻 (秒) 最大相対変位=1.5cm (T=5.76 秒)</p>	1/3, 900
Ss-2	 <p style="text-align: center;">時刻 (秒) 最大相対変位=1.4cm (T=22.52 秒)</p>	1/4, 300
Ss-3	 <p style="text-align: center;">時刻 (秒) 最大相対変位=1.2cm (T=25.00 秒)</p>	1/4, 900
Ss-4	 <p style="text-align: center;">時刻 (秒) 最大相対変位=1.2cm (T=51.96 秒)</p>	1/5, 000
Ss-5	 <p style="text-align: center;">時刻 (秒) 最大相対変位=1.1cm (T=46.56 秒)</p>	1/5, 100

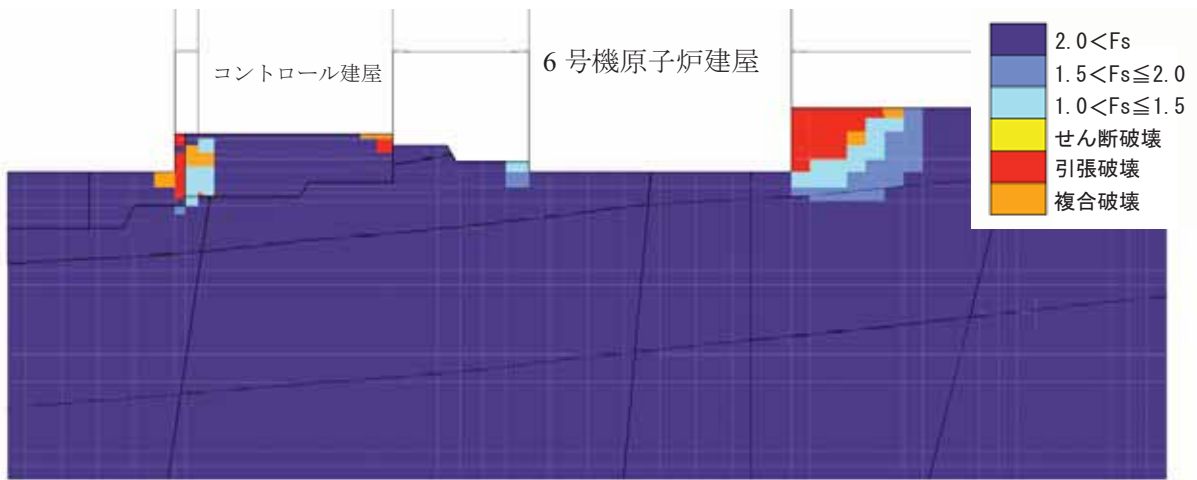
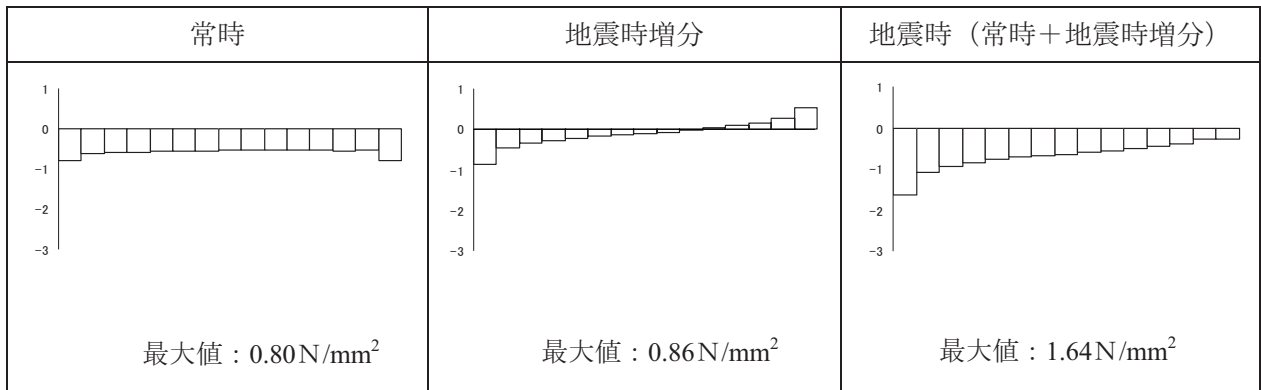
第 5.3.2-2 表(1) タービン建屋基礎底面の鉛直方向の相対変位・傾斜
(汀線平行断面)

地震波	鉛直方向の相対変位の時刻歴 $ \delta_{AY} - \delta_{BY} $  <small>※ δ_{AY}, δ_{BY} は上向きを正とする。</small>	最大傾斜 $\frac{ \delta_{AY} - \delta_{BY} }{L}$
Ss-1	 <p>最大相対変位=1.7cm (T=18.75 秒)</p>	1/5, 500
Ss-2	 <p>最大相対変位=1.2cm (T=23.10 秒)</p>	1/8, 100
Ss-3	 <p>最大相対変位=1.1cm (T=41.78 秒)</p>	1/8, 400
Ss-4	 <p>最大相対変位=0.7cm (T=52.00 秒)</p>	1/13, 200
Ss-5	 <p>最大相対変位=0.8cm (T=46.46 秒)</p>	1/12, 600

第 5.3.2-2 表(2) タービン建屋基礎底面の鉛直方向の相対変位・傾斜
(汀線直交断面)

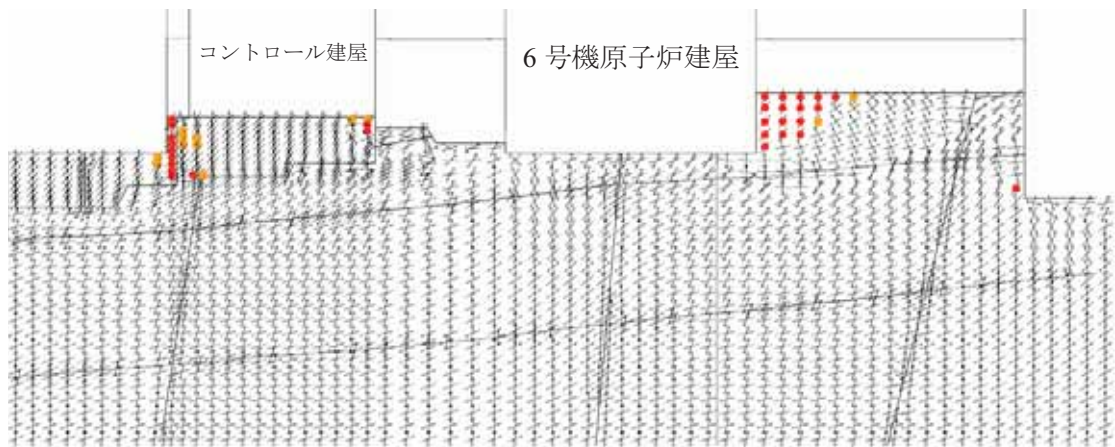
地震波	鉛直方向の相対変位の時刻歴 $ \delta_{AY} - \delta_{BY} $  <small>※ δ_{AY}, δ_{BY} は上向きを正とする。</small>	最大傾斜 $\frac{ \delta_{AY} - \delta_{BY} }{L}$
Ss-1	 <p>時刻 (秒)</p> <p>最大相対変位=1.1cm (T=18.93 秒)</p>	1/7,600
Ss-2	 <p>時刻 (秒)</p> <p>最大相対変位=0.7cm (T=22.06 秒)</p>	1/12,000
Ss-3	 <p>時刻 (秒)</p> <p>最大相対変位=1.1cm (T=17.19 秒)</p>	1/7,300
Ss-4	 <p>時刻 (秒)</p> <p>最大相対変位=1.0cm (T=46.32 秒)</p>	1/8,500
Ss-5	 <p>時刻 (秒)</p> <p>最大相対変位=0.9cm (T=47.40 秒)</p>	1/8,600

原子炉建屋の接地圧分布



(破壊表示は当該時刻で判定)

要素ごとの安全係数



0.0 30.0 m
距離スケール

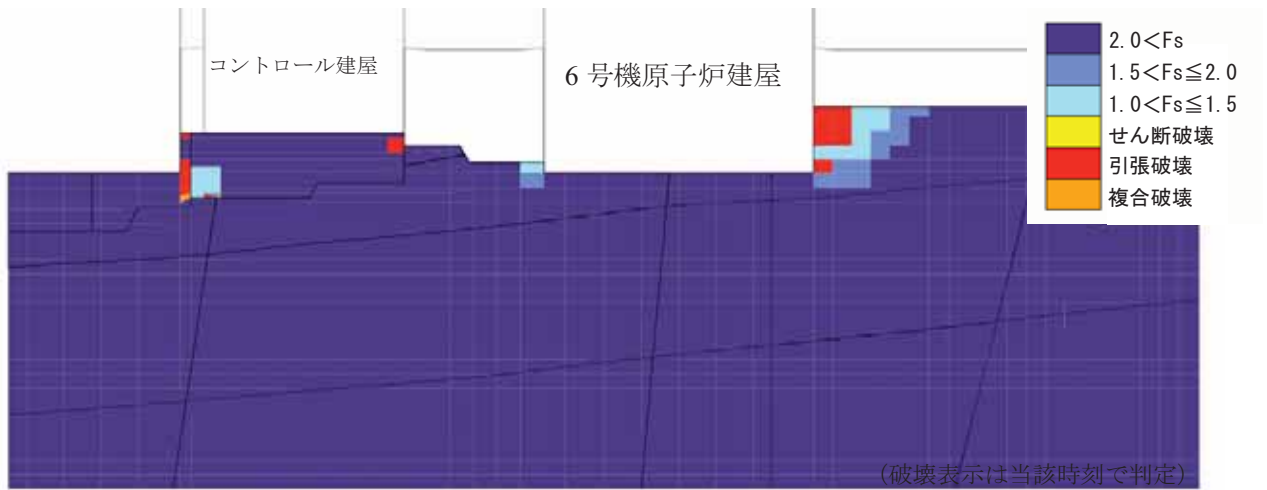
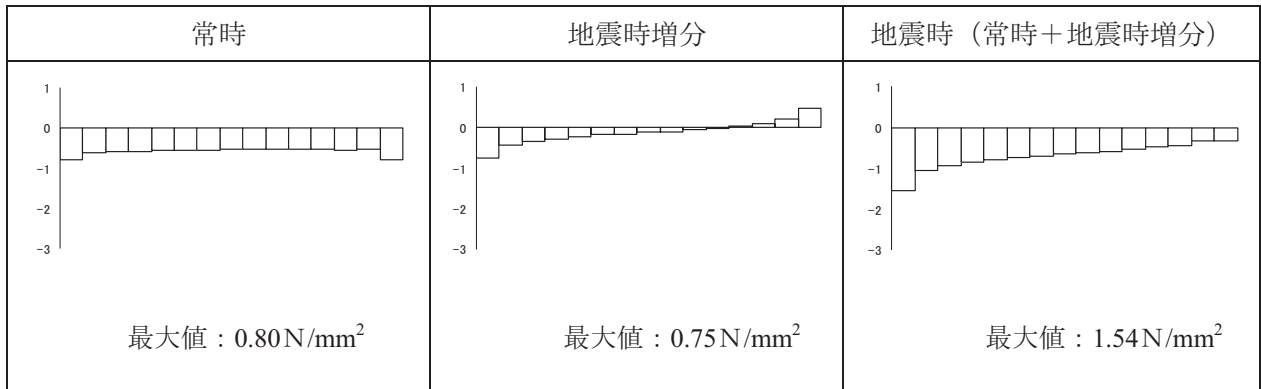
モビライズド面

(破壊表示は当該時刻で判定)

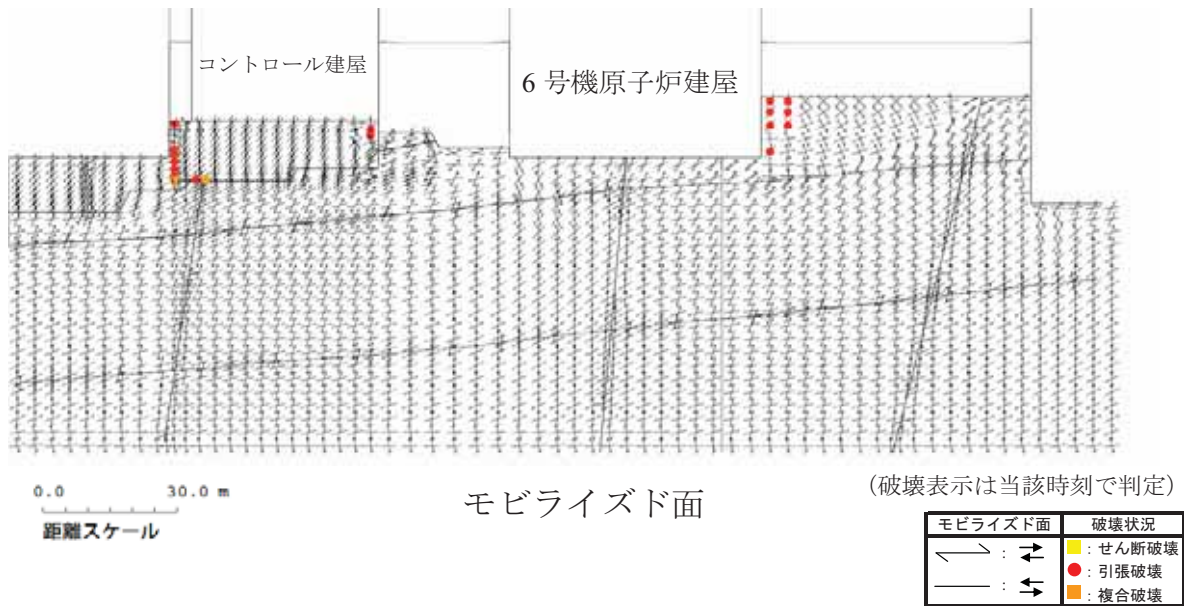
モビライズド面	破壊状況

第 5.3.3-1 図(1) 要素ごとの安全係数およびモビライズド面
(原子炉建屋基礎地盤, 汀線平行断面, Ss-1, 要素鉛直応力最大時, T=6.76 秒)

原子炉建屋の接地圧分布

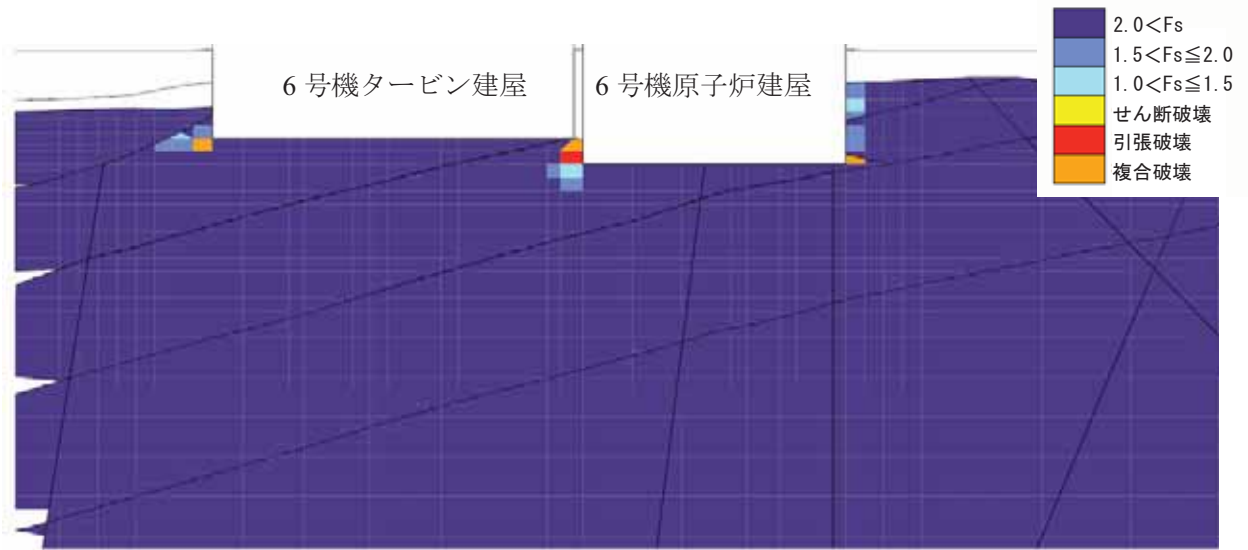
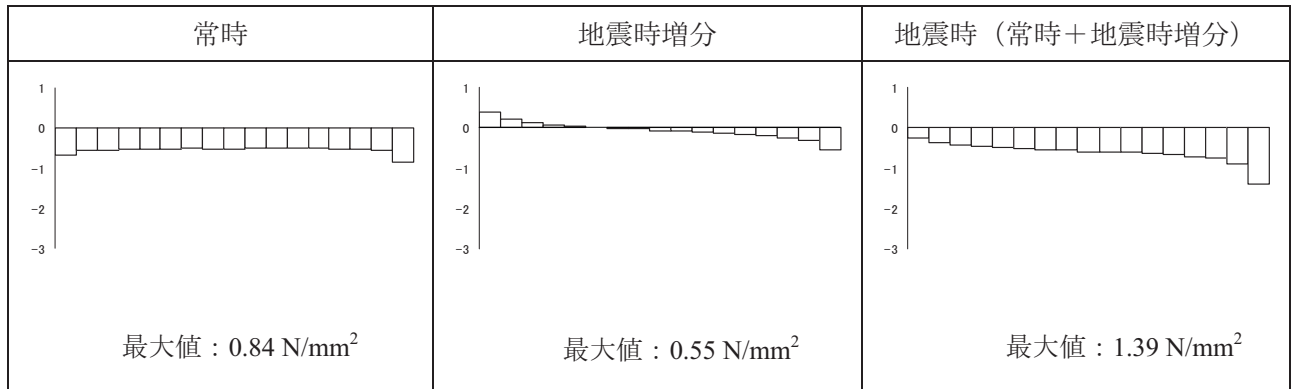


要素ごとの安全係数



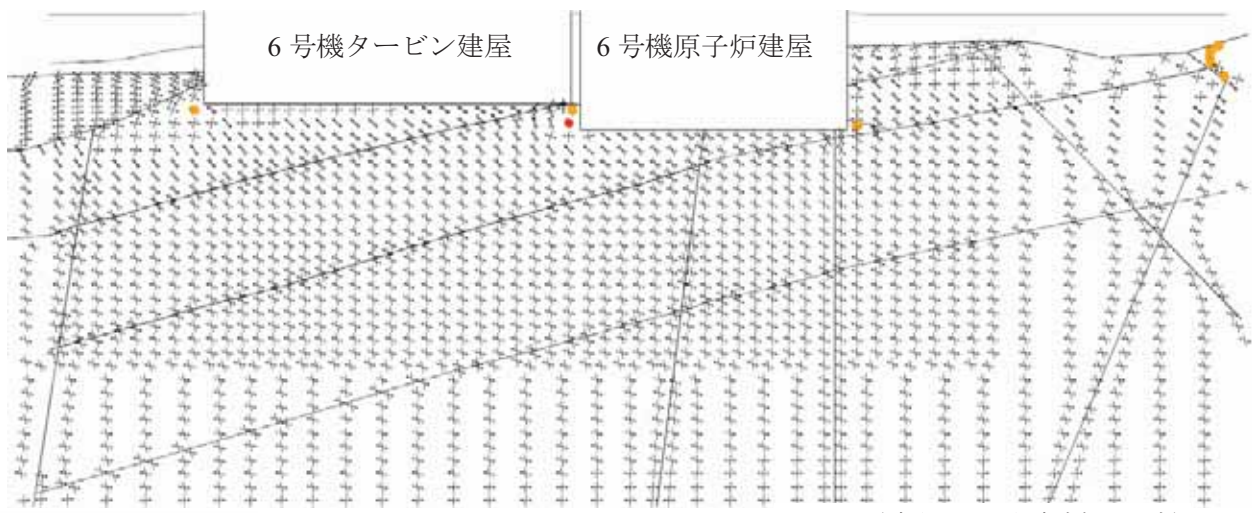
第 5.3.3-1 図(2) 要素ごとの安全係数およびモビライズド面
 (原子炉建屋基礎地盤，汀線平行断面，Ss-3，要素鉛直応力最大時，T=35.66 秒)

原子炉建屋の接地圧分布



要素ごとの安全係数

(破壊表示は当該時刻で判定)



モビライズド面

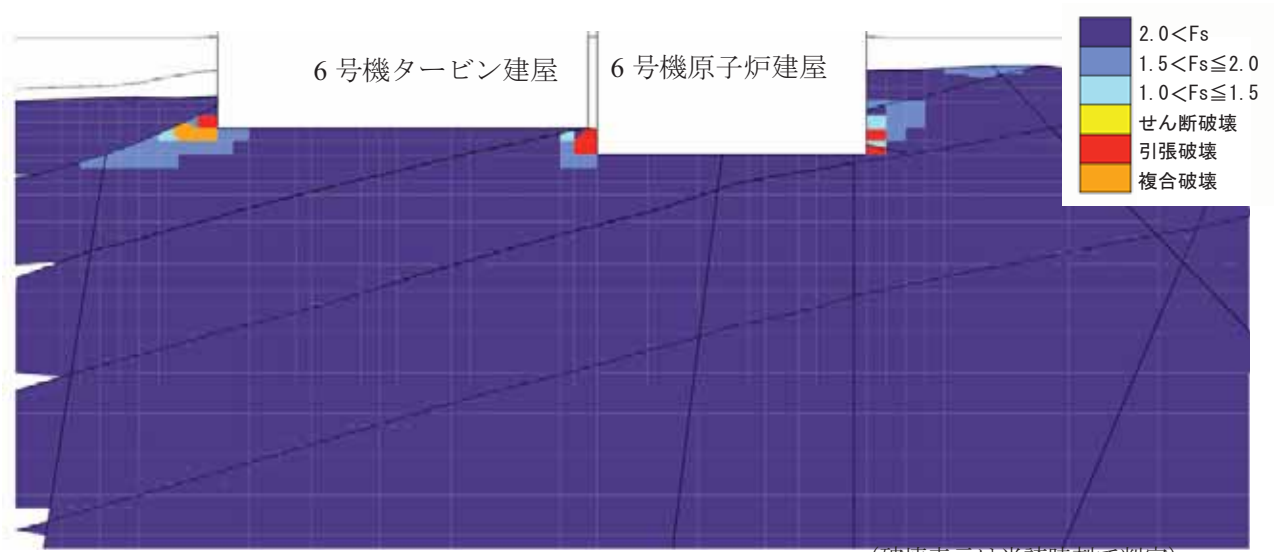
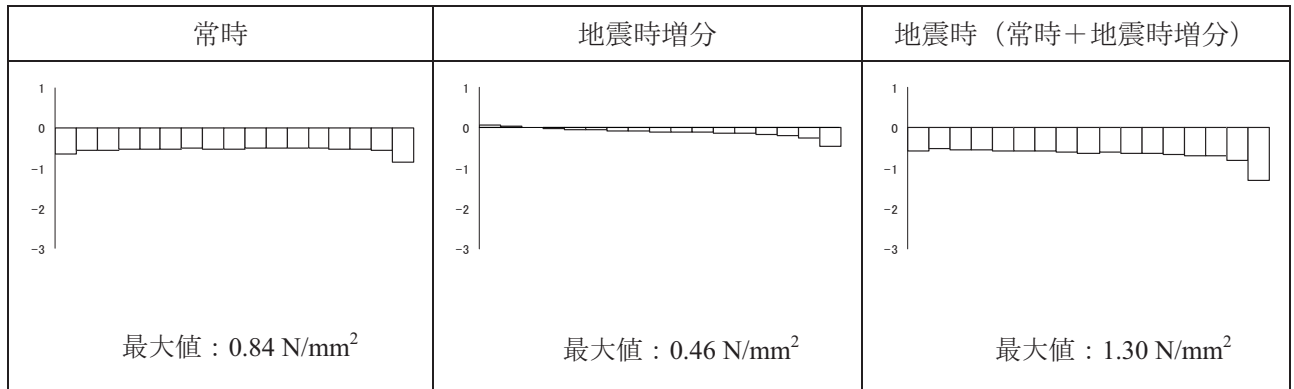
(破壊表示は当該時刻で判定)

モビライズド面	破壊状況
↔	せん断破壊
→	引張破壊
↔	複合破壊

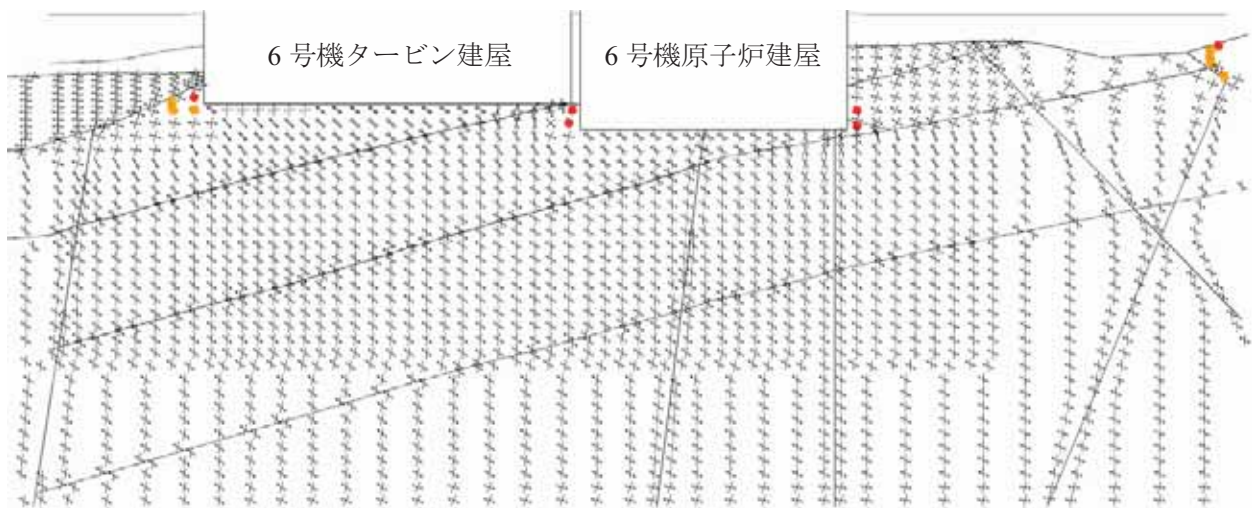
第 5.3.3-1 図(3) 要素ごとの安全係数およびモビライズド面

(原子炉建屋基礎地盤，汀線直交断面，Ss-1，要素鉛直応力最大時，T=6.16 秒)

原子炉建屋の接地圧分布



要素ごとの安全係数



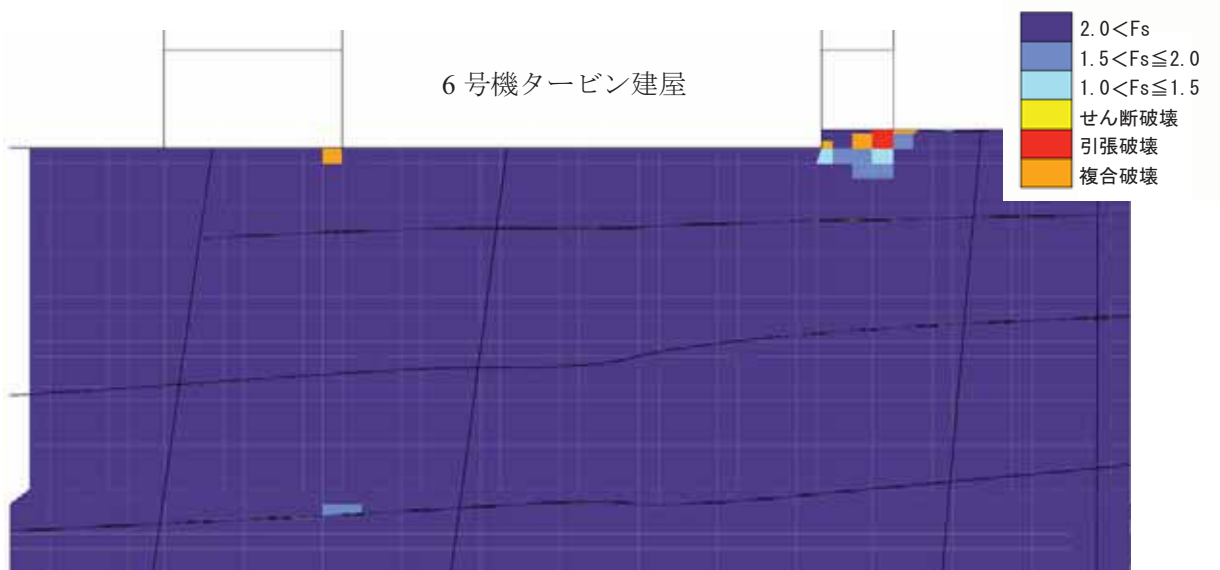
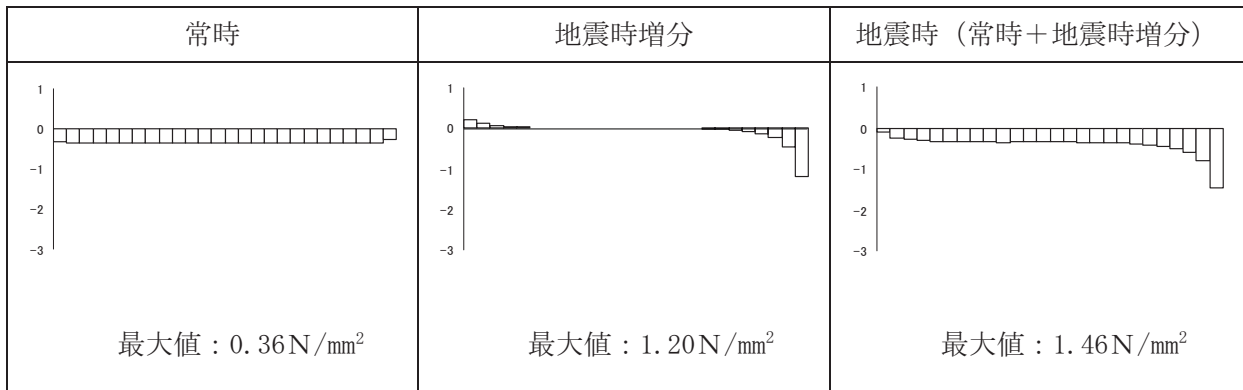
モビライズド面

0.0 30.0 m
距離スケール

モビライズド面	破壊状況

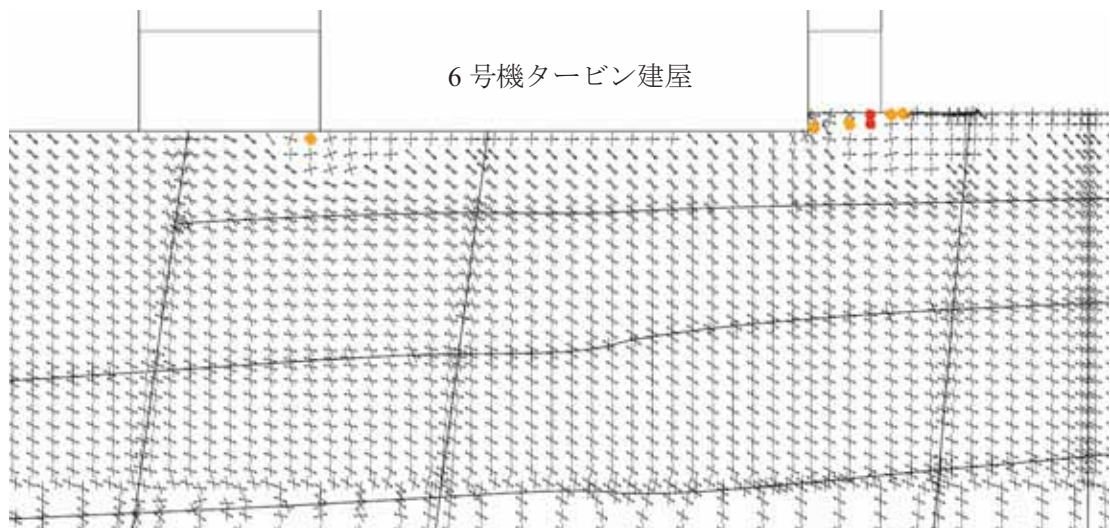
第 5.3.3-1 図(4) 要素ごとの安全係数およびモビライズド面
(原子炉建屋基礎地盤，汀線直交断面，Ss-3，要素鉛直応力最大時，T=37.45 秒)

タービン建屋接地圧分布



(破壊表示は当該時刻で判定)

要素ごとの安全係数



(破壊表示は当該時刻で判定)

0.0 30.0 m
距離スケール

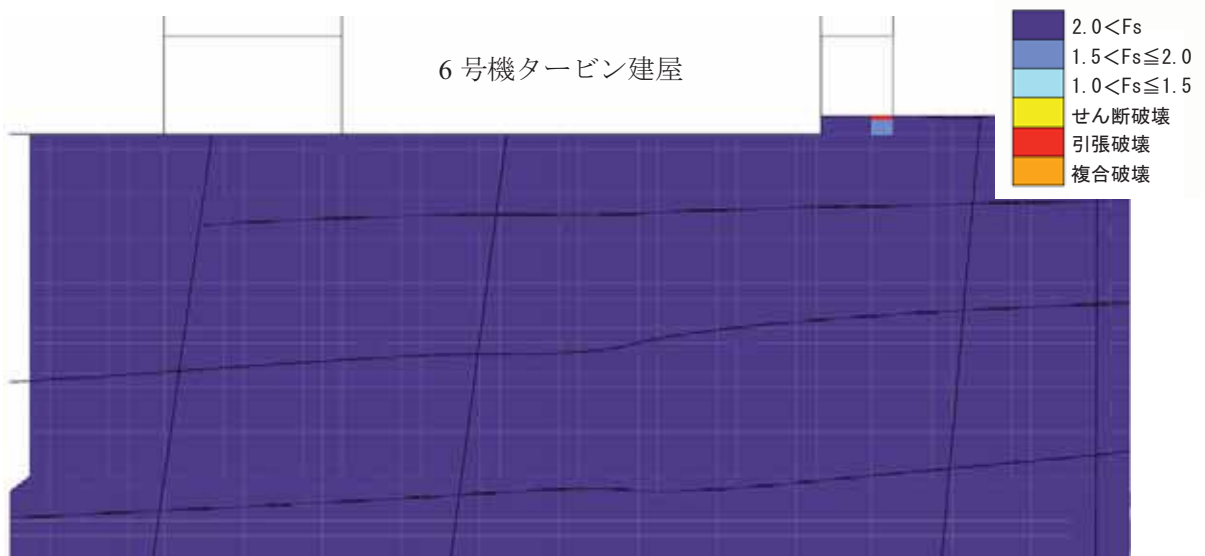
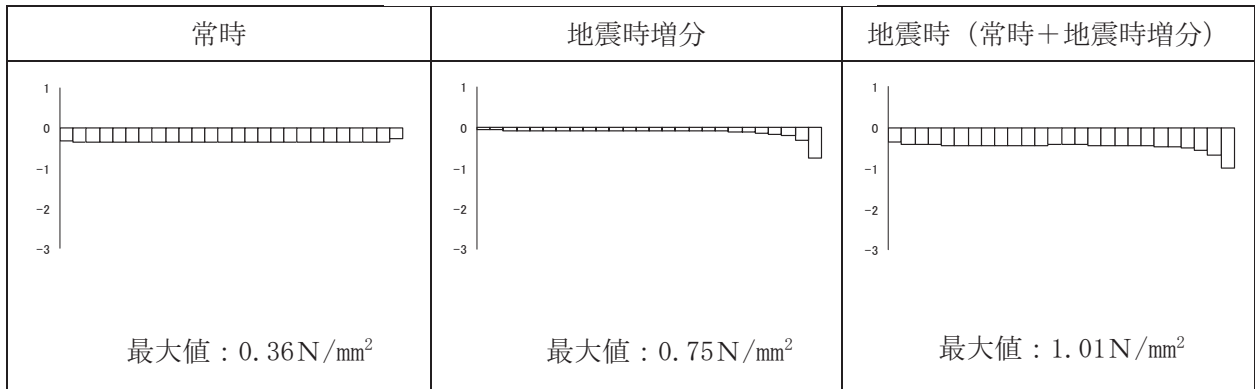
モビライズド面

モビライズド面	破壊状況
	せん断破壊
	引張破壊
	複合破壊

第 5.3.3-2 図(1) 要素ごとの安全係数およびモビライズド面

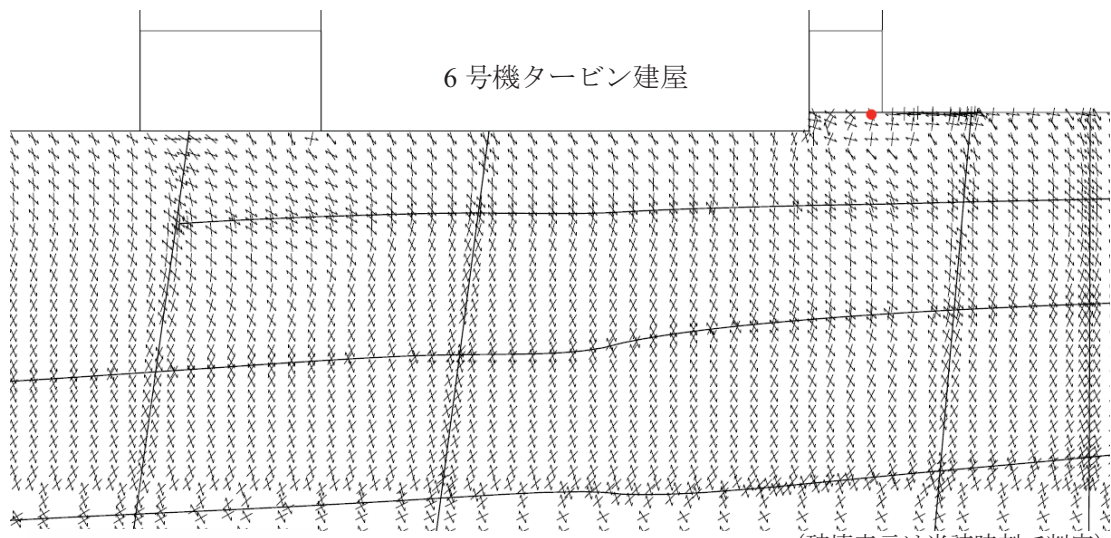
(タービン建屋基礎地盤, 汀線平行断面, Ss-1, 要素鉛直応力最大時, T=18.73 秒)

タービン建屋接地圧分布



(破壊表示は当該時刻で判定)

要素ごとの安全係数



(破壊表示は当該時刻で判定)

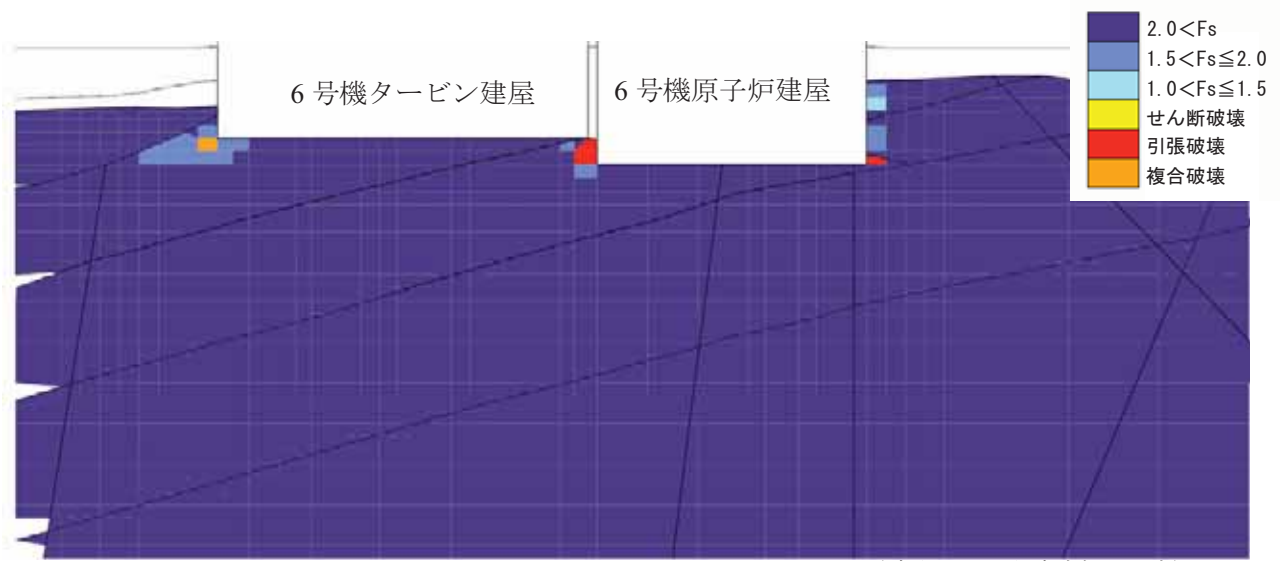
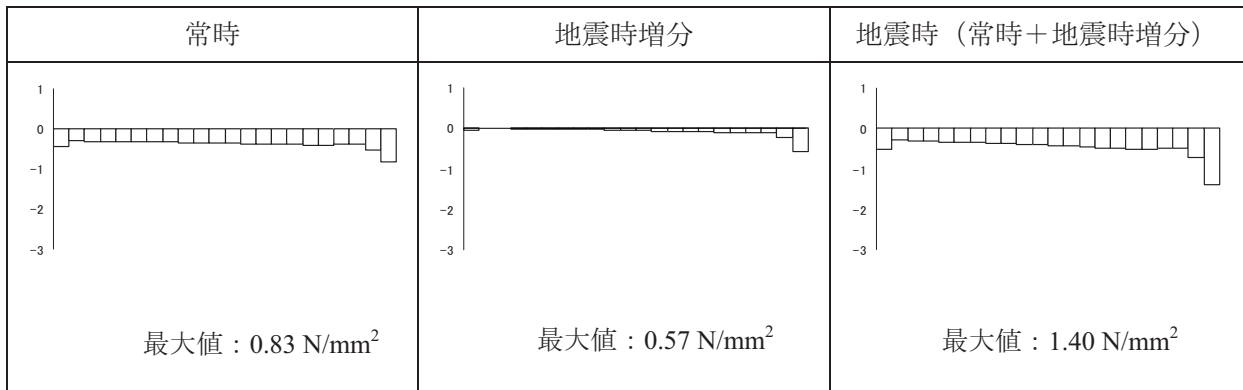
モビライズド面

モビライズド面	破壊状況
← : →	せん断破壊
— : ←	引張破壊
— : →	複合破壊

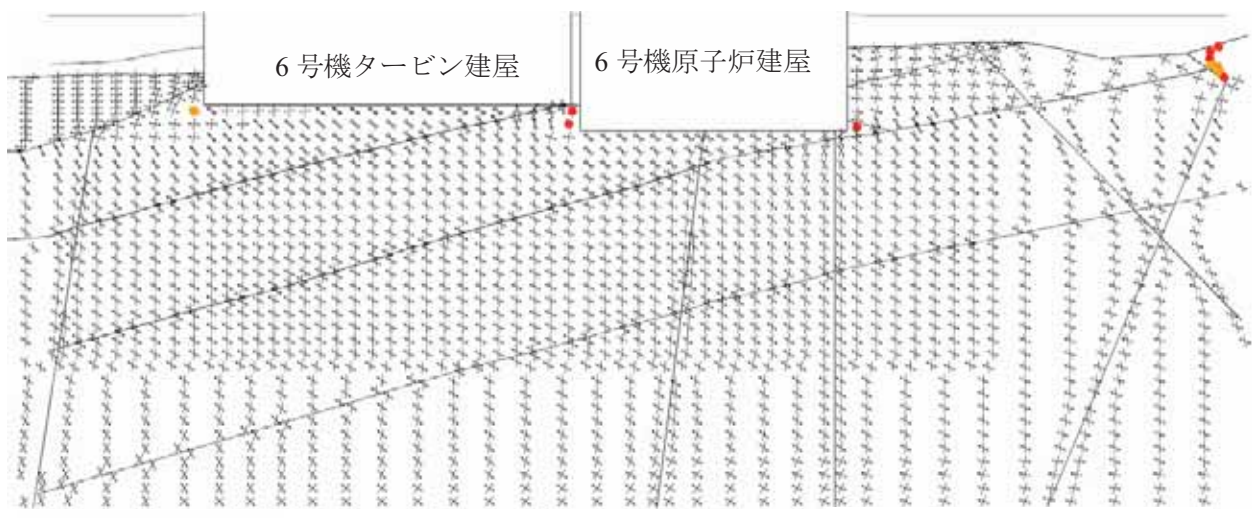
第 5.3.3-2 図(2) 要素ごとの安全係数およびモビライズド面

(タービン建屋基礎地盤，汀線平行断面，Ss-3，要素鉛直応力最大時，T=16.81 秒)

タービン建屋の接地圧分布



要素ごとの安全係数

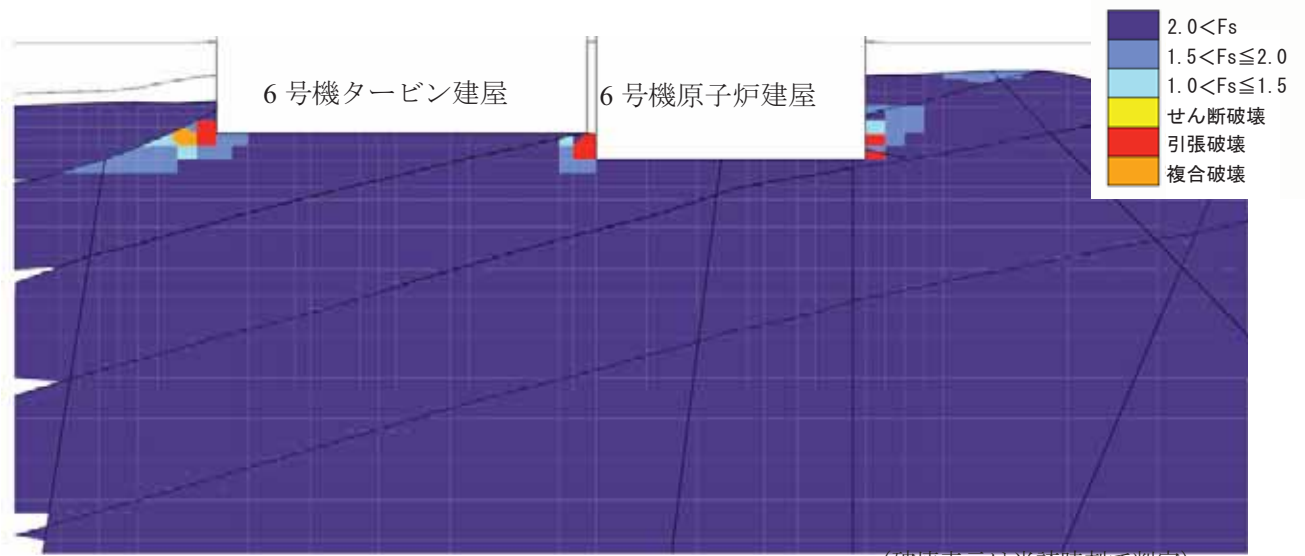
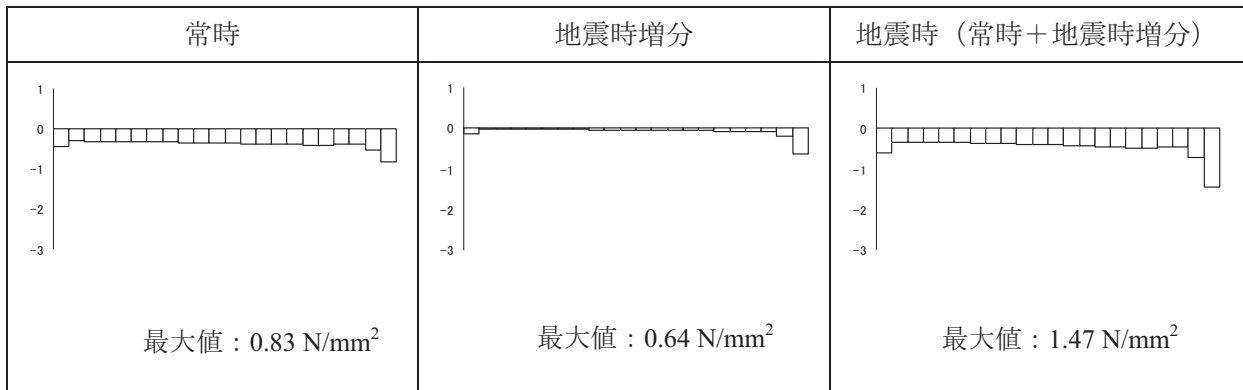


モビライズド面

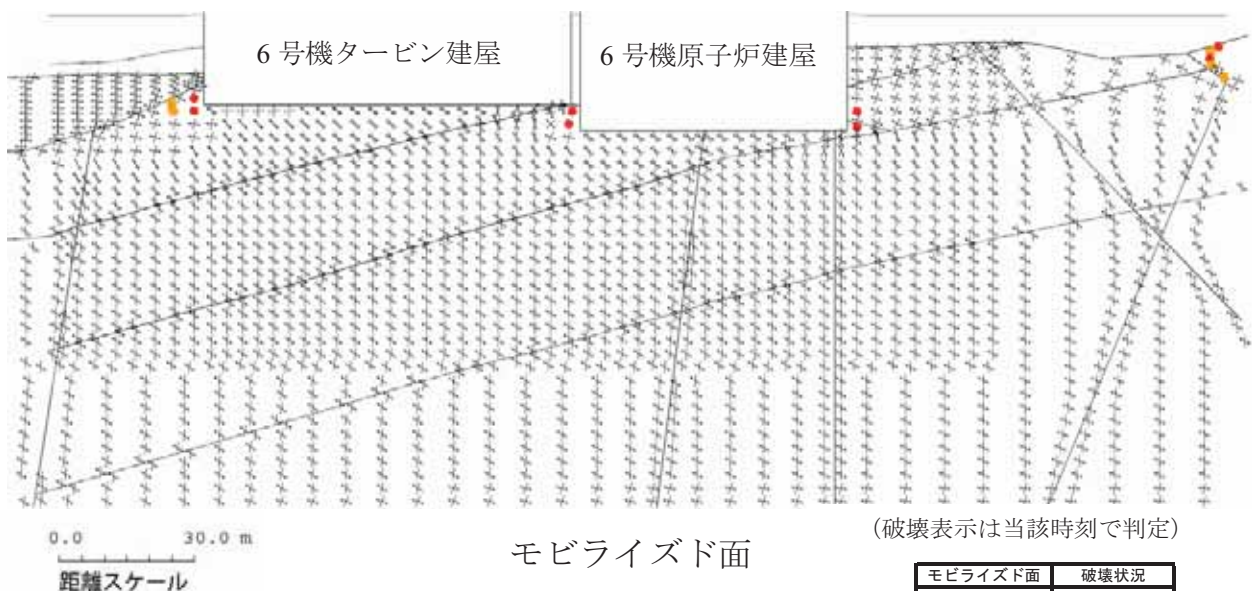
モビライズド面	破壊状況
	せん断破壊
	引張破壊
	複合破壊

第 5.3.3-2 図(3) 要素ごとの安全係数およびモビライズド面
(タービン建屋基礎地盤，汀線直交断面，Ss-1，要素鉛直応力最大時，T=6.54 秒)

タービン建屋の接地圧分布



要素ごとの安全係数



モビライズド面

第 5.3.3-2 図(4) 要素ごとの安全係数およびモビライズド面

(タービン建屋基礎地盤，汀線直交断面，Ss-3，要素鉛直応力最大時，T=37.44 秒)

参考資料 5.1 二次元基礎地盤安定解析における奥行き方向の側面抵抗効果*

* 柏崎刈羽原子力発電所7号機 「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 報告書(改訂1)(原管発官20 第441号 平成21年1月9日付け, 原管発官21第40号 平成21年4月24日付けで「柏崎刈羽原子力発電所7号機 タービン建屋の地震応答解析における耐震壁及び補助壁の取扱いの不適合」に伴う再評価結果等を反映)再掲

(1) 検討目的

原子炉建屋基礎地盤の安定性評価では、平面ひずみ状態を仮定した二次元動的有限要素法を用いているため、平面奥行き方向側面の応力やひずみは発生しない。しかし、実際には平面奥行き方向にすべり面の一部を考慮すれば、すべりに対する側面抵抗が存在すると考えられる。そこで、この効果を考慮した解析を行い、すべり安全率への影響について検討する。検討概念を参図-5.1.1 に示す。(以下、本編5章に記載の基礎地盤安定性評価における解析を「基本解析」という。)

(2) 奥行き方向の側面抵抗効果を考慮したすべり安全率の算定手順

奥行き方向の側面抵抗効果を考慮したすべり安全率の算定手順は、次のとおりである。

- ① 汀線平行方向および汀線直交方向に一定間隔で解析断面を作成し、それぞれについて二次元解析(自重解析および地震応答解析)を実施し、地震時応力を算定する。二次元場の応力から、奥行き方向を考慮した応力状態を算出する。
- ② 各二次元支配幅におけるすべり面を設定する。すべり面の底面は基本検討において相対的に安全率が低い傾向を示した F2 および F3 断層面とし、加震方向のすべり面の立上位置および立上角度は、基本検討で安全率が最も低かったケースに従う。ただし、立上位置まで断層が延びていない断面では、断層の端部を立上位置とする。奥行き方向の側面の立上位置および立上角

度はパラメータとして取り扱う。

- ③ 設定したすべり面に対し、各二次元支配幅における滑動力および抵抗力を時刻歴で算出する。
- ④ 支配幅を考慮し、滑動力および抵抗力を時刻歴上で足し合わせ、最終的に全体のすべり安全率を算出する。

$$Fs(t) = \frac{\sum_{i=1}^n R_i(t)}{\sum_{i=1}^n \tau_i(t)}$$

$Fs(t)$: 全体の安全率

$R_i(t)$: i 断面における抵抗力

$\tau_i(t)$: i 断面における滑動力

(3) 検討条件

a. 解析断面位置および二次元解析モデル

原子炉建屋中心を通る汀線平行断面および汀線直交断面位置を基準とし、基本間隔を 50m として二次元断面を作成する。

解析上考慮する建屋は、原子炉建屋、タービン建屋、コントロール建屋とする。解析断面位置図を参図-5.1.2 に、二次元解析モデルを参図-5.1.3 に示す。

b. 検討用地震動

検討用地震動は、基準地震動 S_s のうち基本解析で基礎地盤への影響が大きかった S_s-1 , S_s-3 とする。二次元解析モデルの下端レベルは解放基盤表面であることから、モデル下端に基準地震動を直接入力する。

c. 解析用物性値

解析用物性値は基本解析に準ずる。

d. 検討ケース

検討ケースを参表-5.1.1 に示す。

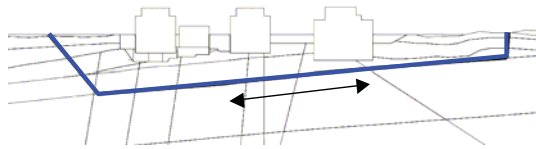
加震直交方向（二次元断面奥行き方向）の想定すべり土塊側面の立上位置は，原子炉建屋側面から原子炉建屋幅 B の 2.5 倍の領域で 4 ケース程度を想定する。加震直交方向の立上角度は， $22.5^\circ \sim 67.5^\circ$ の範囲で 3 ケース程度を想定する。

(4) 検討結果

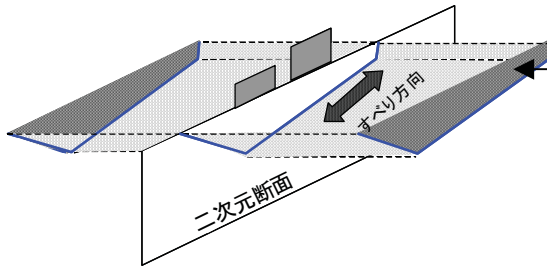
検討結果を参表-5.1.2 に示す。

汀線平行方向加震では，F3 断層面における基準地震動 S_s-1 を入力とした Case4 に対する評価においてすべり安全率は最小となる。このときのすべり安全率は 2.9 である。汀線直交方向加震では，F3 断層面における基準地震動 S_s-1 を入力とした Case5 に対する評価においてすべり安全率は最小となる。このときのすべり安全率は 3.3 である。

当該ケースの安全率の時刻歴を参図-5.1.4 に示す。

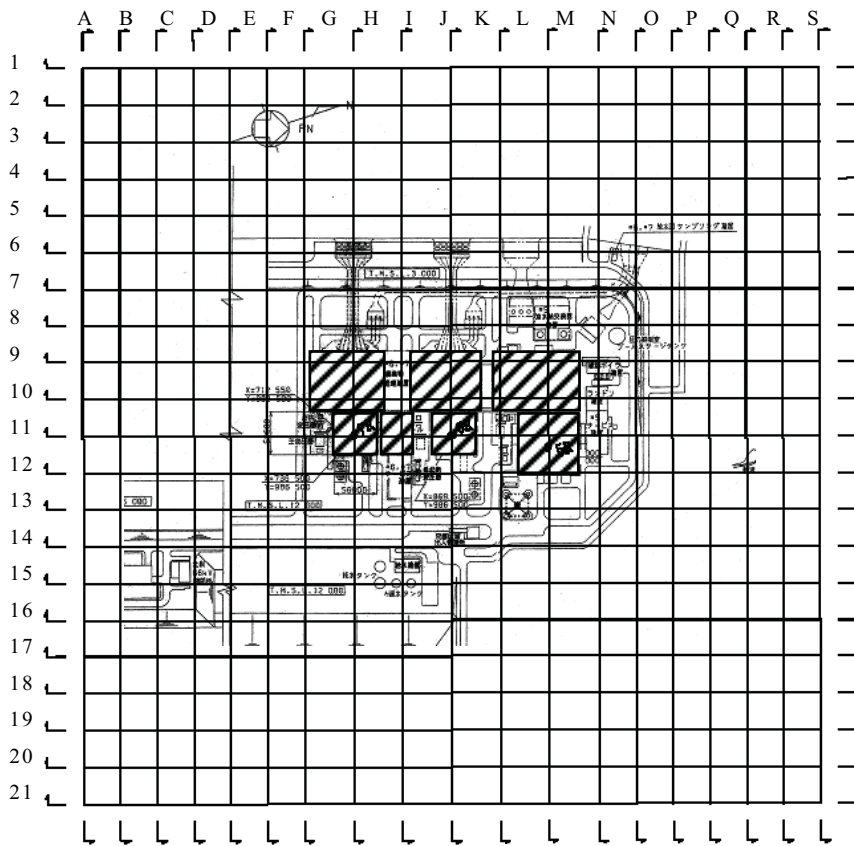


基礎地盤安定性評価では
すべり線に沿った抵抗力
を考慮

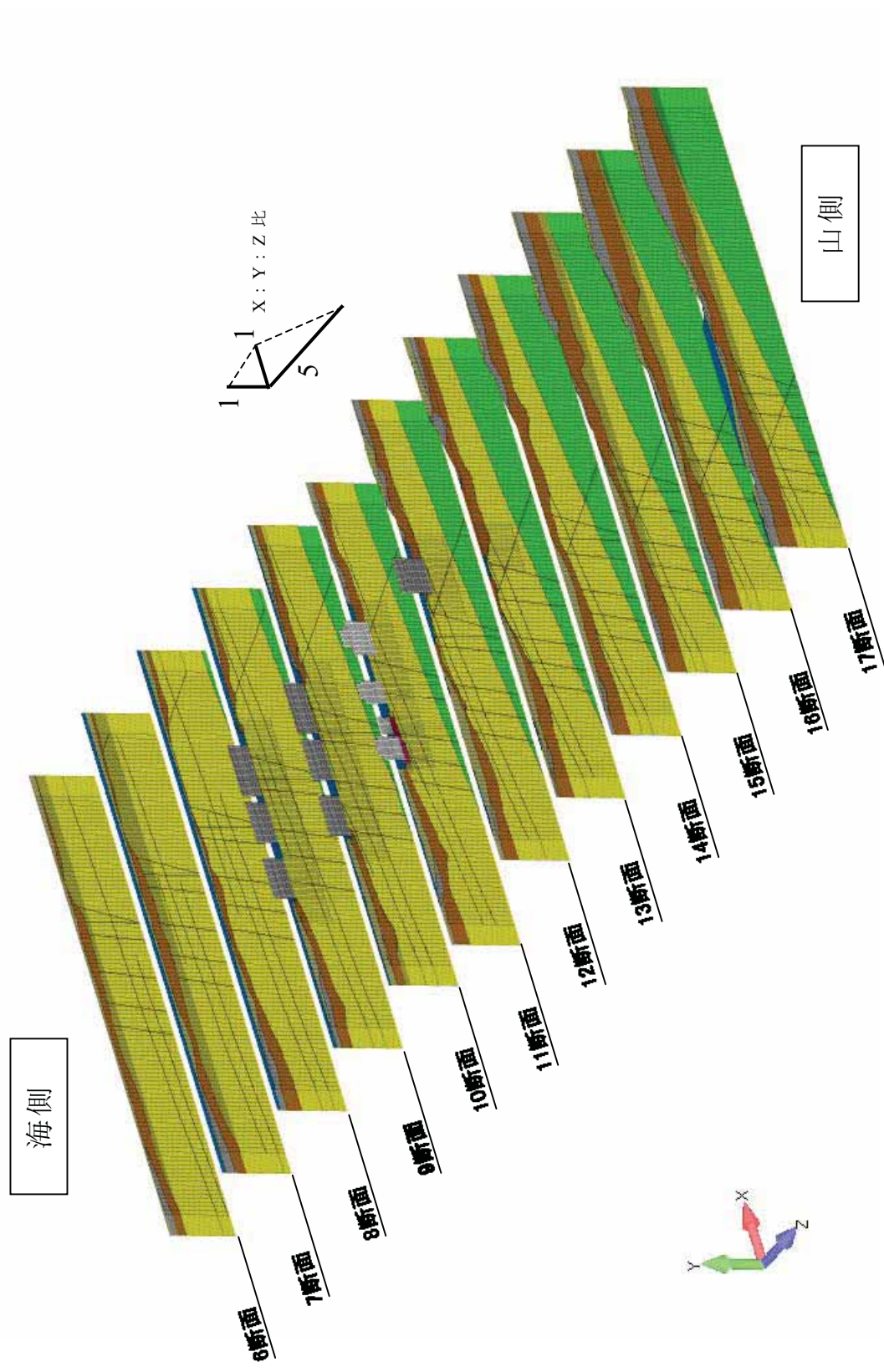


実際は平面奥行き方向
の側面もすべり抵抗と
して作用する

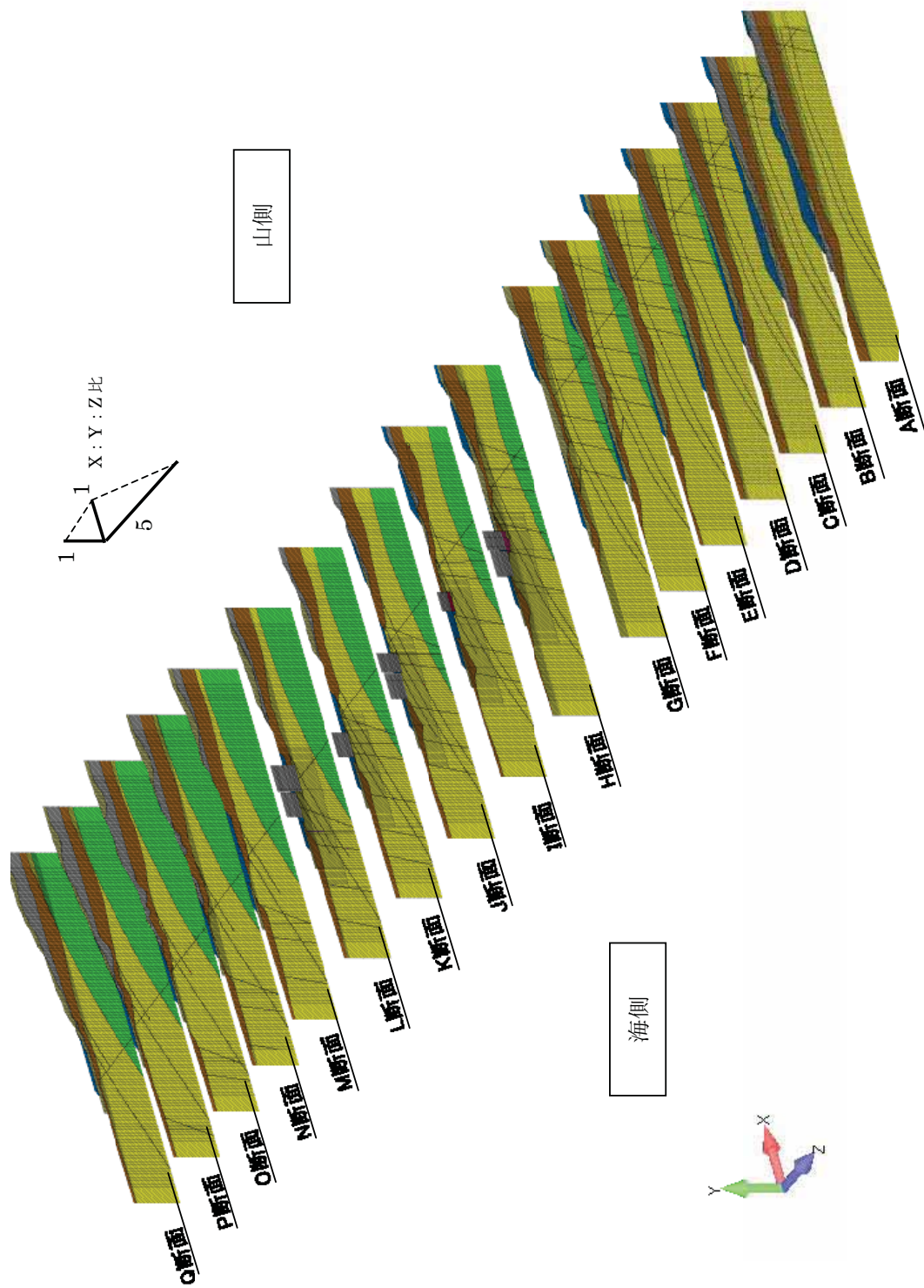
参図-5.1.1 側面抵抗効果を考慮した検討の概念



参図-5.1.2 二次元断面位置図



参图-5.1.3(1) 汀線平行方向二次元解析モデル



参图-5.1.3(2) 汀線直交方向二次元解析モデル

参表-5.1.1(1) 汀線平行方向加震の検討ケース
(F2 断層面)

奥行き立上位置 立上角度	0.0B* ² (建屋側面)	1.0B* ²	2.0B* ²	2.5B* ²
33 度	Case1* ¹	—	—	—
45 度	Case2	Case3	—	Case4* ¹
67.5 度	Case5	Case6	Case7	Case8

(F3 断層面)

奥行き立上位置 立上角度	0.0B* ² (建屋側面)	0.5B* ²	1.5B* ²
22.5 度	Case1	—	—
30 度	—	Case2* ¹	—
45 度	Case3	Case4	Case5
67.5 度	Case6	Case7	Case8

*1 海側は海岸線までとしている

*2 B は建屋幅

参表-5.1.1(2) 汀線直交方向加震の検討ケース
(F2 断層面)

奥行き立上位置 立上角度	0.0B* (建屋側面)	1.0B*	2.0B*	2.5B*
22.5 度	Case1	Case2	Case3	Case4
45 度	Case5	Case6	Case7	Case8
67.5 度	Case9	Case10	Case11	Case12

(F3 断層面)

奥行き立上位置 立上角度	0.0B* (建屋側面)	1.0B*	2.0B*	2.5B*
22.5 度	Case1	Case2	Case3	Case4
45 度	Case5	Case6	Case7	Case8
67.5 度	Case9	Case10	Case11	Case12

* B は建屋幅

参表-5.1.2(1) 汀線平行方向加震ケースのすべり安全率

(F2 断層面)

奥行き 立上位置 立上角度	0.0B (建屋側面)	1.0B	2.0B	2.5B
33 度	3.9 3.4	—	—	—
45 度	3.8 3.4	3.7 3.4	—	3.4 <u>3.3</u>
67.5 度	4.0 3.4	3.6 3.4	3.5 3.5	3.4 3.6

(F3 断層面)

奥行き 立上位置 立上角度	0.0B (建屋側面)	0.5B	1.5B
22.5 度	3.4 3.8	—	—
30 度	—	3.0 3.2	—
45 度	3.3 3.6	<u>2.9</u> 3.0	3.1 3.1
67.5 度	3.4 3.5	3.0 3.0	3.0 3.0

注)上段：Ss-1、下段：Ss-3 丸は検討ケースにおける最小すべり安全率
B は建屋幅

参表-5.1.2(2) 汀線直交方向加震ケースのすべり安全率

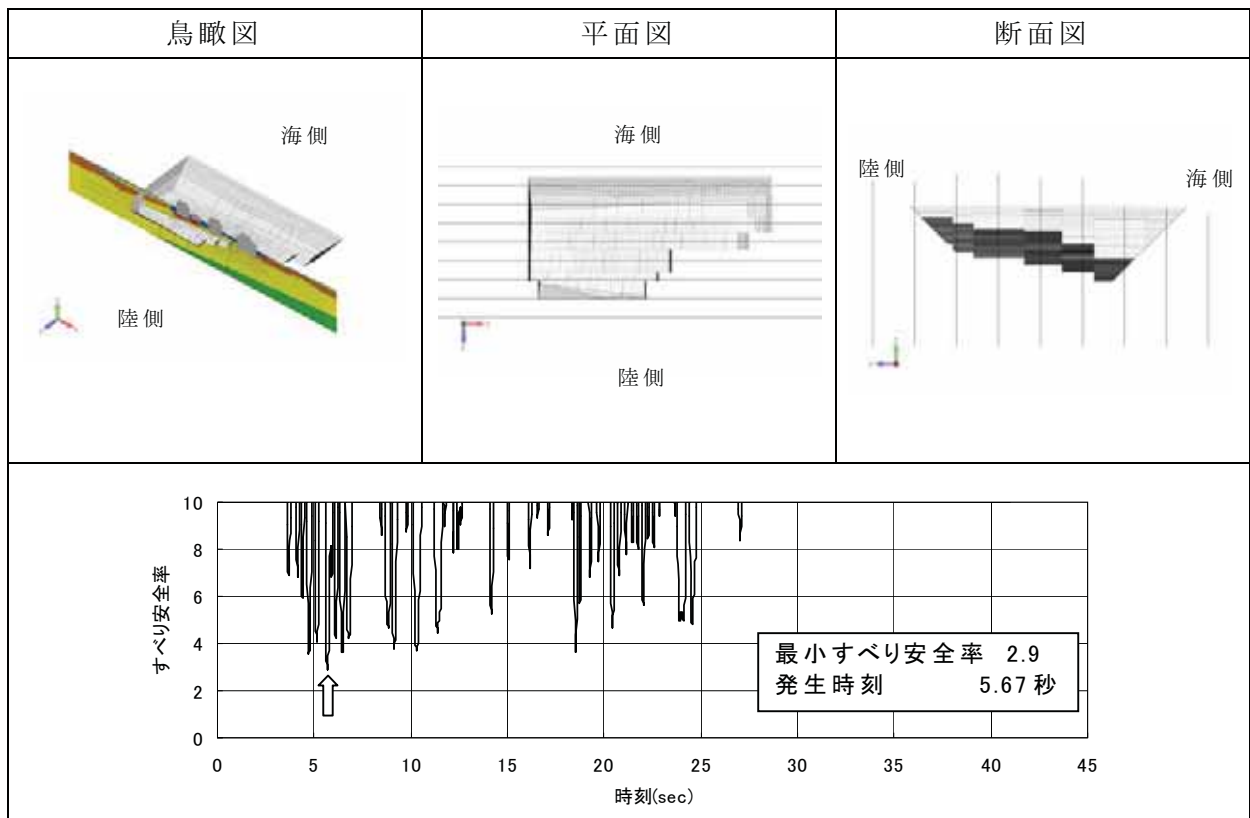
(F2 断層面)

奥行き 立上位置 立上角度	0.0B (建屋側面)	1.0B	2.0B	2.5B
22.5 度	3.8	3.9	4.0	4.1
	3.8	3.7	3.6	3.6
45 度	3.6	3.7	3.9	3.9
	3.5	3.6	3.5	3.5
67.5 度	3.8	3.8	3.9	3.9
	3.6	3.6	3.6	3.5

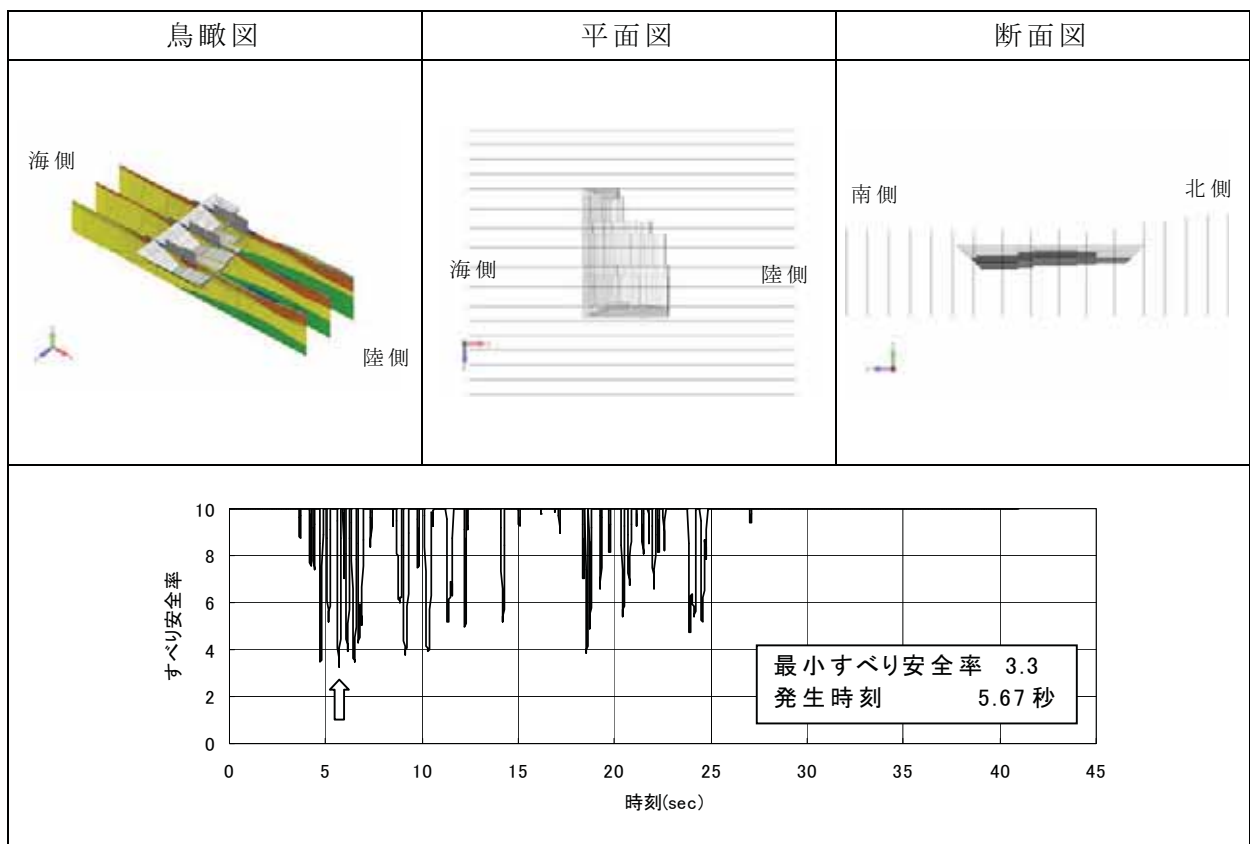
(F3 断層面)

奥行き 立上位置 立上角度	0.0B (建屋側面)	1.0B	2.0B	2.5B
22.5 度	3.3	3.4	3.6	3.8
	3.6	3.7	3.7	3.5
45 度	3.3	3.4	3.5	3.7
	3.4	3.4	3.5	3.5
67.5 度	3.3	3.4	3.6	3.8
	3.4	3.4	3.5	3.5

注)上段：Ss-1、下段：Ss-3 丸は検討ケースにおける最小すべり安全率
B は建屋幅



参図-5.1.4(1) F3断層面における汀線平行方向加震 Case4 のすべり安全率時刻歴(Ss-1)



参図-5.1.4(2) F3断層面における汀線直交方向加震 Case5 のすべり安全率時刻歴(Ss-1)

参考資料 5.2 鉛直地震動の正負反転を考慮した検討

(1) 検討目的

鉛直地震動の正負反転がすべり安全率に与える影響を把握するため、鉛直地震動の向きを反転させた解析を行う。(以下、本編5章に記載の基礎地盤安定性評価における解析を「基本解析」という。)

(2) 検討条件

検討断面は、原子炉建屋を対象に基本解析と同様に汀線平行断面と汀線直交断面の2断面とする。

入力地震動は、基準地震動 S_s のうち基本解析で地盤に対する影響の大きかった S_s-1 と S_s-3 の地震動について、鉛直地震動を正負反転する。

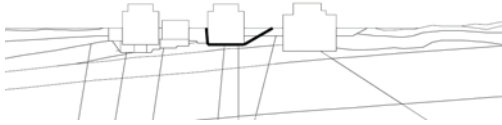
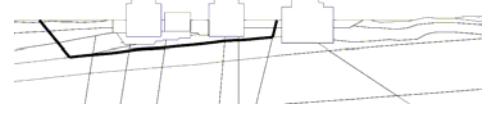

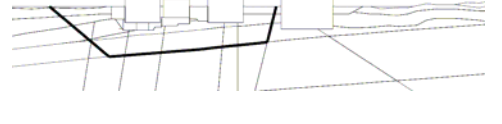
解析用地盤モデル、解析用物性値、地下水位などすべり安全率の算定条件は基本解析と同一とする。

(3) 検討結果

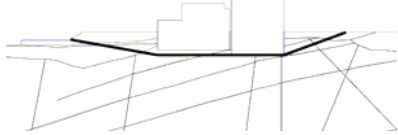
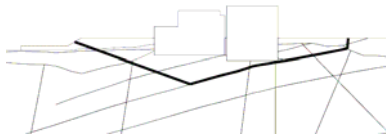
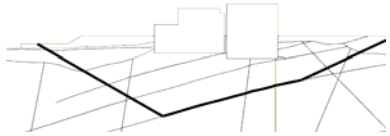
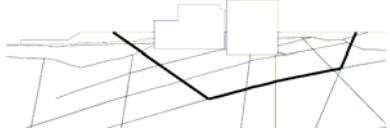
検討結果を参表-5.2.1 に示す。

地震動の位相を反転させた場合においても、すべり安全率は基本解析結果と同程度である。また、最小すべり安全率は基本解析の値と同様 1.6 となり評価基準値を上回ることから、すべりに対して十分な安全性を有していることを確認した。

参表-5.2.1(1) すべり安全率(原子炉建屋汀線平行方向)

すべり線形状のパターン	Ss-1		Ss-3	
	基本解析 ↑	本検討 ↓	基本解析 ↑	本検討 ↓
 建屋底面のすべり	2.8	3.1	4.1	3.8
 建屋底面のすべり	3.5	4.1	3.9	3.6
 F3断層+V系断層のすべり	2.0	2.0	1.7	1.6
 F2断層のすべり	1.8	1.9	1.6	1.6
 F2断層+V系断層のすべり	2.3	2.5	2.1	2.2

参表-5.2.1(2) すべり安全率(原子炉建屋汀線直交方向)

すべり線形状のパターン	Ss-1		Ss-3	
	基本解析 ↑	本検討 ↓	基本解析 ↑	本検討 ↓
 建屋底面のすべり	2.9	4.1	4.5	3.8
 F3断層のすべり	2.4	2.6	2.8	2.5
 F2断層のすべり	3.5	3.9	2.6	2.4
 F2断層+V系断層のすべり	2.9	3.4	2.8	2.7