

添付資料-1-1

各機種 の 点検方法

【動的機器】

1) 立形ポンプ

(1) 点検手法の選定

地震による損傷形態（部位）の想定

地震による機器要求機能への影響（損傷）を考慮したものととして、過去の研究成果より、「異常要因モード図」がある。これらを参照し、地震によって、立形ポンプの要求機能が阻害される損傷形態をまとめると表-1のようになる。

表-1 立形ポンプ 地震時損傷形態分析結果

対象	要求機能	要因	現象	喪失機能	損傷形態		
立形ポンプ	地震時の水力性能確保 A 回転機能 B 水力特性機能 C 流体保持機能	ポンプ本体応答過大	取付ボルト応力過大 (基礎ボルト)	取付ボルトの損傷 (基礎ボルト)	(A)(B)(C)	取付ボルト(基礎ボルト)損傷	
		電動機部応答過大		駆動機能喪失	(A)(B)	電動機損傷(駆動機能喪失)	
		ディスチャージケーシング応答過大	ディスチャージケーシング応力過大	ディスチャージケーシングの損傷	(A)(B)(C)	ディスチャージケーシング損傷	
		バレル応答過大	バレル応力過大	バレルの損傷	(A)(B)(C)	バレル損傷	
		コラム応答過大	コラム応力過大	コラムの損傷	(A)(B)	コラム損傷	
			ディスチャージケーシング変形過大				電動機損傷(電動機過負荷)
			軸受荷重過大	軸受のかじり	電動機過負荷	(A)(B)	電動機損傷(電動機焼付)
					電動機焼付	(A)(B)	カップリング損傷
					カップリングの損傷	(A)(B)	カップリング損傷
					メカニカルシールの漏洩	(B)(C)	メカニカルシール漏洩
				軸受の損傷	メカニカルシールの損傷	(B)(C)	メカニカルシール損傷
				軸振動過大	羽根車の損傷	(A)(B)	羽根車損傷
				軸変形過大	ライナーリングのかじり	(A)(B)	軸受損傷 軸受かじり
				軸応力過大	軸の損傷	(A)(B)	ライナーリングかじり 軸損傷
			軸応答過大 配管応答過大 配管反力過大 冷却水配管応答過大	冷却水配管応力過大	冷却水配管の損傷	(C)	冷却水配管損傷
		メカニカルシール熱交換器応力過大	メカニカルシール熱交換器の損傷	(C)	メカニカルシール熱交換器の損傷		

出典元:(社)日本電気協会 原子力発電耐震設計専門部会

発生の可能性が高いと想定されるもの

「水平・上下地震動に対する機器の機能維持評価法の検討に関する調査報告書」(Vol.36 平成13年3月)

損傷形態の想定を踏まえた点検方法の検討

表-1にて検討した損傷形態や機種の特長などを考慮すると、地震の荷重を直接受け保つ基礎部、軸受部に損傷が発生し、併せてカップリング部の軸心ずれが主に発生すると想定される。

表-1で検討された損傷形態の内、「取付ボルトの損傷」、「ディスチャージケーシング損傷」、「カップリング損傷」、「冷却水配管損傷」等の損傷状態は、目視点検等での確認が有効と考えられる。その他の「バレル

損傷」、「コラム損傷」、「メカニカルシール損傷」、「羽根車損傷」、「軸受損傷」、「冷却水配管損傷」などは作動試験での確認が有効と考えられる。

これらを踏まえ、立形ポンプにおける地震後の点検は、「表 2 損傷形態および点検における検知性」に整理するように、基本点検として目視点検、作動試験を実施し、それらにより異常が確認された機器について追加点検として分解点検を実施し、各部の状況を把握することとした。

また、機能上影響のない微細なきず等についても念のため把握することの観点から、一部機器について追加点検として分解点検を実施することにより、機器の健全性評価の一助とすることとした。

表-2 損傷形態および点検における検知性

損傷形態	点検内容		
	基本点検		追加点検
	目視点検	作動試験	分解点検
<u>取付ボルトの損傷（基礎ボルト）</u>	1		
電動機損傷（駆動機能喪失）		2	
ディスチャージケーシング損傷			
バレル損傷			
コラム損傷			
電動機損傷（電動機過負荷）		2	
電動機損傷（電動機焼付）		2	
<u>カップリング損傷</u>			
メカニカルシール漏洩			
メカニカルシール損傷			
羽根車損傷			
<u>軸受損傷，軸受かじり</u>			
ライナーリングかじり			
軸損傷			
冷却水配管の損傷			
メカニカルシール熱交換器の損傷			

- 1：支持構造物点検で実施する —：発生の可能性が高いと想定されるもの
 2：電動機点検にて実施する
 ：損傷状況が判断できる点検

2) 横形ポンプ

(1) 点検手法の選定

地震による損傷形態（部位）の想定

地震による機器要求機能への影響（損傷）を考慮したものととして、過去の研究成果より、「異常要因モード図」がある。これらを参照し、地震によって、横形ポンプの要求機能が阻害される損傷形態をまとめると表 - 1 のようになる。

表-1 横形ポンプ 地震時損傷形態分析結果

対象	要求機能	要因	現象	喪失機能	損傷形態		
横形ポンプ	地震時の起動・ 運転と送水性能 の確保 (A) 回転機能 (B) 水力特性 (C) 流体保持	ポンプ本体応答過					
		全体系(ケーシング) 応答過大	ケーシング回転-メカ過大	基礎ボルト応力過大	基礎ボルト損傷	(A)(B)(C)	基礎ボルト損傷
			ケーシング応力過大	支持脚応力過大	支持脚損傷	(A)(B)(C)	支持脚損傷
			ケーシング変形過大	ケーシングとロータの接触	摺動部(ライナーリング部)の損傷	(A)(B)	摺動部(ライナーリング部)
		軸系(ロータ) 応答過大	軸心力過大	軸系(ロータ)の損傷	軸損傷	(A)	軸損傷
			軸変形過大		メカニカルシール損傷	(B)(C)	メカニカルシール損傷
			軸受荷重過大		軸受損傷	(A)	軸受損傷
		電動機応答過大	電動機変形過大	軸継手荷重(変位)過大	電動機機能喪失	(A)(B)	電動機機能喪失
					軸継手損傷	(A)	軸継手損傷
					ケーシングバルブ部損傷	(B)(C)	ケーシングバルブ部損傷
		配管応答過大	配管反力過大				
		冷却水配管応答過大	冷却水配管心力過大	冷却水配管心力過大	軸受冷却不能	(A)	軸受冷却不能

出典元: (社) 日本電気協会 原子力発電耐震設計専門部会

□: 発生の可能性が高いと想定されるもの

「水平・上下地震動に対する機器の機能維持評価法の検討に関する調査報告書」(Vol.36 平成 13 年 3 月)

損傷形態の想定を踏まえた点検方法の検討

表 - 1 にて検討した損傷形態や機種の特長などを考慮すると、地震の荷重を直接受け保つ基礎部、軸受部に損傷が発生し、併せて軸継手部の軸心ずれが主に発生すると想定される。

表 - 1 で検討された損傷形態の内、「基礎ボルトの損傷」、「支持脚損傷」、「軸継手損傷」等の損傷状態は、目視点検等での確認が有効と考えられる。その他の「摺動部(ライナーリング部)の損傷」、「軸損傷」、「メカニカルシール損傷」

「軸受損傷」「ケーシングノズル部損傷」「軸受冷却不能」は作動試験での確認が有効と考えられる。

これらを踏まえ、横形ポンプにおける地震後の点検は、「表 2 損傷形態および点検における検知性」に整理するように、基本点検として目視点検、作動試験を実施し、それらにより異常が確認された機器について追加点検として分解点検を実施し、各部の状況を把握することとした。

また、機能上影響のない微細なきず等についても念のため把握するとの観点から、一部機器について追加点検として分解点検を実施することにより、機器の健全性評価の一助とすることとした。

表-2 損傷形態および点検における検知性

損傷形態	点検内容		
	基本点検		追加点検
	目視点検	作動試験	分解点検
<u>基礎ボルト損傷</u>	1		
<u>支持脚損傷</u>			
摺動部(ライナーリング部)損傷			
軸損傷			
メカニカルシール損傷			
<u>軸受損傷</u>			
電動機機能喪失		2	
<u>軸継手損傷</u>			
ケーシングノズル部損傷			
軸受冷却不能			

— : 発生の可能性が高いと想定されるもの

1 : 支持構造物点検で実施する

2 : 電動機点検にて実施する

: 損傷状況が判断できる点検

3) 往復動式ポンプ

(1) 点検手法の選定

地震による損傷形態（部位）の想定

地震による機器要求機能への影響（損傷）を考慮したものとして、過去の研究成果より、「異常要因モード図」がある。これらを参照し、地震によって、往復動式ポンプの要求機能が阻害される損傷形態をまとめるとの表 - 1 のようになる。

表-1 往復動式ポンプ 地震時損傷形態分析結果

対象	要求機能	要因	現象	喪失機能	損傷形態	
往復動式ポンプ	(A) 運転機能 (B) 水力特性 (C) 流体保持	ポンプ本体応答過大	ポンプ本体加速度過大	取付ボルト応力過大	取付ボルト損傷	(A)(B)(C) 取付ボルト損傷
			ポンプ本体変形過大	基礎ボルト応力過大	基礎ボルト損傷	(A)(B)(C) 基礎ボルト損傷
			往復動部加速度過大	クランク軸軸受面圧過大	クランク軸軸受損傷	(A) クランク軸軸受損傷
				コネクティングロッド軸受面圧過大	コネクティングロッド軸受損傷	(A) コネクティングロッド軸受損傷
				クロスヘッドガイド部面圧過大	クロスヘッドガイド部損傷	(A) クロスヘッドガイド部損傷
				バルブ加速度過大	シート面圧過大	バルブシート面損傷
		配管応答過大	配管反力過大	吸込・吐出ノズル損傷	(A)(B)(C) 吸込・吐出ノズル損傷	
		減速機応答過大	減速機加速度過大	取付ボルト応力過大	取付ボルト損傷	(A)(B)(C) 取付ボルト損傷
			減速機変形過大			
			歯車軸系加速度過大	歯車軸軸受荷重過大	歯車軸軸受損傷	(A) 歯車軸軸受損傷
		歯車面圧過大		歯車損傷	(A) 歯車損傷	
		電動機応答過大 (含 AS カップリング)	電動機加速度過大		電動機機能喪失	(A)(B) 電動機機能喪失
			電動機変位過大	各入出力軸相対変位過大	軸継手損傷	(A) 軸継手損傷
			潤滑油系応答過大	油配管応力過大	油配管損傷	潤滑油切れ

出典元：(社) 日本電気協会 原子力発電耐震設計専門部会

「水平・上下地震動に対する機器の機能維持評価法の検討に関する調査報告書」 (Vol.36 平成 13 年 3 月)

発生の可能性が高いと想定されるもの

損傷形態の想定を踏まえた点検方法の検討

表 - 1 にて検討した損傷形態や機種の特長などを考慮すると、取付ボルト損傷、クランク軸軸受損傷、軸継手の損傷が主に発生すると想定される。

表 - 1 で検討された損傷形態の内、「取付ボルトの損傷」、「吸込・吐出ノズル損傷」、「軸継手の損傷」等は、目視点検等での確認が有効と考えられる。その他の、「クランク軸軸受損傷」、「歯車損傷」等は作動試験での確認が有効と考えられる。

これらを踏まえ、往復動式ポンプにおける地震後の点検は、「表 - 2 損傷形態および点検における検知性」に整理するように、基本点検として目視点検、作動試験を実施し、それらにより異常が確認された機器について追加点検として分解点検を実施し、各部の状況を把握することとした。

また、機能上影響のない微細なきず等についても念のため把握するとの観点から、一部機器について追加点検として分解点検を実施することにより、機器の健全性評価の一助とすることとした。

表-2 損傷形態及び点検における検知性

損傷形態	点検内容		
	基本点検		追加点検
	目視点検	作動試験	分解点検
<u>取付ボルト損傷</u>			
<u>基礎ボルト損傷</u>	1		
<u>クランク軸軸受損傷</u>			
コネクティングロッド軸受損傷			
クロスヘッドガイド部損傷			
バルブシート面損傷			
吸込・吐出ノズル損傷			
歯車軸軸受損傷			
歯車損傷			
電動機機能喪失		2	
<u>軸継手損傷</u>			
潤滑油切れ			

— : 発生の可能性が高いと想定されるもの

1 : 支持構造物点検で実施する

2 : 電動機点検にて実施する

: 損傷状況が判断できる点検

4) ポンプ駆動用タービン

(1) 点検手法の選定

地震による損傷形態(部位)の想定

地震による機器要求機能への影響(損傷)を考慮したものとして、過去の研究成果より、「異常要因モード図」がある。これらを参照し、地震によって、駆動用蒸気タービンの要求機能が阻害される損傷形態をまとめると表-1のようになる。

表-1 ポンプ駆動用タービン 地震時損傷形態分析結果

対象	要求機能	要因	現象	喪失機能	損傷形態		
ポンプ 駆動用 タービン	地震後の作動と 性能確保 (A) 回転機能 (B) 出力特性確認	タービン本体 応答過大					
		全体系(ケーシング) 応答過大	ケーシング転倒モーメント過大	基礎ボルト応力	基礎ボルト損傷	(A)(B)	基礎ボルト損傷
			ケーシング応力過大				
			ケーシング変形過大				
		軸系(ロータ) 応答過大	軸応力過大	軸損傷	軸損傷	(A)(B)	軸損傷
			軸変形過大	ロータ・ケーシング接触	ロータ損傷	(A)(B)	ロータ損傷
			軸受荷重過大	軸受損傷	軸受損傷	(A)(B)	軸受損傷
		制御部 応答過大	ガバナ加速度過大	作動不良	制御不能	(B)	制御不能
			制御油配管応力過大	配管損傷			
			レバー機構地震反力過大				
			蒸気加減弁加速度過大	弁開閉不良			
			主蒸気止め弁加速度過大	弁箱応力過大	弁箱損傷	(A)(B)	弁箱損傷
		配管反力過大		ケーシング損傷	(A)(B)	ケーシング損傷	

出典元:(社) 日本電気協会 原子力発電耐震設計専門部会

:発生の可能性が高いと想定されるもの

「水平・上下地震動に対する機器の機能維持評価法の検討に関する調査報告書」 (Vol.36 平成13年3月)

損傷形態の想定を踏まえた点検方法の検討

表-1にて検討した損傷形態や機種の特長などを考慮すると、地震の荷重を直接受け保つ基礎部、軸受部に損傷が発生し、併せてロータ(翼)の接触による損傷が主に発生すると想定される。

表-1で検討された損傷形態の内、「基礎ボルト損傷」、「弁箱損傷」、「ケーシング損傷」の損傷状態は、目視点検等での確認が有効と考えられる。その他の「軸損傷」「ロータ損傷」「軸受損傷」などは作動試験での確認が有効と考えられる。

これらを踏まえ、ポンプ駆動用タービンにおける地震後の点検は、「表 - 2 損傷形態および点検における検知性」に整理するように、基本点検として目視点検、作動試験を実施することとしたが、作動試験は駆動蒸気が発生しなければ実施できないことから、全てのポンプ駆動用タービンについて追加点検として分解点検を実施することにより損傷状態を確認することとした。

表-2 想定される損傷形態と検知性

損傷形態	点検内容		
	基本点検		追加点検
	目視点検	作動試験	分解点検
<u>基礎ボルトの損傷</u>			
軸損傷			
<u>ロータ損傷</u>			
<u>軸受損傷</u>			
制御不能			
弁箱損傷			
ケーシング損傷			

— : 発生の可能性が高いと想定されるもの

: 支持構造物点検で実施する

: 損傷状況が判断できる点検

5) 電動機

(1) 点検手法の選定

地震による損傷形態（部位）の想定

地震による機器要求機能への影響（損傷）を考慮したものとして、過去の研究成果より、「異常要因モード図」がある。これらを参照し、地震によって、電動機の要求機能が阻害される損傷形態をまとめると表-1-1～表-1-2のようになる。

表-1-1は、電動機に対する地震時の損傷形態を分析した結果であり、表-1-2は電動機に類するもののうち、原子炉冷却材再循環ポンプMGセットに対する地震時の損傷形態を分析した結果である。

表-1-1 電動機 地震時損傷形態分析結果

対象	要求機能	要因	現象	喪失機能	損傷形態	
電動機	地震時の起動・ 運転と駆動性能 の確保 (A) 回転機能 (B) 駆動性能	電動機本体応答過大	端子箱加速度過大 → 内部部品損傷	絶縁不良・受電不能	(A)(B)	絶縁不良・受電不良
		端子箱応答過大	端子箱応力過大 → 端子箱損傷	絶縁不良・受電不能	(A)(B)	絶縁不良・受電不良
		全体系(フレーム) 応答過大	フレーム材応力過大 (空気が冷却器を含む)	フレーム材損傷	(A)	フレーム材損傷
			フレーム転倒モーメント過大	取付ボルト応力過大 → 取付ボルト損傷	(A)	取付ボルト損傷
			固定子加速度過大	固定子損傷	(A)(B)	固定子損傷
			固定子変形過大	軸力過大 → 軸損傷	(A)	軸損傷
		軸系(回転子)応答過大 (直動ファン、立形ポンプ等 についてはインペラ等の応 答も加わる。)	軸受荷重過大	軸受損傷	(A)	軸受損傷
			回転子変形過大	固定子・回転子の接触 → 固定子・回転子の損傷	(A)	固定子・回転子の損傷
			軸端変形過大	軸・フレームの損傷	(A)	軸、フレームの損傷
			軸端変形過大	軸継手部相対変位過大 → 軸継手の損傷	(A)	軸継手の損傷
		被動機軸系応答過大 (たわみ軸継手の場合)	軸端変形過大	軸継手部相対変位過大 → 軸継手の損傷	(A)	軸継手の損傷

□ : 発生の可能性が高いと想定されるもの

(社) 日本電気協会 原子力発電耐震設計専門部会

「水平・上下地震動に対する機器の機能維持評価法の検討に関する調査報告書」(Vol.36 平成13年3月)

表-1-2 原子炉冷却材再循環ポンプMGセット 地震時損傷形態分析結果

対象	要求機能	要因	現象	喪失機能	損傷形態	
PLR-MGセット用 流体継手-発電機	(A) 回転機能 (B) 駆動性能	MGセット本体応答	磁子箱加速度過大	内部部品損傷	(A)	①絶縁不良・受送電不良
			磁子箱応答過大	磁子箱損傷		
RIP-MGセット用 フライホイール発電機		全体系の応答過大	フレーム転倒モーメント応答過大	基礎ベース部・取付ボルト応力過大	(A)	③基礎ベース部・取付ボルト損傷
			フランジ部応力過大	(A)	③フランジ部の損傷	
			PMG応力過大	(A)	④PMGの損傷有無	
			交流励磁機応力過大	(A)	⑤交流励磁機の損傷	
			ブラシ部応力過大	(A)	⑥ブラシの損傷	
			回転検出器応力過大	(A)	⑦回転検出器の損傷	
			フレーム材応答過大	(A)	②フレーム材損傷	
			固定子加速度過大	固定子・回転子の 接触	(A)	PLR, RIP発電機 ④固定子の損傷 ⑤回転子の損傷
			固定子変形過大			
			軸系(回転子)応答過大	回転子変形過大	(A)(B)	PLR F/D ⑦固定子の損傷有無 ⑧回転子の損傷有無
	軸応力過大	(A)	PLR, RIP発電機 ⑩軸の損傷			
	軸受荷重過大	(A)(B)	PLR F/D ⑪軸の損傷			
	回転整流器応力過大	(A)	PLR, RIP発電機 ⑥軸受の損傷			
潤滑油・冷却水配管・ 弁・クレー等	配管応力過大	(A)	PLR F/D ⑨軸受の損傷 ⑩回転整流器の損傷			
	弁応力過大					
	クレー応力過大			⑫配管、弁、クレー等の損傷		

□:発生の可能性が高いと想定されるもの

損傷形態の想定を踏まえた点検方法の検討

表-1-1～表-1-2にて検討した損傷形態や機種の特性を考慮すると、一般的な電動機においては取付ボルト損傷，軸受損傷，軸継手の損傷が主に発生すると想定され，MGセットについては基礎ベース部・取付ボルトの損傷，原子炉冷却材再循環ポンプ駆動用発電機の軸受の損傷が主に発生すると想定される。

表-1-1～表-1-2で検討された損傷形態の内「取付ボルトの損傷」，「フレーム材損傷」，「軸継手の損傷」等は，目視点検等での確認が有効と考えられる。その他の「固定子・回転子の損傷」，「軸受損傷」等は作動試験での確認が有効と考えられる。

これらを踏まえ、電動機における地震後の点検は、「表 - 2 - 1 ~ 表 - 2 - 2 損傷形態及び点検における検知性」に整理するように、基本点検として目視点検，作動試験を実施し，それらにより異常が確認された機器について追加点検として分解点検を実施し各部の状況を把握することとした。

また、機能上影響のない微細なきず等についても念のため把握するとの観点から，一部機器について追加点検として分解点検を実施することにより，機器の健全性評価の一助とすることとした。

表-2-1 電動機 損傷形態及び点検における検知性

損傷形態	点検内容		
	基本点検		追加点検
	目視点検	作動試験	分解点検
絶縁不良・受電不能			
フレーム材損傷			
<u>取付ボルト損傷</u>			
固定子損傷			
軸損傷			
<u>軸受損傷</u>			
固定子・回転子の損傷			
軸，フレームの損傷			
<u>軸継手の損傷</u>			

— : 発生の可能性が高いと想定されるもの

: 支持構造物点検で実施する

: 損傷状況が判断できる点検

表-2-2 原子炉冷却材再循環ポンプMGセット 損傷形態及び点検における検知性

損傷形態	点検内容		
	基本点検		追加点検
	目視点検	作動試験	
絶縁不良・受送電不能			
フレーム材損傷			
<u>基礎ベース部・取付ボルト損傷</u>			
固定子の損傷(PLR,RIP 発電機)			
回転子の損傷(PLR,RIP 発電機)			
<u>軸受の損傷(PLR,RIP 発電機)</u>			
固定子の損傷(PLR F/D)			
回転子の損傷 PLR F/D)			
軸受の損傷(PLR F/D)			
軸の損傷(PLR,RIP 発電機)			
軸の損傷(PLR F/D)			
配管,弁,クーラー等の損傷			
フランジ部の損傷			
P M Gの損傷(PLR,RIP 発電機)			
回転検出器の損傷(PLR,RIP 発電機)			
交流励磁機の損傷(PLR,RIP 発電機)			
回転整流器の損傷(RIP 発電機)			
ブラシの損傷 ((PLR 発電機)			

— : 発生の可能性が高いと想定されるもの

: 損傷状況が判断できる点検

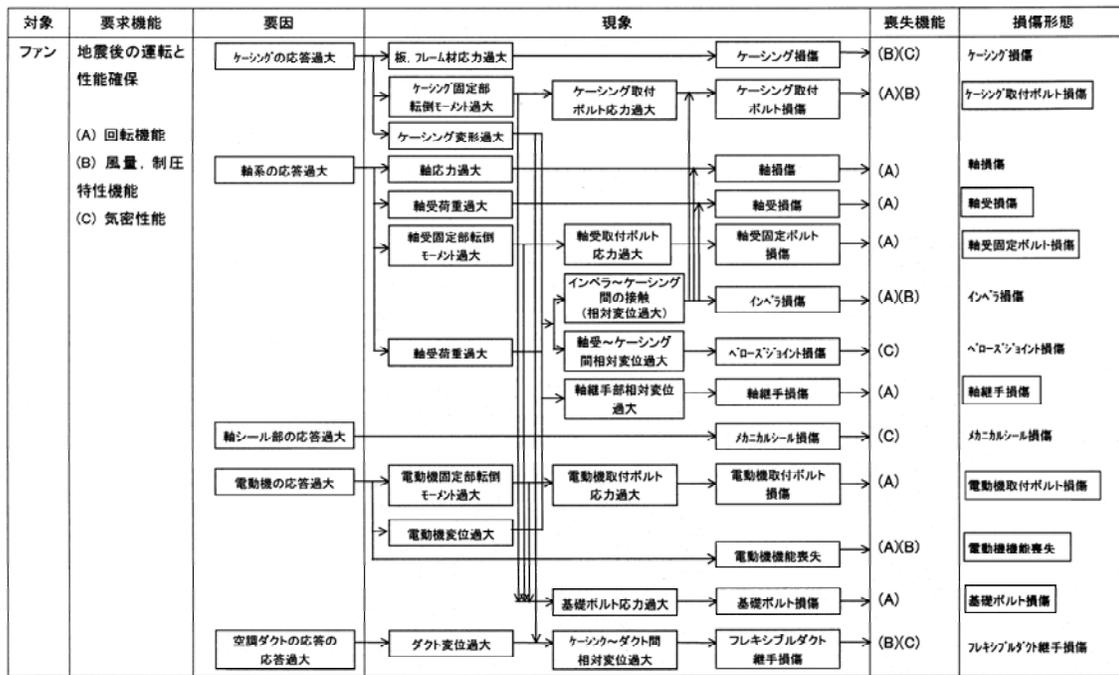
6) ファン

(1) 点検手法の選定

地震による損傷形態（部位）の想定

地震による機器要求機能への影響（損傷）を考慮したものとして、過去の研究成果より、「異常要因モード図」がある。これらを参照し、地震によって、ファンの要求機能が阻害される損傷形態をまとめると表-1のようになる。

表-1 ファン 地震時損傷形態分析結果



出典元：(社) 日本電気協会 原子力発電耐震設計専門部会
 「水平・上下地震動に対する機器の機能維持評価法の検討に関する調査報告書」 (Vol.36 平成13年3月)

損傷形態の想定を踏まえた点検方法の検討

表-1にて検討した損傷形態や機種の特長などを考慮すると、取付ボルト損傷、軸受損傷、軸継手損傷が主に発生すると想定される。

表-1で検討された損傷形態の内、「取付ボルト損傷」、「軸受固定ボルト損傷」、「軸継手損傷」等は、目視点検等での確認が有効と考えられる。その他の「軸受損傷」、「インペラ損傷」、「メカニカルシール損傷」等は作動試験での確認が有効と考えられる。

これらを踏まえ、ファンにおける地震後の点検は「表 - 2 損傷形態および点検における検知性」に整理するように、基本点検として目視点検と作動試験を実施し、それらにより異常が確認された機器について追加点検として分解点検を実施し、各部の状況を把握することとした。

また、機能上影響のない微細なきず等についても念のため把握するとの観点から、一部機器について追加点検として分解点検を実施することにより、機器の健全性評価の一助とすることとした。

表-2 損傷形態および点検における検知性

損傷形態	点検内容		
	基本点検		追加点検
	目視点検	作動試験	分解点検
ケーシングの損傷			
<u>ケーシング取付ボルト損傷</u>			
軸損傷			
<u>軸受損傷</u>			
<u>軸受固定ボルト損傷</u>			
インペラ損傷			
ベローズジョイント損傷			
<u>軸継手損傷</u>			
メカニカルシール損傷 (軸封がメカニカルシールの場合)			
<u>電動機取付ボルト損傷</u>			
<u>電動機機能喪失</u>			
<u>基礎ボルト損傷</u>			
フレキシブルダクト継手損傷			

— : 発生の可能性が高いと想定されるもの

: 支持構造物点検で実施する

: 損傷状況が判断できる点検

8) 空気圧縮機

(1) 点検手法の選定

地震による損傷形態(部位)の想定

地震による機器要求機能への影響(損傷)を考慮したものとして、過去の研究成果より、「異常要因モード図」がある。これらを参照し、地震によって、空気圧縮機の要求機能が阻害される損傷形態をまとめると表-1のようになる。

表-1 空気圧縮機 地震時損傷形態

対象	要求機能	要因	現象	喪失機能	損傷形態				
制御用空気 圧縮機	①運転機能 ②圧縮機能	圧縮機本体応答過大	圧縮機本体転倒(セーフ)過大	基礎ボルト応力過大	基礎ボルト損傷	① ②	基礎ボルトの損傷		
			シリンダ部加速度過大	ピストンリングとシリンダライ 間接接触面圧過大	ピストンリング割れ	②	③	ピストンリング割れ	
					ピストンリング焼付	③	④	ピストンリング焼付	
				クロスヘッドとガイド間の接 触面圧過大	油膜切れ・焼付	④	④	油膜切れ・焼付	
			シリンダ取付ボルト応力過大	取付ボルト損傷	⑤	⑤ ⑧	取付ボルト損傷		
			フレーム応力過大	フレーム損傷	⑥	⑥	フレーム損傷		
			インタークーラー・アフタークーラー 加速度過大	クーラー取付管応力過大	クーラー取付管損傷	⑦	⑦	クーラー取付管損傷	
				クーラー取付ボルト応力過大	クーラー取付ボルト損傷	⑧	⑧	クーラー取付ボルト損傷	
			潤滑油系統応答過大	油配管応力過大	油配管損傷	潤滑油切れ	⑨	⑨ ⑩	潤滑油切れ
				油クワクワシリンダ過大	油クワクワ 気泡吸込	インタークーラー・アフタークーラー 冷却不能	⑪	⑪	インタークーラー・アフタークーラー 冷却不能
		冷却水系応答過大	冷却水配管応力過大	冷却水配管損傷	シリンダ冷却不能	⑫	⑫ ⑬	シリンダ冷却不能	
		電動機応答過大			電動機機能喪失	⑬	⑬ ⑭	電動機機能喪失	
		配管応答過大	配管反力過大	吸込・吐出バースト応力過大	吸込・吐出バースト損傷	⑭	⑭	吸込・吐出バースト損傷	

出典元：(社) 日本電気協会 原子力発電耐震設計専門部会

「水平・上下地震動に対する機器の機能維持評価法の検討に関する調査報告書」 (Vol.36 平成13年3月)

□:発生の可能性が高いと想定されるもの

損傷形態の想定を踏まえた点検方法の検討

表-1にて検討した損傷形態や機種の特性を考慮すると、地震の荷重を直接受け保つ基礎部、取付部に損傷が主に発生すると想定される。

表-1で検討された損傷形態の内「基礎ボルトの損傷」、「取付ボルト損傷」等の損傷状態は、目視点検等での確認が有効と考えられる。その他の「ピストンリング割れ」、「ピストンリング焼付」、「油膜切れ・焼付」などは作動試験での確認が有効と考えられる。

これらを踏まえ、空気圧縮機における地震後の点検は、「表 - 2 損傷形態および点検における検知性」に整理するように、基本点検として目視点検、作動試験を実施し、それらにより異常が確認された機器について追加点検として分解点検を実施し、各部の状況を把握することとした。

また、機能上影響のない微細なきず等についても念のため把握することの観点から、一部機器について追加点検として分解点検を実施することにより、機器の健全性評価の一助とすることとした。

表-2 損傷形態および点検における検知性

損傷形態	点検内容		
	基本点検		追加点検
	目視点検	作動確認	分解点検
<u>基礎ボルトの損傷</u>	1		
ピストンリング割れ			
ピストンリング焼付			
油膜切れ・焼付			
<u>取付ボルトの損傷</u>			
フレーム材の損傷			
クーラー取付管損傷			
クーラー取付ボルト損傷			
安全弁誤作動			
潤滑油切れ			
インタークーラー・アフタークーラー冷却不能			
シリンダ冷却不能			
<u>電動機機能喪失</u>		2	
吸込・吐出ノズル損傷			

＝：発生の可能性が高いと想定されるもの

1：支持構造物点検で実施する

2：電動機点検にて実施

：損傷状況が判断できる点検

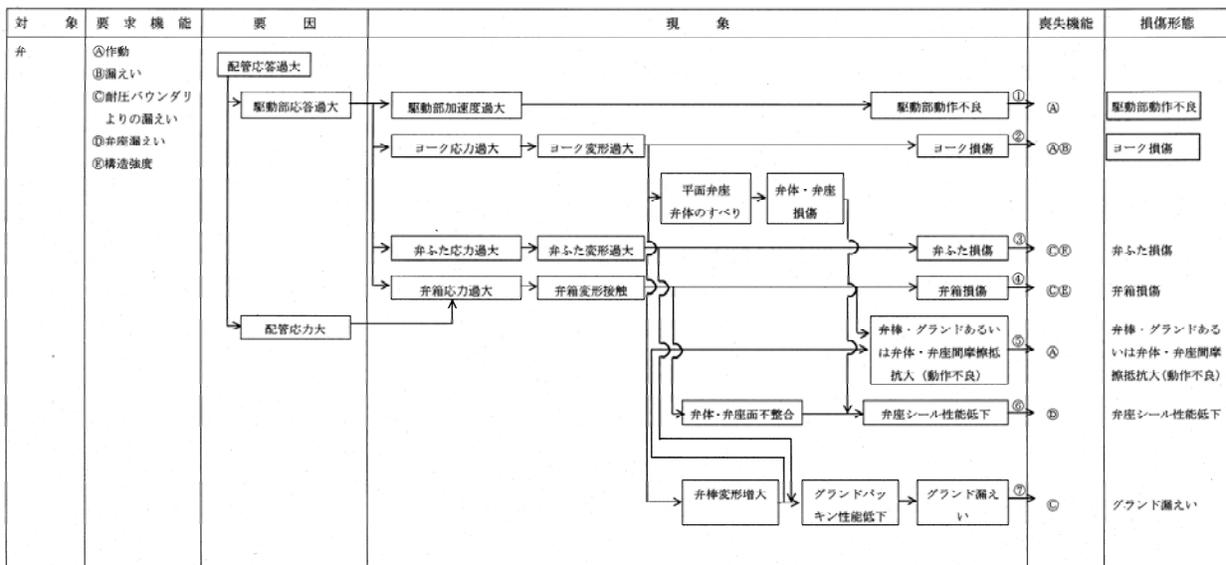
9) 弁

(1) 点検手法の選定

地震による損傷形態(部位)の想定

地震による機器要求機能への影響(損傷)を考慮したものとして、過去の研究成果より、「異常要因モード図」がある。これらを参照し、地震によって、弁の要求機能が阻害される損傷形態をまとめると表-1のようになる。

表-1 弁 地震時損傷形態分析結果



出典元：(社) 日本電気協会 原子力発電耐震設計専門部会
 「水平・上下地震動に対する機器の機能維持評価法の検討に関する調査報告書」 (Vol.36 平成13年3月)

損傷形態の想定を踏まえた点検方法の検討

表-1にて検討した損傷形態や機種の特性を考慮すると、地震力による弁反力を受けたことに伴い、駆動部動作不良、ヨーク損傷、弁ふた損傷、弁箱損傷、弁棒・グランドあるいは弁体・弁座間摩擦抵抗大、弁座シール性能低下、グランド漏えいが想定される。

表-1で検討された損傷形態の内、「駆動部動作不良」「弁棒・グランドあるいは弁体・弁座間摩擦抵抗大」「弁座シール性能低下」は作動試験での確認が有効と考えられる。その他の損傷状態は、目視点検での確認が有効と考えられる。

これらを踏まえ、弁における地震後の点検は、「表 - 2 損傷形態および点検における検知性」に整理するように、基本点検として目視点検、作動試験、漏えい確認を実施し、それらにより異常が確認された機器について追加点検として分解点検を実施し、各部の状況を把握することとした。

また、機能上影響のない微細なきず等についても念のため把握するとの観点から、安全上特に重要な弁のうち、地震応答解析の結果比較的裕度が低かった弁及び構造が特殊な主蒸気隔離弁(MSIV)の内・外弁各一台、主蒸気逃がし安全弁(SRV)の全台について追加点検として分解点検を実施することにより、機器の健全性評価の一助とすることとした。

表-2 損傷形態及び点検における検知性

損傷形態	点検内容		
	基本点検		追加点検
	目視点検	作動試験 (漏えい確認含む)	分解点検
<u>駆動部動作不良</u>			
<u>ヨークの損傷</u>			
弁ふたの損傷			
弁箱の損傷			
弁棒・グランドあるいは弁体・弁座間摩擦抵抗大			
弁座シール性能低下			
グランド漏えい			

— : 発生の可能性が高いと想定されるもの

: 損傷状況が判断できる点検

11) 非常用ディーゼル発電機

(1) 点検手法の選定

地震による損傷形態(部位)の想定

地震による機器要求機能への影響(損傷)を考慮したものととして、過去の研究成果より、「異常要因モード図」がある。これらを参照し、地震によって、非常用ディーゼル発電機の要求機能が阻害される損傷形態をまとめると表-1のようになる。

表-1 非常用ディーゼル発電機 地震時損傷形態分析結果

対象	要求機能	要因	現象	喪失機能	損傷形態
①ディーゼル機関 本体	地震時の機関運転 性能維持 (往復動) (回転)	ピストン応答過大	軸受機能低下 → 軸受メタル剥付き	機関運転不能	ピストンメタル損傷
			ピストンピンメタル面圧増大 → ピストンピンメタル損傷		
			ピストンピン押え板せん断応力過大		
			ピストンピン押え板損傷 → シリンダー損傷		シリンダー損傷
		クランク軸応答過大	軸受荷重過大 → 軸受の損傷	機関運転不能	軸受の損傷
			軸受機能低下 → 軸受メタル剥付き		
		カム軸応答過大	軸受荷重過大 → 軸受の損傷	機関運転不能	
			軸受機能低下 → スラスト軸受剥付き		
		ギヤリングの応答過大	アイドル歯車スラスト軸受面圧増大	機関運転不能	アイドルギヤ軸受の損傷
			軸受荷重過大 → アイドルギヤ軸受の損傷		
			軸の曲げ荷重過大 → 軸の曲がり		軸の曲がり
			歯車の曲げ応力過大 → 歯の折損		歯の折損
	往復動と回転	遊接軸応答過大 (往復動方向)	軸受荷重過大 → 軸受の損傷	機関運転不能	
			軸受機能低下 → 軸受メタル剥付き		

出典元: (社) 日本電気協会 原子力発電耐震設計専門部会
 「水平・上下地震動に対する機器の機能維持評価法の検討に関する調査報告書」 (Vol.36 平成13年3月)

対象	要求機能	要因	現象	喪失機能	損傷形態
②出力制御系	(開閉動作)	軸非共振応答過大 プッシュロッド及び 換気弁含む	地震慣性力による換気弁軸の曲がり → 弁座のシール不良	機関正常運転不能	弁座のシール不良
			地震慣性力による弁の開閉閉		地震慣性力による弁の開閉閉
			スラスト軸受荷重過大	機関運転不能	バルブレバーの破損
			軸受荷重過大 → 軸受の損傷		プッシュロッドの曲り
			バルブレバーの破損		
			プッシュロッドの曲り		
		クランク安全弁応答過大	安全弁作動不能	機関正常運転不能	安全弁作動不能
	本体の固定	クランク軸の軸方向移動	基準軸受損傷	機関運転不能	基準軸受損傷
		基準軸受機能低下	基準軸受剥付き		基礎ボルト破損
		転倒モーメント過大	基礎ボルト破損		
	(機関回転速度の 制御)	ガバナ応答過大	フライウェイト、レバーの移動 → 機関回転乱調 → 回転速度過大	機関停止	回転速度過大
			取付ボルトの損傷	機関運転不能	取付ボルトの損傷
			ゲーシングの破損 → 油の漏出		油の流出
	(燃料噴射量の 制御)	ガバナリンク及び燃料 加減軸の異常応答	地震慣性力によるガバナ側へのトルク過大	機関停止	機関回転変動過大
			出力軸トルクを超過		
			燃料制御リンクの誤作動		

出典元: (社) 日本電気協会 原子力発電耐震設計専門部会
 「水平・上下地震動に対する機器の機能維持評価法の検討に関する調査報告書」 (Vol.36 平成13年3月)

対象	要求機能	要因	現象	喪失機能	損傷形態
④始動空気系	(オーバー スピードの保護)	機械式オーバー スピードトリップ 装置の異常応答	地震慣性力による弁の誤閉閉	機関停止	地震慣性力による弁の誤閉閉
		(始動機能)	空気だめ応答過大	アンカーボルト切損 → 本体移動による配管破損	機関運転不能
	空気だめ安全弁応答過大		安全弁の誤動作	安全弁閉不能 (放出) 機関運転不能 空気だめ圧力低下(大) 13秒起動不能 空気だめ圧力低下(中)	機関運転不能 安全弁閉不能 (放出) 空気だめ圧力低下
	始動電磁弁応答過大		地震慣性力による作動不能	機関運転不能	地震慣性力による作動不能
	始動弁・主始動弁 応答過大		地震慣性力による作動不能	機関運転不能	地震慣性力による作動不能
	始動空気管制弁応答過大		地震慣性力による作動不能	機関運転不能	地震慣性力による作動不能
	始動空気系配管応答過大		配管破損またはノズル破損 → 制御用空気そう失	機関運転不能	制御用空気そう失
	電動回転装置応答過大	レバー止めピンの抜け又は破損 → 始動インターロック誤動作	機関運転不能	始動インターロック誤動作	

出典元：(社) 日本電気協会 原子力発電耐震設計専門部会

□:発生の可能性が高いと想定されるもの

「水平・上下地震動に対する機器の機能維持評価法の検討に関する調査報告書」 (Vol.36 平成 13年 3月)

対象	要求機能	要因	現象	喪失機能	損傷形態
④燃料系	(燃焼空気の供給)	通給機応答過大	取付ボルトの損傷 支持脚の損傷	機関運転不能	取付ボルトの損傷 支持脚の損傷
		ロータの応答加速度過大	ロータの変位過大 → ケーシングとの接触 → ロータの損傷 軸受荷重過大 → 軸受損傷	機関運転不能	ロータの損傷 軸受の損傷
		リフトカバー安全弁応答過大	安全弁作動不能	機関正常運転不能	安全弁作動不能
		(燃焼ガスの排出)	排気管ベローズ応答過大	排気管ベローズ破損 → 機関室内排気ガス充満 → 室内温度上昇 燃焼空気不十分 (室内換気)	機関正常運転不能 機関正常運転不能
	(燃料供給機能)		燃料ディタンク応答過大	アンカーボルト切損 → 本体移動による配管破損 → 燃料流出	機関運転不能
		燃料噴射ポンプ応答過大	取付ボルトの損傷 → 燃料噴射不能	機関運転不能	燃料噴射不能
		フランジおよびローラ ガイド部の応答加速度過大	フランジとローラガイドの遊従不能		燃料噴射不能
		燃料フィルタ応答過大	アンカーボルト切損 → 本体移動による配管破損 → 燃料流出	機関運転不能	燃料流出

出典元：(社) 日本電気協会 原子力発電耐震設計専門部会

□:発生の可能性が高いと想定されるもの

「水平・上下地震動に対する機器の機能維持評価法の検討に関する調査報告書」 (Vol.36 平成 13年 3月)

対象	要求機能	要因	現象	喪失機能	損傷形態	
⑤冷却水系	(冷却機能の保持)	燃料油系配管応答過大	ノズル反力過大 → ノズル破損 → 燃料漏出	燃料漏出	機関運転不能	機関出力低下
		管内燃料油の応答過大	流量不足 → 機関出力低下	機関出力低下	機関運転不能	
		燃料供給ポンプ用調圧弁応答過大	調圧弁動作不能 → 圧力上昇により配管系破損 → 燃料漏出	燃料漏出	機関運転不能	軸受の損傷
		燃料供給ポンプ応答過大	軸受荷重過大 → 軸受の損傷	軸受の損傷	機関運転不能	
		取水冷却器応答過大	アンカーボルト切損 → 本体移動による配管破損 → 冷却水流出	冷却水流出	機関運転不能	冷却水流出
		冷却水ポンプ応答過大	取付ボルト切損 → 配管破損 → 冷却水流出	冷却水流出	機関運転不能	軸受の損傷
		冷却水ポンプ応答過大	軸受荷重過大 → 軸受の損傷	軸受の損傷	機関運転不能	
冷却水系配管応答過大	ノズル反力過大 → ノズル破損 → 冷却水流出	冷却水流出	機関運転不能			

出典元：(社) 日本電気協会 原子力発電耐震設計専門部会

□：発生の可能性が高いと想定されるもの

「水平・上下地震動に対する機器の機能維持評価法の検討に関する調査報告書」 (Vol.36 平成13年3月)

対象	要求機能	要因	現象	喪失機能	損傷形態	
⑥潤滑油系	(潤滑機能)	潤滑油シンプタンク応答過大	アンカーボルト切損 → 本体移動による配管破損 → 冷却水流出	冷却水流出	機関運転不能	冷却水流出
		潤滑油ポンプ応答過大	取付ボルト切損 → 配管破損 → 潤滑油流出	潤滑油流出	機関運転不能	ポンプによる吸込み不能
		潤滑油ポンプ応答過大	取付ボルト切損 → 配管破損 → 潤滑油流出	潤滑油流出	機関運転不能	
		潤滑油ポンプ応答過大	軸受荷重過大 → 軸受の損傷	軸受の損傷	機関運転不能	軸受の損傷
		潤滑油ポンプ応答過大	取付ボルト切損 → 配管破損 → 潤滑油流出	潤滑油流出	機関運転不能	潤滑油流出
		潤滑油ポンプ応答過大	注油器機構不能 → 注油不足 → C/Sメッシュ交換	C/Sメッシュ交換	機関運転不能	
		潤滑油冷却器応答過大	アンカーボルト切損 → 本体移動による配管破損 → 潤滑油流出	潤滑油流出	機関運転不能	ピストン、ライナー焼付き
		潤滑油クーラー応答過大	取付ボルト切損 → 配管破損 → 潤滑油流出	潤滑油流出	機関運転不能	
		潤滑油フィルタ応答過大	取付ボルト切損 → 本体移動による配管破損 → 潤滑油流出	潤滑油流出	機関運転不能	機関入口潤滑油圧力低下
		潤滑油系配管応答過大	逆洗機能損傷 → 機関入口潤滑油圧力低下	機関入口潤滑油圧力低下	機関運転不能	潤滑油圧力低
		潤滑油系配管応答過大	ノズル反力過大 → ノズル破損 → 潤滑油流出	潤滑油流出	機関運転不能	潤滑油圧力低
		潤滑油ポンプ用調圧弁応答過大	調圧弁動作不能 → 潤滑油圧力低	潤滑油圧力低	機関停止	潤滑油温度高
		潤滑油ポンプ用調圧弁応答過大	過調圧弁動作不能 → 潤滑油温度高	潤滑油温度高	機関停止	機関保護装置作動
圧力・温度検出器応答過大	スイッチの誤動作 → 機関保護装置作動	機関保護装置作動	機関停止	機関始動インターロック誤動作		
リミットスイッチ応答過大	スイッチの誤動作 → 機関始動インターロック誤動作	機関始動インターロック誤動作	機関始動不能			

出典元：(社) 日本電気協会 原子力発電耐震設計専門部会

□：発生の可能性が高いと想定されるもの

「水平・上下地震動に対する機器の機能維持評価法の検討に関する調査報告書」 (Vol.36 平成13年3月)

損傷形態の想定を踏まえた点検方法の検討

表 - 1 にて検討した損傷形態や機種の特性を考慮すると、地震の荷重を直接受け保つ機関本体の基礎部、軸受部と、出力制御系、始動空気系、燃料油系等の付属機器の取付ボルト、軸受け部に損傷が主に発生すると想定される。

表 - 1 で検討された損傷形態の内、「基礎ボルト破損」、「取付ボルトの損傷」等の損傷状態は、目視点検での確認が有効と考えられる。その他の「ピストン

メタル損傷、シリンダー損傷」「バルブレバーの破損」などは作動試験での確認が有効と考えられる。

a. 機関本体

地震の荷重を直接受け保つ基礎部、軸受部の損傷(曲がり、バルブレバー破損)、ギア関係のずれが主に発生すると考えられる。損傷形態のうち、基礎ボルトの損傷は、目視点検での確認が有効と考えられ、軸受部の損傷(曲がり、バルブレバー破損)、ギア関係(歯の破損)などは作動試験での確認が有効と考えられる。

b. 出力制御系

地震の荷重を直接受け保つ取付ボルトの損傷、回転速度異常、油(制御油)の流出が主に発生すると考えられる。損傷形態のうち、「取付ボルトの損傷」及び「油の流出」は目視点検での確認が有効と考えられる。「回転速度の異常」については、作動試験での確認が有効と考えられる。

c. 始動空気系

地震の荷重を直接受け保つ取付ボルト・支持脚の損傷、本体移動による配管破損(排気管)、空気だめ安全弁の閉不能による圧力低下により機関起動不能が発生すると考えられる。損傷形態のうち、「取付ボルトの損傷」、「支持脚の損傷」、「本体移動による配管破損」は目視点検での確認が有効と考えられる。「空気だめ圧力低下」「始動インターロック誤動作」等は作動試験での確認が有効と考えられる。

d. 燃料油系

地震の荷重を直接受け保つ取付ボルト、配管破損による燃料流出及び燃料噴射ポンプの機関への燃料噴射不能及び燃料移送ポンプ軸受の損傷が考えられる。損傷形態のうち、「取付ボルトの損傷」、「配管破損による燃料流出」は目視点検での確認が有効と考えられる。燃料噴射ポンプの「燃料噴射不能」及び燃料供給ポンプの「軸受の損傷」等は、作動試験での確認が有効と考えられる。

e. 冷却水系

地震の荷重を受け配管破損による冷却水流出及びポンプ軸受の損傷が考えられる。損傷形態のうち配管破損による「冷却水流出」は目視点検での確認が有効と考えられる。冷却水ポンプの「軸受の損傷」は作動試験での確認が有効と考えられる。

f. 潤滑油系

地震の荷重を直接受け保つポンプ軸受の損傷、潤滑油流出、潤滑油圧力低下、潤滑油温度高等の発生が考えられる。損傷形態のうち、「軸受の損傷」は目視点検での確認が有効と考えられる。「潤滑油流出」、「潤滑油圧力低下」、「潤滑油温度高」は作動試験での確認が有効と考えられる。また、「潤滑油流出」は漏えい

試験での確認が有効と考えられる。

これらを踏まえ、非常用ディーゼル発電機における地震後の点検は、「表 - 2 損傷形態および点検における検知性」に整理するように、基本点検として目視点検、作動点検、漏えい確認を実施し、それらにより異常が確認された機器について追加点検として分解点検（開放点検）を実施し、各部の状況を把握することとした。

また、機能上影響のない微細なきず等についても念のため把握するとの観点から、一部機器について追加点検として分解点検を実施することにより、機器の健全性評価の一助とすることとした。

表-2 損傷形態及び点検における検知性

a. ディーゼル機関本体

損傷形態	点検内容			
	基本点検			追加点検
	目視点検	作動試験	漏えい試験	分解点検
ピストンメタル損傷				
シリンダー損傷				
<u>軸受の損傷</u>				
<u>アイドルギヤ軸受の損傷</u>				
軸の曲がり				
歯の折損				
弁座のシール不良				
地震慣性力による弁の誤開閉				
バルブレバーの破損				
ブッシュロッドの曲がり				
安全弁作動不能				
<u>基準軸受損傷</u>				
<u>基礎ボルト破損</u>				

＝：発生の可能性が高いと想定されるもの

b. 出力制御系

損傷形態	点検内容			
	基本点検			追加点検
	目視点検	作動試験	漏えい試験	分解点検
回転速度過大				
<u>取付ボルトの損傷</u>				
油の流出				
機関回転変動過大				
地震慣性力による弁の誤開閉				

＝：発生の可能性が高いと想定されるもの

c. 始動空気系

損傷形態	点検内容			
	基本点検			追加点検
	目視点検	作動試験	漏えい試験	分解点検
本体移動による配管破損				
安全弁閉不能(放出)				
空気だめ圧力低下				
地震慣性力による作動不能				
制御用空気そう失				
始動インターロック誤動作				
<u>取付ボルトの損傷</u>				
<u>支持脚の損傷</u>				
ロータの損傷				
<u>軸受の損傷</u>				
安全弁作動不能				
機関室内温度上昇				
燃焼空気不十分(室内空気)				

— : 発生の可能性が高いと想定されるもの

d. 燃料油系

損傷形態	点検内容			
	基本点検			追加点検
	目視点検	作動試験	漏えい試験	分解点検
燃料流出				
燃料噴射不能				
機関出力低下				
<u>軸受の損傷</u>				

— : 発生の可能性が高いと想定されるもの

e. 冷却水系

損傷形態	点検内容			
	基本点検			追加点検
	目視点検	作動試験	漏えい試験	分解点検
冷却水流出				
<u>軸受の損傷</u>				

— : 発生の可能性が高いと想定されるもの

f. 潤滑油系

損傷形態	点検内容			
	基本点検			追加 点検
	目視点検	作動試験	漏えい試験	分解点検
冷却水流出				
ポンプによる吸込み不能				
<u>軸受の損傷</u>				
潤滑油流出				
ピストン・ライナー焼付き				
機関入口潤滑油圧力低下				
潤滑油圧力低				
潤滑油温度高				
機関保護装置作動				
機関始動インターロック誤作動				

— : 発生の可能性が高いと想定されるもの

: 支持構造物点検で実施する。

: 損傷状況が判断できる点検

なお、発電機本体については、構造が電動機と同一であることから、損傷形態と点検における検知性を電動機点検手法に準じて実施している。

1 2) 制御棒

(1) 点検手法の選定

地震による損傷形態（部位）の想定

地震による機器要求機能への影響（損傷）を考慮し，地震によって制御棒の要求機能が阻害される損傷形態をまとめると表 - 1 のようになる。

表-1 制御棒 地震時損傷形態分析結果

対象	要求機能	要因	現象	喪失機能	損傷形態
制御棒	(A) 制御棒そう入性	<div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">燃料体応答過大</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">制御棒応答過大</div> </div>	<div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">制御棒変位過大</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">炉内構造物との衝突</div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center; gap: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">制御棒の変形・損傷^①</div> <div style="font-size: 2em;">→</div> <div>(A)</div> </div>	制御棒変形・損傷

損傷形態の想定を踏まえた点検方法の検討

表 - 1 にて検討した損傷形態を考慮すると，制御棒自体の変位過大や炉内構造物との衝突により制御棒の変形・損傷が発生すると想定される。

制御棒の変形・損傷の状態は，目視点検により確認するのが有効と考えられる。制御棒の目視点検は，炉内の装荷位置による地震の影響を考慮して，抜き取りにて行うこととする。

なお，制御棒そう入性について，制御棒と制御棒駆動機構がカップリングした状態での作動試験により機能確認するため，制御棒駆動機構の作動試験の中で確認する。

これらを踏まえ、制御棒における地震後の点検は、「表 - 2 損傷形態および点検における検知性」に整理するように、基本点検として炉内配置点検、目視点検、作動試験を実施することとした。

それらにより異常が確認された制御棒については取替を行うこととした。

表-2 損傷形態及び点検における検知性

損傷形態	点検内容		
	基本点検		
	炉内配置 点検	目視点検 ¹	作動試験
制御棒の変形			²

1：代表性を考慮して抜取点検を実施する

2：制御棒駆動機構の作動試験にて点検を実施する

：損傷状況が判断できる点検

1.3) 制御棒駆動機構

(1) 点検手法の選定

地震による損傷形態（部位）の想定

地震の影響が及ぶ可能性のある部位に着目した点検方法を策定するために、機器への地震力付加によって発生する損傷要因、およびそれに起因して生じる現象、喪失する機能を想定した。これらをまとめると表-1のようになる。

表-1 制御棒駆動機構 地震時損傷形態分析結果

対象	要求機能	要因	現象	喪失機能	損傷形態		
制御棒挿入性	(A)地震時の制御棒挿入機能	炉心支持構造物及び燃料集合体の応答過大	燃料集合体応答過大	チャンネルボックスと制御棒間の間隔減少	チャンネルボックスと制御棒のこすれ過大	チャンネルボックスの変形	
			上部格子板反力過大	グリッドプレート損傷	チャンネルボックスと制御棒のこすれ過大	チャンネルボックスの変形	
			炉心支持板応答過大	補強ビーム損傷	チャンネルボックスと制御棒のこすれ過大	チャンネルボックスの変形	
			シュラウド応答過大	シュラウド胴部損傷	チャンネルボックスと制御棒のこすれ過大	チャンネルボックスの変形	
				シュラウドサポート損傷	チャンネルボックスと制御棒のこすれ過大	チャンネルボックスの変形	
			制御棒駆動力に係る機器の応答過大	制御棒案内管応答過大	制御棒案内管と制御棒間の間隔減少	制御棒案内管と制御棒のこすれ過大	制御棒案内管の変形
				制御棒駆動機構ハウジング応答過大	制御棒駆動機構ハウジング損傷、変形	(A)	制御棒駆動機構ハウジング損傷、変形
				制御棒駆動機構の応答過大	中空ピストンの損傷、変形 (FMCRD)	中空ピストンの損傷、変形 (FMCRD)	中空ピストンの損傷、変形
					ガイドチューブの損傷、変形 (FMCRD)	ガイドチューブの損傷、変形 (FMCRD)	ガイドチューブの損傷、変形
					パuffersリーブの損傷、変形 (FMCRD)	パuffersリーブの損傷、変形 (FMCRD)	パuffersリーブの損傷、変形
				ボールネジの損傷、変形 (FMCRD)	ボールネジの損傷、変形 (FMCRD)	ボールネジの損傷、変形	
				インテグレーションチューブの損傷、変形 (LPCRD)	インテグレーションチューブの損傷、変形 (LPCRD)	インテグレーションチューブの損傷、変形	
				ピストンチューブの損傷、変形 (LPCRD)	ピストンチューブの損傷、変形 (LPCRD)	ピストンチューブの損傷、変形	
				取付ボルトの損傷、変形	取付ボルトの損傷、変形	取付ボルトの損傷、変形	
				制御棒駆動系配管応答過大	制御棒駆動系配管損傷、破断		制御棒駆動系配管損傷、破断
		水圧制御ユニット応答過大	スクラム弁損傷	弁棒の損傷、変形		弁棒の損傷、変形	
				ボディ/ボンネットフランジの損傷、変形		ボディ/ボンネットフランジの損傷、変形	
			アキュムレータ損傷	取付フランジの損傷、変形		取付フランジの損傷、変形	
				ピストンの損傷、変形		ピストンの損傷、変形	
				シリンダの損傷、変形		シリンダの損傷、変形	
容器容器損傷	容器継手部の損傷、変形			容器継手部の損傷、変形			
ユニットフレーム損傷				ユニットフレーム損傷			
取付ボルト損傷				取付ボルト損傷			

□ : 発生の可能性が高いと想定されるもの

損傷形態の想定を踏まえた点検方法の検討

表 - 1 にて検討した制御棒駆動機構に対する損傷形態や機種の特性などを考慮すると、「制御棒駆動系配管損傷、破断」、「容器継手部の損傷、変形」、「ユニットフレーム損傷」が主に発生すると想定される。

表 - 1 で検討された損傷形態の内、「取付ボルトの損傷、変形」、「ユニットフレーム損傷」については目視点検での確認が有効であると考えられる。また、内部構造部品である制御棒駆動機構の「インデックスチューブ、ピストンチューブ」及び水圧制御ユニットアキュムレータの「ピストン、シリンダ」の損傷については作動試験での状況確認が有効と考えられる。

これらを踏まえ，制御棒駆動機構における地震後の点検は，「表 - 2 損傷形態および点検における検知性」に整理するように，基本点検として目視点検，作動試験を実施し，それらにより異常が確認された機器について追加点検として分解点検を実施し，各部の状況を把握することとした。

また，機能上影響のない微細なきず等についても念のため把握するとの観点から，一部機器について追加点検として分解点検を実施することにより，機器の健全性評価の一助とすることとした。

表-2 損傷形態及び点検における検知性

損傷形態	点検内容		
	基本点検		追加点検
	目視点検	作動試験 (漏えい確認含む)	分解点検
CR			
チャンネルボックスの変形	1		
制御棒案内管の変形	2		
CRD (FMCRD)			
制御棒駆動機構ハウジング損傷，変形	2 3	3	
中空ピストンの損傷，変形 (FMCRD)			
ガイドチューブの損傷，変形 (FMCRD)			
ハッファスリーブの損傷，変形 (FMCRD)			
ボールネジの損傷，変形 (FMCRD)			
インデックスチューブの損傷，変形 (CRD)			
ピストンチューブの損傷，変形 (CRD)			
取付ボルトの損傷，変形			
<u>制御棒駆動系配管損傷，破断</u>			
HCU			
弁棒の損傷，変形			
ボディ/ボンネットフランジの損傷，変形			
取付フランジの損傷，変形			
ピストンの損傷，変形			
シリンダの損傷，変形			
<u>容器継手部の損傷，変形</u>			
<u>ユニットフレーム損傷</u>			
取付ボルト損傷			

1：制御棒及び燃料体（燃料集合体及びチャンネルボックス）点検で実施

2：炉内構造物点検においても実施

＝：発生の可能性が高いと想定されるもの

3：原子炉圧力容器及び付属機器点検においても実施

：損傷状況が判断できる点検

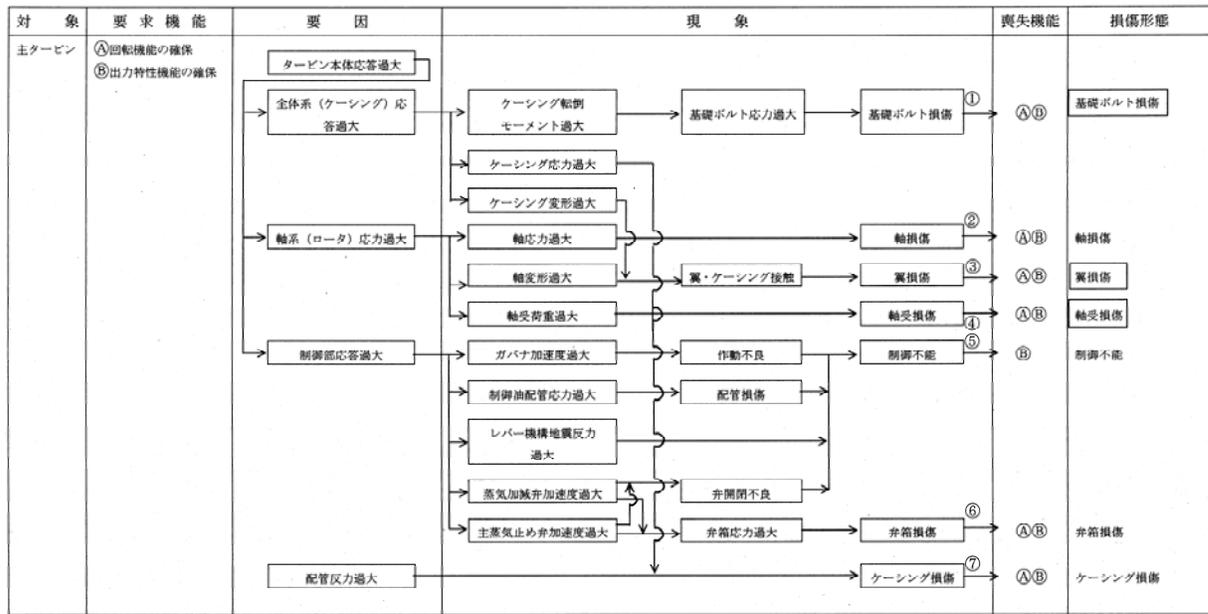
1.4) 主タービン

(1) 点検手法の選定

地震による損傷形態（部位）の想定

地震の影響が及ぶ可能性のある部位に着目した点検方法を策定するために、機器への地震力付加によって発生する損傷要因、およびそれに起因して生じる現象、喪失する機能を想定した。これらをまとめると表-1のようになる。

表-1 主タービン 地震時損傷形態分析結果



□：発生の可能性が高いと想定されるもの

損傷形態の想定を踏まえた点検方法の検討

表-1にて検討した損傷形態や機種の特長などを考慮すると、地震の荷重を直接受け保つ基礎ボルト、軸受の損傷と、併せて翼の接触による損傷が主に発生すると想定される。

表-1で検討された損傷形態の内、「基礎ボルト損傷」の損傷状態は、目視点検等での確認が有効と考えられる。その他の「翼損傷」、「軸受損傷」などは追加点検及び作動試験での確認が有効と考えられる。

これらを踏まえ、主タービンにおける地震後の点検は、「表 - 2 損傷形態および点検における検知性」に整理するように、基本点検として目視点検、作動試験を実施することとしたが、作動試験は蒸気が発生しなければ実施できないことから、追加点検として分解点検を実施することにより損傷状態を確認することとした。

表-2 想定される損傷形態と検知性

損傷形態	点検内容			
	基本点検		追加点検	
	目視点検	作動試験	非破壊試験	分解点検
<u>基礎ボルト損傷</u>				
軸損傷				
<u>翼損傷</u>				
<u>軸受損傷</u>				
制御不能				
弁箱損傷				
ケーシング損傷				

— : 発生の可能性が高いと想定されるもの

: 支持構造物点検で実施する

: 損傷状況が判断できる点検

15) 発電機

(1) 点検手法の選定

地震による損傷形態(部位)の想定

地震の影響が及ぶ可能性のある部位に着目した点検方法を策定するために、機器への地震力付加によって発生する損傷要因、およびそれに起因して生じる現象、喪失する機能を想定した。これらをまとめると表-1のようになる。

表-1 発電機 地震時損傷形態分析結果

対象	要求機能	要因	現象	喪失機能	損傷形態		
発電機	地震時の起動・運転と出力性能の確保 (A) 回転機能 (B) 気密性保持 (C) 出力性能	発電機本体応答過大	ターミナルボックス廻り 応答過大	内部構成部品損傷	(B)(C)	①ターミナルボックス廻り 内部構成部品損傷	
		ターミナルボックス廻り 応答過大	ブッシング応力過大	ブッシング損傷	(B)(C)	②ブッシング損傷	
		全体系(フレーム) 応答過大	フレーム材応力過大 (水素ガス冷却器を含む)		(A)(B)(C)	③フレーム材損傷	
			フレーム転倒モーメント 固定子加速度過大		(A)	④キー部(ギア、クロス)、 基礎ボルト損傷	
			固定子変形過大		(B)(C)	⑤固定子(コア、コイル)損傷	
			軸系(回転子)応答過大	軸応力過大		(A)	⑦軸損傷
				軸受荷重過大		(A)(B)	⑧軸受損傷
				回転子加速度過大		(A)	⑨回転子(コア、コイル)損傷
				回転子変形過大	固定子・回転子の接触	(A)	⑩回転子・固定子 (ラジアルファン)の損傷
				軸端変形過大		(A)(B)(C)	⑪軸受廻り(アラシホルダー廻り) フレーム損傷
			タービン軸系応答過大	軸端変形過大	軸継手部相対変位過大	(A)	⑫軸継手のずれ、損傷

: 発生の可能性が高いと想定されるもの

損傷形態の想定を踏まえた点検方法の検討

表-1にて検討した損傷形態や機種の特性を考慮すると、基礎ボルト損傷、フレーム位置ずれ、軸受損傷といった発電機各部位への応答過大に伴う損傷が主に発生すると想定される。

また、発電機は主タービンが起動しない状況にて最終的な機能・性能の確認ができない設備である。

これらを踏まえ、発電機における地震後の点検は、「表 - 2 損傷形態及び点検における検知性」に整理するように、追加点検として分解点検（回転子引抜き）を実施することとした。

なお、主発電機は「駆動源が蒸気である等の理由により、停止中に作動試験の実施が困難な設備」であり、あらかじめ追加点検として分解点検を実施する設備に該当することから、目視点検については分解点検に包含して実施することとした。

表-2 損傷形態及び点検における検知性

損傷形態	点検内容
	追加点検
	分解点検 1
ターミナルボックス廻り内部構成品損傷	
ブッシング損傷	
フレーム材損傷	
<u>キー部（ガイド、クロス）、基礎ボルト損傷</u>	
固定子（コア、コイル含）損傷	
<u>フレーム位置ずれ</u>	
軸損傷	
<u>軸受損傷</u>	
回転子（コア、コイル含）損傷	
<u>回転子・固定子（ラジアルファン等含）損傷</u>	
<u>軸受廻り（ブラシホルダー廻り含）、フレーム損傷</u>	
<u>軸継手のずれ、損傷</u>	

：損傷状況が判断できる点検

—：発生の可能性が高いと想定されるもの

1：目視点検は追加点検に包含して実施する。

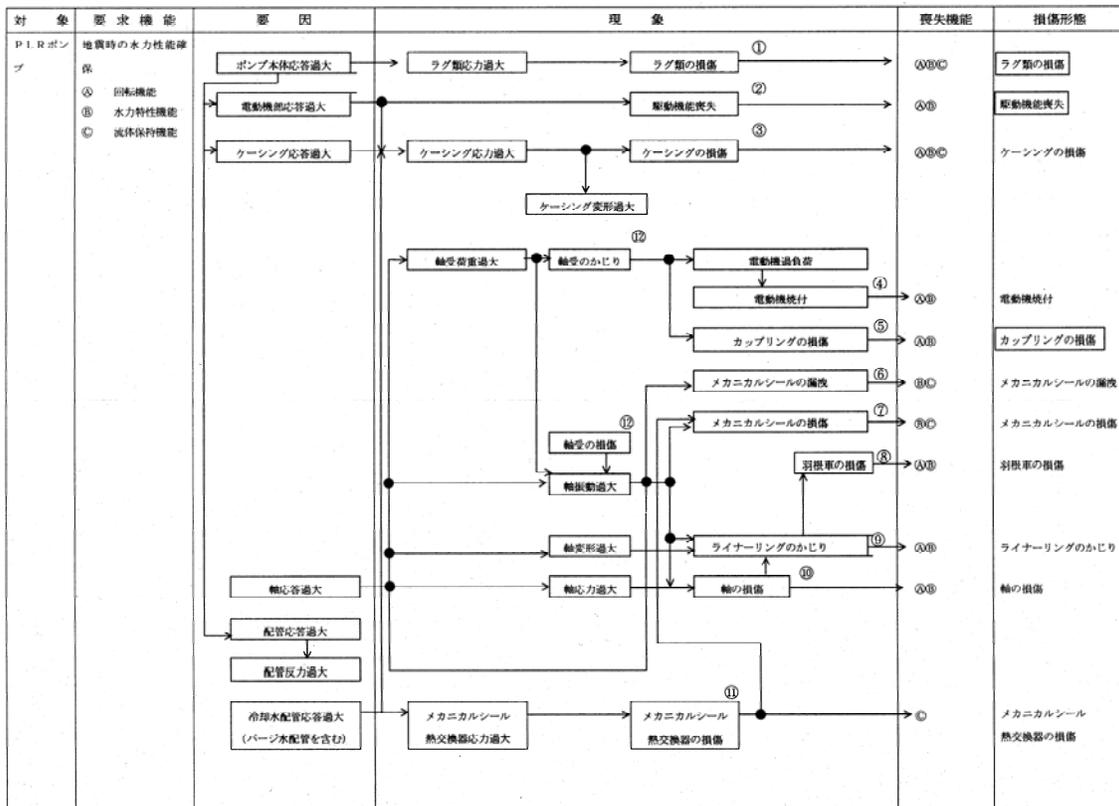
16) 再循環ポンプ

(1) 点検手法の選定

地震による損傷形態（部位）の想定

地震の影響が及ぶ可能性のある部位に着目した点検方法を策定するために、機器への地震力付加によって発生する損傷要因、およびそれに起因して生じる現象、喪失する機能を想定した。これらをまとめると表-1のようになる。

表-1 再循環ポンプ 地震時損傷形態分析結果



: 発生の可能性が高いと想定されるもの

損傷形態の想定を踏まえた点検方法の検討

表-1にて検討した損傷形態や機種の特性を考慮すると、「駆動機能喪失」が主に発生すると想定される。

表-1で検討された損傷形態の内、「ラグ類の損傷」「ケーシングの損傷」「カップリングの損傷」「メカニカルシールの損傷」等の損傷状態は、目視点検等での確認が有効と考えられる他に「駆動機能喪失」「電動機焼付」「軸の損傷」などは作動試験での確認が有効と考えられる。

これらを踏まえ、再循環ポンプにおける地震後の点検は、「表 2 損傷形態および点検における検知性」に整理するように、基本点検として目視点検、作動試験を実施する。

また、それらにより異常が確認された機器について追加点検として分解点検を実施し、各部の状況を把握することとする。

表-2 損傷形態及び点検における検知性

	損傷形態	点検内容		
		基本点検		追加点検
		目視点検	作動試験	分解点検 (開放点検)
再循環ポンプ	<u>ラグ類の損傷</u>	1		
	<u>駆動機能損傷</u>		2	
	ケーシングの損傷			
	電動機焼付		2	
	<u>カップリングの損傷</u>			
	メカニカルシールの漏洩			
	メカニカルシールの損傷			
	羽根車の損傷			
	ライナーリングのかじり			
	軸の損傷			
	メカニカルシール熱交換器の損傷			

＝：発生の可能性が高いと想定されるもの

- 1: 支持構造物点検で確認する項目
- 2: 電動機点検にて実施する
- ： 損傷状況が判断できる点検

1.7) 燃料取替機

(1) 点検手法の選定

地震による損傷形態(部位)の想定

地震の影響が及ぶ可能性のある部位に着目した点検方法を策定するために、機器への地震力付加によって発生する損傷要因、およびそれに起因して生じる現象、喪失する機能を想定した。これらをまとめると表-1のようになる。

表-1 地震時損傷形態分析結果

対象	要求機能	要因	現象	喪失機能	損傷形態	
燃料取替機	(A) 燃料の移送機能 (B) 落下防止機能	本体の応答過大	走行、横行のレール応力過大	走行、横行のレールの損傷	(A)(B)	走行、横行のレールの損傷
			走行、横行の再渡ローラ応力過大	走行、横行のサイドローラの損傷	(A)	走行、横行のサイドローラの損傷
			走行、横行の転倒防止金具応力過大	走行、横行の転倒防止金具の損傷	(B)	走行、横行の転倒防止金具の損傷
			走行、横行駆動系応力過大	走行、横行駆動系の損傷	(A)	走行、横行駆動系の損傷
			走行、横行位置検出系応力過大	走行、横行位置検出系の損傷	(A)	走行、横行位置検出系の損傷
			走行、横行リミットスイッチ(レバー含む)応力過大	走行、横行リミットスイッチ(レバー含む)の損傷	(A)	走行、横行リミットスイッチ(レバー含む)の損傷
			各部締め付けボルト及びワイヤリング応力過大	各部締め付けボルト及びワイヤリングの損傷	(A)(B)	各部締め付けボルト及びワイヤリングの損傷
			伸縮管、振れ止め装置応力過大	伸縮管、振れ止め装置の損傷	(A)	伸縮管、振れ止め装置の損傷
			機上搭載機器応力過大	機上搭載機器の損傷	(A)	機上搭載機器の損傷
			機上及び遠隔操作室設置の制御盤応力過大	機上及び遠隔操作室設置の制御盤の損傷	(A)	機上及び遠隔操作室設置の制御盤の損傷
			燃料取替機～中継端子盤～遠隔操作室制御盤までの電路のプル水のオーバーフローによる完全絶縁抵抗の低下	燃料取替機～中継端子盤～遠隔操作室制御盤までの電路の損傷	(A)	燃料取替機～中継端子盤～遠隔操作室制御盤までの電路の損傷
			機内配線の絶縁抵抗の低下	機内配線の損傷	(A)	機内配線の損傷
			電動機コイルの絶縁抵抗の低下	電動機コイルの損傷	(A)	電動機コイルの損傷
			各単体機器応力過大	各単体機器の損傷	(A)(B)	各単体機器の損傷
			その他機器応力過大	その他機器の損傷	(A)	その他機器の損傷
			プル内模擬燃料運転機器応力過大	プル内模擬燃料の手動運転の故障	(A)	プル内模擬燃料の手動運転の故障
				プル内模擬燃料の自動運転の故障	(A)	プル内模擬燃料の自動運転の故障

発生の可能性が高いと想定されるもの

損傷形態の想定を踏まえた点検方法の検討

表-1にて検討した損傷形態や機種の特性を考慮すると、地震の加重を直接受ける走行・横行のレール、走行・横行駆動系、各部締め付けボルト及びワイヤリング、伸縮管、振れ止め装置に損傷発生の可能性が高いと想定される。

表-1で検討された損傷形態のうち「走行、横行のレールの損傷」、「走行、横行駆動系の損傷」、「各部締め付けボルト及びワイヤリングの損傷」については目視点検での確認が有効と考えられる。「伸縮管、振れ止め装置の損傷」については目視点検に合わせ作動試験での確認が有効と考えられる。また、「燃料取替機～中継端子盤～遠隔操作室制御盤までの電路の損傷」、「機内配線の損傷」

傷」,「電動機コイルの損傷」については絶縁抵抗測定での確認が有効と考えられる。

尚,「プール内模擬燃料の手動運転(または自動運転)の故障」については,各部位の点検が終了し作動に支障がないことが確認された後で,作動試験での確認が有効と考えられる。

これらを踏まえ,燃料取替機における地震後の点検は,「表-2 損傷形態及び点検における検知性」に整理するように,基本点検として目視点検,絶縁抵抗測定,作動試験を実施し,それらにより異常が確認された機器について追加点検として分解点検を実施し,各部の状況を把握することとした。

表-2 損傷形態及び点検における検知性

損傷形態	点検内容			
	基本点検			追加点検
	目視点検	絶縁抵抗測定	作動試験	分解点検
①走行、横行のレールの損傷	○			
②走行、横行のサイドローラの損傷	○			
③走行、横行の転倒防止金具の損傷	○			
④走行、横行駆動系の損傷	○			○
⑤走行、横行位置検出系の損傷	○		○	
⑥走行、横行リミットスイッチ (レバー含む)の損傷	○		○	
⑦各部締め付けボルト及び ワイヤリングの損傷	○			
⑧伸縮管、振れ止め装置の損傷	○		○	○
⑨機上搭載機器の損傷	○			○
⑩機上及び遠隔操作室設置の制御盤の 損傷	○			
⑪燃料取替機～中継端子盤～遠隔操作 室制御盤までの電路の損傷	○	○		
⑫機内配線の損傷	○	○		
⑬電動機コイルの損傷		○		○
⑭各単体機器の損傷	○		○	
⑮その他機器の損傷	○		○	
⑯プール内模擬燃料の手動運転の故障			○	
⑰プール内模擬燃料の自動運転の故障			○	

— : 発生の可能性が高いと想定されるもの

○: 損傷状況が判断できる点検

18) クレーン

(1) 点検手法の選定

地震による損傷形態（部位）の想定

地震の影響が及ぶ可能性のある部位に着目した点検方法を策定するために、機器への地震力付加によって発生する損傷要因、およびそれに起因して生じる現象、喪失する機能を想定した。これらをまとめると表-1のようになる。

表-1 原子炉建屋クレーン 地震時損傷形態分析結果

対象	要求機能	要因	現象	喪失機能	損傷形態			
原子炉建屋クレーン	(A) 燃料およびキャスクの移送 (B) 落下防止機能	本体応答過大	クレーン本体ガード応力過大	クレーン本体ガードの損傷	(A)(B)	クレーン本体ガードの損傷		
			走行、横行のレール応力過大	走行、横行のレールの損傷	(A)	走行、横行のレールの損傷		
			脱線防止ラグ応力過大	脱線防止ラグの損傷	(A)(B)	脱線防止ラグの損傷		
			トロリストッパ応力過大	トロリストッパの損傷	(A)(B)	トロリストッパの損傷		
			走行、横行車輪周り応力過大	走行、横行車輪周りの損傷	(A)	走行、横行車輪周りの損傷		
			走行、横行リミットスイッチ（レバー含む）応力過大	走行、横行リミットスイッチ（レバー含む）の損傷	(A)	走行、横行リミットスイッチ（レバー含む）の損傷		
			各部締め付けボルト及びワイヤリング応力過大	各部締め付けボルト及びワイヤリングの損傷	(A)	各部締め付けボルト及びワイヤリングの損傷		
			巻上装置応力過大	巻上装置の損傷	(A)	巻上装置の損傷		
			機上搭載機器応力過大	機上搭載機器の損傷	(A)	機上搭載機器の損傷		
			制御盤応力過大	制御盤の損傷	(A)	制御盤の損傷		
			電路の絶縁抵抗の低下	電路の損傷	(A)	電路の損傷		
			機内配線の絶縁抵抗の低下	機内配線の損傷	(A)	機内配線の損傷		
			電動機コイルの絶縁抵抗の低下	電動機コイルの損傷	(A)	電動機コイルの損傷		
			各単体機器応力過大	各単体機器の損傷	(A)	各単体機器の損傷		
			その他機器応力過大	その他機器の損傷	(A)	その他機器の損傷		
			走行、横行駆動機器への外力付与	走行、横行駆動機器の損傷	(A)	走行、横行駆動機器の損傷		
			走行、横行駆動機器への外力付与	走行、横行駆動機器への外力付与	走行、横行駆動機器への外力付与	走行、横行駆動機器への外力付与	(A)	走行、横行駆動機器の損傷

□:発生の可能性が高いと想定されるもの

損傷形態の想定を踏まえた点検方法の検討

表-1にて検討した損傷形態や機種の特徴などを考慮すると、特に地震の荷重を直接受ける走行・横行レール、走行・横行車輪周り、間接的に影響を受ける各部締め付けボルト及びワイヤリング部、走行横行駆動機器に主に損傷が発生すると想定される。

表-1で検討された損傷形態の内「クレーン本体ガードの損傷」「脱線防止ラグの損傷」「トロリストッパの損傷」「走行・横行リミットスイッチ（レバー含む）の損傷」「巻上装置の損傷」「機上搭載機器の損傷」「制御盤の損傷」「電路の損傷」等の損傷状態は、目視点検での確認が有効と考えられる。

「機内配線の損傷」「電動機コイルの損傷」「各単体機器の損傷」などは作動試験（荷重試験含む）での確認が有効と考えられる。

これらを踏まえ，原子炉建屋天井クレーンにおける地震後の点検は，「表-2 損傷形態および点検における検知性」に整理するように，基本点検として目視点検，作動試験を実施し，それらにより異常が確認された機器について追加点検として分解点検を実施し，各部の状況を把握することとした。

表-2 損傷形態及び点検における検知性

損傷形態	点検内容		
	基本点検		追加点検
	目視点検	作動試験	分解点検
クレーン本体ガーダの損傷			
<u>走行，横行のレールの損傷</u>			
脱線防止ラグの損傷			
トロリストッパの損傷			
<u>走行，横行車輪周りの損傷</u>			
走行，横行リミットスイッチ（レバー含む）の損傷			
<u>各部締め付けボルト及びワイヤリングの損傷</u>			
巻上装置の損傷			
機上搭載機器の損傷			
制御盤の損傷			
電路の損傷			
機内配線の損傷			
電動機コイルの損傷			
各単体機器の損傷			
その他機器の損傷			
<u>走行，横行駆動機器の損傷</u>			

＝：発生の可能性が高いと想定されるもの

：損傷状況が判断できる点検

19) MGセット流体継手

(1) 点検手法の選定

地震による損傷形態（部位）の想定

地震の影響が及ぶ可能性のある部位に着目した点検方法を作成するために、機器への地震力付加によって発生する損傷要因、およびそれに起因して生じる現象、喪失する機能を想定した。これらをまとめると表 - 1 のようになる。

表-1 原子炉冷却材再循環ポンプMGセット流体継手 地震時損傷形態分析結果

対象	要求機能	要因	現象	喪失機能	損傷形態	
PLR-MGセット用 流体継手-発電機	(A) 回転機能	MG セット本体応答	磁子箱加速度過大	内部部品損傷	(A)	①絶縁不良・受送電不良
	(B) 駆動性能		磁子箱応答過大	磁子箱損傷		
RIP-MGセット用 フライホイール発電機		全体系の応答過大	フレーム転倒モーメント応答過大	基礎ベース部・取付ボルト応力過大	(A)	③基礎ベース部・取付ボルト損傷
			フランジ部応力過大	(A)	①フランジ部の損傷	
			PMG応力過大	(A)	③PMGの損傷有無	
			交流励磁機応力過大	(A)	⑥交流励磁機の損傷	
			ブラシ部応力過大	(A)	⑧ブラシの損傷	
			回転換出器応力過大	(A)	⑤回転換出器の損傷	
			フレーム材応答過大	(A)	②フレーム材損傷	
			固定子加速度過大	固定子・回転子の接触	(A)	PLR, RIP発電機 ④固定子の損傷 ⑤回転子の損傷
			固定子変形過大			
			回転子変形過大	(A)(B)	PLR F/D ⑦固定子の損傷有無 ⑧回転子の損傷有無	
			軸受応力過大			
			軸受荷重過大	(A)	PLR, RIP発電機 ⑩軸の損傷	
回転整流器応力過大	(A)(B)	PLR F/D ⑪軸の損傷				
配管応力過大	(A)	PLR, RIP発電機 ⑫軸受の損傷				
弁応力過大	(A)(B)	PLR F/D ⑬軸受の損傷				
クーラ応力過大	(A)	⑭回転整流器の損傷				
潤滑油・冷却水配管、弁、クーラ等	(A)	⑯配管、弁、クーラ等の損傷				

発生の可能性が高いと想定されるもの

発電機点検にて実施する。

損傷形態の想定を踏まえた点検方法の検討

表 - 1 にて検討した損傷形態や機種の特長などを考慮すると、基礎ベース部・取付ボルト、軸受の損傷が主に発生すると想定される。

表 - 1 で検討された損傷形態の内、「基礎ベース部・取付ボルトの損傷」は、目視点検等での確認が有効と考えられる。また、「軸受の損傷」は作動試験での確認が有効と考えられる。

これらを踏まえ、MGセット流体継手における地震後の点検は、「表 - 2 損傷形態及び点検における検知性」に整理するように、基本点検として目視点検、作動試験を実施し、それらにより異常が確認された機器について追加点検として分解点検を実施し、各部の状況を把握することとした。

表-2 損傷形態及び点検における検知性

損傷形態	点検内容		
	基本点検		追加点検
	目視点検	作動試験	
①絶縁不良・受送電不能		○	
②フレーム材損傷	○		
③基礎ベース部・取付ボルト損傷	○		○
④固定子の損傷(PLR,RIP 発電機)		○	○
⑤回転子の損傷(PLR,RIP 発電機)		○	○
⑥軸受の損傷(PLR,RIP 発電機)		○	○
⑦固定子の損傷(PLR F/D)		○	○
⑧回転子の損傷(PLR F/D)		○	○
⑨軸受の損傷(PLR F/D)		○	○
⑩軸の損傷(PLR,RIP 発電機)		○	○
⑪軸の損傷(PLR F/D)		○	○
⑫配管,弁,クーラー等の損傷	○		○
⑬フランジ部の損傷	○		
⑭PMGの損傷(PLR,RIP 発電機)		○	○
⑮回転検出器の損傷(PLR,RIP 発電機)		○	○
⑯交流励磁機の損傷(PLR,RIP 発電機)		○	○
⑰回転整流器の損傷(RIP 発電機)		○	○
⑱ブラシの損傷((PLR 発電機)		○	○

○: 損傷状況が判断できる点検 — : 発生の可能性が高いと想定されるもの

○: 発電機点検にて実施する。

【静的機器】

2.1) 原子炉压力容器および付属機器

(1) 点検手法の選定

地震による損傷形態（部位）の想定

地震の影響が及ぶ可能性のある部位に着目した点検方法を策定するために、機器への地震力付加によって発生する損傷要因、およびそれに起因して生じる現象、喪失する機能を想定した。これらをまとめると表-1のようになる。

表-1 原子炉压力容器および付属機器 地震時損傷形態分析結果

	要求機能	要因	現象	喪失機能	損傷形態		
原子炉压力容器 および付属機器	㉠バウンダリの維持 ㉡機器の支持	本体の応答過大	基礎ボルト応力過大	基礎ボルトの損傷	㉢	基礎ボルトの損傷	
			支持スカート応力過大	支持スカートの損傷	㉢	支持スカートの損傷	
			本体応力過大	胴部の損傷	㉠	胴部の損傷	
			スタビライザ応力過大	スタビライザ部損傷	㉢	スタビライザ部損傷	
			本体付属物応力過大	付属物（ラグ等）の損傷	㉢	付属物（ラグ等）の損傷	
			フランジ応力過大	フランジ部の損傷	㉠	フランジ部の損傷	
			RIP モータケーシング 応力過大	RIP モータケーシングの 損傷	㉠㉢	確認対象外	
			付属物応答過大	CRDハウジングレスト レイントビーム応力 過大	レストレイントビームの損傷	㉢	レストレイントビームの損傷
				CRD/ICM ハウジング 応力過大	CRD ハウジングの損傷	㉠	CRD ハウジングの損傷
		ICM ハウジングの損傷		㉠	ICM ハウジングの損傷		
		配管の応答過大	管台応力過大	配管の損傷	㉠	配管の損傷	

□：発生の可能性が高いと想定されるもの

損傷形態の想定を踏まえた点検方法の検討

表-1にて検討した損傷形態や機種の特性を考慮すると、特に地震の荷重を直接受ける基礎ボルト、間接的に影響を受ける付属物及び配管に損傷発生の可能性が高いと想定される。

表-1で検討された損傷形態のうち「支持スカートの損傷」「基礎ボルトの損傷」「配管の損傷」「付属物の損傷」については目視点検での確認が有効と考えられる。「胴体の損傷」「フランジ部の損傷」については漏えい試験での確認が有効と考えられる。「フランジ部の損傷」については原子炉压力容器上蓋を取外した状態にて目視点検での確認を行うものとする。

「CRDハウジングの損傷」「ICMハウジングの損傷」については、原子炉压力容器の底部より目視点検及び漏えい試験を行うこととし、炉内部分については炉内構造物点検で目視点検を実施する。

これらを踏まえ、原子炉圧力容器および付属機器における地震後の点検は、「表-2 損傷形態および点検における検知性」に整理するように、基本点検として目視点検、漏えい試験を実施し、それらにより異常が確認された機器について追加点検として非破壊検査等の詳細点検を実施し、各部の状況を把握することとした。

表-2 損傷形態及び点検における検知性

損傷形態	点検内容		
	基本点検		追加点検
	目視点検	漏洩試験	詳細点検
<u>基礎ボルトの損傷</u>			
<u>支持スカート</u> の損傷			
胸部の損傷			
<u>スタビライザ部</u> の損傷			
付属物（ラグ等）の損傷			
フランジ部の損傷			
<u>レストレイントビーム</u> の損傷			
CRDハウジングの損傷			
ICMハウジングの損傷			
<u>配管</u> の損傷			

— : 発生の可能性が高いと想定されるもの

— : 支持構造物点検で実施する

— : 損傷状況が判断できる点検

2.2) 炉内構造物

(1) 点検手法の選定

地震による損傷形態（部位）の想定

地震の影響が及ぶ可能性のある部位に着目した点検方法を策定するために、機器への地震力付加によって発生する損傷要因、およびそれに起因して生じる現象、喪失する機能を想定した。これらをまとめると表-1のようになる。

表-1 炉内構造物 地震時損傷形態分析結果

対象	要求機能	要因	現象	喪失する機能	損傷形態	
炉内構造物	(A) 炉心支持機能維持	①シェラッド②炉心支持板③上部格子板の応答過大	①シェラッド②炉心支持板③上部格子板支持部の応力大	①シェラッド②炉心支持板③上部格子板支持部の損傷	(A) (E)	①シェラッド②炉心支持板③上部格子板支持部の損傷
		④燃料支持金具の応答過大	④燃料支持金具の燃料支持部の応力大	④燃料支持金具の燃料支持部の損傷	(A)	④燃料支持金具の燃料支持部の損傷
		⑤制御棒案内管⑥中性子束計装案内管⑦CRD、ICMスタブの応答過大	⑤制御棒案内管⑥中性子束計装案内管⑦CRD、ICMスタブ支持部の応力大	⑤制御棒案内管⑥中性子束計装案内管⑦CRD、ICMスタブ支持部の損傷	(A) (E)	⑤制御棒案内管⑥中性子束計装案内管⑦CRD、ICMスタブ支持部の損傷
	(B) 安全系炉内配管類機能維持	(C) 炉心冠水機能維持	⑧炉心スプレイ系及び炉心注水系スベージヤ及び配管	⑧炉心スプレイ系及び炉心注水系スベージヤ及び配管	⑧炉心スプレイ系及び炉心注水系スベージヤ及び配管	⑧炉心スプレイ系及び炉心注水系スベージヤ及び配管
	⑨低圧注水系配管及び低圧注水スベージヤ⑩差圧検出・ほう酸水注入系配管の応答過大		⑨低圧注水系配管及び低圧注水スベージヤ⑩差圧検出・ほう酸水注入系配管支持部の応力大	⑨低圧注水系配管及び低圧注水スベージヤ⑩差圧検出・ほう酸水注入系配管支持部の損傷		
	(D) 湿分除去機能	⑪気水分離器⑫蒸気乾燥器の応答過大	⑪気水分離器⑫蒸気乾燥器の応力大	⑪気水分離器⑫蒸気乾燥器の損傷	(D)	⑪気水分離器⑫蒸気乾燥器の損傷
(E) 給水機能	⑬給水スベージヤの応答過大	⑬給水スベージヤの応力大	⑬給水スベージヤの損傷	(E)	⑬給水スベージヤの損傷	
(F) 機器の支持機能維持	⑭その他炉内機器の応答過大	⑭その他炉内機器支持部の応力大	⑭その他炉内機器支持部の損傷	(C)	⑭その他炉内機器支持部の損傷	

□ : 発生の可能性が高いと想定されるもの

損傷形態の想定を踏まえた点検方法の検討

表-1にて検討した損傷形態や機種の特性を考慮すると、主に地震の荷重を直接受ける支持部や各炉内構造物の損傷が発生すると想定される。これらの損傷形態は目視点検での確認が有効と考えられる。

これを踏まえ、炉内構造物に対する地震後の点検は、「表 - 2 損傷形態および点検における検知性」に整理するように、基本点検として目視点検を実施する。基本点検により異常が確認された機器等については、必要に応じ追加点検を実施し、各部の状況を把握することとした。

なお、制御棒駆動機構ハウジング及び中性子束計測ハウジング(スタブチューブを含む)は炉内部分を対象とし、炉外部分は原子炉压力容器及び付属機器側で実施する。

表-2 損傷形態及び点検における検知性

損傷形態	点検内容	
	基本点検	追加点検
	目視点検	詳細点検
<u>シュラウドの損傷</u>		
<u>炉心支持板の損傷</u>		
<u>上部格子板の損傷</u>		
<u>燃料支持金具の損傷</u>		
<u>制御棒案内管の損傷</u>		
<u>中性子束計測案内管</u>		
<u>CRD, ICM スタブの損傷</u>		
<u>炉心スプレイ系(BWR5)及び炉心注水系(ABWR)スパージャ及び配管の損傷</u>		
<u>低圧注水系配管(BWR5)及び低圧注水スパージャ(ABWR)の損傷</u>		
<u>差圧検出・ほう酸水注入系配管の損傷</u>		
<u>気水分離器の損傷</u>		
<u>蒸気乾燥器の損傷</u>		
<u>給水系スパージャの損傷</u>		
<u>その他の炉内機器</u>		

— : 発生の可能性が高いと想定されるもの

: 損傷状況が判断できる点検

2 3) 配管

(1) 点検手法の選定

地震による損傷形態（部位）の想定

地震の影響が及ぶ可能性のある部位に着目した点検方法を策定するために、機器への地震力付加によって発生する損傷要因，およびそれに起因して生じる現象，喪失する機能を想定した。これらをまとめると表-1 のようになる。

表-1 配管 地震時損傷形態分析結果

対 象	要 求 機 能	要 因	現 象	喪失機能	損傷形態
配管	④ バランジボルトの維持	配管応答過大 ↓ 配管応力大 (継手歪む) ↓ ノズル反力過大 ↓ フランジモーメント過大	溶接部応力大 → 損傷(変形、割れ) ① 溶接部反力大 → 損傷(変形、割れ) ② ボルトののび → 固力差でのによる漏洩 ③	① ② ③	① 管及び継手溶接部の損傷 ② ノズル溶接部の損傷 ③ フランジボルトののび

: 発生の可能性が高いと想定されるもの

損傷形態の想定を踏まえた点検方法の検討

表 - 1 にて検討した損傷形態や機種の特長などを考慮すると、地震慣性力による配管応答過大に伴い、管及び管継手溶接部、フランジ、ノズル各部位にて損傷が発生すると想定される。

表 - 1 で検討された破損形態の内、「管及び管継手溶接部の損傷」、「ノズル溶接部の損傷」、「フランジボルトののび」の損傷状態は、目視点検の他、配管の漏えい試験での確認が有効と考えられる。なお、これら配管のうち、建屋間貫通部近傍の配管一部の配管については、地震の影響を受けている可能性が高いため、念のために配管の溶接部に対して非破壊検査等を実施することにより、健全性評価の一助とすることとした。

これらを踏まえ、配管における地震後の点検は、「表-2 損傷形態及び点検における検知性」に整理するように、基本点検として目視点検、漏えい試験を実施し、それらにより異常が確認された機器について追加点検として非破壊検査等を実施し、各部の状況を把握することとした。

表-2 損傷形態及び点検における検知性

損傷形態	点検内容		
	基本点検		追加点検
	目視点検	漏えい試験	非破壊検査
<u>管及び継手溶接部の損傷</u>			
<u>ノズル溶接部の損傷</u>			
<u>フランジボルトののび</u>			

＝：発生の可能性が高いと想定されるもの

注) 保温材、サポートの状態について考慮の上点検を実施する

：損傷状況が判断できる点検