

制定 平成 25 年 6 月 19 日 原管地発第 1306196 号 原子力規制委員会決定
改正 令和 2 年 3 月 31 日 原規規発第 20033110 号 原子力規制委員会決定
改正 令和 3 年 6 月 23 日 原規技発第 2106233 号 原子力規制委員会決定
改正 令和 5 年 1 月 18 日 原規技発第 2301182 号 原子力規制委員会決定

耐津波設計に係る工認審査ガイドについて次のように定める。

平成 25 年 6 月 19 日

原子力規制委員会

耐津波設計に係る工認審査ガイドの制定について

原子力規制委員会は、「耐津波設計に係る工認審査ガイド」を別添のとおり定める。

附 則

この規程は、原子力利用における安全対策の強化のための核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律等の一部を改正する法律（平成 29 年法律第 15 号）第 3 条の規定の施行の日（令和 2 年 4 月 1 日）から施行する。

附 則

この規程は、令和 3 年 6 月 23 日から施行する。

附 則

この規程は、令和 5 年 1 月 18 日から施行する。

耐津波設計に係る設工認審査ガイド

平成 2 5 年 6 月

原子力規制委員会

目 次

1. 総則	1
1.1 目的	1
1.2 適用範囲	1
1.3 本ガイドの適用に当たっての留意事項	1
2. 基本方針	4
2.1 津波防護の基本方針	4
2.2 審査範囲及び事項	6
2.2.1 基本事項	6
2.2.2 津波防護設計	6
2.2.3 設計における検討事項	7
3. 津波防護設計に関する事項	10
3.1 基本事項	10
3.1.1 敷地及び敷地周辺における地形及び施設の配置等	10
3.1.2 基準津波による敷地周辺の遡上・浸水域	10
3.1.3 入力津波の設定	12
3.1.4 津波防護方針の審査にあたっての考慮事項（水位変動、地殻変動）	13
3.2 敷地の特性に応じた津波防護の基本方針	14
3.3 敷地への浸水防止（外郭防護1）	15
3.3.1 遡上波の地上部からの到達、流入の防止	15
3.3.2 取水路、放水路等の経路からの津波の流入防止	16
3.4 漏水による重要な安全機能への影響防止（外郭防護2）	17
3.4.1 漏水対策	17
3.4.2 安全機能への影響確認	18
3.4.3 排水設備の設置	18
3.5 重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）	19
3.5.1 浸水防護重点化範囲の設定	19
3.5.2 浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策	19
3.6 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止	21
3.6.1 非常用海水冷却系の取水性	21
3.6.2 津波の二次的な影響による非常用海水冷却系の機能保持確認	21
3.7 津波防護施設、浸水防止設備の設計・評価に係る検討事項	22
3.7.1 漂流物による波及的影響の検討	22
3.7.2 津波影響軽減施設・設備の扱い	24
3.8 津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備の分類	26
4. 津波防護施設に関する事項	27

4.1	津波防護施設の設計方針	27
4.2	使用材料及び材料定数	29
4.3	荷重及び荷重の組合せ	29
4.4	許容限界	31
4.5	荷重評価	31
4.6	構造設計手法	33
4.7	入力津波による荷重に対する設計	34
5.	浸水防止設備に関する事項	36
5.1	浸水防止設備の設計方針	36
5.2	浸水防止設備の種類、設置位置及び仕様	36
5.2.1	種類	36
5.2.2	設置位置	36
5.2.3	仕様	37
5.3	水密扉、止水処理を施したハッチ、閉止板、開口部、貫通部等（外郭防護及び内郭防護）	37
5.3.1	使用材料及び材料定数	37
5.3.2	荷重及び荷重の組合せ	37
5.3.3	許容限界	39
5.3.4	荷重評価	40
5.3.5	構造設計手法	40
5.3.6	入力津波による荷重に対する設計	41
6.	津波監視設備に関する事項	41
6.1	津波監視設備の設計方針	41
6.2	津波監視設備の種類、設置位置、仕様、構造及び強度	41
7.	浸水量評価に基づく安全性評価	44
7.1	評価の手順	44
7.2	防護対象設備	44
7.3	浸水防護範囲の設定	44
7.4	浸水発生源からの浸水範囲及び浸水量	45
7.4.1	浸水発生源の特定	45
7.4.2	浸水発生部位及び浸水発生部位からの浸水量	45
7.5	浸水防護範囲への浸水経路	46
7.6	浸水防護範囲への浸水量	47
7.7	安全性評価	49
8.	附則	50
別添	津波波圧評価に係る確認事項	52

1. 総則

1.1 目的

本ガイドは、発電用軽水型原子炉施設の設計及び工事の計画の認可に係る耐津波設計に関わる審査において、審査官等が実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成25年原子力規制委員会規則第5号）及び実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈（原規技発第1306193号（平成25年6月19日原子力規制委員会決定））（以下「設置許可基準規則及び同規則の解釈」という。）並びに実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（平成25年原子力規制委員会規則第6号）及び実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈（原規技発第1306194号（平成25年6月19日原子力規制委員会決定））（以下「技術基準に関する規則及び同規則の解釈」という。）の趣旨を十分踏まえ、耐津波設計の妥当性を厳格に確認するために活用することを目的とする。

1.2 適用範囲

本ガイドは、発電用軽水型原子炉施設に適用される。なお、本ガイドの基本的な考え方は、原子力関係施設及びその他の原子炉施設にも参考となるものである。

1.3 本ガイドの適用に当たっての留意事項

- ① 本ガイドにおいて使用する用語は、設置許可基準規則及び同規則の解釈並びに技術基準に関する規則及び同規則の解釈において使用する用語の例による。
- ② 本ガイドにおいて耐津波設計に係る審査対象とする施設・設備は以下のとおりである。
 - a) 津波防護施設、浸水防止設備：耐震Sクラス[※]の施設に対して津波による影響が発生することを防止する施設・設備
例：津波防護施設として、防潮堤、盛土構造物、防潮壁等。
浸水防止設備として、水密扉、壁・床の開口部・貫通部の浸水対策設備（ハッチ、止水板、シール処理）等。
 - b) 津波監視設備：敷地における津波監視機能を有する設備
例：津波監視設備として、敷地の潮位計及び取水ピット水位計並びに津波の来襲状況を把握できる屋外監視カメラ等。
 - c) 津波影響軽減施設・設備：津波防護施設、浸水防止設備への波力による影響を軽減する効果が期待される施設・設備
例：津波影響軽減施設として、港湾部の防波堤等。

※ 地震により発生する可能性のある安全機能の喪失及びそれに続く環境への放射線による影響を防止する観点から、重要な安全機能を有する施設

- ③本ガイドは、設計及び工事の計画の認可において活用する耐津波設計に係る審査ガイドであり、設置許可において活用する耐津波設計方針に係る審査ガイドとは、それぞれ詳細設計段階、基本設計段階のものと棲み分けているが、耐津波設計が、設置許可基準規則及び同規則の解釈並びに技術基準に関する規則及び同規則の解釈において新たに規定された事項であり、基本設計と詳細設計の整合性について詳細設計段階において慎重な審査が必要であるため、また、基本設計段階における施設・設備の設計方針が詳細設計段階において施設・設備の位置、仕様等として具現化され、その状態を反映した基本的な事項や津波防護の基本方針について詳細設計段階において再確認する必要があるため、以下の項目については、確認内容に共通性を持たせている。

3.1 基本事項

3.1.1 敷地及び敷地周辺における地形及び施設の配置等

3.1.2 基準津波による敷地及び敷地周辺の遡上・浸水域

3.1.3 入力津波の設定

3.1.4 津波防護方針の審査にあたっての考慮事項（水位変動、地殻変動）

3.2 敷地の特性に応じた津波防護の基本方針

- ④本ガイドの各項目においては、本ガイド作成時点で公表されている耐津波設計に関わる規格及び基準の規定並びに既往の研究成果等を参考とすべきものとして示した。また、耐津波設計に関わる新たな規格及び基準並びに新たな知見に常に注視し、審査においてそれらを必要に応じて速やかに考慮することが重要である。
- ⑤本ガイドの施設・設備の設計に係る「使用材料及び材料定数」、「荷重及び荷重組合せ」、「許容限界」の各項目においては、耐震設計と共通して適用できる規格及び基準の規定がある場合、その旨示した上で当該規格及び基準を例示した。
- ⑥本ガイドで示した、参考とすべき規定、既往研究の成果の適用に当たっては、適用条件、適用範囲を満たしていることについて常に留意し、適用の妥当性を確認していくことが重要である。
- ⑦津波防護設計において、津波の遡上、流入及び漏水の可能性のある経路を特定する場合等、土木構造物、建築物、機器・配管系等の施設に関わる複数の分野を統合した調査、検討が必要な場合があるため、各分野の技術者が対等に議論した上で実施された調査、検討について、

必要に応じて確認することが重要である。

2. 基本方針

2.1 津波防護の基本方針

原子炉施設の耐津波設計の基本方針については、『重要な安全機能を有する施設は、施設の共用期間中に極めてまれではあるが発生する可能性があり、施設に大きな影響を与えるおそれがある津波（基準津波）に対して、その安全機能を損なわない設計であること』である。この基本方針に関して、設計及び工事の計画の認可に係る審査において、以下の要求事項を満たした設計であることを確認する。

(1) 津波の敷地への流入防止

重要な安全を有する施設の設置された敷地において、基準津波による遡上波を地上部から到達、流入させない。また、取水路、放水路等の経路から流入させない。

(2) 漏水による安全機能への影響防止

取水・放水施設、地下部において、漏水可能性を考慮の上、漏水による浸水範囲を限定して、重要な安全機能への影響を防止する。

(3) 津波防護の多重化

上記2方針のほか、重要な安全機能を有する施設については、浸水防護をすることにより津波による影響等から隔離すること。

(4) 水位低下による安全機能への影響防止

水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響を防止する。

これらの要求事項のうち(1)及び(2)については、津波の敷地への流入を基本的に防止するものである。(3)については、津波に対する防護を多重化するものであり、また、地震・津波の相乗的な影響や津波以外の溢水要因も考慮した上で安全機能への影響を防止するものである。なお、(3)は、設計を超える事象（津波が防潮堤を超え敷地に流入する事象等）に対して一定の耐性を付与するものでもある。

ここで、(1)においては、敷地への流入を防止するための対策を施すことも求めており、(2)においては、敷地への流入対策を施した上でもなお漏れる水及び設備の構造上、津波による圧力上昇で漏れる水を合わせて「漏水」と位置付け、漏水による浸水範囲を限定し、安全機能への影響を防止することを求めている。

本ガイドの項目と、技術基準に関する規則及び同規則の解釈並びに設置許可基準規則及び同規則の解釈との関係を以下に示す。

耐津波設計に係る設工認審査ガイド	技術基準に関する規則※	技術基準に関する規則の解釈※
1. 総則	—	—
2. 基本方針	—	—
3. 津波防護設計に関する事項	—	—
3.1 基本事項	第二章 第六条 (第二章 第五条)	第6条 1 (3 第一号①,②、第五号②、第七号)
3.2 敷地の特性に応じた津波防護の基本方針	第二章 第六条 (第二章 第五条)	第6条 1 (3 第一号①,②,③、第二号①、第三号、第五号①～⑨)
3.3 敷地への浸水防止 (外郭防護1)	第二章 第六条 (第二章 第五条)	第6条 1 (3 第一号①,③)
3.4 漏水による重要な安全機能への影響防止 (外郭防護2)	第二章 第六条 (第二章 第五条)	第6条 1 (3 第二号①,②,③)
3.5 重要な安全機能を有する施設の隔離 (内郭防護)	第二章 第六条 (第二章 第五条)	第6条 1 (3 第三号)
3.6 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止	第二章 第六条 (第二章 第五条)	第6条 1 (3 第四、七号)
3.7 津波防護施設、浸水防止設備の設計・評価に係る検討事項	第二章 第六条 (第二章 第五条)	第6条 1 (3 第一号①,②,③、第二号①、第三号、第五号①,②,③,④,⑥,⑦,⑧,⑨)
3.8 津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備の分類	第二章 第六条 (第二章 第五条)	第6条 1 (3 第一号①,②,③、第二号①,②,③、第三号、第五号①～⑨)
4. 津波防護施設に関する事項	第二章 第六条 (第二章 第五条)	第6条 1 (3 第一号①,②,③、第二号①,②、第三号、第五号①,②,③,⑥,⑦,⑧,⑨)
5. 浸水防止設備に関する事項	第二章 第六条 (第二章 第五条)	第6条 1 (3 第一号①,②,③、第二号①,②、第三号、第五号①,②,④,⑥,⑦,⑧)
6. 津波監視設備に関する事項	第二章 第六条 (第二章 第五条)	第6条 1 (3 第三号、第五号①,②,⑤)
7. 浸水量評価に基づく安全性評価	第二章 第六条 (第二章 第五条)	第6条 1 (3 第二号①,②,③、第三号)
8. 附則	—	—

※ () 内は設置許可基準規則及び同規則の解釈の記載内容

2.2 審査範囲及び事項

設計及び工事の計画の認可に係る審査においては、安全上重要な設備（機器・系統）の配置等に係る詳細設計の条件下での基本事項、津波防護設計に関して、津波防護施設、浸水防止設備等の位置、仕様及び強度、浸水等の経路及び範囲並びに安全性評価の結果を確認する。また、設計における検討事項としては、漂流物対策の実施又は津波影響軽減施設・設備の設置に応じて、それらの位置・仕様・強度を確認する。設計及び工事の計画の認可に係る耐津波設計に関わる審査の範囲を表-1に示す。

それぞれの審査事項ごとの審査内容は以下のとおりである。

2.2.1 基本事項

以下の事項について、安全上重要な設備（機器・系統）の配置等に係る詳細設計の条件下での把握、確認を実施する。

- (1) 敷地の図面等に基づき敷地の地形、津波防護施設、主要建屋の配置等を把握する。
- (2) 津波の陸地への遡上解析を確認するとともに、その結果から、敷地周辺における津波の遡上及び浸水域を把握する。
- (3) 設計対象である津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備の位置における津波の時刻歴波形のうち、施設、設備に最も影響が大きいものを当該施設、設備の入力津波として設定していることを確認する。
- (4) 潮汐及びその他の要因による水位変動や地震による広域的な地殻変動の評価を確認するとともに、その結果に基づいた設計・評価において安全側の配慮がなされていることを確認する。

2.2.2 津波防護設計

以下の事項について、安全上重要な設備（機器・系統）の配置等に係る詳細設計の条件下での確認を実施する。

- (1) 津波防護方針として、敷地の特性（敷地の地形、敷地周辺の津波の遡上、浸水状況等）に応じた基本方針を確認する。
- (2) 敷地への浸水防止に係る津波防護施設（防潮堤、防潮壁等）、浸水防止設備（水密扉、配管等の貫通部の止水対策等）の位置・仕様・強度等を確認する。
- (3) 漏水による浸水防止に係る浸水防止設備の位置・仕様・強度等を確認する。
- (4) 重要な安全機能を有する施設の隔離に係る浸水防止設備の位置・仕様・強度等を確認する。
- (5) 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響を防止でき

る施設の仕様であることを確認する。

2.2.3 設計における検討事項

- (1) 漂流物による波及的影響を確認するとともに、影響を防止又は緩和するための対策が必要な場合は、対策の妥当性について確認する。
- (2) 津波影響軽減施設・設備の効果に期待する場合における当該施設・設備の位置・仕様・強度等を確認する。

表-1 設計及び工事の計画の認可に係る津波防護設計に関わる審査の範囲

大項目	中項目	審査事項	審査の範囲 ^{※1}	確認内容
基本事項	・敷地の地形 施設の配置等	—	○	遡上・浸水域の前提条件
	・遡上・浸水域	—	○	評価の妥当性
	・入力津波	—	○	
	・水位変動、地殻変動	—	○	考慮の妥当性
津波防護設計	・基本方針	敷地の特性に応じた津波防護の考え方	○	妥当性
	・外郭防護1	敷地への流入経路・対策	◎	経路・対策の妥当性
		流入経路・対策	◎	
		津波防護施設	◎	位置・仕様・強度
		浸水防止設備	◎	位置・仕様・強度 ^{※3}
		浸水量・安全評価 ^{※2}	◎	評価の妥当性
	・外郭防護2	漏水経路・浸水想定範囲・対策	◎	経路・範囲・対策の妥当性
		浸水防止設備	◎	位置・仕様・強度 ^{※3}
		浸水量・安全評価 ^{※2}	◎	評価の妥当性
	・内郭防護	浸水防護重点化範囲	◎	範囲の妥当性
		浸水防止設備	◎	位置・仕様・強度 ^{※3}
		浸水量・安全評価 ^{※2}	◎	評価の妥当性
	海水ポンプ取水性	安全機能保持の評価	○	位置・仕様
設計における検討事項	漂流物対策	漂流物の発生防止、影響緩和	◎	実施時の対策の妥当性
	津波影響軽減施設・設備	—	◎	設置時の位置・仕様・強度

※1 ○設置許可に係る安全審査時において基本設計の妥当性を確認しているが、設計及び工事の計画の認可に係る審査においても、安全上重要な設備（機器・系統）の配置等に係る詳細設計の条件下での妥当性を確認。

◎詳細設計の条件により、施設・設備の位置・仕様・強度及び流入等の経路、浸水範囲、対策の妥当性を確認。

※2 浸水対策の効果を確認するため、浸水量を確認。浸水範囲との重要な安全機能を有する設備の区画が近接する場合、安全性への影響を確認。

- ※ 3 水密扉、ハッチ等の構造物の部材に対して、強度を確認。扉、ハッチ、床・壁貫通部の止水処理に対して、施工方法ごとに試験により耐圧性、止水性を確認。

3. 津波防護設計に関する事項

3.1 基本事項

3.1.1 敷地及び敷地周辺における地形及び施設の配置等

【確認内容】

敷地及び敷地周辺の図面等に基づき、以下を確認する。

- (1) 敷地及び敷地周辺の地形、標高、河川の存在
- (2) 敷地における施設（以下、例示）の位置、形状等
 - ① 耐震Sクラスの設備を内包する建屋
 - ② 耐震Sクラスの屋外設備
 - ③ 津波防護施設（防潮堤、防潮壁等）
 - ④ 浸水防止設備（水密扉、止水板、床・壁貫通部の止水処理等）
 - ⑤ 津波監視設備（潮位計、取水ピット水位計等）
 - ⑥ 漂流物対策※
 - ⑦ 津波影響軽減施設・設備※
 - ⑧ 敷地内（防潮堤の外側）の遡上域の建物・構築物等（一般建物、鉄塔、タンク等）

※⑥の対策の実施又は⑦の施設・設備の設置が有る場合

- (3) 敷地周辺の人工構造物（以下、例示）の位置、形状等
 - ① 港湾施設（サイト内及びサイト外）
 - ② 河川堤防、海岸線の防波堤、防潮堤等
 - ③ 海上設置物（係留された船舶等）
 - ④ 遡上域の建物・構築物等（一般建物、鉄塔、タンク等）
 - ⑤ 敷地前面海域における通過船舶

3.1.2 基準津波による敷地周辺の遡上・浸水域

【規制基準における要求事項等】

遡上・浸水域の評価に当たっては、次に示す事項を考慮した遡上解析を実施して、遡上波の回り込みを含め敷地への遡上の可能性を検討すること。

- ・ 敷地及び敷地周辺の地形とその標高
- ・ 敷地沿岸域の海底地形
- ・ 津波の敷地への浸入角度
- ・ 敷地及び敷地周辺の河川、水路の存在
- ・ 陸上の遡上・伝播の効果
- ・ 伝播経路上の人工構造物

【確認内容】

- (1) 敷地及び敷地周辺の遡上・浸水域の評価（評価内容の確認は、安全審査時と同様）

- ① 上記の考慮事項に関して、遡上解析（砂移動の評価を含む。）の手法、データ及び条件を確認する。確認のポイントは以下のとおり。
- a) 敷地及び敷地周辺の地形とその標高について、遡上解析上、影響を及ぼすものが考慮されているか。遡上域のメッシュサイズを踏まえ適切な形状にモデル化されているか。
 - b) 敷地沿岸域の海底地形の根拠が明示され、その根拠が信頼性を有するものか。
 - c) 敷地及び敷地周辺に河川、水路が存在する場合には、当該河川、水路による遡上を考慮する上で、遡上域のメッシュサイズが十分か、また、適切な形状にモデル化されているか。
 - d) 陸上の遡上・伝播の効果について、遡上、伝播経路の状態に応じた解析モデル、解析条件が適切に設定されているか。
 - e) 伝播経路上の人工構造物について、遡上解析上、影響を及ぼすものが考慮されているか。遡上域のメッシュサイズを踏まえ適切な形状にモデル化されているか。
- ② 敷地周辺の遡上・浸水域の把握に当たっての考慮事項に対する確認のポイントは以下のとおり。
- a) 敷地前面・側面及び敷地周辺の津波の浸入角度及び速度並びにそれらの経時変化が把握されているか。また、敷地周辺の浸水域の寄せ波・引き波の津波の遡上・流下方向及びそれらの速度について留意されているか。
 - b) 敷地前面又は津波浸入方向に正対した面における敷地及び津波防護施設について、その標高の分布と敷地前面の津波の遡上高さの分布を比較し、遡上波が敷地に地上部から到達・流入する可能性が考えられるか。
 - c) 敷地及び敷地周辺の地形、標高の局所的な変化並びに河川、水路等が津波の遡上・流下方向に影響を与え、遡上波の敷地への回り込みの可能性が考えられるか。

【規制基準における要求事項等】

次に示す可能性が考えられる場合は、敷地への遡上経路に及ぼす影響を検討すること。

- ・ 地震に起因する変状による地形、河川流路の変化
- ・ 繰り返し来襲する津波による洗掘・堆積により地形、河川流路の変化

【確認内容】

- (2) 地震・津波による地形等の変化に係る評価（評価内容の確認は、安全審査時と同様）

- ① (1)の遡上解析結果を踏まえ、遡上及び流下経路上の地盤並びにその周辺の地盤について、地震による液状化、流動化（以下「地震による地盤変状」という。）若しくはすべり又は津波による地形変化若しくは標高変化が考えられる場合は、遡上波の敷地への到達（回り込みによるものを含む。）の可能性について確認する。なお、敷地の周辺斜面が、遡上波の敷地への到達に対して障壁となっている場合は、当該斜面の地震時及び津波時の健全性について、重要施設の周辺斜面と同等の信頼性を有する評価を実施する等、特段の留意が必要である。
- ② 敷地周辺の遡上経路上に河川、水路が存在し、地震による河川、水路の堤防等の崩壊、周辺斜面の崩落に起因して流路の変化が考えられる場合は、遡上波の敷地への到達の可能性について確認する。
- ③ 遡上波の敷地への到達の可能性に係る検討に当たっては、地形変化、標高変化、河川流路の変化について、基準地震動 S_s による被害想定を基に遡上解析の初期条件として設定していることを確認する。
- ④ 地震による地盤変状、斜面崩落等の評価については、適用する手法、データ及び条件並びに評価結果を確認する。

3.1.3 入力津波の設定

【規制基準における要求事項等】

基準津波は、波源域から沿岸域までの海底地形等を考慮した、津波伝播及び遡上解析により時刻歴波形として設定していること。

入力津波は、基準津波の波源から各施設・設備等の設置位置において算定される時刻歴波形として設定していること。

基準津波及び入力津波の設定に当たっては、津波による港湾内の局所的な海面の固有振動の励起を適切に評価し考慮すること。

【確認内容】

- (1) 入力津波は、海水面の基準レベルからの水位変動量を表示していること。なお、潮位変動等については、入力津波を設計又は評価に用いる場合に考慮するものとする。
- (2) 入力津波の設定に当たっては、入力津波が各施設・設備の設計に用いるものであることを念頭に、津波の高さ、津波の速度、衝撃力等、着目する荷重因子を選定した上で、各施設・設備の構造・機能損傷モードに対応する効果（浸水高、波力・波圧、洗掘力、浮力等）が安全側に評価されることを確認する。
- (3) 施設が海岸線の方角において広がりを持っている場合（例えば敷地前面の防潮堤、防潮壁）は、複数の位置において荷重因子の値の大小関係を比較し、当該施設に最も大きな影響を与える波形を入力津波とし

て設定していることを確認する。

(4) 基準津波及び入力津波の設定に当たっては、津波による港湾内の局所的な海面の固有振動の励起について、以下の例のように評価し考慮していることを確認する。

- ① 港湾内の局所的な海面の固有振動に関しては、港湾周辺及び港湾内の水位分布、速度ベクトル分布の経時的変化を分析することにより、港湾内の局所的な現象として生じているか、生じている場合、その固有振動による影響が顕著な範囲及び固有振動の周期を把握する。
- ② 局所的な海面の固有振動により水位変動が大きくなっている箇所がある場合、取水ピット、津波監視設備（敷地の潮位計等）との位置関係を把握する。（設計上クリティカルとなる程度に応じて緩和策、設備設置位置の移動等の対応を検討）

3.1.4 津波防護方針の審査に当たっての考慮事項（水位変動、地殻変動）

【規制基準における要求事項等】

入力津波による水位変動に対して朔望平均潮位（注）を考慮して安全側の評価を実施すること。

注）：朔（新月）及び望（満月）の日から5日以内に観測された、各月の最高満潮面及び最低干潮面を1年以上にわたって平均した高さの水位をそれぞれ、朔望平均満潮位及び朔望平均干潮位という潮汐以外の要因による潮位変動についても適切に評価し考慮すること。地震により陸域の隆起又は沈降が想定される場合、地殻変動による敷地の隆起又は沈降及び強震動に伴う敷地地盤の沈下を考慮して安全側の評価を実施すること。

【確認内容】

- (1) 敷地周辺の港又は敷地における潮位観測記録に基づき、観測期間、観測設備の仕様に留意の上、朔望平均潮位を評価していることを確認する。
- (2) 上昇側の水位変動に対して朔望平均満潮位を考慮し、上昇側評価水位を設定していること、また、下降側の水位変動に対して朔望平均干潮位を考慮し、下降側評価水位を設定していることを確認する。
- (3) 潮汐以外の要因による潮位変動について、以下の例のように評価し考慮していることを確認する。
 - ① 敷地周辺の港又は敷地における潮位観測記録に基づき、観測期間等に留意の上、高潮発生状況（程度、台風等の高潮要因）について把握する。
 - ② 高潮要因の発生履歴及びその状況並びに敷地における汀線の方向等

の影響因子を考慮して、高潮の発生可能性とその程度（ハザード）について検討する。

- ③ 津波ハザード評価結果を踏まえた上で、独立事象としての津波と高潮による重畳頻度を検討した上で、考慮の可否、津波と高潮の重畳を考慮する場合の高潮の再現期間を設定する。
- (4) 地震により陸域の隆起又は沈降が想定される場合、以下の例のように地殻変動量を考慮して安全側の評価を実施していることを確認する。
 - ① 広域的な地殻変動を評価すべき波源は、地震の震源と解釈し、津波波源となる地震の震源（波源）モデルから算定される広域的な地殻変動を考慮することとする。
 - ② プレート間地震の活動に関連して局所的な地殻変動があった可能性が指摘されている場合（南海トラフ沿岸部に見られる完新世段丘の地殻変動等）は、局所的な地殻変動量による影響を検討する。
 - ③ 地殻変動量は、入力津波の波源モデルから適切に算定し設定すること。
 - ④ 地殻変動が隆起又は沈降によって、以下の例のように考慮の考え方が異なることに留意が必要である。
 - a) 地殻変動が隆起の場合、下降側の水位変動に対して安全機能への影響を評価（以下「安全評価」という。）する際には、対象物の高さに隆起量を加算した後で、下降側評価水位と比較する。また、上昇側の水位変動に対して安全評価する際には、隆起しないものと仮定して、対象物の高さと同側評価水位を直接比較する。
 - b) 地殻変動が沈降の場合、上昇側の水位変動に対して安全評価する際には、対象物の高さから沈降量を減算した後で、上昇側評価水位と比較する。また、下降側の水位変動に対して安全評価する際には、沈降しないものと仮定して、対象物の高さと同側評価水位を直接比較する。
- ⑤ 基準地震動評価における震源モデルから算定される広域的な地殻変動についても、津波に対する安全性評価への影響を検討する。
- ⑥ 広域的な余効変動が継続中である場合は、その傾向を把握し、津波に対する安全性評価への影響を検討する。

3.2 敷地の特性に応じた津波防護の基本方針

【規制基準における要求事項等】

敷地の特性に応じた津波防護の基本方針が敷地及び敷地周辺全体図、施設配置図等により明示されていること。

津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備等として設置されるものの概要が網羅的に明示されていること。

【確認内容】

- (1) 敷地の特性（敷地の地形、敷地及び敷地周辺の津波の遡上、浸水状況等）に応じた津波防護の基本方針として以下を確認する。また、併せて、津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備等の配置の概要を把握する。
 - ① 重要な安全機能を有する施設が設置された敷地において、地上部から基準津波による遡上波が到達しないこと又は到達しないよう対策（津波防護施設、浸水防止設備の設置）が施されていること。
 - ② 重要な安全機能を有する施設が設置された敷地において、取水路、放水路等から津波を浸入させないよう対策（津波防護施設、浸水防止設備の設置）が施されていること。
 - ③ 取水・放水設備の構造上の特徴を考慮して、漏水による浸水範囲を限定する対策（浸水防止設備の設置等）が施されていること。対策を施した上で（①、②の対策を含む）浸水量を算定し、周辺に重要な安全機能を有する設備等（例えば、非常用冷却システムの海水ポンプ）がある場合、安全機能に影響が無いことを確認していること。
 - ④ 地震・津波の相乗的な影響やそれ以外の内部、外部溢水要因を考慮しても重要な安全機能に影響を及ぼさないよう、重要な安全機能を有する施設を建屋、区画単位で隔離していること。

3.3 敷地への流入防止（外郭防護1）

3.3.1 遡上波の地上部からの到達、流入の防止

【規制基準における要求事項等】

重要な安全機能を有する設備等を内包する建屋及び重要な安全機能を有する屋外設備等は、基準津波による遡上波が到達しない十分高い場所に設置すること。

基準津波による遡上波が到達する高さにある場合には、防潮堤等の津波防護施設、浸水防止設備を設置すること。

【確認内容】

- (1) 敷地に流入する可能性のある経路（遡上経路）の特定
 - (3.1.2)における敷地周辺の遡上の状況、浸水域の分布等を踏まえ、

以下を確認する。

- ① 重要な安全機能を有する設備又はそれを内包する建屋の設置位置・高さに、基準津波による遡上波が到達しないこと又は到達しないよう津波防護施設を設置していること。
 - ② 津波防護施設を設置する以外に既存の地山斜面、盛土斜面等の活用の有無。また、活用の際して補強等の実施の有無。なお、活用している場合の耐津波性に係る強度確認の詳細を「4. 津波防護施設に関する事項」に示す。
- (2) 津波防護施設の位置・仕様・強度を確認する。確認の詳細を「4. 津波防護施設に関する事項」に示す。
- ① 津波防護施設の種類（防潮堤、防潮壁等）及び位置
 - ② 施設ごとの構造形式、形状
 - ③ 耐津波性に係る強度
- (3) 浸水防止設備の位置・仕様・強度を確認する。確認の詳細を「5. 浸水防止設備に関する事項」に示す。
- ① 浸水防止設備の種類（水密扉、閉止板、壁・床貫通部の止水処理等）及び位置
 - ② 設備ごとの構造形式、形状
 - ③ 耐津波性に係る強度
- (4) 津波防護策の効果を確認するため、津波防護施設、浸水防止設備の内側への浸水量（漏水量）を確認する。浸水量評価の確認の詳細を「7. 浸水量評価に基づく安全性評価」に示す。

3.3.2 取水路、放水路等の経路からの津波の流入防止

【規制基準における要求事項等】

取水路、放水路等の経路から、重要な安全機能を有する施設の設置された敷地並びに重要な安全機能を有する設備を内包する建屋及び区画に津波の流入する可能性について検討した上で、流入する可能性のある経路（扉、開口部、貫通口等）を特定すること。

特定した経路に対して流入防止の対策を施すことにより津波の流入を防止すること。

【確認内容】

- (1) 敷地への海水流入の可能性のある経路（流入経路）の特定
以下のような経路（例示）からの津波の流入の可能性を検討し、流入経路を特定していることを確認する。
 - ① 海域に接続する水路から建屋、土木構造物地下部へのバイパス経路（水路周辺のトレンチ開口部、床・壁貫通部等）

- ② 津波防護施設（防潮堤、防潮壁）及び敷地の外側から内側（地上部、建屋、土木構造物地下部）へのバイパス経路（排水管、道路、アクセス通路等）
 - ③ 敷地前面の沖合から埋設管路により取水する場合の敷地内の取水路点検口及び外部に露出した取水ピット等（沈砂池を含む）
 - ④ 海域への排水管等
- (2) 特定した流入経路における津波防護施設の位置・仕様・強度を確認する。確認の詳細を「4. 津波防護施設に関する事項」に示す。
- ① 津波防護施設の種類（防潮壁等）及び位置
 - ② 施設ごとの構造形式、形状
 - ③ 耐津波性に係る強度
- (3) 特定した流入経路における浸水防止設備の位置・仕様・強度を確認する。確認の詳細を「5. 浸水防止設備に関する事項」に示す。
- ① 浸水防止設備の種類（水密扉、閉止板、壁・床貫通部の止水処理等）及び位置
 - ② 設備ごとの構造形式、形状
 - ③ 耐津波性に係る強度
- (4) 流入経路における浸水防止策の効果を確認するため、津波防護施設、浸水防止設備の内側への浸水量（漏水量）を確認する。浸水量評価の確認の詳細を「7. 浸水量評価に基づく安全性評価」に示す。

3.4 漏水による重要な安全機能への影響防止（外郭防護2）

3.4.1 漏水対策

【規制基準における要求事項等】

取水・放水設備の構造上の特徴等を考慮して、取水・放水施設や地下部等における漏水の可能性を検討すること。

漏水が継続することによる浸水の範囲を想定すること。

当該想定される浸水範囲（以下「浸水想定範囲」という。）の境界において浸水想定範囲外に流出する可能性のある経路（扉、開口部、貫通口等）を特定し、それらに対して浸水対策を施すことにより浸水範囲を限定すること。

【確認内容】

(1) 漏水の可能性の検討

取水・放水設備の仕様、配置を確認し、当該設備の構造上の特徴を考慮して抽出した、漏水の可能性のある箇所を確認する。

(2) 浸水想定範囲の設定

- ① 漏水の可能性のある箇所からの漏水量を推定した上で、滞留箇所と箇所ごとの漏水量から設定した浸水想定範囲を確認する。

- ② 浸水量の推定に当たっては、津波による繰り返しの加圧が作用するものとして、津波荷重の当該設備への作用位置における入力津波波形から算定される、継続時間を考慮していることを確認する。
- (3) 浸水想定範囲の境界において、浸水想定範囲外に流出する可能性のある経路がある場合に設置される浸水防止設備の位置・仕様・強度を確認する。確認の詳細を「5. 浸水防止設備に関する事項」に示す。
 - ① 浸水防止設備の種類（水密扉、閉止板、壁・床貫通部の止水処理等）及び位置
 - ② 設備ごとの構造形式、形状
 - ③ 耐津波性に係る強度

3.4.2 安全機能への影響確認

【規制基準における要求事項等】

浸水想定範囲の周辺に重要な安全機能を有する設備等がある場合は、防水区画化すること。
必要に応じて防水区画内への浸水量評価を実施し、安全機能への影響がないことを確認すること。

【確認内容】

- (1) (3.4.1)における浸水想定範囲の周辺に重要な安全機能を有する設備等がある場合は、浸水防止設備の設置等により防水区画化されていることを確認する。
- (2) 浸水想定範囲への浸水が安全機能への影響がないことを確認するため、浸水防止設備の内側への浸水量を確認するとともに、区画内への浸水が区画内の重要な安全機能を有する設備等の機能に影響を及ぼさないことを確認する。浸水量評価及び安全評価の確認の詳細を「7. 浸水量評価に基づく安全性評価」に示す。

3.4.3 排水設備の設置

【規制基準における要求事項等】

浸水想定範囲における長期間の浸水が想定される場合は、排水設備を設置すること。

【確認内容】

- (1) (3.4.2)の浸水量評価及び安全評価の結果を踏まえ、浸水想定範囲における浸水状態が長期間継続し、その結果として防水区画内の重要な安全機能を有する設備等の機能への累積的な影響が想定される場合は、排水設備が設置されていることを確認する。
- (2) 排水設備を設置する場合には、設置する排水設備の仕様が、浸水想定

範囲における浸水量を排水するのに十分なものであることを確認する。また、排水設備及びその運転に必要な燃料又は電源とそれを供給する設備（以下「排水系統」と総称する。）については、保管時及び動作時において津波による影響を受け難いものであることを確認する。

- (3) なお、排水系統については、内部溢水要因及び津波以外の外部溢水要因を考慮して設置する場合は考えられるため、その仕様等については、これら複数の要因の相乗的影響を考慮して確認する必要がある。

3.5 重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）

3.5.1 浸水防護重点化範囲の設定

【規制基準における要求事項等】

重要な安全機能を有する設備等を内包する建屋及び区画については、浸水防護重点化範囲として明確化すること。

【確認内容】

- (1) 防護対象となる重要な安全機能を有する設備等（以下「防護対象設備等」という。）について、詳細設計段階における位置情報が、敷地及び建屋図面上に明記されていることを確認する。
- (2) (1)の位置情報を基に、防護対象設備等を建屋単位又は区画単位にグルーピングした上で、当該単位を浸水防護重点化範囲として設定していることを確認する。

3.5.2 浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策

【規制基準における要求事項等】

地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水範囲、浸水量を安全側に想定すること。

浸水範囲、浸水量の安全側の想定に基づき、浸水防護重点化範囲に流入する可能性のある経路（扉、開口部、貫通口等）を特定し、それらに対して流入防止の対策を施すこと。

【確認内容】

- (1) 津波の流入を考慮した浸水範囲、浸水量については、地震による溢水の影響も含めて、以下のような安全側の想定を実施していることを確認する。
 - ① 地震・津波による建屋内の循環水系等の機器・配管の損傷による建屋内への津波及び系統設備保有水の溢水、下位クラス建屋における地震時のドレン系ポンプの停止による地下水の流入等の事象が想定されていること。
 - ② 地震・津波による屋外循環水系配管や敷地内のタンク等の損傷による

敷地内への津波及び系統設備保有水の溢水等の事象が想定されていること。

- ③循環水系機器・配管損傷による津波浸水量については、入力津波の時刻歴波形に基づき、津波の繰り返しの来襲が考慮されていること。
 - ④機器・配管等の損傷による溢水量については、内部溢水における溢水事象想定を考慮して算定していること。
 - ⑤地下水の流入量については、例えば、ドレン系が停止した状態での地下水水位を安全側（高め）に設定した上で、当該地下水位まで地下水の流入を考慮するか、又は対象建屋周辺のドレン系による1日当たりの排水量の実績値に対して、外部の支援を期待しない約7日間の積算値を採用する等、科学的合理性をもって安全側となる仮定条件で算定していること。
 - ⑥施設・設備施工上生じうる隙間部等についても留意し、必要に応じて考慮すること。例えば、津波、屋外施設からの溢水、地下水等が2つの建屋の外壁間の隙間を経由し、外壁の配管貫通部等から建屋内へ流入する場合等は浸水量として考慮する必要がある。
- (2) 浸水範囲、浸水量の安全側の想定に基づき、浸水防護重点化範囲に流入する可能性のある経路（扉、開口部、貫通口等）を特定していることを確認する。
- (3) 浸水防護重点化範囲の境界において特定した経路、浸水口における浸水防止設備の位置・仕様・強度を確認する。なお、ドレン系配管等、配管によるバイパス経路についても逆止弁の設置等により対策が施さる方針であることを確認する。確認の詳細を「5. 浸水防止設備に関する事項」に示す。
- ①浸水防止設備の種類（水密扉、閉止板、壁・床貫通部の止水処理等）及び位置
 - ②設備ごとの構造形式、形状
 - ③耐津波性に係る強度
- (4) 浸水範囲への浸水が安全機能への影響がないことを確認するため、浸水防護重点化範囲への浸水量（漏水量）を確認するとともに、範囲内への浸水が重要な安全機能を有する設備等の機能に影響を及ぼさないことを確認する。浸水量評価及び安全評価の確認の詳細を「7. 浸水量評価に基づく安全性評価」に示す。

3.6 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止

3.6.1 非常用海水冷却系の取水性

【規制基準における要求事項等】

非常用海水冷却系の取水性については、次に示す事項を満足すること。

- ・ 基準津波による水位の低下に対して海水ポンプが機能保持できる設計であること。
- ・ 基準津波による水位の低下に対して冷却に必要な海水が確保できる設計であること。

【確認内容】

(1) 海水ポンプの仕様、取水口の仕様、取水路又は取水ピットの仕様について、設置（変更）許可時の設計方針に基づいて、以下を確認する。
なお、評価水位については、前述（3.1.4）のとおり潮位変動及び地殻変動を安全側に考慮していることを確認する。

- ① 海水ポンプの設計用の取水可能水位が下降側評価水位を下回る等、水位低下に対して海水ポンプが機能保持できる設計であること。
- ② 引き波時の水位が実際の取水可能水位を下回る場合には、下回っている時間において、海水ポンプの継続運転が可能な貯水量を十分確保できる取水路又は取水ピットの構造仕様、設計であること。なお、取水路又は取水ピットが循環水系と非常系で併用される場合においては、循環水系運転継続等による取水量の喪失を防止できる措置が施されていること。

3.6.2 津波の二次的な影響による非常用海水冷却系の機能保持確認

【規制基準における要求事項等】

基準津波に伴う取水口付近の砂の移動・堆積が適切に評価されていること。

基準津波に伴う取水口付近の漂流物が適切に評価されていること。

非常用海水冷却系については、次に示す事項を満足すること。

- ・ 基準津波による水位変動に伴う海底の砂移動・堆積、陸上斜面崩壊による土砂移動・堆積及び漂流物に対して取水口及び取水路の通水性が確保できる設計であること。
- ・ 基準津波による水位変動に伴う浮遊砂等の混入に対して海水ポンプが機能保持できる設計であること。

【確認内容】

(1) 基準津波に伴う取水口付近の砂の移動・堆積については、(3.1.2)の遡上解析結果における取水口付近の砂の堆積状況に基づき、砂の堆積高さが取水口下端に到達しないことを確認する。取水口下端に到達す

る場合は、取水口及び取水路が閉塞する可能性を安全側に検討し、閉塞しないことを確認する。「安全側」の検討とは、浮遊砂濃度を合理的な範囲で高めてパラメータスタディすることによって、取水口付近の堆積高さを高め、また、取水路における堆積砂混入量、堆積量を大きめに算定すること等が考えられる。

(2) 例えば、以下のような点を踏まえ、海水ポンプの機能を保持できることを確認する。

- ・ 海水ポンプ吸い込み口位置に浮遊砂が堆積し、吸い込み口を塞がないよう、浮遊砂の堆積厚に対して、海水ポンプピット床版の上面から海水ポンプ吸い込み口下端まで十分な高さがあること。
- ・ 浮遊砂が混入する可能性を考慮し、海水ポンプそのものが運転時の砂の混入に対して軸固着しにくいものであること。

(3) 基準津波に伴う取水口付近の漂流物については、(3.1.2)の遡上解析結果における取水口付近を含む敷地前面及び遡上域の寄せ波・引き波の方向、速度の変化を分析した上で、漂流物の可能性を検討し、漂流物により取水口が閉塞しないこと又は閉塞防止措置を施すことを確認する。なお、取水スクリーンについては、異物の混入を防止する効果が期待できるが、津波時には破損して混入防止が機能しないだけでなく、それ自体が漂流物となる可能性があることに留意する必要がある。漂流物の可能性の検討の確認に当たっては、(3.7.1)を参照すること。

3.7 津波防護施設、浸水防止設備の設計・評価に係る検討事項

3.7.1 漂流物による波及的影響の検討

【規制基準における要求事項等】

津波防護施設の外側の発電所敷地内及び近傍において建物・構築物、設置物等が破損又は損壊した後に漂流する可能性について検討すること。

上記の検討の結果、漂流物の可能性がある場合には、防潮堤等の津波防護施設、浸水防止設備に波及的影響を及ぼさないよう、漂流防止措置又は津波防護施設、浸水防止設備への影響防止措置を施すこと。

【確認内容】

(1) 漂流物の特定、漂流物による影響の程度に応じた措置等について、以下を確認する。

- ① 敷地周辺の遡上解析結果等を踏まえて、敷地周辺の陸域の建物・構築物及び海域の設置物等を網羅的に調査した上で、敷地への津波の来襲経路及び遡上経路並びに津波防護施設の外側の発電所敷地内及び近傍において発生する可能性のある漂流物を特定していること。なお、

漂流物の特定に当たっては、地震による損傷が漂流物の発生可能性を高めることを考慮していること。また、敷地港湾及び敷地前面海域において航行、停泊、係留される船舶がある場合は、津波の特性、地形、設置物の配置、船舶の退避行動等を考慮の上、漂流物となる可能性について検討していること。

- ② 特定された漂流物が防潮堤等の津波防護施設、浸水防止設備に及ぼす影響の程度に応じて、以下のような津波防護施設、浸水防止設備への設計上の考慮又は影響防止措置を施していること。
 - a) 瓦礫等の軽量物が漂流物として特定されている場合又は漂流物に対して後述の b) の対策が施されていない場合、津波防護施設、浸水防止設備の設計において、漂流物が当該施設・設備に衝突する荷重を考慮していること。漂流物による荷重評価の詳細を「4. 津波防護施設に関する事項」及び「5. 浸水防止設備に関する事項」に示す。
 - b) タンク、船舶等の重量物が漂流物として特定されている場合、当該重量物が漂流しないよう固定する等、漂流防止装置を設置又は津波防護施設、浸水防止設備に対して、漂流物が衝突しないよう防護柵、防護壁等の影響防止装置を設置。
- ③ 漂流防止装置の仕様・強度の確認に当たっては以下に留意する。
 - a) 対象物の浸水深に応じた浮力、対象物の形状及び津波の速度に応じた波圧を荷重として考慮していること。
 - b) 津波の遡上状況を勘案し、必要に応じて津波による衝撃力を考慮していること。
 - c) 漂流防止装置と対象物の接続部に荷重が集中し、対象物を破損させないこと。
 - d) 漂流防止装置の対象物の接続は、安定した状態を維持できるよう配慮すること。(ワイヤー接続の場合、接続点が少ないと浮き上がりと同時に転倒する可能性がある。)
- ④ 影響防止装置の仕様・強度の確認に当たっては以下に留意する。
 - a) 対象物の形状及び津波の速度に応じた波圧を荷重として考慮していること。
 - b) 津波の遡上状況を勘案し、必要に応じて津波による衝撃力を考慮していること。
 - c) 漂流物の重量及び津波の速度に応じた衝突荷重を考慮していること。衝突荷重の評価に当たっては、対象物に対して最大の荷重を与える漂流物の重量、形状を考慮していること。
 - d) 漂流物の形状によらず衝突時の荷重が分散される形状、構造であること。

3.7.2 津波影響軽減施設・設備の扱い

【規制基準における要求事項等】

津波防護施設、浸水防止設備の設計において津波影響軽減施設・設備の効果を期待する場合、津波影響軽減施設・設備は、基準津波に対して津波による影響の軽減機能が保持されるよう設計すること。

津波影響軽減施設・設備は、次に示す事項を考慮すること。

- ・ 地震が津波影響軽減機能に及ぼす影響
- ・ 漂流物による波及的影響
- ・ 機能損傷モードに対応した荷重について十分な余裕を考慮した設定
- ・ 余震による荷重と津波による荷重の荷重組合せ
- ・ 津波の繰り返し来襲による作用が津波影響軽減機能に及ぼす影響

【確認内容】

(1) 津波影響軽減施設・設備を設置する場合は、当該施設・設備の設置位置、仕様を確認し、以下のように分類する。

① 敷地前面の港湾内又は港湾外の海中に設置しているもの（以下「海中設置物」という。）

海中設置物の例としては、防波堤、離岸堤、潜堤、人工リーフ等が考えられる。

② 敷地前面の陸上（津波防護施設、浸水防止設備の外側）に設置しているもの（以下「陸上設置物」という。）

陸上設置物の例としては、消波工、根固工（設置状況によっては①に分類される）が考えられる。

(2) (1)の分類ごとに、津波影響軽減施設・設備に期待する効果とその有効性を確認する。また、有効性確認に当たっては、試験、解析等による検証に加え、敷地及び敷地周辺の津波の性状を考慮しても適用可能であることを確認する。

(3) (1)の分類ごとに、以下のように耐津波性、地震による影響等を確認する。確認に当たっては、「4. 津波防護施設に関する事項」、「5. 浸水防止設備に関する事項」の各項目を参照する。

① 海中設置物

a) 設置位置の入力津波による荷重に対して、滑り、転倒、沈下により津波影響軽減機能が損なわれないこと。

b) 津波による荷重の設定に際しては、浮力、漂流物の影響、津波の繰り返しの来襲を考慮するとともに、入力津波に対して十分な余裕を考慮すること。（詳細は別添 津波波圧評価に係る確認事項を参照すること。）また、余震による荷重と津波による荷重の荷重組合せを考慮

すること。

- c) 基準地震動に対して、滑り、転倒、沈下により津波影響軽減機能が損なわれないこと。

② 陸上設置物

- a) 設置位置の入力津波による荷重に対して、滑り、転倒、沈下により津波影響軽減機能が損なわれないこと。
 - b) 津波による荷重の設定に際しては、漂流物の影響、津波の繰り返しの来襲を考慮するとともに、入力津波に対して十分な余裕を考慮すること。(詳細は別添 津波波圧評価に係る確認事項を参照すること。) また、余震による荷重と津波による荷重の荷重組合せを考慮すること。
 - c) 基準地震動に対して、滑り、転倒、沈下により津波影響軽減機能が損なわれないこと。
 - d) 陸上設置物が、地震、繰り返しの津波の作用により損傷した場合、遡上波の流路、流速が変化し、背後の津波防護施設、浸水防止設備に作用する荷重に影響を及ぼす可能性に留意すること。
- (4) 港湾施設（防波堤、消波ブロック、栈橋等）のうち津波影響軽減の効果を期待しない施設については、津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備への波及的影響の観点から、地震及び津波に対する耐性を確認する。

3.8 津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備の分類

本ガイドで扱う津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の分類について下表に示す。

分類	定義	施設・設備※ ¹	施設・設備の目的
津波防護施設	外郭防護及び内郭防護を行う土木、建築構造物	・防潮堤（既存地山による自然堤防を含む） ・防潮壁	・敷地内に、津波を浸水及び漏水させない（外郭防護）
		・建屋等の内壁や床（建屋間境界壁を含む）	・浸水防護重点化範囲内に、地下水や内部溢水を浸水させない（内郭防護）
浸水防止設備	外郭防護及び内郭防護を行う機器・配管等の設備	・防潮堤・防潮壁に取りつけた水密扉等、止水処理を施したハッチ等、止水処理を施した開口部等、その他浸水防止に係る設備	・敷地内に、津波を浸水及び漏水させない（外郭防護）
		・建屋等の壁や床に取りつけた水密扉や止水処理を施したハッチ等、止水処理を施した開口部等、その他浸水防止に係る設備	・浸水防護重点化範囲内に、津波や内部溢水及び地下水を浸水させない（内郭防護）
設備 津波監視	津波の挙動を把握する設備	・取水ピット水位計 ・敷地の潮位計 ・津波監視カメラ ※ ³	・外郭防護及び内郭防護の機能を確実に確保するために、サイト特有の津波挙動を把握する

※¹ 建屋等の外壁及び外壁に取り付けた水密扉やハッチについては、設計事象のうち地震に起因する溢水に対応する施設・設備の扱いとし、本ガイドでは扱わない。

※² 漏水が継続することによる浸水の範囲

※³ GPS機能を用いた波浪計、津波監視レーダー、津波監視カメラの3つの監視技術の組合せによる津波の早期検知システムの構築が試みられている。

4. 津波防護施設に関する事項

4.1 津波防護施設の設計方針

【規制基準における要求事項等】

津波防護施設については、その構造に応じ、波力による浸食及び洗掘に対する抵抗性並びにすべり及び転倒に対する安定性を評価し、越流時の耐性等にも配慮した上で、入力津波に対する津波防護機能が十分に保持できるよう設計すること。

【審査における確認事項】

- (1) 施設の寸法、構造、強度及び支持性能（地盤強度、地盤安定性）が要求事項に適合するものであること。
- (2) 入力津波に対して津波防護機能が十分保持できる設計がなされていること。具体的な内容については、以下のとおりである。
 - ① 荷重組合せ
 - a) 津波による荷重と余震による荷重が適切に考慮されていること。耐津波設計における荷重組合せ：常時+津波、常時+津波+地震（余震）
 - ② 荷重の設定
 - a) 津波による荷重（波圧、衝撃力）の設定に関して、考慮する知見及びそれらの適用性に留意の上、用いられていること。（詳細は別添 津波波圧評価に係る確認事項を参照すること。）
 - b) 余震による荷重として、サイト特性（余震の震源、ハザード）が考慮され、合理的な頻度、荷重レベルが設定されていること。
 - c) 地震により周辺地盤に液状化が発生する場合、防潮堤基礎杭に作用する側方流動力等の可能性を検討し、設計に考慮していること。
 - ③ 許容限界
 - a) 許容限界として、当該構造物全体の変形能力（終局耐力時の変形）に対して十分な余裕を有し、かつ、津波防護機能を保持することを基本としていることを確認する。（なお、機能損傷に至った場合、補修に、ある程度の期間が必要となることから、地震、津波後の再使用性に着目した許容限界にも留意する必要がある。）

【確認内容】

津波防護施設の種類、設置位置及び仕様に係る確認内容を以下に例示する。

① 種類・構造形式・仕様

各津波防護施設の種類、構造形式、形状等の仕様を確認する。

a) 防潮堤

堤体：鉄筋コンクリート、鉄骨・鉄筋コンクリート、盛土造等

基礎：杭基礎、直接基礎等

b) 防潮壁

壁体：鉄筋コンクリート、鋼板コンクリート造等

基礎：取水ピット胸壁と一体化、擁壁構造等

c) 建屋等内壁・床

壁・床：鉄筋コンクリート造等

② 設置位置

- ・ 設置位置については、津波遡上解析や現地の津波痕跡データ等を基にして、津波が遡上する可能性のある位置に設定されていることを確認する。

③ 設計方針

a) 防潮堤

1) 来襲する津波が敷地へ浸入することを防止するため、津波のせり上がり等を踏まえた必要高さを有するとともに、津波波力等の荷重に対して当該施設の機能が保持できるよう設計されていることを確認する。

2) 津波荷重の設定、津波防護施設の設計では、入力津波の算定結果を基にして、広域の地盤沈降による影響に対して、想定される沈降量を踏まえた検討が行われていることを確認する。

b) 防潮壁

1) 取水路等の海水に接続する地下構造物からの敷地への流入に対しては、敷地への流入源となりうる箇所への措置が必要であり、防潮壁の設置や開口部の閉止があげられる。これらの施設が流入を防止するための必要高さを有するとともに、施設に作用する波圧に対して当該施設の機能が保持できるよう設計されていることを確認する。

c) 建屋等内壁・床

1) 海水ポンプ設置床のような建屋等の内壁及び床は、津波の浸水による波圧等に対して、当該施設の機能が保持できるよう設計されていることを確認する。

4.2 使用材料及び材料定数

【審査における確認事項】

- (1) 津波防護施設の設計における使用材料及び材料定数は、規格及び基準等に基づき適切な材料及び材料定数が用いられていること。
- (2) 盛土構造物については、「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価に係る審査ガイド」及び「敷地内及び敷地周辺の地質・地質構造評価に係る審査ガイド」に準じて設定されていること。

【確認内容】

材料定数については、材料のばらつきを考慮して設計上、科学的合理性をもって安全側となる定数が設定されていることを確認する。

4.3 荷重及び荷重の組合せ

【審査における確認事項】

- (1) 安全審査の段階で評価した入力津波の設定方針に基づき、対象施設の設計に用いることを目的として、対象施設の設置位置における入力津波が適切に求められていること。
- (2) 入力津波以外の荷重として、地震力（余震）や各種基準類に示されている荷重類が考慮されていること。
- (3) 上記荷重を適切に組み合わせていること。

【確認内容】

① 津波荷重

- a) 津波の繰り返し作用については、入力津波の時刻歴波形に基づき、津波防護施設の機能へ及ぼす影響を考慮して荷重設定が行われていることを確認する。
- b) 過去の津波被害では、洗掘による施設の倒壊等が多数発生している。これを踏まえ、基準津波及びこれの伝播過程の不確かさ・ばらつきを考慮して越流の可能性を検討し、必要に応じて越流時の荷重（例えば、洗掘力等）を踏まえた荷重設定が行われていることを確認する。
- c) 津波伝播及び遡上解析結果を踏まえ、実状に応じて引き波による荷重を考慮していることを確認する。なお、荷重の検討にあたっては、引き波の流下方向、速度に加え、流下方向における地形・人工物の背後側の渦巻き流及び滞留による影響や人工物前面の洗掘による影響も考慮すること。
- d) 津波のサイト特性を踏まえて、漂流物の衝突についても考慮されていることを確認する。なお、漂流物の可能性の検討、漂流物の影響の程度に応じた設計上の考慮については、(3.7.1)を参照する。
- e) 発電所施設周辺の一般的な漂流物としては、周辺に停泊されている船

船や車両、コンテナ、木材等の人工物があげられる。また、防波堤等と共に設置される消波ブロック等も津波の大きさによって漂流物となりうる。対象漂流物の設定にあたっては、現地踏査等により、潜在的に漂流物となりうる対象とその形状、数量について検討を行い、漂流物の特定がなされていることを確認する。

f) 津波防護施設の設計において、漂流物による荷重を考慮する場合、以下の事項が考慮されていることを確認する。

- ・ 漂流物による津波防護施設への作用は、漂流物の衝突力によって評価されていることを確認する。
- ・ 漂流物による荷重（衝突力）は、「津波漂流物対策施設設計ガイドライン」等を参照し、対象漂流物の質量や寸法、喫水（海水面から対象漂流物の下端までの深さ）を基にして算出されていることを確認する。
- ・ 漂流物の衝突力は、漂流物の重量と流速による衝突エネルギーによって求めることができ、流速の算定については、津波伝播及び遡上解析によって、衝突エネルギーが大きくなる最大浸水深、最大流速から設定されていることを確認する。
- ・ 漂流物の流速については、既往の研究から浸水深が大きくなるほど最大流速が大きくなることが示されている。流速の設定においては、津波伝播及び遡上解析等によって、科学的合理性をもって流速が安全側となるよう浸水深が設定されていることを確認する。

②地震荷重等

- a) 入力津波以外の荷重として、地震（余震）や降雪、風、高潮、台風、豪雨等の自然現象に起因する外的事象等の各種基準類に示されている荷重類が考慮されていることを確認する。
- b) 周辺地盤で液状化の発生が想定される場合、側方流動の影響について検討されていることを確認する。
- c) 地震荷重（基準地震動による荷重、余震による荷重）については、「耐震設計に係る設工認審査ガイド」の「6. 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備に関する事項」に準じて検討されていることを確認する。なお、作用荷重は、対象施設の構造形式に応じて検討されていることを確認する。

4.4 許容限界

【審査における確認事項】

- (1) 津波荷重に対する施設の構造健全性、安定性、止水性や水密性等について設計上、適切と認められる規格及び基準等に基づく許容限界を設定していること。

【確認内容】

- a) 津波に対する適当な規格及び基準等がない場合、耐震設計に係る規格及び基準等を参考に、照査する性能に応じた適切な許容限界であることを確認する。また、地震に対する評価と同様の許容限界が適用できる場合には耐震設計に係る規格及び基準等を準用していることを確認する。
- b) 盛土による防潮堤や河川堤防等の盛土・地山斜面については、「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価に係る審査ガイド」に準じ、周辺斜面の評価に用いるすべり安全率による評価基準値を許容限界値としていることを確認する。また、入力津波や地震荷重等に対する盛土法面の損傷防護のための表面覆工等についても適切と認められる規格及び基準等に基づいて許容限界を設定していることを確認する。

4.5 荷重評価

【審査における確認事項】

- (1) 施設に作用する入力津波が、基準津波の波源からの津波伝播及び遡上解析によって適切に算定されていること、また、施設の設計上、機能損傷モードに応じた津波作用（波力・波圧、洗掘力、浮力等）として、最も安全側となる津波荷重が評価されていること。
- (2) 施設への作用波力等を算定する解析では、適切な手法、適切な解析モデル及び解析条件が設定されていること。

【確認内容】

① 津波荷重の算定

- a) 入力津波の算定では、津波伝播及び遡上解析による対象施設前面の荷重（波圧）の時刻歴を基に、構造強度及び安定性について、それぞれの損傷モードに対して科学的合理性をもって安全側の荷重（波圧）分布を用いていることを確認する。
- b) 対象施設の構造形式、形状、敷地形状や海底面の地形変化等を踏まえ、平面２次元解析モデルによる津波伝播及び遡上解析によって、入力津波を評価する代表的な断面を選定していることを確認する。また、津波の伝播や遡上が複雑で平面２次元解析モデルでの評価が困難な場合、３次元解析モデルによって直接、入力津波を評価していることを確認

する。

- c) 津波伝播及び遡上解析における数値計算上の不確かさを考慮し、入力津波を算定する際に用いる各種パラメータについて幅を持った評価を実施し、科学的合理性をもって安全側となる荷重を設定していることを確認する。
- d) 入力津波の伝播及び遡上解析では、施設に作用する津波波圧の経時変化（段波波圧、持続波圧）に留意し、特に波圧が大きくなる段波波圧（衝撃波圧）が発生する場合、施設への影響を検討していることを確認する。また、衝撃的な波圧については、ばらつきが大きくなることから、規格及び基準類、既往の研究等を参考にして、衝撃的な波圧を考慮した、荷重係数等の安全係数を設定していることを確認する。（詳細は別添 津波波圧評価に係る確認事項を参照すること。）
- e) また、津波伝播及び遡上解析のばらつき要因として、海底面の形状や粗度が上げられる。入力津波の算定においては、これらの要因の感度解析により、施設に作用する荷重（波圧）が科学的合理性をもって安全側となるケースを抽出していることを確認する。（詳細は別添 津波波圧評価に係る確認事項を参照すること。）
- f) なお、既往の波圧・波力算定式を用いて入力津波を設定する場合、それらの算定式の適用性を確認する。その一例としては、ばらつきを考慮した詳細解析によって求められる荷重値と比較すること等が考えられる。（詳細は別添 津波波圧評価に係る確認事項を参照すること。）

②地震荷重の算定

- a) 地震応答解析等により地震力を評価する場合、「耐震設計に係る設工認審査ガイド」の「6. 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備に関する事項」に準じて検討していることを確認する。
- b) 地震（余震）荷重については、津波来襲による地下水位の変動を考慮した検討が行われていることを確認する。

③盛土構造の防潮堤等への作用荷重の算定

- a) 盛土構造の防潮堤や河川堤防等の盛土、地山斜面に作用する地震荷重については、「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価に係る審査ガイド」に準じて、地震応答解析等により求めていることを確認する。
- b) また、当該施設に作用する津波荷重については、水理試験や遡上解析、既往の波圧・波力算定式等を用い、適用性に留意して当該施設の設計上、科学的合理性をもって安全側の荷重評価が行われていることを確認する。

4.6 構造設計手法

【審査における確認事項】

- (1) 施設の津波に対する設計においては、適切な構造解析手法及び構造解析モデルを選定していること。
- (2) 施設の構造解析に用いるモデル作成においては、構造形状、寸法、材料強度・定数、荷重等が適切に考慮されていること。

【確認内容】

①防潮堤評価における構造解析手法と解析モデル

- a) 構造解析手法及び解析モデルは、対象施設の重要度、荷重に対して要求される性能等に応じて設定されていることを確認する。特に、防潮堤等の津波防護施設については、安全上、最重要施設であり、地震に対しては健全な状態を保ち、その後来襲する津波に対して、機能を保持する必要がある。さらに、津波の繰り返しの来襲に備え、併せて機能を保持する必要がある。このため、当該施設は、想定される地震及び津波に対して著しく塑性化することがないように設計されていることを確認する。
- b) 構造解析手法及び解析モデルは、施設に作用する荷重レベルに応じて、線形又は非線形の梁要素モデル等を用いた二次元骨組解析や二次元又は三次元の有限要素法解析を用いていることを確認する。また同様に、施設の支持及び周辺地盤又は杭基礎周辺地盤については、地震力の大きさに応じて非線形性を考慮した解析を用いていることを確認する。
- c) 杭基礎構造では、杭と周辺地盤の相互作用として地盤ばね等でモデル化することができるが、この場合、ばねが引張方向に作用することが無いモデルを用いるとともに、圧縮方向については、周辺地盤の強度を上限としたモデル化を行っていることを確認する。
- d) 防潮堤底版と杭基礎の結合部のモデル化及び杭基礎下端のモデル化については、それぞれの結合方式に従って、適切なモデル化が行われていることを確認する。
- e) 複合材料による防潮堤や防潮壁の構造設計については、材料の一体度に応じて適切なモデル化がなされていることを確認する。
- f) 構造物や基礎地盤、周辺地盤の非線形性を考慮する場合、適用性に留意の上、規格及び基準類や既往の文献において適用が妥当とされる手法を用いていることを確認する。
- g) 構造解析における数値計算上の不確かさとして、非線形解析に用いる各種パラメータについては、幅を持った評価を実施し、科学的合理性をもって安全側となる設定がなされていることを確認する。
- h) (4.5) で算定した荷重に対し、構造解析による応答値の組合せを適切

に行っていることを確認する。

②盛土構造の防潮堤等の解析手法

a) 盛土構造の防潮堤や河川堤防等の盛土、地山斜面に関する解析手法については、「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価に係る審査ガイド」に準じて検討されていることを確認する。

③取水路等における津波伝播に係る解析手法とモデル化

a) 取水路等の海水に接続する地下構造物からの敷地への津波伝播評価には、管路モデルによる伝播解析等を用いていることを確認する。

b) 管路モデルによる伝播解析には、非定常開水路の連続式及び運動方程式を用いた次元の管路解析を用いることができる。なお、地下構造物の形状が複雑である場合や複数の経路を同時に評価する場合等、三次元的な評価が必要な場合は、三次元モデルによる伝播解析を用いていることを確認する。

c) 管路解析モデルによる伝播解析の結果から、敷地への流入経路となる開口部位置での津波高さ（水深）等を算定し、防潮壁等の必要高さの検討に用いていることを確認する。

4.7 入力津波による荷重に対する設計

【審査における確認事項】

- (1) 施設に要求される性能に応じて、弾性範囲の限界値（許容応力度）、塑性域を踏まえた限界値（終局耐力、終局耐力に応じた変形量）が設定されていること。
- (2) 施設に作用する入力津波と地震力及び地震力以外の荷重の組合せに対して、施設に生じる応力又は変形等が許容限界値に対して妥当な余裕を有していること。
- (3) 施設の基礎地盤の支持性能について、入力津波及び地震力等の荷重により生じる施設の基礎地盤の接地圧が、安全上適切と認められる規格及び基準等に基づく許容限界値に対して妥当な余裕を有していること。
- (4) 設計における使用材料の強度や荷重、解析手法等については、規格及び基準類を参考に適切な安全係数が考慮されていること。

【確認内容】

①防潮堤の設計審査における留意事項

a) 防潮堤のような延長を有する施設については、構造的又は施工的な継ぎ手部が存在するが、当該部分における構造不連続による相対変位、ずれ等が構造健全性、安定性、止水性や水密性に及ぼす影響について検討されていることを確認する。

b) 津波防護施設に水密扉等を設ける場合、当該設備及び周囲が構造的な

弱部とならないよう設計上の配慮がなされていることを確認する。また、津波防護施設に水密扉等の設備類を設置する場合、これらの構造設計評価は、「5. 浸水防止設備」に準ずるものとする。

- c) 防潮堤基礎地盤の表層部に比較的緩い砂地盤等が存在する場合、津波の洗掘作用により当該地盤が吸い出され、津波の流入を引き起こすことがないように検討されていることを確認する。

② 防潮壁の設計審査における留意事項

- a) 防潮壁については、必要に応じて管路モデルによる伝播解析等により、防潮壁に作用する津波波圧を算定し、この津波波圧に対する構造設計が行われていることを確認する。

③ 許容限界値

- a) 安全係数として、「コンクリート標準示方書」、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」等の規格及び基準類を参考に考慮されていることを確認する。
- b) 応力度による設計では、構造設計により算定した部材の発生応力度が、規格及び基準類に規定される許容限界（許容応力度）を満足することを確認する。
- c) 耐力や変形による設計では、以下に示す照査項目ごとに、構造設計により算定した応答値が、規格及び基準類に規定される許容限界を満足することを確認する。

1) 部材の耐力で照査する方法

照査項目：曲げモーメント、軸力、せん断力

2) 構造物の変形で照査する方法

照査項目：層間変形角や圧縮縁コンクリートひずみ、せん断力

④ 盛土構造の防潮堤等の設計審査における留意事項

- a) 盛土構造の防潮堤や河川堤防等の盛土・地山斜面については、津波の洗掘作用によって、法面や天端の流出が無いよう、法面（表面・裏面）及び天端被覆工などによって対策が講じられていることを確認する。
- b) 盛土構造の防潮堤や河川堤防等の盛土・地山斜面に関する安定性の評価については、「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価に係る審査ガイド」に準ずるものとする。

5. 浸水防止設備に関する事項

5.1 浸水防止設備の設計方針

【規制基準における要求事項等】

浸水防止設備については、浸水想定範囲等における津波や浸水による荷重等に対する耐性等を評価し、越流時の耐性等にも配慮した上で、入力津波に対して浸水防止機能が十分に保持できるよう設計すること。

【確認内容】

- (1) 要求事項に適合する設計（設備の寸法、構造、強度等）が要求事項に適合するものであることを確認する。
- (2) 浸水防止設備のうち水密扉等の強度確認を要する設備については、入力津波に対して浸水防止機能が十分保持できる設計であることを確認するため、荷重組合せ、荷重の設定及び許容限界（当該構造物全体の变形能力に対して十分な余裕を有し、かつ、浸水防止機能を保持すること）の項目について確認する。
- (3) 浸水防止設備のうち床・壁貫通部の止水対策等、仕様（施工方法を含む。）の確認を要する設備については、荷重の設定と荷重に対する性能確保について確認する。

5.2 浸水防止設備の種類、設置位置及び仕様

【確認内容】

浸水防止設備の種類、設置位置及び仕様に係る確認内容を以下に例示する。

5.2.1 種類

- (1) 外郭防護に係る浸水防止設備
 - ① 津波防護施設の水密扉
 - ② 止水処理を施した津波防護施設のハッチ、閉止板等
 - ③ 止水処理を施した津波防護施設の開口部、貫通口等
 - ④ その他、津波防護施設の浸水防止に係る設備
- (2) 内郭防護に係る浸水防止設備
 - ① 建屋・区画等、浸水想定範囲の境界の水密扉
 - ② 止水処理を施した建屋・壁・床等、浸水想定範囲の境界のハッチ、閉止板等
 - ③ 止水処理を施した建屋・壁・床等、浸水想定範囲の境界の開口部、貫通口等
 - ④ その他、建屋・区画・壁・床等、浸水想定範囲の境界の浸水防止設備

5.2.2 設置位置

(5.2.1)の各浸水防止設備が津波の漏水（浸水）の影響を受ける位置に設

置されていることを確認する。

5.2.3 仕様

(5.2.1)の各浸水防止設備の構造、形式、強度等の仕様を確認する。これらの仕様の明示にあたっては、(5.3)を踏まえること。

- ①浸水防止設備の形式（水密扉、止水処理を施したハッチ、閉止板、開口部、貫通口等）
- ②設置位置、高さ、形状（寸法）、材質、構造
- ③水密性の有無、漏洩率^{※1}
- ④静水頭圧、波圧、衝撃力に対する強度^{※1}
- ⑤耐震性^{※1}
- ⑥施工方法

※1 適切と認められる漏水試験結果や規格及び基準等に基づき設定していることを確認する。

5.3 水密扉、止水処理を施したハッチ、閉止板、開口部、貫通口等（外郭防護及び内郭防護）

【確認内容】

水密扉、止水処理を施したハッチ、閉止板、開口部、貫通口等（外郭防護及び内郭防護）の設計に係る確認内容を以下に例示する。

5.3.1 使用材料及び材料定数

- (1)水密扉、止水処理を施したハッチ、閉止板、開口部、貫通口等の耐津波設計においては、安全上適切と認められる規格及び基準等に基づく材料及び材料定数を使用していること。

5.3.2 荷重及び荷重の組合せ

- (1)安全審査の段階で評価した入力津波の設定方針に基づき、対象施設の設計に用いることを目的として、対象設備の設置位置における入力津波が適切に求められていること。
- (2)水密扉、止水処理を施したハッチ、閉止板、開口部、貫通口等の耐津波設計においては、設備に作用する津波による荷重に加え、津波以外の荷重と地震による荷重を適切に組み合わせていること。
- (3)津波による荷重
 - ①津波により設備に作用する荷重としては、静的荷重（静水頭圧）と動的荷重（波圧、衝撃力等）を考慮する。（詳細は別添 津波波圧評価に係る確認事項を参照すること。）
 - ②ここで、設備の損傷モードによっては、これらの荷重以外の荷重を

考慮しなければならないこともあり、この場合は、適切に荷重を考慮していること。

(4) 津波以外の設備に作用する荷重

津波による荷重と組み合わせる津波以外の荷重は以下による。

- ① プラントの運転状態Ⅰ～Ⅳのうち、津波の従属事象となる事象によって引き起こされるプラントの状態による荷重
- ② プラントの運転状態Ⅰ～Ⅳのうち、津波とは独立事象となる事象によって引き起こされるプラントの状態による荷重。ここで、津波と当該事象が重畳しないことが明らかな場合は、その荷重の組合せを考慮する必要は無い。
- ③ 津波の発生原因は地震によることが主であることを踏まえ、地震により引き起こされるプラント状態において津波による荷重が作用する場合には、両荷重を組み合わせること。なお、地震に起因する機器・配管系の損傷による事象想定及び浸水量評価並びに使用済み燃料ピット等のスロッシングによる事象想定及び浸水量評価については、「原子力発電所の内部溢水防護評価ガイド」の関連項目を適用していること。

以下、事象とその事象ごとの荷重について例示。

- a) 地震により循環水系の機器・配管が損傷した後に、津波が来襲した際、損傷部位から津波が流入することにより設備に作用する荷重を考慮する。ここで、損傷部位が敷地内屋外の場合と、建屋内の場合の両者について、浸水により設備に作用する荷重を考慮する。
 - b) 地震により耐震下位クラスの機器・配管が損傷した際、損傷部位から系統保有水が溢水することにより設備に作用する荷重を考慮する。ここで、損傷部位が敷地内屋外と、建屋内の両者の場合における溢水により設備に作用する荷重を考慮する。
 - c) 地震により燃料プール／ピット内保有水に生じるスロッシングによって、プール外への溢水により設備に作用する荷重を考慮する。
 - d) 地震により、ドレン系ポンプが停止し地下水が流入することにより設備に作用する荷重を考慮する。
 - e) 設備に作用する荷重としては、静的荷重（静水頭圧）と動的荷重（波圧、衝撃力等）を考慮する。
- ④ 漂流物の衝突による衝撃力と津波による荷重が重畳する場合には、両荷重を組み合わせること。なお、漂流物の可能性の検討、漂流物の影響の程度に応じた設計上の考慮については、（3.7.1）及び

(4.3) を参照する。

- ⑤荷重の組合せにあたって、科学的合理性をもって安全側の評価となる組合せを選定した場合、当該組合せよりも安全側でないことが明らかな荷重の組合せについては評価を省略することができる。

(5)地震により設備に作用する荷重

- ①地震によって津波が発生した場合、両者が当該設備に來襲する時間には差があることを考慮して、地震による荷重と津波による荷重の組合せを定めることができる。具体的には、地震による最大荷重と津波による最大荷重が同時に設備に作用する可能性は小さいと判断できるため、地震と津波の最大荷重同士の組合せを考慮する必要はない。
- ②津波の來襲中に余震が発生する可能性があるため、両者の荷重の組合せを考慮すること。ここで、余震による荷重と津波による荷重の重畳について、両者が同時に作用しないことが明らかな場合は、その荷重の組合せを考慮する必要はない。

(6)津波と組合せる自然条件

- ①サイト条件によって、津波による荷重と自然現象による荷重との組合せを考慮すること。以下に自然現象の例を示す。
- ・降雪
 - ・風
 - ・高潮
 - ・台風
 - ・豪雨

5.3.3 許容限界

- (1)設備に作用する荷重に対して、設備の設計上、適切と認められる規格及び基準等に基づき、浸水防止機能の保持を基本に許容限界を設定していることを確認する。津波に対する適当な規格及び基準等がない場合、耐震設計に係る規格及び基準等を参考に、照査する性能に応じた適切な許容限界であることを確認する。また、地震に対する評価と同様の許容限界が適用できる場合には耐震設計に係る規格及び基準等を準用していることを確認する。
- (2)許容限界の設定は、極めて小さな塑性ひずみが生じる場合であっても浸水防止機能の保持できること等にも考慮する必要がある。
- (3)水密扉については、作用する荷重に対する扉本体と枠組みとの相対変位、ヒンジ部の構造及び損傷モードに応じた照査が実施されていることを確認する。

- (4) 止水処理を施したハッチ、閉止板、開口部、貫通口等については、作用する荷重に対する受圧部の強度及び充填物の変位（ずれ）等、機能喪失する損傷モードに応じた照査が実施されていることを確認する。
- (5) 止水処理を施したハッチ、閉止板、開口部、貫通口等については、躯体との隙間等における止水処理の施工方法に対して、耐水圧試験、漏えい試験等による止水性能の検証結果を確認する。

5.3.4 荷重評価

- (1) 設備の設計上、設備の機能損傷モードに応じ、津波・内部溢水・スロッシング・地下水等により作用する荷重（静水頭圧、波圧、衝撃力等）として、科学的合理性をもって安全側に評価されていることを確認する。
- (2) 設備に作用する荷重等を算定する解析では、適切な手法及び適切な解析モデルが設定されていることを確認する。
- (3) 津波伝播及び遡上解析における数値計算上の不確かさを考慮し、作用荷重を算定する際に用いる各種パラメータについては幅を持った評価を実施し、科学的合理性をもって安全側となる荷重を設定していることを確認する。
- (4) 地震応答解析等により地震力を評価する場合、「耐震設計に係る設工認審査ガイド」の「6. 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備に関する事項」に準じて検討していることを確認する。
- (5) 設備に作用する津波・内部溢水・スロッシング・地下水等の荷重については、水理試験や解析、既往の波力算定式等を用いて、科学的合理性をもって安全側の評価が行われていることを確認する。

5.3.5 構造設計手法

- (1) 設備の設計においては、適切な構造解析手法及び構造解析モデルを選定していることを確認する。
- (2) 設備の構造解析に用いるモデル化においては、構造形状、寸法、材料強度・定数、荷重等が適切に考慮されていることを確認する。
- (3) (5.3.4) で算定した荷重に対し、構造解析による応答値の組合せを適切に行っていることを確認する。
- (4) 設備の非線形性を考慮する場合、規格及び基準類や既往の文献において適用が適切とされる手法を用いていることを確認する。
- (5) 構造解析における数値計算上の不確かさとして、非線形解析に用いる各種パラメータについて幅を持った評価を実施し、科学的合理性をもって安全側となる設定がなされていることを確認する。

5.3.6 入力津波による荷重に対する設計

- (1) 設備に要求される性能に応じて、弾性範囲の限界値（許容応力度）、塑性域を踏まえた限界値（終局耐力、終局耐力に応じた変形量）が設定されていることを確認する。
- (2) 設備に作用する入力津波と地震力及び地震力以外の荷重の組合せに対して、設備に生じる応力又は変形等が浸水防止機能の保持を基本とした許容限界値に対して妥当な余裕を有していることを確認する。

6. 津波監視設備に関する事項

6.1 津波監視設備の設計方針

【規制基準における要求事項等】

津波監視設備については、津波の影響（波力、漂流物の衝突等）に対して、影響を受けにくい位置への設置、影響の防止策・緩和策等を検討し、入力津波に対して津波監視機能が十分に保持できるよう設計すること。

【確認内容】

- (1) (3.1.2)の遡上解析結果に基づき、津波影響を受けにくい位置に設置されることを確認する。
- (2) 要求事項に適合する、設備の位置、構造（耐水性を含む。）、地震荷重・風荷重との組合せを考慮した強度等の設計となっていることを確認する。
- (3) 入力津波に対して、津波監視機能が十分に保持できる設計がなされていることを確認する。

6.2 津波監視設備の種類、設置位置、仕様、構造及び強度

【確認内容】

津波監視設備の種類を水位計、監視カメラ、潮位計、その他の監視計測機器に分類し、それぞれの対象物に対して設置位置、仕様、構造及び強度を確認する。確認内容を以下に例示する。

(1) 水位計

① 設置位置

(3.1.2)の遡上解析結果に基づき、津波影響を受けにくい位置又は津波影響を受けにくい建屋・区画・囲い等の内部に設置されること。

② 仕様

海水ポンプ運転取水位等を測定する目的を踏まえ、少なくとも、設置位置における入力津波による水位変動に朔望平均潮位を考慮し

た、上昇側及び下降側の水位を測定できる計測能力並びに地震後や津波前後の機能の継続能力を持つものであること。

③構造及び強度

- a) 水位計の構造及び強度は、「5. 浸水防止設備に関する事項」に基づいて設計されていることを確認する。
- b) 津波による影響を防止又は緩和するための建屋・区画・囲い等については、津波及び地震等の荷重に対して、水位計の機能に影響を及ぼすことがないことを確認する。構造及び強度の確認に当たっては、「4. 津波防護施設に関する事項」を参照する。

(2) 監視カメラ

①設置位置

(3.1.2)の遡上解析結果に基づき、津波防護施設や浸水防止設備の状態を監視でき、津波影響を受けにくい位置に設置されること。

②仕様

地震後や津波前後の主要位置における津波防護施設及び浸水防止設備の状態並びに敷地前面の津波の来襲の状況等をリアルタイムかつ継続的に把握できる仕様であること。

③構造及び強度

- a) 監視カメラの構造及び強度は、「5. 浸水防止設備に関する事項」に基づいて設計されていることを確認する。
- b) 監視カメラを設置する建屋や構築物等については、地震や津波に対して、監視カメラの正常動作に影響を及ぼすことがないことを確認する。構造及び強度については、「4. 津波防護施設に関する事項」を参照する。

(3) 潮位計

①設置位置

(3.1.2)の遡上解析結果に基づき、津波影響を受けにくい位置又は津波影響を受けにくい建屋・区画・囲い等の内部に設置されること。

②仕様

少なくとも、設置位置における入力津波による潮位変動に朔望平均潮位を考慮した上昇側及び下降側の潮位を測定できる計測能力並びに地震後や津波前後の機能の継続能力を持つものであること。

③構造及び強度

- a) 潮位計の構造及び強度は、「5. 浸水防止設備に関する事項」に基づいて設計されていることを確認する。
- b) 津波による影響を防止又は緩和するための建屋・区画・囲い等については、津波及び地震等の荷重に対して、潮位計の機能に影響を及

ばすことがないことを確認する。構造及び強度の確認に当たっては、「4. 津波防護施設に関する事項」を参照する。

(4) その他の監視計測機器

その他の津波の監視機器として、GPS機能を用いた波浪計や津波監視レーダー等が考えられる。以下には、GPS機能を用いた波浪計についての設置位置・仕様・構造及び強度について例示する。

① 設置位置

GPS機能を用いた波浪計は、発電所の敷地外において、津波の発生及び伝播を監視するため、津波による潮位変動等をリアルタイムに把握することができる位置に設置されること。

② 仕様

GPS機能を用いた波浪計は、台風などの海象条件に耐える構造で、海底に設置したアンカーと係留索により位置を保持するものであること。また、灯火設備や観測に必要な電力は、太陽光発電等により自動供給することができる仕様であること。

③ 構造及び強度

GPS機能を用いた波浪計については、津波及び台風などの海象条件に対して波浪の計測に支障を来すことがない構造であるとともに、海底に設置したアンカー等の係留設備が津波や台風等に対しても健全であること。

また、観測情報が確実に伝達できる通信網等が確保されていること。

7. 浸水量評価に基づく安全性評価

【確認内容】

浸水量評価に基づく安全性評価に係る確認内容を以下に例示する。

7.1 評価の手順

本評価は外郭防護 1、外郭防護 2 及び内郭防護に係る防護対象設備を対象として、以下の手順に従っていることを確認する。

- (1) 防護対象設備の明確化
- (2) 浸水防護重点化範囲の設定
- (3) 浸水発生源からの浸水範囲及び浸水量の想定
- (4) 浸水防護重点化範囲への流入経路の特定
- (5) 浸水防護重点化範囲の浸水量の想定
- (6) 安全性評価

(7.2)以降の記載は、主に内郭防護に係る防護対象設備を対象としているが、外郭防護 1 及び外郭防護 2 に係る浸水量評価及びそれに基づく安全性評価については、(7.6、7.7)を参照すること。

7.2 防護対象設備

津波等の流入に対し、防護対象となる重要な安全機能を有する設備（防護対象設備）が抽出されており、かつ、敷地、建屋及び機器配置図等で明確化されていることを確認する。

(1) 防護対象設備の明確化

以下例示。

- ① 格納容器
- ② 炉心冷却設備
- ③ 崩壊熱除去設備
- ④ 燃料プール／ピット及び冷却・補給設備
- ⑤ 補機冷却設備
- ⑥ 非常用発電設備
- ⑦ 非常用直流／交流電源設備
- ⑧ 上記に係る計測制御設備

(2) 防護対象設備の位置情報の明確化

敷地、建屋及び機器配置図等にて、(1)で抽出された防護対象設備（系統・機械設備・電気設備等）の位置情報が明確化されていることを確認する。

7.3 浸水防護重点化範囲の設定

重要な安全機能を有する設備等を内包する建屋・区画及び屋外設備（防

護対象設備)が、浸水防護重点化範囲として明確化されていること。

(1)重要な安全機能を有する設備等を内包する建屋

以下例示。

- ①原子炉建屋
- ②海水熱交換器建屋
- ③制御建屋

(2)重要な安全機能を有する設備等を内包する区画

以下例示。

- ①格納容器バウンダリ
- ②炉心冷却設備設置区画
- ③崩壊熱除去設備設置区画
- ④燃料プール／ピット冷却及び補給設備設置区画
- ⑤補機冷却水（海水）設備設置区画
- ⑥非常用発電設備設置区画
- ⑦非常用直流／交流電源設置区画
- ⑧上記に係る計測制御設備設置区画

(3)重要な安全機能を有する屋外設備

以下例示。

- ①補機冷却海水設備設置区画
- ②非常用発電設備設置区画
- ③上記に係る計測制御設備設置区画

7.4 浸水発生源からの浸水範囲及び浸水量

7.4.1 浸水発生源の特定

浸水発生源として以下を考慮する。

(1)津波に伴う浸水

- ①津波遡上、流入対策を施した上での対策部位からの漏水

(2)地震と津波の相互影響に伴う浸水

- ①循環水系機器・配管の損傷部からの津波漏水

(3)地震に伴う浸水

- ①耐震下位クラス機器・配管の損傷部からの保有水溢水
- ②燃料プール／ピット内保有水のスロッシングによる溢水
- ③ドレン系ポンプ停止に伴う地下水浸水

7.4.2 浸水発生部位及び浸水発生部位からの浸水量

津波の発生原因は地震によることが主であることを踏まえ、以下の浸水量の組合せを考慮する。

(1) 津波に伴う浸水

- ①敷地内への流入を基本的に防止する。すなわち、遡上、流入に対して対策を施すことを前提としており、対策を施した上での対策部位からの漏水を想定する。
- ②漏水については、漏水発生部位を特定したうえで浸水量を算出していること。

(2) 地震と津波の相互影響に伴う浸水

- ①地震による循環水系機器・配管の損傷と津波に伴う漏水発生部位として、屋外（ボール捕集ピットエリア等）及び屋内（タービン建屋復水器近傍等）の両者を考慮する。
- ②漏水発生部位からの浸水量の算出は入力津波の条件（時刻歴波形に基づいた、波高・波形・津波の繰り返しの来襲等）の安全側の設定に基づいていること。

なお、地震に起因する機器・配管系の損傷による事象想定及び浸水量評価については、「原子力発電所の内部溢水防護評価ガイド」の関連項目を適用していること。

(3) 地震に伴う浸水

- ①地震による、耐震下位クラス機器・配管の損傷に伴う溢水発生部位及び溢水量は「原子力発電所の内部溢水防護評価ガイド」の「発電所内に設置された機器の破損による漏水」の規定を適用していること。
- ②地震による、燃料プール／ピット内保有水のスロッシングに伴う溢水発生部位及び溢水量は「原子力発電所の内部溢水防護評価ガイド」の「使用済燃料貯蔵プールのスロッシングによる溢水」の規定を適用していること。
- ③地震による、ドレン系ポンプ停止に伴う地下水浸水発生部位として、建屋の地下外壁部を考慮していること。浸水量は、地下水の流入量について、例えば、ドレン系が停止した状態での地下水位を安全側（高め）に設定した上で、当該地下水位まで地下水の流入を考慮するか、又は対象建屋周辺のドレン系による1日当たりの排水量の実績値に対して、外部の支援を期待しない約7日間の積算値を採用する等、科学的合理性をもって安全側となる仮定条件で算定していること。

7.5 浸水防護重点化範囲への流入経路

- (1)漏水発生部位から浸水防護重点化範囲への流入経路の評価は、配置図等を用い、漏水発生部位と浸水防護重点化範囲のそれぞれの組合せにおいて、可能性のある流入経路及び流入経路上に存在する構成要素が抽出されていることを確認する。

(2) 流入経路上に存在する構成要素

以下例示。

① 浸水防止設備

- a) 水密扉、止水処理を施したハッチ、閉止板等
- b) 止水処理を施した開口部、貫通部等

② ①以外の設備

- a) 扉、止水処理が未実施のハッチ等
- b) 止水処理が未実施の開口部、貫通部等

7.6 浸水防護重点化範囲への浸水量

漏水発生部位における漏水量、流入経路、流入経路上の構成要素の各条件を踏まえ、浸水防護重点化範囲への浸水量が科学的合理性をもって安全側に算出されていることを確認する。

なお、浸水量の算出にあたっては、流入経路上に存在する構成要素の仕様が明らかになっていること及び留意事項が考慮されていることを確認する。

(1) 流入経路上の構成要素の仕様^{※1}

- ① 構成要素種別（扉、ハッチ、開口部、貫通口等）
- ② 設置位置、高さ、形状（寸法）、材質、構造
- ③ 水密性の有無、漏洩率^{※2}
- ④ 静水頭圧、波圧、衝撃力に対する強度^{※1}
- ⑤ 耐震性^{※2}

※1 浸水防止設備に係る仕様については(5.2.3)を参照する。

※2 適切と認められる漏水試験結果や規格及び基準等に基づき設定していることを確認する。

(2) 流入経路上の構成要素に対する留意事項

① 浸水防止設備

- a) 水密扉、止水処理を施したハッチ、閉止板等

浸水防護重点化範囲との境界に水密扉、止水処理を施したハッチ、閉止板等が設置されている場合は、漏水試験結果に十分な余裕を考慮した漏水量（例えば、設計許容漏水量等）を考慮する。

ただし、水密扉、止水処理を施したハッチ、閉止板等は想定する静水頭圧、波圧、衝撃力に対して水密性が確保でき、かつ、これらに耐えられる強度を有している場合に限る。従って、対策が不十分等で、水密性及び強度を満足できない場合は、②の設備と同様の浸水量を考慮する。

- b) 止水処理を施した開口部、貫通口等

浸水防護重点化範囲の境界の建屋・壁・床等に止水処理を施した開口部、貫通口等が設置されている場合は、漏水試験結果に十分な余裕を考慮した漏水量（例えば、設計許容漏水量等）を考慮する。
ただし、止水処理を施した開口部、貫通口等は、想定する静水頭圧、波圧、衝撃力に対して水密性が確保でき、かつ、これらに耐えられる強度を有している場合に限る。従って、対策が不十分等で、水密性及び強度を満足できない場合は、②の設備と同様の浸水量を考慮すること。

②①以外の設備

a) 扉、止水処理が未実施のハッチ、閉止板等

浸水防護重点化範囲との境界に扉、止水処理が未実施のハッチ、閉止板等が設置されている場合は、浸水防護重点化範囲と範囲外との差圧によって発生する流入を考慮する。

浸水量の算出は、扉、ハッチ、閉止板等の隙間（流路面積）、発生差圧、継続時間、抵抗係数等について、科学的合理性をもって安全側の仮定条件を用いていること。

b) 止水処理が未実施の開口部、貫通口等

浸水防護重点化範囲の境界の建屋・壁・床等に開口部又は貫通口がある場合は、浸水防護重点化範囲と範囲外との差圧によって発生する浸水を考慮する。

漏水量の算出は、開口部又は貫通口の隙間（流路面積）、発生差圧、継続時間、抵抗係数等について、科学的合理性をもって安全側の仮定条件を用いていること。

③その他

a) 排水設備

浸水防護重点化範囲に排水設備が設置されている場合であっても、当該浸水防護重点化範囲から範囲外への排水は考慮しない。

ただし、浸水防止対策として排水設備を設置することが設計上考慮されており（設計及び工事の計画の認可を受ける等明らかに排水を期待できることを定量的に確認できる場合）、明らかに排水が期待できることを定量的に確認できる場合には、当該浸水防護重点化範囲から範囲外への排水を考慮してもよい。

b) 他の区画等における浸水の残留

浸水防護重点化範囲の上部や隣接する他の区画等に、浸水の全量あるいは一部が残留すると評価できる場合は、その残留水の当該浸水防護重点化範囲への流入は考慮しなくてもよい。

7.7 安全性評価

- (1) 対象設備に作用する浸水に対して、設備の設計上、適切と認められる規格及び基準等に基づき、機能の保持を基本に許容限界を設定していることを確認する。浸水に対する適当な規格及び基準等が無い場合、耐震設計等に係る規格及び基準等を準用していることを確認する。
- (2) 許容限界は、各設備の損傷モードを踏まえ設定されていることを確認する。

以下例示。

① 動的設備（機器）及び電気品

・ 動的設備（機器）

ポンプ、電動機、ディーゼル発電機／機関、タービン、弁駆動部等

・ 電気品

電源盤、蓄電池、制御盤、計装ラック等

- a) 動的設備及び電気品は、海水等に接した時点で機能喪失する可能性があること、ポンプシャフト等に海水中の砂等の異物が混入すると機能喪失する可能性があることから、防護対象設備の設置区画における許容限界は以下とする。
 - ・ 設備設置高さ > 浸水深
「設備設置高さ」を「機能喪失高さ」とする場合は、設備の構造、仕様等を考慮した設定の妥当性を確認する。
 - ・ 設備の側方又は上方に浸水可能性のある経路が存在する等の場合には、設備に対する被水による影響を検討し、必要に応じて被水対策が講じられていること。
- b) 浸水深は(7.2)の浸水量評価値に対して余裕を考慮した値を用いて算出していること。また、浸水深算出に用いる防護対象設備の設置区画の床面積は、内包する設備等の占有面積を安全側に考慮した値となっていること。
- c) 海水ポンプ（電動機を除く。）のように、海水に接触することを前提とする部位をもつ機器については、a)の許容限界は適用対象外とする。
- d) 屋外防護対象設備のように、降雨等の自然環境を前提としている設備については、浸水による水圧等の作用に対する耐性を確認した上で、a)の許容限界の「設備に対する被水がないこと」は適用対象外とする。

② 静的設備（機器）

・ 配管、弁、熱交換器、タンク等

- a) 浸水に伴い静的設備に作用する荷重（静水頭圧、波圧、衝撃力、浮力等）に対して、防護対象設備が降伏し塑性変形するような場合でも、

設備の耐圧、耐漏洩機能が保持されるように許容限界が設定されていること。

- b) 静的設備に作用する荷重は(7.2)の浸水量評価値に対して余裕を考慮した値を用いて算出していること。また、静水頭圧(浸水深)算出に用いる防護対象設備の設置区画の床面積は、内包する設備等の占有面積を安全側に考慮した値となっていること。
- c) 静的設備のうち熱交換器やタンクの浸水については、浮力の作用による浮き上がり・浮遊/漂流の可能性が考慮されていること。
- d) 屋外防護対象設備であるタンク等においては、a)に加え、洗掘による基礎部の損傷の可能性を踏まえた許容限界となっていること。

8. 附則

この規定は、平成25年7月8日より施行する。

本ガイドに記載されている手法等以外の手法等であっても、その妥当性が適切に示された場合には、その手法等を用いることは妨げない。

【参考規格・基準類】

津波防護施設の設計に関連した規格及び基準類としては、以下があげられる。なお、下記の規格類以外でも技術的な裏付けがとられているものについては、適用性を検討した上で、支障が無ければ、使用することができる。

- 1) JEAG4601
- 2) 建築基準法・同施行令
- 3) 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説－許容応力度設計法－((社)日本建築学会, 1999 改定)
- 4) 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説((社)日本建築学会, 2005 制定)
- 5) 建築基礎構造設計指針((社)日本建築学会, 2001 改定)
- 6) コンクリート標準示方書[構造性能照査編]((社)土木学会, 2002 年 制定)
- 7) 道路橋示方書(I 共通編・IV 下部構造編)・同解説((社)日本道路協会, 平成 14 年 3 月)
- 8) 道路橋示方書(V 耐震設計編)・同解説((社)日本道路協会, 平成 14 年)

3月)

- 9) 水道施設耐震工法指針・解説 ((社)日本水道協会, 1997年版)
- 10) 港湾の施設の技術上の基準・同解説(国土交通省港湾局, 2007年版)
- 11) 海岸保全施設の技術上の基準・同解説(海岸保全施設技術研究会, 2004年)
- 12) 東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針(国土交通省住宅局, 平成23年11月)
- 13) 防波堤の耐津波設計ガイドライン(国土交通省港湾局, 平成25年)
- 14) 津波漂流物対策施設設計ガイドライン(沿岸技術研究センター, 寒地港湾技術研究センター, 平成26年)
- 15) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格((社)日本機械学会, 2005/2007)

津波波圧評価に係る確認事項

1. 基本事項

本資料は、耐津波設計に係る設工認審査ガイド(以下「ガイド」という。)のうち「3. 津波防護設計に関する事項」の「3.7.2 津波影響軽減施設・設備の扱い」、「4. 津波防護施設に関する事項」の「4.1 津波防護施設の設計方針」「4.5 荷重評価」及び「5. 浸水防止設備に関する事項」の「5.3.2 荷重及び荷重の組合せ」に関連するものであり、外郭防護に係る施設及び設備に作用する入力津波の波圧(以下「津波波圧」という。)評価に係る確認事項を整理したものである。

以下に、ガイドの規定箇所、本資料の適用対象及び本資料の適用範囲を示す。

【ガイドの規定箇所】

3.7.2 津波影響軽減施設・設備の扱い【確認内容】(3)① b)② b)

4.1 津波防護施設の設計方針【審査における確認事項】(2)② a)

4.5 荷重評価【確認内容】① d) e) f)

5.3.2 荷重及び荷重の組合せ(3)①(例えば、外郭防護に係る津波防護施設に付属する水密扉等)

【本資料の適用対象】

外郭防護に係る施設及び設備のうち、津波波圧の影響を直接受ける陸域の構築物、海域にあり引き波時に設置面が露出する構築物等(以下これらを総称して「防潮堤等」という。)

海域にあり引き波時に設置面が露出する構築物として、例えば津波影響軽減施設及び設備としての防波堤、離岸堤、潜堤等が考えられる。

【本資料の適用範囲】

本資料は、津波波圧の分類及び分類に応じた津波波圧の評価方法並びにこれらの確認の手順及びその内容を示すものであり、防潮堤等に作用する荷重のうち入力津波による荷重を対象としている。それ以外の荷重及び荷重の組合せ、許容限界等の確認事項については、ガイドに記載のとおりとする。

また本資料は、国交省の暫定指針*1、NRA 技術報告^{(参1)(参2)(参3)(参4)}及び防波堤の耐津波設計ガイドライン(国土交通省港湾局)(以下「国交省のガイドライン」という。)^(参5)に記載されている手法等について、その知見を適用するに当たっての確認事項をまとめたものである。

なお、本資料に記載されていない手法等であっても、その妥当性が適切に示された場合には、その手法等を用いることは妨げない。

*1 国交省の暫定指針とは、「東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針」のことをいい、これを基に「国土交通省告示第千三百十八号津波浸水想定を設定する際に想定した津波に対して安全な構造方法を定める件」が、平成23年12月27日に告示されている。

2. 防潮堤等に作用する津波波圧評価に係る確認事項及び解説

2.1 津波波圧の分類及び考慮する知見の確認

防潮堤等に作用する津波波圧の分類及び考慮する知見の確認手順を図 2.1 に示す。

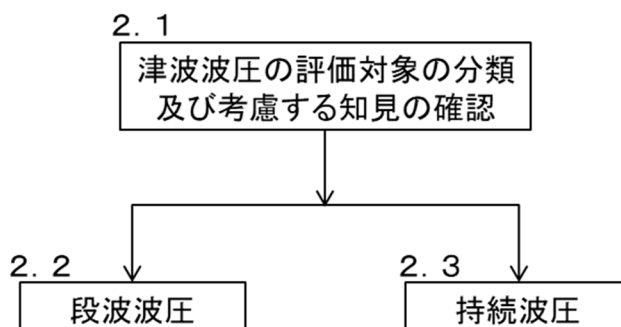


図 2.1 防潮堤等に作用する津波波圧の分類及び考慮する知見の確認手順

【確認事項】

- ①津波波圧として、段波波圧及び持続波圧の両波圧を評価対象としていること。
また、段波波圧及び持続波圧の分類の考え方が示されていること。

【解説】

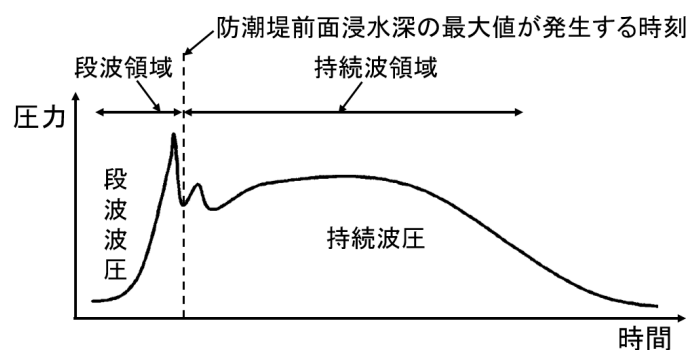
上記の事項を確認するための留意事項を以下に示す。

- ・「津波波圧として、段波波圧及び持続波圧の両波圧を評価対象としていること。」について、防潮堤等に作用する津波波圧には図 2.2 に示すように、段波波圧と持続波圧の 2 種類があり、防潮堤等の設計に当たっては、この 2 種類の津波波圧を個別に考慮する必要がある。
- ・「段波波圧及び持続波圧の分類の考え方が示されていること。」については、段波波圧と持続波圧の分類例として、防潮堤等前面浸水深^{*2}の最大値が発生する時刻より前の時間帯(段波領域)に生じる津波波圧を段波波圧、それよりも後の時間帯(持続波領域)に生じる津波波圧を持続波圧とする。

上記の事項を確認するための技術的背景を以下に示す。

- ・段波波圧は、最初に防潮堤等に衝突する津波が与える短時間で大きく変化する波圧である。
- ・持続波圧は、段波波圧の後の継続時間の長い波圧で、長時間にわたり一定の範囲の波圧が防潮堤等に作用する。

*2 津波が防潮堤等に作用してせり上がった際の防潮堤等の前面における津波の深さ。



出典) NRA 技術報告^(参4)

図 2.2 防潮堤等に作用する津波波圧の分類例

【確認事項】

- ②津波波圧(段波波圧及び持続波圧)の設定方法が示されていること、段波波圧及び持続波圧の設定の根拠として考慮する知見を明示していること及びこの知見の適用性について評価していること。

【解説】

上記の事項を確認するための留意事項を以下に示す。

- ・「知見の適用性について評価していること」については、知見の技術的妥当性を適切な査読論文実績等を確認すること。また、知見の適用条件が適用対象と合致していることを確認すること。
- ・「段波波圧及び持続波圧の設定の根拠として考慮する知見を明示していること」については、基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイドでは、「津波による荷重(波圧、衝撃力)の設定に関して、考慮する知見(例えば、国交省の暫定指針等)及びそれらの適用性を確認する」としている。
- ・国交省の暫定指針を参照した場合は、考慮する知見として当該暫定指針が明示されている必要がある。

国交省の暫定指針に係る留意事項を以下に示す。

- ・津波波圧の分類(段波波圧及び持続波圧)は国交省の暫定指針で言及されていないため、本資料 2.1①により分類し、それぞれの波圧を設定するものとする。
- ・国交省の暫定指針は、地方公共団体によるハザードマップ等に示された想定浸水深により津波の設計用浸水深(η)を設定するとある(国交省の暫定指針 1.1 適用範囲 (1) 適用の確認)。一方で、その詳細には国交省の暫定指針で言及していない。そのため、設計用浸水深(η)は、水理試験及び解析あるいはその他の知見等から設定するものとする。

なお、国交省の暫定指針が参照する朝倉らの研究^(参6)では、防潮堤等がない場合を想定し、防潮堤等設置位置での津波の通過波の浸水深を設計用浸水深(η)に設定している。ここで、通過

波とは、防潮堤等がない場合の津波の流れを指し、主に陸側における浸水深や流速等の津波の特性の把握に用いる。

上記の事項を確認するための技術的背景を以下に示す。

- ・国交省の暫定指針では、防潮堤等に作用する津波波圧は設計用浸水深(η)の3倍の高さに相当する静水圧分布としている。
- ・上記において、防潮堤等の最下部に作用する圧力(P)と設計用浸水深(η)に相当する静水圧との比を表す無次元数を水深係数(α)という。(図 2.3 参照)

$$P = \alpha \cdot \rho \cdot g \cdot \eta \quad (1)$$

α : 水深係数

※ α は国交省の暫定指針において3としている。

P : 防潮堤等の最下部に作用する圧力 [Pa]

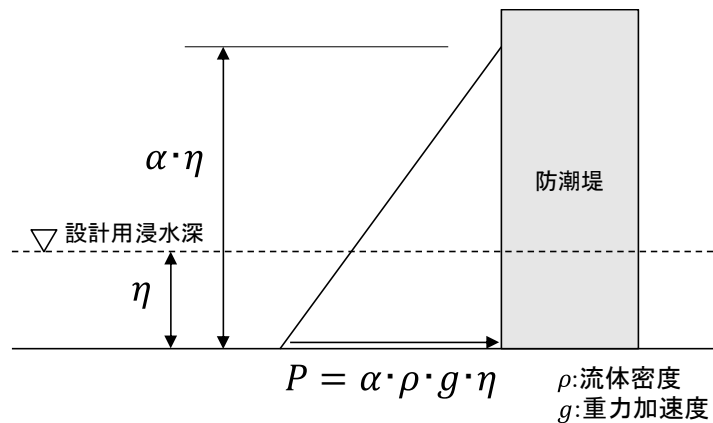
※ 前面の据付高さを基準高さ(防潮堤等の最下部の高さ)とする。

ρ : 海水(流体)密度 [kg/m³]

※ 海水密度をそのまま用いることを基本としたうえで、砂移動の解析条件である浮遊砂濃度については、不確かさを含めた上限設定とする。

g : 重力加速度 [m/s²]

η : 設計用浸水深 [m]



出典) 国交省の暫定指針に対して一部加筆

図 2.3 国交省の暫定指針における設計波圧算定手法の概念

2. 2 防潮堤等に作用する段波波圧評価に係る確認

防潮堤等に作用する段波波圧評価に係る確認手順を図 2. 4 に示す。

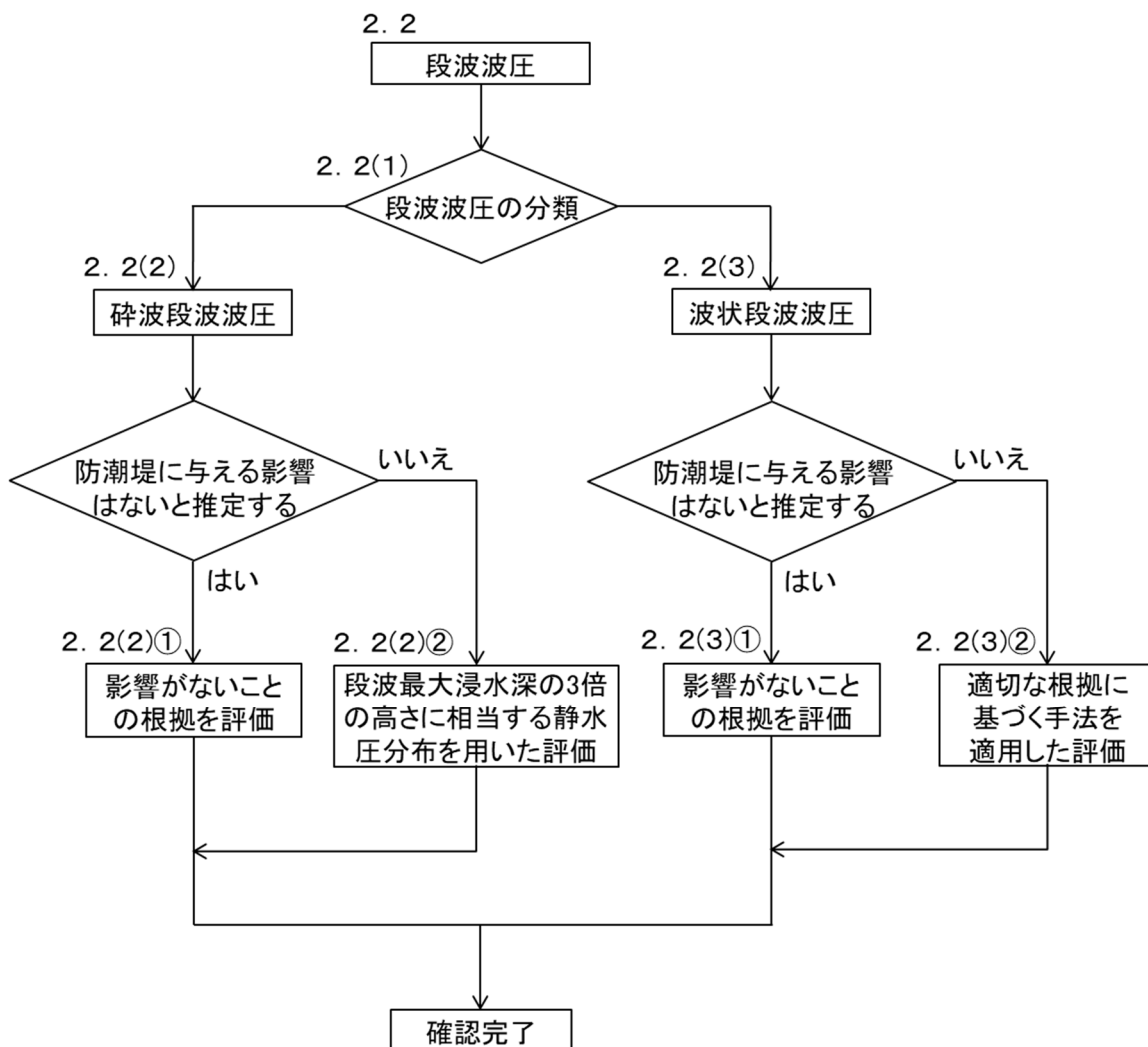


図 2. 4 防潮堤等に作用する段波波圧評価に係る確認手順

(1) 段波波圧の分類

【確認事項】

- ① 防潮堤等に作用する段波波圧を砕波段波波圧及び波状段波波圧に分類し、両波圧を個別に評価対象としていること。

【解説】

上記の事項を確認するための留意事項を以下に示す。

- ・砕波段波及び波状段波の先端部の形状はいずれも急峻な壁状となる特徴を有しており、防潮堤等に作用した場合、構造健全性に影響を与える可能性が考えられることから、砕波段波波圧及び波状段波波圧について個別に評価が必要である。

上記の事項を確認するための技術的背景を以下に示す。

- ・段波波圧は、砕波段波波圧及び波状段波波圧に分類される。
- ・砕波段波波圧は、津波の先端部が急峻な壁状となった後に波が砕け(砕波)、防潮堤等に作用する波圧である。
- ・波状段波波圧は、津波の先端部が複数の波に分裂し(ソリトン分裂波)、防潮堤等に作用する波圧である。

(2) 砕波段波波圧の影響評価

【確認事項】

- ① 防潮堤等に作用する砕波段波波圧の影響がないと推定する場合、その根拠が明確になっていること。その際、津波の影響評価の前提となる、砕波発生の有無及び発生位置については、適切な条件による水理試験及び解析あるいはそれらのいずれかにより推定していること。

【解説】

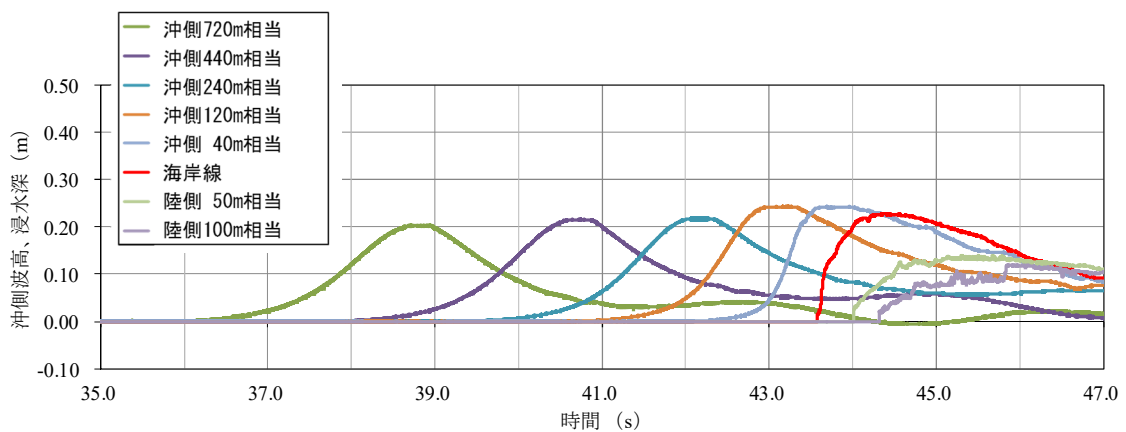
上記の事項を確認するための留意事項を以下に示す。

- ・「防潮堤等に作用する砕波段波波圧の影響」については、防潮堤等が海岸線近傍に設置されるとともに、防潮堤等の近傍で砕波が発生する等、複数の条件の重畳によっては、砕波段波波圧による影響が持続波圧による影響よりも大きくなる場合がある。このような場合には、砕波段波波圧が防潮堤等の構造健全性に与える影響を確認すること。
- ・「適切な条件による水理試験及び解析あるいはそれらのいずれかにより推定していること」については、砕波段波波圧の影響を評価するため、防潮堤等の近傍における津波の砕波発生の有無を水理試験及び解析あるいは、それらのいずれかにより推定することが重要である。砕波発生の可能性や発生場所等は、沖側波高、波形、周期、水深、海底の形状、海岸線の形状、陸側の形状等の複合要因に依存する。これらの複合要因を踏まえた上で、防潮堤等がない場合の津波

通過波の波高、波形等から、防潮堤等の近傍での碎波発生の有無又は碎波直前の状態の有無を確認すること。

上記の事項を確認するための技術的背景を以下に示す。

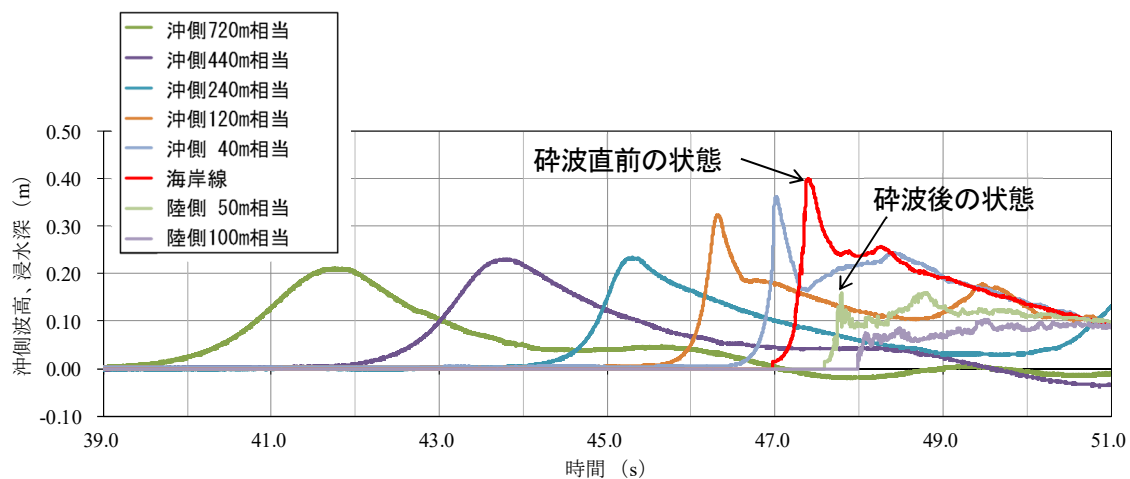
- ・碎波段波波圧の影響は、津波の碎波発生の有無及び発生位置によって大きく異なる。
- ・津波の碎波発生がないと推定する場合の例として、水理試験から得た通過波の沖側波高及び浸水深に係る時刻歴データを図 2.5 に示す。
- ・図 2.5 の例では、津波が沖側から海岸線に近づくにつれ沖側波高の上昇や周期が短くなり、津波の先端部が急峻な壁状となる状態は認められない。よって、海岸線近傍で碎波は発生しないとみなすことができる。



出典) NRA 技術報告^(参2)に対して一部加筆

図 2.5 津波の碎波発生がないと推定される場合の水理試験から得た沖側波高・浸水深の時刻歴データの例

- ・津波の砕波発生があると推定する場合の例として、水理試験から得た通過波の沖側波高及び浸水深に係る時刻歴データを図 2.6 に例示する。
- ・図 2.6 の例では、津波が沖側から海岸線に近づくにつれ沖側波高が高くなりかつ周期が短くなり、海岸線近傍で砕波直前の最大浸水深及び最小周期となる特徴的な状態を示している。さらに、海岸線より陸側 50m 相当では、砕波後の低い浸水深の状態を示しており、これらのことから、海岸線近傍で砕波が発生するとみなすことができる。



出典) NRA 技術報告^(参2)に対して一部加筆

図 2.6 津波の砕波発生があると推定する場合の水理試験から得た時刻歴データの例

【確認事項】

②防潮堤等に作用する砕波段波波圧の影響があると推定する場合、防潮堤等設置位置において防潮堤等がない場合の津波の砕波直前の最大浸水深(以下「段波最大浸水深(η_{\max_1st})」という。)の3倍の高さに相当する静水圧分布を用いて、砕波段波波圧の影響を評価していること。

【解説】

上記の事項を確認するための技術的背景を以下に示す。

・防潮堤等に作用する砕波段波波圧は、国交省の暫定指針の水深係数3の考え方を適用し、段波最大浸水深(η_{\max_1st})の3倍の高さに相当する静水圧分布とする。防潮堤等の最下部に作用する圧力(P_{1st})の算定方法を式(2)に示す。

$$P_{1st} = 3 \cdot \rho \cdot g \cdot \eta_{\max_1st} \quad (2)$$

P_{1st} : 段波最大浸水深(η_{\max_1st})の3倍の高さに相当する静水圧分布で防潮堤等の最下部に作用する圧力※ [Pa]

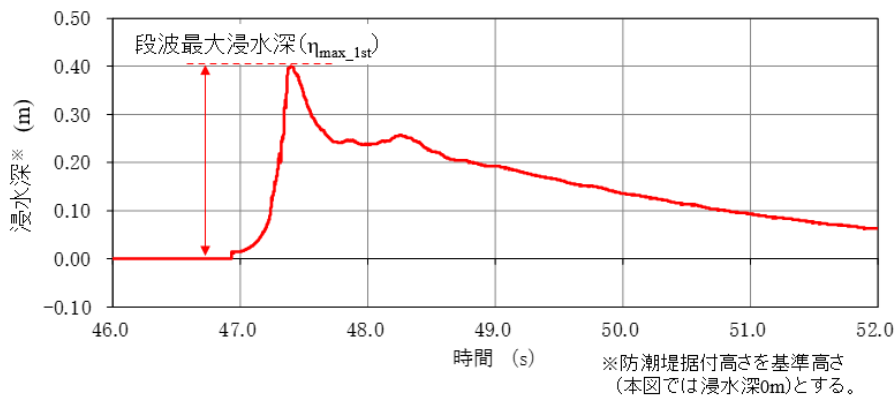
※ 前面の据付高さを基準高さ(防潮堤等の最下部の高さ)とする。

η_{\max_1st} : 段波最大浸水深 [m]

ρ : 海水(流体)密度 [kg/m³]

g : 重力加速度 [m/s²]

図 2.7 は、水理試験から得た防潮堤等設置位置における通過波の浸水深の時刻歴の一例であり、砕波直前の特徴的な状態を呈している。段波最大浸水深(η_{\max_1st})は、防潮堤等設置位置における段波領域での通過波の最大浸水深を表す。



出典) NRA 技術報告^(参2)に対して一部加筆

図 2.7 段波最大浸水深(η_{\max_1st})の例

(3) 波状段波波圧の影響評価

【確認事項】

- ①防潮堤等に作用する波状段波波圧の影響がないと推定する場合、その根拠が明確になっていること。その際、既往知見を根拠とする場合は、適切な条件による水理試験及び解析あるいはそれらのいずれかにより、適用性に係る評価が示されていること。

【解説】

上記の事項を確認するための留意事項を以下に示す。

- ・「適切な条件による水理試験及び解析」については、根拠とする既往知見(例えば、国交省のガイドライン^(参5))との整合性を確認すること。

上記の事項を確認するための技術的背景を以下に示す。

- ・国交省のガイドライン^(参5)では、おおむね入射津波高さが水深の30%以上(シミュレーション等による津波高さが水深の60%以上)で、かつ海底勾配が1/100以下程度の遠浅である場合に、波状段波が発生するとしている。

【確認事項】

- ②防潮堤等に作用する波状段波波圧の影響があると推定する場合、既往知見で提案されている評価手法等を用いて波状段波波圧の影響を評価していること。また、評価に用いた知見の適用性に関する文献等の根拠が示されていること。

【解説】

上記の事項を確認するための技術的背景を以下に示す。

- ・「波状段波波圧の影響を評価していること」については、国交省のガイドライン^(参5)では、波状段波が発生する場合には、津波波圧が大きくなるため、これに対応して修正した谷本式(修正谷本式)を波力算定に用いることとしている。
- ・「文献等の根拠が示されていること」については、例えば、池野ら(2005)^(参7)による文献を指す。

2.3 防潮堤等に作用する持続波圧評価に係る確認

持続波圧評価に係る確認手順について図 2.8 に示す。フルード数(Fr)が1 以下の場合は、水深係数を国交省の暫定指針の3 とすることで、保守的に波圧を評価出来る。一方、フルード数(Fr)が1 を超える場合、水深係数は3 を超えるため、国交省の暫定指針の3 を適用すると、非保守的な波圧評価となる可能性があることから、評価方法を分ける必要がある。通過波の持続波領域における防潮堤等設置位置での最大浸水深時刻におけるフルード数(Fr)が1 を超える場合の確認手順については図 2.9 に示す。

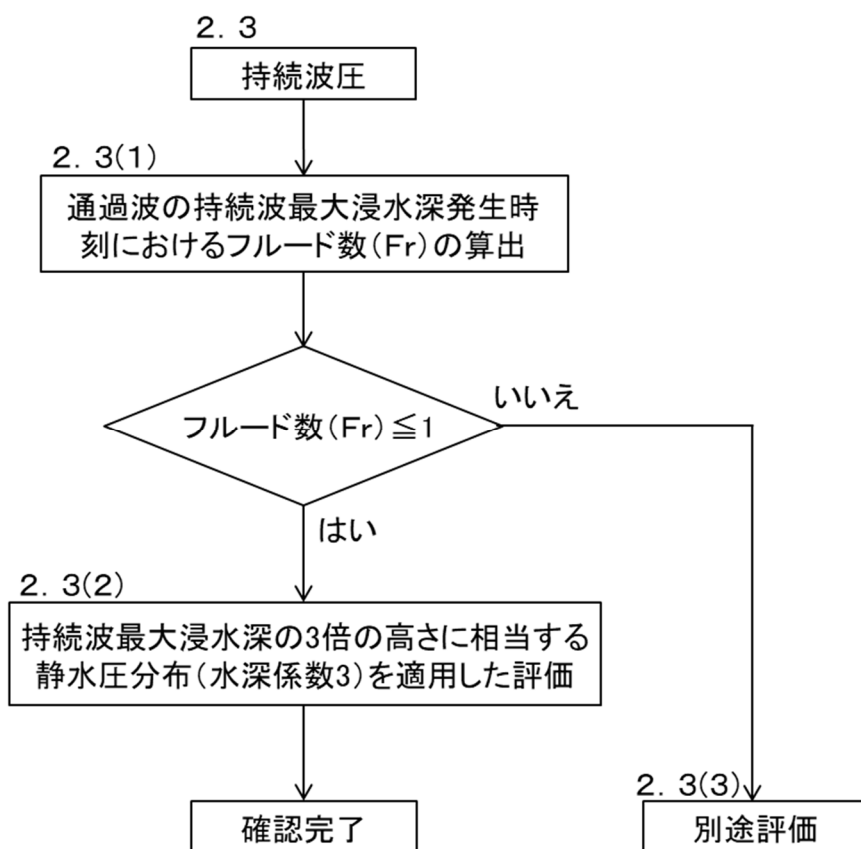


図 2.9 へ

図 2.8 防潮堤等に作用する持続波圧評価に係る確認手順

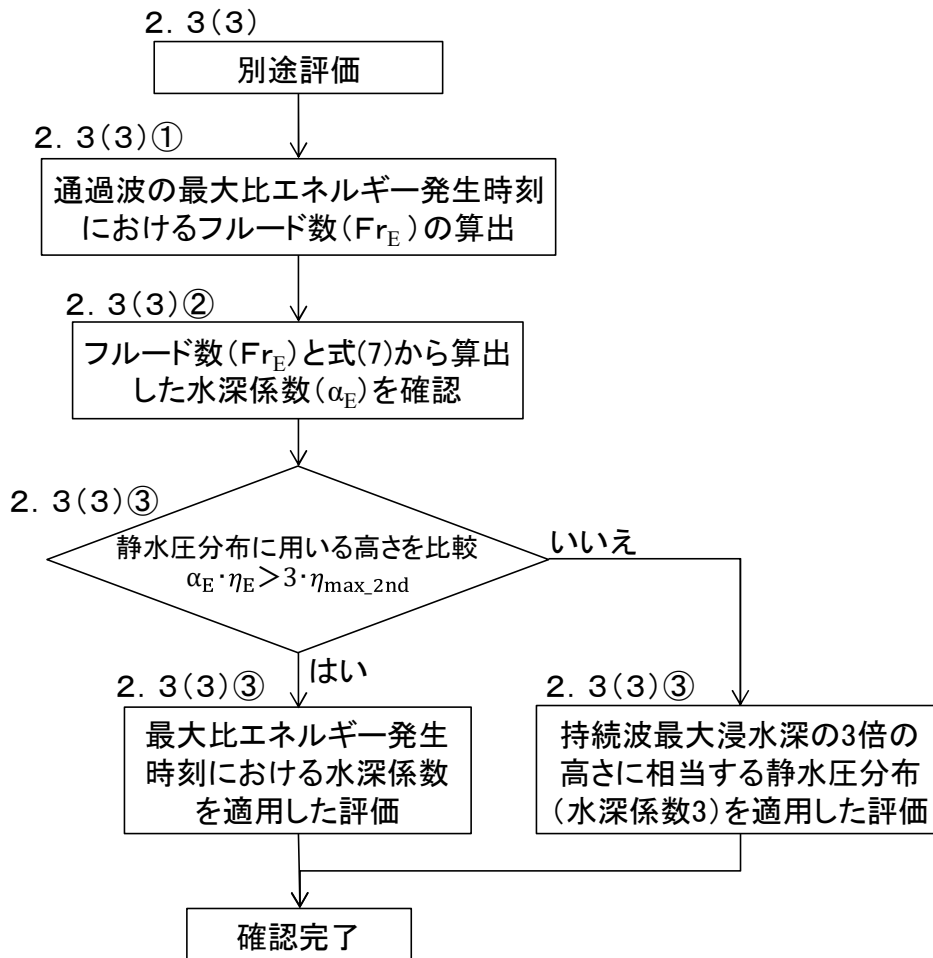


図 2.9 防潮堤等に作用する持続波圧評価に係る確認手順

(1) 持続波圧の影響評価

持続波圧の設定に関する根拠が明確に示されていること。

【確認事項】

① 通過波の持続波領域における防潮堤等設置位置での最大浸水深(以下「持続波最大浸水深(η_{\max_2nd})」という。)を、設計用浸水深として用いていること及び持続波最大浸水深(η_{\max_2nd})発生時刻における浸水深及び流速からフルード数(Fr)を適切に算出していること。上記と異なる設計用浸水深及び流速を用いてフルード数(Fr)を算出する場合は、算出した数値の保守性を明示していること。

【解説】

上記の事項を確認するための技術的背景を以下に示す。

- ・フルード数(Fr)及び(Fr_E)は流体の慣性力(勢い)と重力との比を表す無次元数で、流体の性状を示す指標であり、防潮堤等に作用する津波の特性を把握する重要な指標となる。
- ・フルード数(Fr)及び(Fr_E)の算出に当たっては、通過波による防潮堤等設置位置での浸水深の時刻歴及び流速の時刻歴を用いるが、基準とする時刻によって浸水深及び流速は変動することからフルード数は異なる値となることに留意する。
- ・図 2. 10 に水理試験から得た、持続波最大浸水深(η_{\max_2nd})及び最大比エネルギー(比エネルギー^{*3}の最大値)の発生時刻の関係について例示する。
- ・持続波圧の評価に当たっては、式(3)より持続波最大浸水深(η_{\max_2nd})発生時刻におけるフルード数(Fr)を算出する。

$$Fr = \frac{v_{\eta_{\max_2nd}}}{\sqrt{g \eta_{\max_2nd}}} \quad (3)$$

η_{\max_2nd} : 持続波最大浸水深(η_{\max_2nd}) [m]

$v_{\eta_{\max_2nd}}$: 持続波最大浸水深(η_{\max_2nd})発生時刻における津波の流速 [m/s]

g : 重力加速度 [m/s²]

*3: 比エネルギーは、単位体積重量の水の持つ全エネルギー(全水頭)を表す。ベルヌーイの定理を基に非粘性、定常及び一次元流れを仮定している。

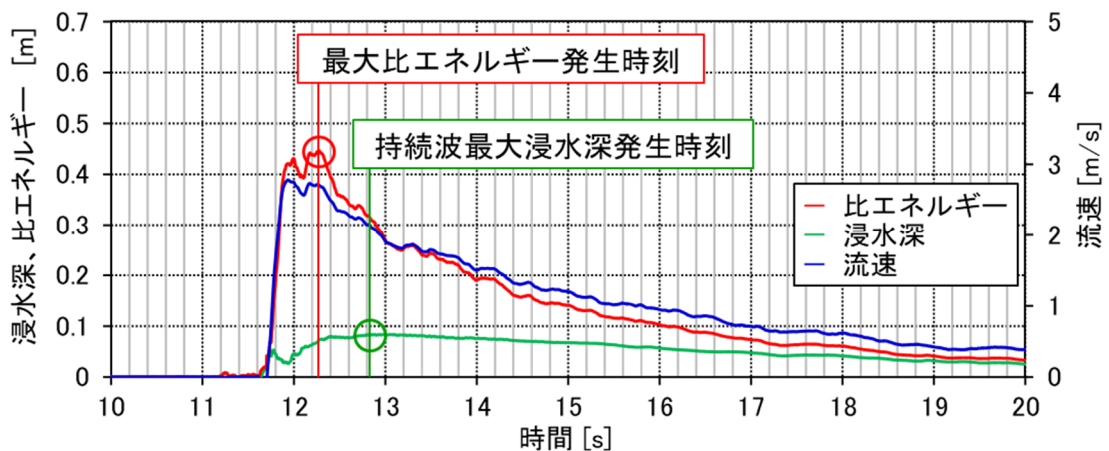
$$E(t) = \frac{v(t)^2}{2g} + \eta(t) \quad (4)$$

$E(t)$: 比エネルギー [m]

$\eta(t)$: 防潮堤等がない場合の陸側における津波の浸水深の時刻歴 [m]

$v(t)$: 防潮堤等がない場合の陸側における津波の流速の時刻歴 [m/s]

g : 重力加速度 [m/s²]



出典) NRA 技術報告^(参3)に対して一部加筆

図 2. 10 最大比エネルギー及び持続波最大浸水深(η_{\max_2nd})の発生時刻の関係の例

(2)フルード数(Fr)が1以下の場合

【確認事項】

- ①フルード数(Fr)が1以下の場合、持続波圧の評価に当たり国交省の暫定指針を適用し、持続波最大浸水深(η_{\max_2nd})の3倍の高さに相当する静水圧分布を用いて持続波圧を評価していること。

【解説】

上記の事項を確認するための技術的背景を以下に示す。

- ・フルード数(Fr)が1以下の場合、水深係数を国交省の暫定指針で採用している3とすることで保守的に津波波圧を評価できる。そのため、水深係数に3を採用していることを確認する。
- ・防潮堤等に作用する持続波圧は、持続波最大浸水深(η_{\max_2nd})の3倍の高さに相当する静水圧分布とする。防潮堤等の最下部に作用する圧力(P_{2nd})の算定方法を式(5)に示す。

$$P_{2nd} = 3 \cdot \rho \cdot g \cdot \eta_{\max_2nd} \quad (5)$$

P_{2nd} : 持続波最大浸水深(η_{\max_2nd})の3倍の高さに相当する静水圧分布で防潮堤等の最下部※に作用する圧力 [Pa]

※前面の据付高さを基準高さ(防潮堤等の最下部の高さ)とする。

η_{\max_2nd} : 持続波最大浸水深(η_{\max_2nd}) [m]

ρ : 海水(流体)密度 [kg/m³]

g : 重力加速度 [m/s²]

(3)フルード数(Fr)が1を超える場合

【確認事項】

- ①持続波最大浸水深(η_{\max_2nd})発生時刻に基づくフルード数(Fr)が1を超える場合、持続波圧の評価に当たり防潮堤等位置での通過波の最大比エネルギー発生時刻における浸水深(η_{E_max})を設計用浸水深として用いていること。最大比エネルギー発生時刻におけるフルード数(Fr_E)を適切に算出していること。

【解説】

上記の事項を確認するための留意事項を以下に示す。

- ・「最大比エネルギー発生時刻におけるフルード数(Fr_E)を適切に算出していること」については、持続波領域における最大比エネルギー発生時刻の浸水深(η_{E_max})及び流速(v_{E_max})が用いられていることを確認する。

上記の事項を確認するための技術的背景を以下に示す。

- ・持続波最大浸水深発生時刻のフルード数(Fr)が1を超えると、国交省の暫定指針における水深係数3の適用範囲から外れる場合があることが確認されている。
- ・最大比エネルギー発生時刻におけるフルード数(Fr_E)の算出方法を式(6)に示す。

$$Fr_E = \frac{v_{E_max}}{\sqrt{g \cdot \eta_{E_max}}} \quad (6)$$

η_{E_max} : 最大比エネルギー発生時刻における津波の浸水深 [m]

v_{E_max} : 最大比エネルギー発生時刻における津波の流速 [m/s]

g : 重力加速度 [m/s²]

【確認事項】

- ②式(7)、式(8)^(参4)より、フルード数(Fr_E)から最大比エネルギー発生時刻における水深係数(α_E)を算出していること。水深係数を式(7)、式(8)によらずに算出している場合は、水理試験及び解析あるいはそれらのいずれかにより適用性に係る評価が示されていること。

$$\alpha_E = 3.0 \quad (Fr_E \leq 1.24) \quad (7)$$

$$\alpha_E = (0.70 \cdot Fr_E^2 + 1) + 0.93 \quad (Fr_E > 1.24) \quad (8)$$

α_E : 最大比エネルギー発生時刻に基づく水深係数

Fr_E : 最大比エネルギー発生時刻におけるフルード数

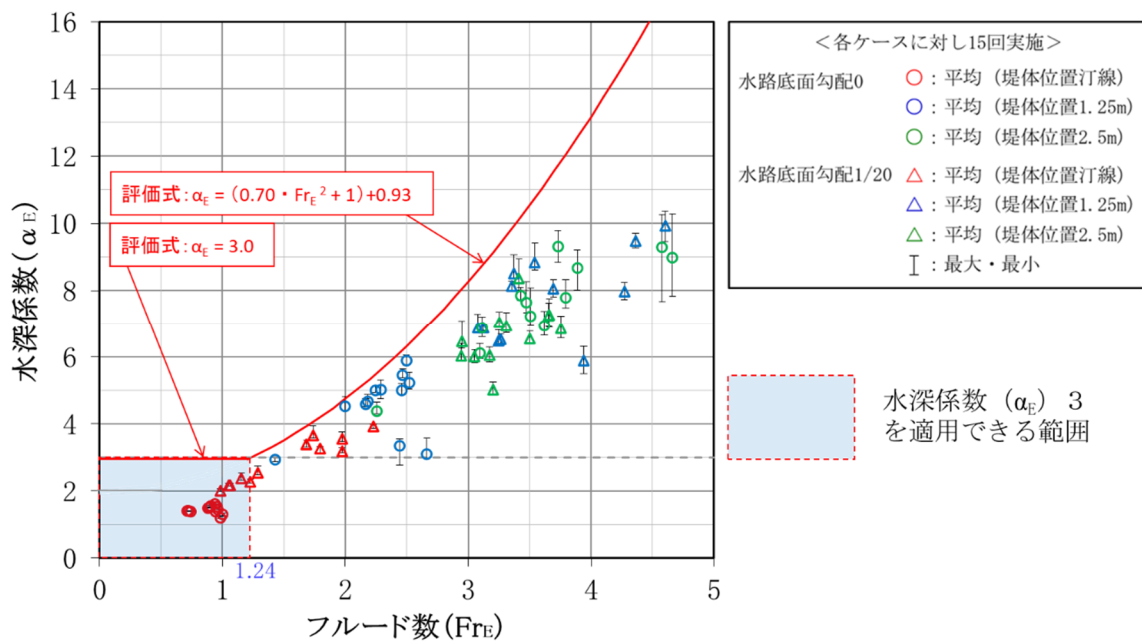
【解説】

上記の事項を確認するための技術的背景を以下に示す。

- ・防潮堤に作用する津波波圧評価に用いる水深係数について^(参3)では、ベルヌーイの定理を基に非粘性、定常及び一次元流れの条件において、フルード数(Fr_E)から水深係数(α_E)を推定する理論式^{*3}を導出した。式(8)はこの理論式と同じ構造の二次項と定数項1の二次関数を適用するとともに、非定常性を有する津波を模擬した水理試験によるばらつき等を考慮し導出した。
- ・フルード数(Fr_E)が1.24^{*4}以下の場合、水深係数(α_E)は式(7)より3とし、フルード数(Fr_E)が1.24を超える場合、水深係数(α_E)は式(8)より算出する。
- ・式(8)は防潮堤等の設置位置で想定されるフルード数(Fr_E)2.5以下の試験結果を基に策定したが、フルード数(Fr_E)2.5を超える領域(フルード数(Fr_E)4.7程度まで)においても試験結果を包絡することを確認した(図2.11)。

*3 理論式($\alpha_E = 0.50 \cdot Fr_E^2 + 1$)は、通過波の堤体位置における最大比エネルギー(運動エネルギー及び位置エネルギー)を静水圧に全変換した場合のフルード数(Fr_E)と水深係数(α_E)の関係を示す二次関数で、二次項と定数項1の構造からなる。

*4 1.24は、式(7)と式(8)の交点におけるフルード数(Fr_E)の値を示す。



出典) NRA 技術報告^(参4)

図 2.11 最大比エネルギー発生時刻に基づく持続波圧評価式と水理試験結果の関係

【確認事項】

③最大比エネルギー発生時刻における浸水深(η_{E_max})の水深係数(α_E)倍に相当する静水圧分布で防潮堤等の最下部に作用する圧力(P_E)を持続波圧として評価していること。その算出方法を式(9)に示す。

さらに、式(5)で評価した持続波最大浸水深(η_{max_2nd})の3倍の高さと最大比エネルギー発生時刻における浸水深(η_{E_max})の水深係数(α_E)倍の高さを比較し、値が大きくなる方を用いて持続波圧を設定していること。

$$P_E = \alpha_E \cdot \rho \cdot g \cdot \eta_{E_max} \quad (9)$$

P_E : 最大比エネルギー発生時刻における浸水深(η_{E_max})の水深係数(α_E)倍の高さに相当する静水圧分布で防潮堤等の最下部[※]に作用する圧力 [Pa]

※前面の据付高さを基準高さ(防潮堤等の最下部の高さ)とする。

η_{E_max} : 最大比エネルギー発生時刻における浸水深 [m]

ρ : 海水(流体)密度 [kg/m³]

g : 重力加速度 [m/s²]

【解説】

上記の事項を確認するための技術的背景を以下に示す。

- ・フルード数(Fr)が1以下の場合において、持続波最大浸水深(η_{\max_2nd})の3倍の高さに相当する静水圧分布で防潮堤等の最下部に作用する圧力(P_{2nd})は、式(5)で算出される。
- ・フルード数(Fr)が1を超える場合において、最大比エネルギー発生時刻における浸水深(η_{E_max})の水深係数(α_E)倍に相当する静水圧分布で防潮堤等の最下部に作用する圧力(P_E)は、式(9)で算出される。
- ・式(5)で算出される防潮堤等の最下部に作用する圧力(P_{2nd})と、式(9)で算出される防潮堤等の最下部に作用する圧力(P_E)を比較して、値が大きくなる方を用いて持続波圧として設定する。すなわち、両者は($P_{2nd} = 3 \cdot \rho \cdot g \cdot \eta_{\max_2nd}$)及び($P_E = \alpha_E \cdot \rho \cdot g \cdot \eta_{E_max}$)であることから、($3 \cdot \eta_{\max_2nd}$)及び($\alpha_E \cdot \eta_{E_max}$)の両者の値の比較から以下のように設定する。

- ・($3 \cdot \eta_{\max_2nd}$) \geq ($\alpha_E \cdot \eta_{E_max}$)

両者の値の比較が上記となる場合は、フルード数(Fr)が1を超える場合であっても、式(5)で算出される防潮堤等の最下部に作用する圧力(P_{2nd})を持続波圧として設定する。

- ・($3 \cdot \eta_{\max_2nd}$) $<$ ($\alpha_E \cdot \eta_{E_max}$)

両者の値の比較が上記となる場合は、式(9)で算出される防潮堤等の最下部に作用する圧力(P_E)を持続波圧として設定する。

参考文献・参考規格・基準類

- 参 1 原子力規制委員会 NRA 技術報告 防潮堤に作用する津波波圧評価に用いる水深係数の適用範囲について NTEC-2014-4001 平成 26 年 12 月
- 参 2 原子力規制委員会 NRA 技術報告 防潮堤に作用する津波段波の影響について NTEC-2015-4001 平成 27 年 10 月
- 参 3 原子力規制委員会 NRA 技術報告、防潮堤に作用する津波波圧評価に用いる水深係数について NTEC-2016-4001 平成 28 年 12 月
- 参 4 原子力規制委員会 NRA 技術報告 防潮堤に作用する最大持続波圧評価式の提案 NTEC-2022-4001 令和 4 年 7 月
- 参 5 国土交通省港湾局 防波堤の耐津波設計ガイドライン 平成 27 年 12 月
- 参 6 朝倉良介、ほか 護岸を越流した津波による波力に関する実験的研究 海岸工学論文集 第 47 巻(2000) pp.911-915
- 参 7 池野正明、松山昌史、榊山勉、柳沢賢 ソリトン分裂と碎波を伴う津波の防波堤に作用する波力評価に関する実験的研究 海岸工学論文集 第 52 巻(2005) pp.751-755