

事務連絡  
令和3年3月30日

各都道府県津波防災地域づくりに関する法律  
担当主務課 御中

国土交通省  
住宅局建築指導課建築物防災対策室

許容浸水深表による津波に対する安全性を確かめる方法について

津波防災地域づくりに関する法律施行規則（平成23年国土交通省令第99号）第31条第1号の規定に基づく平成23年国土交通省告示第1318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等を定める件）第1第1号の規定による「津波の作用に対して安全であることが確かめられた構造方法」及び同告示第1第2号イの規定による「津波の作用時に、津波による浮力の影響その他の事情を勘案し、建築物等が転倒し、又は滑動しないことが確かめられた構造方法」については、一般財団法人日本建築防災協会が設置した津波避難ビルの基準合理化検討WGにおいて検討された結果、別添のとおり、「許容浸水深表による津波に対する安全性（倒壊、転倒及び滑動）を確かめる方法」としてとりまとめられ、同告示の構造方法を簡易に確かめる方法として取り扱うことが適当であると考えられるので通知いたします。

問合せ先

国土交通省住宅局

建築指導課建築物防災対策室

TEL03(5253)8514

一般財団法人日本建築防災協会構造調査部

TEL03(5512)6452

許容浸水深表による津波に対する安全性（倒壊、転倒及び滑動）を確かめる方法

平成 23 年国土交通省告示第 1318 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等を定める件。以下、「告示第 1318 号」という。）第一第一号及び第二号イによる、津波の作用時に、建築物等が倒壊、転倒又は滑動しないことを確かめる方法として、簡易な許容浸水深表による確認方法を取りまとめた。その適用に関する主な事項は、以下のとおりである。

## 記

### 1. 適用範囲

以下の 1) 及び 2) に該当する建築物であること

- 1) 昭和 56 年 6 月 1 日以降の法第 20 条の規定に適合する建築物又は耐震診断により構造耐力上の安全性が確かめられた建築物
- 2) 鉄筋コンクリート造又は鉄骨鉄筋コンクリート造の建築物

### 2. 許容浸水深表による確認方法

以下の 1) から 4) までによること

- 1) 検討する各方向について、水深係数、建築物の階数、建築物の幅の最小値に応じて、以下の表 1～3 に定める許容浸水深（単位：m）が、津波浸水想定に定める水深以上であること  
水深係数：告示第 1318 号第一第一号ロで規定する水深係数をいう。  
津波浸水想定：津波防災地域づくりに関する法律（平成 23 年法律第 123 号）第 8 条第 1 項に規定する津波浸水想定をいう。
- 2) 建築物の幅の最小値に該当する数値がない場合は、線形補間して許容浸水深を求めること
- 3) 平面が矩形でない場合は、突出部分を無視して、矩形平面と見なして表を適用すること
- 4) セットバック部分を有する場合は、当該部分を無視して表を適用すること

表1 許容浸水深表 (水深係数 3.0)

		建物の階数									
		2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
建物 幅の 最小 値	6 (m)	1.2	1.5	1.7	1.9	2.1	2.2	2.4	2.5	2.7	2.8
	7 (m)	1.3	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.7	2.9	3.0
	8 (m)	1.4	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9	3.0	3.2
	9 (m)	1.5	1.8	2.0	2.3	2.5	2.7	2.9	3.0	3.2	3.4
	10 (m)	1.5	1.8	2.1	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.5
	11 (m)	1.6	1.9	2.2	2.5	2.7	2.9	3.1	3.3	3.5	3.7
	12 (m)	1.6	2.0	2.3	2.5	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8
	15 (m)	1.8	2.2	2.5	2.8	3.1	3.3	3.6	3.8	4.0	4.2
	18 (m)	1.9	2.3	2.7	3.0	3.3	3.6	3.8	4.1	4.3	4.6
	24 (m)	2.1	2.6	3.0	3.3	3.7	4.0	4.3	4.6	4.9	5.1
	30 (m)	2.2	2.8	3.2	3.6	4.0	4.4	4.7	5.0	5.3	5.6
	36 (m)	2.4	2.9	3.4	3.9	4.3	4.7	5.0	5.4	5.7	6.0
42 (m)	2.5	3.1	3.6	4.1	4.5	4.9	5.3	5.7	6.1	6.4	

表2 許容浸水深表 (水深係数 2.0)

		建物の階数									
		2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
建物 幅の 最小 値	6 (m)	1.7	2.1	2.4	2.7	2.9	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0
	7 (m)	1.8	2.2	2.5	2.8	3.1	3.4	3.6	3.9	4.1	4.3
	8 (m)	1.9	2.3	2.7	3.0	3.3	3.6	3.8	4.1	4.3	4.6
	9 (m)	2.0	2.4	2.8	3.1	3.4	3.7	4.0	4.3	4.5	4.8
	10 (m)	2.1	2.5	2.9	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5	4.7	5.0
	11 (m)	2.1	2.6	3.0	3.4	3.7	4.1	4.4	4.7	4.9	5.2
	12 (m)	2.2	2.7	3.1	3.5	3.8	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4
	15 (m)	2.3	2.9	3.3	3.8	4.2	4.6	4.9	5.2	5.6	5.9
	18 (m)	2.5	3.0	3.5	4.0	4.4	4.9	5.3	5.6	6.0	6.3
	24 (m)	2.6	3.3	3.9	4.4	4.9	5.4	5.8	6.2	6.6	7.0
	30 (m)	2.8	3.5	4.1	4.7	5.3	5.8	6.3	6.7	7.2	7.6
	36 (m)	2.9	3.6	4.3	5.0	5.5	6.1	6.6	7.1	7.6	8.1
42 (m)	3.0	3.8	4.5	5.2	5.8	6.4	6.9	7.5	8.0	8.5	

表3 許容浸水深表（水深係数 1.5）

		建物の階数									
		2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
建物 幅 の 最 小 値	6 (m)	2.1	2.6	3.0	3.3	3.7	4.0	4.3	4.6	4.9	5.1
	7 (m)	2.2	2.7	3.1	3.5	3.9	4.2	4.6	4.9	5.2	5.5
	8 (m)	2.3	2.8	3.3	3.7	4.1	4.5	4.8	5.1	5.5	5.8
	9 (m)	2.4	2.9	3.4	3.9	4.3	4.7	5.0	5.4	5.7	6.0
	10 (m)	2.4	3.0	3.5	4.0	4.4	4.8	5.2	5.6	5.9	6.3
	11 (m)	2.5	3.1	3.6	4.1	4.6	5.0	5.4	5.8	6.2	6.5
	12 (m)	2.6	3.2	3.7	4.2	4.7	5.2	5.6	6.0	6.4	6.7
	15 (m)	2.7	3.4	4.0	4.5	5.1	5.6	6.0	6.5	6.9	7.3
	18 (m)	2.8	3.5	4.2	4.8	5.4	5.9	6.4	6.9	7.3	7.8
	24 (m)	3.0	3.8	4.5	5.2	5.8	6.4	7.0	7.5	8.0	8.5
	30 (m)	3.1	4.0	4.7	5.5	6.2	6.8	7.4	8.0	8.6	9.1
	36 (m)	3.2	4.1	4.9	5.7	6.4	7.1	7.8	8.4	9.0	9.6
42 (m)	3.3	4.2	5.1	5.9	6.7	7.4	8.1	8.8	9.4	10.1	

### 3. その他

- 1) ここに示す許容浸水深表による確認方法は、告示第 1318 号第一第一号及び第二号イによる、津波の作用時に、建築物等が倒壊、転倒又は滑動しないことを確かめる方法であり、同告示第一第一号による壁等の部材の破壊防止並びに第一第二号ロ及びハによる津波による洗掘及び漂流物の衝突に対する構造安全性については、必要に応じて別途検討する必要がある。
- 2) ここに示す許容浸水深表は、一般的な鉄筋コンクリート造・鉄骨鉄筋コンクリート造の建築物を想定し、平均階高 3.5m 程度以上、開口率（告示第 1318 号第一第一号ニで規定する開口部の面積の総和を津波作用面積で除して得た数値）0.15 程度以上<sup>(\*)</sup>、並びに建築物及び基礎の平均単位面積重量 13kN/m<sup>2</sup> 程度以上であること等を条件として、別紙「鉄筋コンクリート造建物の許容浸水深の算定方法（抜粋）」の「許容浸水深の算定方法」に示す方法に基づき、一定の安全率を考慮して作成したものである。これらの数値が大幅に異なる建築物に適用する場合には、条件を変更して許容浸水深を算定することが望ましい。この場合において、面積が大きい窓が多数設けられているなど開口率が大きい部分に適用する場合には、別紙に示された表（下記の「参考」参照）を用いることができる。  
<sup>(\*)</sup> 別紙「許容浸水深の算定方法」においては、開口率 0.3 程度以上を条件として作成した許容浸水深表を示しているが、ここでは、より一般的な数値として、0.15 程度以上を条件として作成したものを示している。
- 3) 本許容浸水深表によらず、別紙を参考として、算定条件を個別の建築物の実況に応じた数値に変更して許容浸水深を算定することができる。

[参考] 別紙「許容浸水深の算定方法」の許容浸水深表（開口率大の場合用）

別紙表 4.1 許容浸水深表（水深係数 3.0）

		建物の階数									
		2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
建物幅の最小値	6 (m)	1.4	1.6	1.8	2.1	2.3	2.4	2.6	2.8	2.9	3.1
	7 (m)	1.4	1.7	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.1	3.3
	8 (m)	1.5	1.8	2.1	2.3	2.6	2.8	3.0	3.1	3.3	3.5
	9 (m)	1.6	1.9	2.2	2.4	2.7	2.9	3.1	3.3	3.5	3.7
	10 (m)	1.7	2.0	2.3	2.6	2.8	3.0	3.3	3.5	3.7	3.9
	11 (m)	1.7	2.1	2.4	2.7	2.9	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0
	12 (m)	1.8	2.1	2.5	2.8	3.0	3.3	3.5	3.7	4.0	4.2
	15 (m)	1.9	2.3	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.1	4.4	4.6
	18 (m)	2.0	2.5	2.9	3.2	3.6	3.9	4.2	4.4	4.7	4.9
	24 (m)	2.2	2.7	3.2	3.6	4.0	4.3	4.6	5.0	5.3	5.6
	30 (m)	2.4	2.9	3.4	3.9	4.3	4.7	5.1	5.4	5.7	6.1
	36 (m)	2.5	3.1	3.6	4.1	4.6	5.0	5.4	5.8	6.1	6.5
42 (m)	2.6	3.2	3.8	4.3	4.8	5.3	5.7	6.1	6.5	6.9	

別紙表 4.2 許容浸水深表（水深係数 2.0）

		建物の階数									
		2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
建物幅の最小値	6 (m)	1.8	2.2	2.6	2.9	3.2	3.4	3.7	3.9	4.2	4.4
	7 (m)	1.9	2.4	2.7	3.1	3.4	3.7	3.9	4.2	4.4	4.7
	8 (m)	2.0	2.5	2.9	3.2	3.6	3.9	4.2	4.4	4.7	4.9
	9 (m)	2.1	2.6	3.0	3.4	3.7	4.0	4.4	4.6	4.9	5.2
	10 (m)	2.2	2.7	3.1	3.5	3.9	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4
	11 (m)	2.2	2.8	3.2	3.6	4.0	4.4	4.7	5.0	5.3	5.6
	12 (m)	2.3	2.8	3.3	3.7	4.1	4.5	4.9	5.2	5.5	5.8
	15 (m)	2.5	3.0	3.6	4.0	4.5	4.9	5.3	5.6	6.0	6.3
	18 (m)	2.6	3.2	3.8	4.3	4.8	5.2	5.6	6.0	6.4	6.8
	24 (m)	2.8	3.5	4.1	4.7	5.2	5.7	6.2	6.7	7.1	7.5
	30 (m)	2.9	3.7	4.3	5.0	5.6	6.1	6.6	7.2	7.6	8.1
	36 (m)	3.0	3.8	4.5	5.2	5.8	6.4	7.0	7.6	8.1	8.6
42 (m)	3.1	3.9	4.7	5.4	6.1	6.7	7.3	7.9	8.5	9.0	

別紙表 4.3 許容浸水深表（水深係数 1.5）

		建物の階数									
		2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
建 物 幅 の 最 小 値	6 (m)	2.2	2.7	3.2	3.6	4.0	4.3	4.6	5.0	5.3	5.6
	7 (m)	2.3	2.9	3.3	3.8	4.2	4.6	4.9	5.3	5.6	5.9
	8 (m)	2.4	3.0	3.5	4.0	4.4	4.8	5.2	5.5	5.9	6.2
	9 (m)	2.5	3.1	3.6	4.1	4.6	5.0	5.4	5.8	6.1	6.5
	10 (m)	2.6	3.2	3.7	4.3	4.7	5.2	5.6	6.0	6.4	6.8
	11 (m)	2.6	3.3	3.9	4.4	4.9	5.3	5.8	6.2	6.6	7.0
	12 (m)	2.7	3.4	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.4	6.8	7.2
	15 (m)	2.8	3.6	4.2	4.8	5.4	5.9	6.4	6.9	7.3	7.8
	18 (m)	2.9	3.7	4.4	5.1	5.7	6.2	6.8	7.3	7.8	8.3
	24 (m)	3.1	3.9	4.7	5.4	6.1	6.8	7.4	8.0	8.5	9.1
	30 (m)	3.2	4.1	4.9	5.7	6.5	7.2	7.8	8.5	9.1	9.7
	36 (m)	3.3	4.2	5.1	5.9	6.7	7.5	8.2	8.9	9.5	10.2
	42 (m)	3.4	4.3	5.3	6.1	6.9	7.7	8.5	9.2	9.9	10.6

## 鉄筋コンクリート造建物の許容浸水深の算定方法（抜粋）

（津波避難ビルの基準合理化検討 WG 報告書より）

### 0 はじめに

本検討では津波防災地域づくり法の告示に基づいて、設計用浸水深が与えられた鉄筋コンクリート造建物に作用する水平荷重・転倒モーメントを算定し、同建物が倒壊・転倒・滑動しない許容浸水深を一覧表として示した。なお、本検討は構造上の要件に関する適合性についての検討であるため、避難階高さの検討に必要な基準水位については別途検討する必要がある。

表中の建物パラメータは①建物階数(2F～11F)、②建物幅の最小値方向の長さ(6m～42mまで)、③水深係数(1.5, 2.0, 3.0)とした。いずれの検討も(A)建物高さが波圧高さを超える場合と(B)建物高さが波圧高さを超えない場合で、設計用浸水深から算定される津波荷重が異なるため、2通りに場合分けをして検討を行った。

なお、表 1.1～表 4.3 は、「津波避難ビルの基準合理化検討 WG 報告書」の抜粋であるが、表 1.1、表 1.2、表 1.7、表 1.8、表 2.1、表 2.2 は以下の変更を行っている。

【変更内容：青色のハッチング箇所の一部訂正】

表中の訂正箇所を赤枠で示す。青色のハッチングは、階高×階数>水深係数×限界浸水深を示しており、訂正した表は、水深係数 $\alpha=3$ または $\alpha=1.5$ の場合であるが、水深係数 $\alpha=2$ と同じ色分けになっていたため、それぞれの水深係数に応じた色分けに訂正した。

本検討では条件を単純化するため簡略な建物モデルを仮定し、下記を解析条件として与えている。下記とは条件の異なる建物で許容浸水深が変化する可能性があることに留意する必要がある。

- ・RC造建物を想定し、各階階高は3.5m、単位床面積当たりの重量は13 kN/m<sup>2</sup>で一様と仮定する。
- ・海水は建物内に流入せず、建物浸水容積の排水重量が浮力として作用する。
- ・建物の層せん断力係数は新耐震基準の構造特性係数最小値である0.3とする。
- ・地域係数や振動特性係数の影響は考慮していない
- ・建物の最大層せん断力に達するまで部材に脆性的な破壊が生じない（波圧分布による載荷）
- ・基礎の単位床面積当たりの重量は上部構造と同様に13 kN/m<sup>2</sup>を仮定する。
- ・転倒や滑動に対する杭の寄与は無視し、浮力を考慮した自重による抵抗力のみを考慮す

る。

- ・基礎滑り時の摩擦係数は 0.4 とし、杭損傷後の基礎の滑動に対しても摩擦力が水平方向に抵抗する。
- ・建物平面は矩形とし、重心は平面図心位置と一致する。
- ・開口による波力低減率は一般的な建物における開口率を勘案して 0.7 とする。
- ・開口の鉛直方向の分布は一様と仮定する
- ・海水の密度は 1 ton /m<sup>3</sup> とし、津波漂流物の堆積や衝突の影響は考慮しない。

以降、各節での許容浸水深算定時の式展開では計算に必要な建物および津波の変数は下記記号を用いて表している。

許容浸水深	$\eta$ (m)	
水深係数	$\alpha$ (1.5, 2.0, 3.0)	(建物建設地の実況に応じて選ぶ)
長辺長さ	B (m)	(建物長辺方向の長さ)
建物幅の最小値	D (m)	(建物短辺方向の長さ(建物実測値より小さい値を表から選ぶ))
建物階数	N	(3階建から12階建までを想定)
建物階高	H (m)	(一般的なRC造建物を想定し3.5mと仮定)
単位面積床質量	$\omega$ (ton/m <sup>2</sup> )	(一般建物を想定し13 kN/m <sup>2</sup> と仮定)
開口波力低減率	$\xi$	(一般的なRC造建物の開口を想定し0.7と仮定)
層せん断力係数	$C_0$	(0.30 (RC造建物(新耐震)の構造特性係数 最小値))
すべり摩擦係数	$\mu$	(既往実験での基礎すべり建物の動摩擦係数を参照し0.4と仮定)
海水密度	$\rho$ (ton/m <sup>3</sup> )	(真水とし1.0と仮定)
重力加速度	$g$ (m/s/s)	(9.805 m/s/s)
(建物高さ)	$= NH$ (m)	
(波圧高さ)	$= \alpha\eta$ (m)	



## 1. 倒壊限界浸水深に関する検討

建物の倒壊限界浸水深については建物に作用する水平津波荷重と建物の最大層せん断力が一致する浸水深として計算する。水平津波荷重は設計用浸水深を水深係数倍した波圧高さの静水圧を鉛直方向および建物幅方向に積分し、開口による波力低減率を乗じて求める。上部構造に作用するせん断力は 1 階階高半分の高さ以上に作用する波圧を積分したものとす。波力による外力分布では地震動による外力分布に比べて外力重心位置が低くなるため下層階部分の層または部分崩壊形となりやすく、同じ 1 層せん断力で比較した場合、地震時の外力分布に比べて全体降伏形や中間層の部分崩壊形は発生しにくい。したがって、建物の最大層せん断力は耐震設計時に地震時の外力分布によって建物が強度を保有していることが確認されている地震時の保有水平耐力としている。

以下に倒壊限界浸水深を算定する式を示す。

(A) 建物高さが波圧高さを上回る場合 ( $NH > \alpha\eta$ )

$$\text{(津波水平力)} = \frac{1}{2}\rho \times (\alpha\eta - \frac{1}{2}H)^2 \times \xi Bg \quad (\text{kN})$$

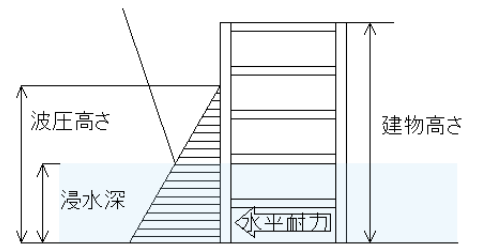
$$\text{(建物水平耐力)} = C_0\omega NDBg \quad (\text{kN})$$

津波水平力と建物水平耐力が等しいと仮定すると、

$$\frac{1}{2}\rho \times (\alpha\eta - \frac{1}{2}H)^2 \times \xi Bg = C_0\omega NDBg$$

$$\eta_1 = \frac{1}{\alpha} \left( \sqrt{\frac{2C_0\omega ND}{\xi\rho}} + \frac{H}{2} \right) \quad (\text{m})$$

(A) 建物高さが波圧高さを上回る  
波圧分布(三角形)



(B) 波圧高さが建物高さを上回る場合 ( $NH < \alpha\eta$ )

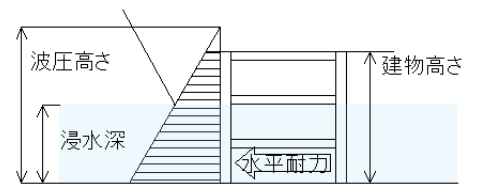
$$\text{(包絡する波力)} = \frac{1}{2} \times (\alpha\eta - \frac{1}{2}H)^2 \times \xi Bg \quad \dots \text{①} \quad (\text{kN})$$

$$\text{(除外する波力)} = \frac{1}{2} \times (\alpha\eta - NH)^2 \times \xi Bg \quad \dots \text{②} \quad (\text{kN})$$

$$\text{(津波水平力)} = \text{①} - \text{②} \quad (\text{kN})$$

$$\text{(建物水平耐力)} = C_0\omega NDBg \quad (\text{kN})$$

(B) 波圧高さが建物高さを上回る  
波圧分布(台形)



津波水平力と建物水平耐力が等しいと仮定すると、

$$\frac{1}{2}\rho \times \left\{ (\alpha\eta - \frac{1}{2}H)^2 - (\alpha\eta - NH)^2 \right\} \times \xi Bg = C_0\omega NDBg$$

$$\frac{1}{2}\rho \times (2\alpha\eta - \frac{1}{2}H - NH) (NH - \frac{1}{2}H) \times \xi Bg = C_0\omega NDBg$$

$$\eta_2 = \frac{1}{2\alpha} \left( \frac{2C_0\omega ND}{\rho\xi(N - \frac{1}{2}H)} + \frac{H}{2} + NH \right) \quad (\text{m})$$

したがって、倒壊限界浸水深は下記の表の通りとなる。倒壊限界浸水深については小数点第1位まで示し、小数点第2位以下について切り捨てとした。建物幅の最小値(表縦軸)については実測値よりも小さい値を採用して倒壊限界浸水深を求める。

表 1.1 倒壊限界浸水深  $\eta_1$  (m) (建物高さが波圧高さを上回る場合) (水深係数  $\alpha=3$ )

	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
6 (m)	1.8	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9	3.0	3.2	3.3	3.5
7 (m)	1.9	2.2	2.4	2.7	2.9	3.1	3.2	3.4	3.5	3.7
8 (m)	2.0	2.3	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.7	3.9
9 (m)	2.1	2.4	2.7	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	3.9	4.1
10 (m)	2.2	2.5	2.8	3.1	3.3	3.5	3.7	3.9	4.1	4.3
11 (m)	2.2	2.6	2.9	3.2	3.5	3.7	3.9	4.1	4.3	4.5
12 (m)	2.3	2.7	3.0	3.3	3.6	3.8	4.0	4.3	4.5	4.6
15 (m)	2.5	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5	4.7	4.9	5.1
18 (m)	2.7	3.2	3.6	3.9	4.3	4.6	4.8	5.1	5.3	5.6
24 (m)	3.0	3.6	4.0	4.5	4.8	5.2	5.5	5.8	6.1	6.3
30 (m)	3.3	3.9	4.5	4.9	5.3	5.7	6.1	6.4	6.7	7.0
36 (m)	3.6	4.3	4.8	5.3	5.8	6.2	6.6	7.0	7.3	7.6
42 (m)	3.8	4.6	5.2	5.7	6.2	6.7	7.1	7.5	7.8	8.2

表 1.2 倒壊限界浸水深  $\eta_2$  (m) (波圧高さが建物高さを上回る場合) (水深係数  $\alpha=3$ )

	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
6 (m)	1.9	2.4	3.0	3.6	4.1	4.7	5.3	5.9	6.5	7.0
7 (m)	1.9	2.5	3.0	3.6	4.2	4.8	5.3	5.9	6.5	7.1
8 (m)	2.0	2.5	3.1	3.7	4.2	4.8	5.4	6.0	6.6	7.1
9 (m)	2.1	2.6	3.2	3.7	4.3	4.9	5.5	6.0	6.6	7.2
10 (m)	2.2	2.7	3.2	3.8	4.4	4.9	5.5	6.1	6.7	7.3
11 (m)	2.2	2.7	3.3	3.9	4.4	5.0	5.6	6.2	6.7	7.3
12 (m)	2.3	2.8	3.4	3.9	4.5	5.1	5.6	6.2	6.8	7.4
15 (m)	2.5	3.0	3.5	4.1	4.7	5.2	5.8	6.4	7.0	7.5
18 (m)	2.7	3.2	3.7	4.3	4.8	5.4	6.0	6.6	7.1	7.7
24 (m)	3.2	3.6	4.1	4.6	5.2	5.8	6.3	6.9	7.5	8.1
30 (m)	3.6	4.0	4.5	5.0	5.5	6.1	6.7	7.2	7.8	8.4
36 (m)	4.0	4.4	4.8	5.4	5.9	6.5	7.0	7.6	8.2	8.7
42 (m)	4.5	4.8	5.2	5.7	6.3	6.8	7.4	7.9	8.5	9.1

表 1.3 倒壊限界浸水深  $\eta$  (m) (水深係数  $\alpha=3$ )

	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
6 (m)	1.8	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9	3.0	3.2	3.3	3.5
7 (m)	1.9	2.2	2.4	2.7	2.9	3.1	3.2	3.4	3.5	3.7
8 (m)	2.0	2.3	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.7	3.9
9 (m)	2.1	2.4	2.7	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	3.9	4.1
10 (m)	2.2	2.5	2.8	3.1	3.3	3.5	3.7	3.9	4.1	4.3
11 (m)	2.2	2.6	2.9	3.2	3.5	3.7	3.9	4.1	4.3	4.5
12 (m)	2.3	2.7	3.0	3.3	3.6	3.8	4.0	4.3	4.5	4.6
15 (m)	2.5	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5	4.7	4.9	5.1
18 (m)	2.7	3.2	3.6	3.9	4.3	4.6	4.8	5.1	5.3	5.6
24 (m)	3.2	3.6	4.0	4.5	4.8	5.2	5.5	5.8	6.1	6.3
30 (m)	3.6	4.0	4.5	4.9	5.3	5.7	6.1	6.4	6.7	7.0
36 (m)	4.0	4.4	4.8	5.3	5.8	6.2	6.6	7.0	7.3	7.6
42 (m)	4.5	4.8	5.2	5.7	6.2	6.7	7.1	7.5	7.8	8.2

表 1.4 倒壊限界浸水深  $\eta_1$  (建物高さが波圧高さを上回る場合) (水深係数  $\alpha=2$ )

	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
6 (m)	2.7	3.1	3.5	3.8	4.1	4.3	4.6	4.8	5.0	5.2
7 (m)	2.9	3.3	3.7	4.0	4.3	4.6	4.9	5.1	5.3	5.6
8 (m)	3.0	3.5	3.9	4.2	4.6	4.9	5.1	5.4	5.6	5.9
9 (m)	3.1	3.6	4.1	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7	5.9	6.2
10 (m)	3.3	3.8	4.2	4.6	5.0	5.3	5.6	5.9	6.2	6.5
11 (m)	3.4	3.9	4.4	4.8	5.2	5.6	5.9	6.2	6.5	6.7
12 (m)	3.5	4.1	4.6	5.0	5.4	5.8	6.1	6.4	6.7	7.0
15 (m)	3.8	4.5	5.0	5.5	5.9	6.3	6.7	7.1	7.4	7.7
18 (m)	4.1	4.8	5.4	5.9	6.4	6.9	7.3	7.7	8.0	8.4
24 (m)	4.6	5.4	6.1	6.7	7.3	7.8	8.3	8.7	9.1	9.5
30 (m)	5.0	5.9	6.7	7.4	8.0	8.6	9.1	9.6	10.1	10.6
36 (m)	5.4	6.4	7.3	8.0	8.7	9.3	9.9	10.5	11.0	11.5
42 (m)	5.8	6.9	7.8	8.6	9.3	10.0	10.6	11.2	11.8	12.3

表 1.5 倒壊限界浸水深  $\eta_2$  (波圧高さが建物高さを上回る場合) (水深係数  $\alpha=2$ )

	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
6 (m)	2.8	3.6	4.5	5.4	6.2	7.1	8.0	8.8	9.7	10.6
7 (m)	2.9	3.7	4.6	5.4	6.3	7.2	8.0	8.9	9.8	10.7
8 (m)	3.1	3.8	4.7	5.5	6.4	7.3	8.1	9.0	9.9	10.7
9 (m)	3.2	3.9	4.8	5.6	6.5	7.3	8.2	9.1	10.0	10.8
10 (m)	3.3	4.0	4.9	5.7	6.6	7.4	8.3	9.2	10.0	10.9
11 (m)	3.4	4.1	5.0	5.8	6.7	7.5	8.4	9.3	10.1	11.0
12 (m)	3.5	4.2	5.1	5.9	6.8	7.6	8.5	9.3	10.2	11.1
15 (m)	3.8	4.5	5.3	6.2	7.0	7.9	8.7	9.6	10.5	11.3
18 (m)	4.1	4.8	5.6	6.4	7.3	8.1	9.0	9.9	10.7	11.6
24 (m)	4.8	5.4	6.2	7.0	7.8	8.7	9.5	10.4	11.2	12.1
30 (m)	5.4	6.0	6.7	7.5	8.3	9.2	10.0	10.9	11.8	12.6
36 (m)	6.1	6.6	7.3	8.1	8.9	9.7	10.6	11.4	12.3	13.1
42 (m)	6.7	7.2	7.8	8.6	9.4	10.2	11.1	11.9	12.8	13.6

表 1.6 倒壞限界浸水深  $\eta$  (水深係數  $\alpha=2$ )

	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
6 (m)	2.7	3.1	3.5	3.8	4.1	4.3	4.6	4.8	5.0	5.2
7 (m)	2.9	3.3	3.7	4.0	4.3	4.6	4.9	5.1	5.3	5.6
8 (m)	3.0	3.5	3.9	4.2	4.6	4.9	5.1	5.4	5.6	5.9
9 (m)	3.1	3.6	4.1	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7	5.9	6.2
10 (m)	3.3	3.8	4.2	4.6	5.0	5.3	5.6	5.9	6.2	6.5
11 (m)	3.4	3.9	4.4	4.8	5.2	5.6	5.9	6.2	6.5	6.7
12 (m)	3.5	4.1	4.6	5.0	5.4	5.8	6.1	6.4	6.7	7.0
15 (m)	3.8	4.5	5.0	5.5	5.9	6.3	6.7	7.1	7.4	7.7
18 (m)	4.1	4.8	5.4	5.9	6.4	6.9	7.3	7.7	8.0	8.4
24 (m)	4.8	5.4	6.1	6.7	7.3	7.8	8.3	8.7	9.1	9.5
30 (m)	5.4	6.0	6.7	7.4	8.0	8.6	9.1	9.6	10.1	10.6
36 (m)	6.1	6.6	7.3	8.0	8.7	9.3	9.9	10.5	11.0	11.5
42 (m)	6.7	7.2	7.8	8.6	9.3	10.0	10.6	11.2	11.8	12.3

表 1.7 倒壊限界浸水深  $\eta_1$  (m) (建物高さが波圧高さを上回る場合) (水深係数  $\alpha=1.5$ )

	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
6 (m)	3.6	4.1	4.6	5.0	5.4	5.7	6.1	6.3	6.7	6.9
7 (m)	3.8	4.4	4.9	5.3	5.7	6.1	6.5	6.8	7.1	7.4
8 (m)	4.0	4.6	5.1	5.6	6.1	6.5	6.8	7.1	7.5	7.8
9 (m)	4.1	4.8	5.4	5.9	6.3	6.8	7.1	7.5	7.9	8.2
10 (m)	4.3	5.0	5.6	6.1	6.7	7.1	7.5	7.9	8.3	8.6
11 (m)	4.5	5.2	5.9	6.4	6.9	7.4	7.8	8.2	8.6	8.9
12 (m)	4.6	5.4	6.1	6.7	7.1	7.7	8.1	8.5	8.9	9.3
15 (m)	5.0	5.9	6.7	7.3	7.9	8.4	8.9	9.4	9.9	10.3
18 (m)	5.4	6.3	7.1	7.9	8.5	9.1	9.7	10.2	10.7	11.1
24 (m)	6.1	7.1	8.1	8.9	9.7	10.3	11.0	11.6	12.1	12.7
30 (m)	6.7	7.9	8.9	9.9	10.7	11.4	12.1	12.8	13.5	14.1
36 (m)	7.1	8.5	9.7	10.7	11.6	12.4	13.2	13.9	14.6	15.3
42 (m)	7.7	9.1	10.3	11.4	12.4	13.3	14.1	14.9	15.7	16.4

表 1.8 倒壊限界浸水深  $\eta_2$  (m) (波圧高さが建物高さを上回る場合) (水深係数  $\alpha=1.5$ )

	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
6 (m)	3.7	4.8	5.9	7.1	8.3	9.4	10.6	11.7	12.9	14.1
7 (m)	3.9	4.9	6.1	7.2	8.4	9.5	10.7	11.9	13.0	14.2
8 (m)	4.1	5.1	6.2	7.3	8.5	9.7	10.8	12.0	13.1	14.3
9 (m)	4.2	5.2	6.3	7.5	8.6	9.7	10.9	12.1	13.3	14.4
10 (m)	4.3	5.3	6.5	7.6	8.7	9.9	11.1	12.2	13.3	14.5
11 (m)	4.5	5.5	6.6	7.7	8.9	10.0	11.1	12.3	13.5	14.6
12 (m)	4.6	5.6	6.7	7.8	9.0	10.1	11.3	12.4	13.6	14.7
15 (m)	5.1	6.0	7.1	8.2	9.3	10.5	11.6	12.8	13.9	15.1
18 (m)	5.5	6.4	7.5	8.5	9.7	10.8	11.9	13.1	14.3	15.4
24 (m)	6.3	7.2	8.2	9.3	10.4	11.5	12.7	13.8	14.9	16.1
30 (m)	7.2	7.9	8.9	10.0	11.1	12.2	13.3	14.5	15.7	16.8
36 (m)	8.1	8.7	9.7	10.7	11.8	12.9	14.1	15.2	16.3	17.5
42 (m)	8.9	9.5	10.4	11.5	12.5	13.6	14.7	15.9	17.0	18.1

表 1.9 倒壊限界浸水深  $\eta$  (m) (水深係数  $\alpha=1.5$ )

	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
6 (m)	3.6	4.1	4.6	5.0	5.4	5.7	6.1	6.3	6.7	6.9
7 (m)	3.8	4.4	4.9	5.3	5.7	6.1	6.5	6.8	7.1	7.4
8 (m)	4.0	4.6	5.1	5.6	6.1	6.5	6.8	7.1	7.5	7.8
9 (m)	4.1	4.8	5.4	5.9	6.3	6.8	7.1	7.5	7.9	8.2
10 (m)	4.3	5.0	5.6	6.1	6.7	7.1	7.5	7.9	8.3	8.6
11 (m)	4.5	5.2	5.9	6.4	6.9	7.4	7.8	8.2	8.6	8.9
12 (m)	4.6	5.4	6.1	6.7	7.1	7.7	8.1	8.5	8.9	9.3
15 (m)	5.1	5.9	6.7	7.3	7.9	8.4	8.9	9.4	9.9	10.3
18 (m)	5.5	6.3	7.1	7.9	8.5	9.1	9.7	10.2	10.7	11.1
24 (m)	6.3	7.2	8.1	8.9	9.7	10.3	11.0	11.6	12.1	12.7
30 (m)	7.2	7.9	8.9	9.9	10.7	11.4	12.1	12.8	13.5	14.1
36 (m)	8.1	8.7	9.7	10.7	11.6	12.4	13.2	13.9	14.6	15.3
42 (m)	8.9	9.5	10.4	11.4	12.4	13.3	14.1	14.9	15.7	16.4

## 2. 滑動限界浸水深に関する検討

津波防災地域づくり法告示と同様に建物浸水容積の排水重量が浮力として生じる。基礎と建物の単位床面積当の重量は同じとした。基礎は捨てコンクリートと基礎底面の摩擦係数は動摩擦係数として 0.4 とし、杭基礎についても同等以上の摩擦抵抗が生じると仮定する。重量と浮力の合計が矩形平面の建物図心位置に鉛直方向に作用するとしている。水平津波荷重は設計用浸水深を水深係数倍した波圧高さの静水圧を鉛直方向および建物幅方向に積分し、開口による波力低減率を乗じて求める。基礎構造に作用するせん断力は地上部以上の高さに作用する波圧を積分したものとする。滑動限界浸水深については建物高さが波圧高さを超える場合は $\eta_1$ と建物高さが波圧高さを超えない場合は $\eta_2$ として表した。

$$\begin{aligned} \text{(建物重量)} &= \omega (N+1)DBg && \text{(kN)} \\ \text{(津波浮力)} &= \rho\eta \times DBg && \text{(kN)} \\ \text{(滑動耐力)} &= \mu (\omega (N+1) - \rho\eta)DBg && \text{(kN)} \end{aligned}$$

(A) 建物高さが波圧高さを上回る場合 ( $NH > \alpha\eta$ )

$$\text{(津波水平力)} = \frac{1}{2}\rho \times (\alpha\eta)^2 \times \xi Bg \quad \text{(kN)}$$

津波水平力と滑動耐力が等しいと仮定すると、

$$\frac{1}{2}\rho \times (\alpha\eta)^2 \times \xi Bg = \mu \{ \omega (N+1) - \rho\eta \} DBg$$

$$\alpha^2 \xi \rho \eta^2 + 2\mu D \rho \eta - 2\mu D \omega (N+1) = 0$$

$$\eta_1 = \frac{-\mu D\rho + \sqrt{\mu^2 D^2 \rho^2 + 2\alpha^2 \xi \rho \mu D \omega (N+1)}}{\alpha^2 \xi \rho} \quad \text{(m)}$$

(B) 波圧高さが建物高さを上回る場合 ( $NH < \alpha\eta$ )

$$\text{(包絡する波力)} = \frac{1}{2}\rho \times (\alpha\eta)^2 \times \xi Bg \quad \cdots \text{① (kN)}$$

$$\text{(除外する波力)} = \frac{1}{2}\rho \times (\alpha\eta - NH)^2 \times \xi Bg \quad \cdots \text{② (kN)}$$

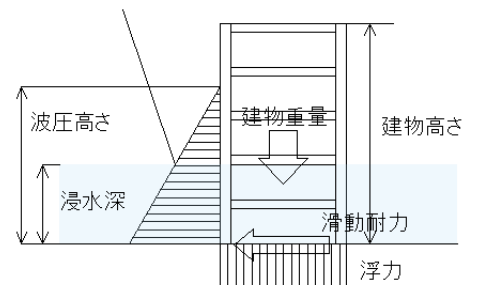
$$\text{(津波水平力)} = \text{①} - \text{②} \quad \text{(kN)}$$

津波水平力と滑動耐力が等しいと仮定すると、

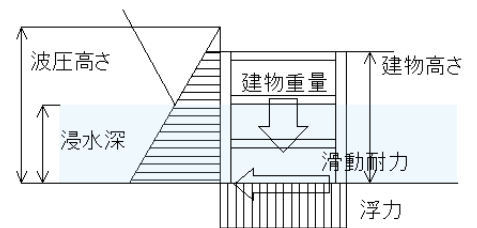
$$\frac{1}{2}\rho \times (2\alpha\eta - NH) \times NH \times \xi Bg = \mu \{ \omega (N+1) - \rho\eta \} DBg$$

$$\eta_2 = \frac{2\mu \omega (N+1)D + N^2 H^2 \rho \xi}{2\alpha NH \rho \xi + 2\mu D \rho} \quad \text{(m)}$$

(A) 建物高さが波圧高さを上回る  
波圧分布(三角形)



(B) 波圧高さが建物高さを上回る  
波圧分布(台形)



したがって、滑動限界浸水深は下記の表の通りとなる。滑動限界浸水深については小数点第1位まで示し、小数点第2位以下について切り捨てとした。建物幅の最小値(表縦軸)については実測値よりも小さい値を採用して滑動限界浸水深を求める。

表 2.1 滑動限界浸水深  $\eta_1$  (m) (建物高さが波圧高さを上回る場合) (水深係数  $\alpha=3$ )

	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
6 (m)	1.4	1.6	1.8	2.1	2.3	2.4	2.6	2.8	2.9	3.1
7 (m)	1.4	1.7	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.1	3.3
8 (m)	1.5	1.8	2.1	2.3	2.6	2.8	3.0	3.1	3.3	3.5
9 (m)	1.6	1.9	2.2	2.4	2.7	2.9	3.1	3.3	3.5	3.7
10 (m)	1.7	2.0	2.3	2.6	2.8	3.0	3.3	3.5	3.7	3.9
11 (m)	1.7	2.1	2.4	2.7	2.9	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0
12 (m)	1.8	2.1	2.5	2.8	3.0	3.3	3.5	3.7	4.0	4.2
15 (m)	1.9	2.3	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.1	4.4	4.6
18 (m)	2.0	2.5	2.9	3.2	3.6	3.9	4.2	4.4	4.7	4.9
24 (m)	2.2	2.7	3.2	3.6	4.0	4.3	4.6	5.0	5.3	5.6
30 (m)	2.4	2.9	3.4	3.9	4.3	4.7	5.1	5.4	5.7	6.1
36 (m)	2.5	3.1	3.6	4.1	4.6	5.0	5.4	5.8	6.1	6.5
42 (m)	2.6	3.2	3.8	4.3	4.8	5.3	5.7	6.1	6.5	6.9

表 2.2 滑動限界浸水深  $\eta_2$  (m) (波圧高さが建物高さを上回る場合) (水深係数  $\alpha=3$ )

	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
6 (m)	1.5	2.0	2.6	3.2	3.7	4.3	4.9	5.5	6.1	6.6
7 (m)	1.6	2.1	2.7	3.2	3.8	4.4	4.9	5.5	6.1	6.7
8 (m)	1.6	2.2	2.7	3.3	3.8	4.4	5.0	5.6	6.1	6.7
9 (m)	1.7	2.2	2.8	3.3	3.9	4.5	5.0	5.6	6.2	6.8
10 (m)	1.7	2.2	2.8	3.4	3.9	4.5	5.1	5.7	6.2	6.8
11 (m)	1.8	2.3	2.8	3.4	4.0	4.5	5.1	5.7	6.3	6.9
12 (m)	1.8	2.3	2.9	3.4	4.0	4.6	5.2	5.7	6.3	6.9
15 (m)	1.9	2.5	3.0	3.6	4.1	4.7	5.3	5.9	6.4	7.0
18 (m)	2.0	2.6	3.1	3.7	4.3	4.8	5.4	6.0	6.6	7.1
24 (m)	2.2	2.8	3.3	3.9	4.5	5.1	5.6	6.2	6.8	7.4
30 (m)	2.4	3.0	3.5	4.1	4.7	5.3	5.8	6.4	7.0	7.6
36 (m)	2.5	3.1	3.7	4.3	4.9	5.5	6.0	6.6	7.2	7.8
42 (m)	2.6	3.2	3.8	4.4	5.0	5.6	6.2	6.8	7.4	8.0



表 2.3 滑動限界浸水深  $\eta$  (m) (水深係数  $\alpha=3$ )

	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
6 (m)	1.4	1.6	1.8	2.1	2.3	2.4	2.6	2.8	2.9	3.1
7 (m)	1.4	1.7	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.1	3.3
8 (m)	1.5	1.8	2.1	2.3	2.6	2.8	3.0	3.1	3.3	3.5
9 (m)	1.6	1.9	2.2	2.4	2.7	2.9	3.1	3.3	3.5	3.7
10 (m)	1.7	2.0	2.3	2.6	2.8	3.0	3.3	3.5	3.7	3.9
11 (m)	1.7	2.1	2.4	2.7	2.9	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0
12 (m)	1.8	2.1	2.5	2.8	3.0	3.3	3.5	3.7	4.0	4.2
15 (m)	1.9	2.3	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.1	4.4	4.6
18 (m)	2.0	2.5	2.9	3.2	3.6	3.9	4.2	4.4	4.7	4.9
24 (m)	2.2	2.7	3.2	3.6	4.0	4.3	4.6	5.0	5.3	5.6
30 (m)	2.4	2.9	3.4	3.9	4.3	4.7	5.1	5.4	5.7	6.1
36 (m)	2.5	3.1	3.6	4.1	4.6	5.0	5.4	5.8	6.1	6.5
42 (m)	2.6	3.2	3.8	4.3	4.8	5.3	5.7	6.1	6.5	6.9

表 2.4 滑動限界浸水深  $\eta_1$  (m) (建物高さが波圧高さを上回る場合) (水深係数  $\alpha=2$ )

	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
6 (m)	1.8	2.2	2.6	2.9	3.2	3.4	3.7	3.9	4.2	4.4
7 (m)	1.9	2.4	2.7	3.1	3.4	3.7	3.9	4.2	4.4	4.7
8 (m)	2.0	2.5	2.9	3.2	3.6	3.9	4.2	4.4	4.7	4.9
9 (m)	2.1	2.6	3.0	3.4	3.7	4.0	4.4	4.6	4.9	5.2
10 (m)	2.2	2.7	3.1	3.5	3.9	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4
11 (m)	2.2	2.8	3.2	3.6	4.0	4.4	4.7	5.0	5.3	5.6
12 (m)	2.3	2.8	3.3	3.7	4.1	4.5	4.9	5.2	5.5	5.8
15 (m)	2.5	3.0	3.6	4.0	4.5	4.9	5.3	5.6	6.0	6.3
18 (m)	2.6	3.2	3.8	4.3	4.8	5.2	5.6	6.0	6.4	6.8
24 (m)	2.8	3.5	4.1	4.7	5.2	5.7	6.2	6.7	7.1	7.5
30 (m)	2.9	3.7	4.3	5.0	5.6	6.1	6.6	7.2	7.6	8.1
36 (m)	3.0	3.8	4.5	5.2	5.8	6.4	7.0	7.6	8.1	8.6
42 (m)	3.1	3.9	4.7	5.4	6.1	6.7	7.3	7.9	8.5	9.0

表 2.5 滑動限界浸水深  $\eta_2$  (m) (波圧高さが建物高さを上回る場合) (水深係数  $\alpha=2$ )

	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
6 (m)	2.1	3.0	3.8	4.6	5.5	6.4	7.2	8.1	9.0	9.8
7 (m)	2.2	3.0	3.8	4.7	5.6	6.4	7.3	8.1	9.0	9.9
8 (m)	2.2	3.1	3.9	4.7	5.6	6.5	7.3	8.2	9.1	9.9
9 (m)	2.3	3.1	3.9	4.8	5.6	6.5	7.4	8.2	9.1	10.0
10 (m)	2.3	3.1	4.0	4.8	5.7	6.5	7.4	8.3	9.1	10.0
11 (m)	2.4	3.2	4.0	4.9	5.7	6.6	7.4	8.3	9.2	10.0
12 (m)	2.4	3.2	4.1	4.9	5.8	6.6	7.5	8.4	9.2	10.1
15 (m)	2.5	3.4	4.2	5.0	5.9	6.7	7.6	8.5	9.3	10.2
18 (m)	2.6	3.5	4.3	5.1	6.0	6.9	7.7	8.6	9.4	10.3
24 (m)	2.8	3.6	4.5	5.3	6.2	7.1	7.9	8.8	9.7	10.5
30 (m)	2.9	3.8	4.6	5.5	6.4	7.2	8.1	9.0	9.8	10.7
36 (m)	3.0	3.9	4.8	5.7	6.5	7.4	8.3	9.2	10.0	10.9
42 (m)	3.1	4.0	4.9	5.8	6.7	7.5	8.4	9.3	10.2	11.1

表 2.6 滑動限界水位  $\eta$  (m) (水深係数  $\alpha=2$ )

	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
6 (m)	1.8	2.2	2.6	2.9	3.2	3.4	3.7	3.9	4.2	4.4
7 (m)	1.9	2.4	2.7	3.1	3.4	3.7	3.9	4.2	4.4	4.7
8 (m)	2.0	2.5	2.9	3.2	3.6	3.9	4.2	4.4	4.7	4.9
9 (m)	2.1	2.6	3.0	3.4	3.7	4.0	4.4	4.6	4.9	5.2
10 (m)	2.2	2.7	3.1	3.5	3.9	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4
11 (m)	2.2	2.8	3.2	3.6	4.0	4.4	4.7	5.0	5.3	5.6
12 (m)	2.3	2.8	3.3	3.7	4.1	4.5	4.9	5.2	5.5	5.8
15 (m)	2.5	3.0	3.6	4.0	4.5	4.9	5.3	5.6	6.0	6.3
18 (m)	2.6	3.2	3.8	4.3	4.8	5.2	5.6	6.0	6.4	6.8
24 (m)	2.8	3.5	4.1	4.7	5.2	5.7	6.2	6.7	7.1	7.5
30 (m)	2.9	3.7	4.3	5.0	5.6	6.1	6.6	7.2	7.6	8.1
36 (m)	3.0	3.8	4.5	5.2	5.8	6.4	7.0	7.6	8.1	8.6
42 (m)	3.1	3.9	4.7	5.4	6.1	6.7	7.3	7.9	8.5	9.0

表 2.7 滑動限界浸水深  $\eta_1$  (m) (建物高さが波圧高さを上回る場合) (水深係数  $\alpha=1.5$ )

	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
6 (m)	2.2	2.7	3.2	3.6	4.0	4.3	4.6	5.0	5.3	5.6
7 (m)	2.3	2.9	3.3	3.8	4.2	4.6	4.9	5.3	5.6	5.9
8 (m)	2.4	3.0	3.5	4.0	4.4	4.8	5.2	5.5	5.9	6.2
9 (m)	2.5	3.1	3.6	4.1	4.6	5.0	5.4	5.8	6.1	6.5
10 (m)	2.6	3.2	3.7	4.3	4.7	5.2	5.6	6.0	6.4	6.8
11 (m)	2.6	3.3	3.9	4.4	4.9	5.3	5.8	6.2	6.6	7.0
12 (m)	2.7	3.4	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.4	6.8	7.2
15 (m)	2.8	3.6	4.2	4.8	5.4	5.9	6.4	6.9	7.3	7.8
18 (m)	2.9	3.7	4.4	5.1	5.7	6.2	6.8	7.3	7.8	8.3
24 (m)	3.1	3.9	4.7	5.4	6.1	6.8	7.4	8.0	8.5	9.1
30 (m)	3.2	4.1	4.9	5.7	6.5	7.2	7.8	8.5	9.1	9.7
36 (m)	3.3	4.2	5.1	5.9	6.7	7.5	8.2	8.9	9.5	10.2
42 (m)	3.4	4.3	5.3	6.1	6.9	7.7	8.5	9.2	9.9	10.6

表 2.8 滑動限界浸水深  $\eta_2$  (m) (波圧高さが建物高さを上回る場合) (水深係数  $\alpha=1.5$ )

	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
6 (m)	2.7	3.8	4.9	6.0	7.2	8.3	9.5	10.6	11.8	13.0
7 (m)	2.7	3.8	4.9	6.1	7.2	8.4	9.5	10.7	11.8	13.0
8 (m)	2.8	3.9	5.0	6.1	7.2	8.4	9.5	10.7	11.9	13.0
9 (m)	2.8	3.9	5.0	6.1	7.3	8.4	9.6	10.7	11.9	13.0
10 (m)	2.9	3.9	5.0	6.2	7.3	8.4	9.6	10.7	11.9	13.1
11 (m)	2.9	4.0	5.1	6.2	7.3	8.5	9.6	10.8	11.9	13.1
12 (m)	2.9	4.0	5.1	6.2	7.4	8.5	9.6	10.8	12.0	13.1
15 (m)	3.0	4.1	5.2	6.3	7.4	8.6	9.7	10.9	12.0	13.2
18 (m)	3.1	4.2	5.3	6.4	7.5	8.7	9.8	10.9	12.1	13.2
24 (m)	3.2	4.3	5.4	6.5	7.6	8.8	9.9	11.1	12.2	13.4
30 (m)	3.3	4.4	5.5	6.6	7.8	8.9	10.0	11.2	12.3	13.5
36 (m)	3.4	4.5	5.6	6.7	7.9	9.0	10.1	11.3	12.4	13.6
42 (m)	3.4	4.5	5.7	6.8	7.9	9.1	10.2	11.4	12.5	13.7

表 2.9 滑動限界浸水深  $\eta$  (m) (水深係数  $\alpha=1.5$ )

	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
6 (m)	2.2	2.7	3.2	3.6	4.0	4.3	4.6	5.0	5.3	5.6
7 (m)	2.3	2.9	3.3	3.8	4.2	4.6	4.9	5.3	5.6	5.9
8 (m)	2.4	3.0	3.5	4.0	4.4	4.8	5.2	5.5	5.9	6.2
9 (m)	2.5	3.1	3.6	4.1	4.6	5.0	5.4	5.8	6.1	6.5
10 (m)	2.6	3.2	3.7	4.3	4.7	5.2	5.6	6.0	6.4	6.8
11 (m)	2.6	3.3	3.9	4.4	4.9	5.3	5.8	6.2	6.6	7.0
12 (m)	2.7	3.4	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.4	6.8	7.2
15 (m)	2.8	3.6	4.2	4.8	5.4	5.9	6.4	6.9	7.3	7.8
18 (m)	2.9	3.7	4.4	5.1	5.7	6.2	6.8	7.3	7.8	8.3
24 (m)	3.1	3.9	4.7	5.4	6.1	6.8	7.4	8.0	8.5	9.1
30 (m)	3.2	4.1	4.9	5.7	6.5	7.2	7.8	8.5	9.1	9.7
36 (m)	3.3	4.2	5.1	5.9	6.7	7.5	8.2	8.9	9.5	10.2
42 (m)	3.4	4.3	5.3	6.1	6.9	7.7	8.5	9.2	9.9	10.6

### 3. 転倒限界浸水深に関する検討

津波防災地域づくり法告示と同様に設計用浸水深相当の浮力が生じるとする。基礎と建物の単位床面積当の重量は同じとした。基礎は直接基礎とし、転倒時の起点は建物圧縮側端部とし、重量と浮力の合計が矩形平面の建物図心位置に作用し、転倒モーメントに抵抗するとしている。水平津波荷重は設計用浸水深を水深係数倍した波圧高さの静水圧を鉛直方向および建物幅方向に積分し、開口による波力低減率を乗じて求める。基礎構造に作用するせん断力は地上部以上の高さに作用する波圧を積分したものとす。転倒限界浸水深については建物高さが波圧高さを超える場合は $\eta_1$ と建物高さが波圧高さを超えない場合は $\eta_2$ として表した。

$$\begin{aligned} \text{(建物重量)} &= \omega(N+1)DBg && \text{(kN)} \\ \text{(津波浮力)} &= \rho\eta \times DBg && \text{(kN)} \\ \text{(転倒耐力)} &= (\omega(N+1) - \rho\eta)DBg \times \frac{D}{2} && \text{(kN)} \end{aligned}$$

(A) 建物高さが波圧高さを上回る場合 ( $NH > \alpha\eta$ )

$$\text{(津波モーメント)} = \frac{1}{2}\rho \times (\alpha\eta)^2 \times \xi Bg \times \frac{\alpha\eta}{3} \quad \text{(kN)}$$

津波モーメントと転倒耐力が等しいと仮定すると、

$$\frac{1}{6}\rho \times (\alpha\eta)^3 \times \xi Bg = \frac{D}{2} \times \{\omega(N+1) - \rho\eta\}DBg$$

$$\alpha^3\rho \xi \eta^3 + 3D^2\rho\eta - 3D^2\omega(N+1) = 0$$

上記の浸水深  $\eta$  に関する 3 次方程式の解 $\eta_1$  (m) を求める

(B) 波圧高さが建物高さを上回る場合 ( $NH < \alpha\eta$ )

$$\text{(包絡する波力)} = \frac{1}{2}\rho \times (\alpha\eta)^2 \times \xi Bg \quad \dots \text{①} \quad \text{(kN)}$$

$$\text{(除外する波力)} = \frac{1}{2}\rho \times (\alpha\eta - NH)^2 \times \xi Bg \quad \dots \text{②} \quad \text{(kN)}$$

$$\text{(波力重心高さ)} = \frac{(3\alpha\eta - 2NH)}{3(2\alpha\eta - 2NH)} NH \quad \dots \text{③} \quad \text{(m)}$$

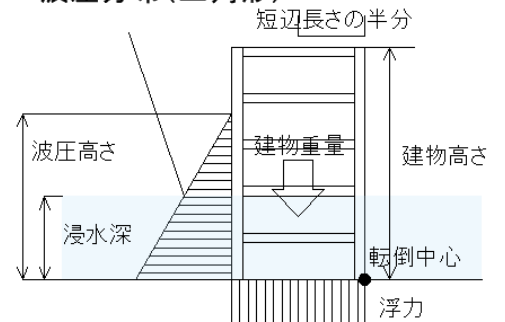
$$\text{(津波モーメント)} = (\text{①} - \text{②}) \times \text{③} \quad \text{(kNm)}$$

津波水平力と滑動耐力が等しいと仮定すると、

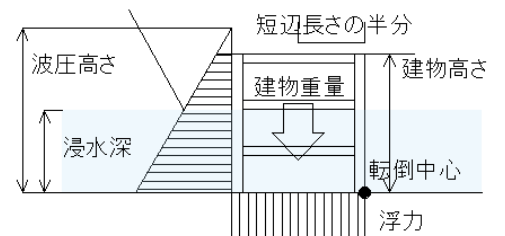
$$\frac{1}{2}\rho \times (2\alpha\eta - NH) \times NH \times \xi Bg \times \frac{(3\alpha\eta - 2NH)}{3(2\alpha\eta - 2NH)} NH = \frac{D}{2} \times \{\omega(N+1) - \rho\eta\}DBg$$

$$(2\alpha\eta - NH)(3\alpha\eta - 2NH) \times N^2 H^2 \times \rho \xi = 3 \times (2\alpha\eta - NH) \{\omega(N+1) - \rho\eta\} \times D^2$$

(A) 建物高さが波圧高さを上回る  
波圧分布(三角形)



(B) 波圧高さが建物高さを上回る  
波圧分布(台形)



$$(6\rho N^2 H^2 \xi \alpha^2 + 6D^2 \rho \alpha) \eta^2 - \{7\rho N^3 H^3 \alpha \xi + 6D^2 \omega (N+1)\alpha + 3\rho D^2 N H\} \eta + 2\rho N^4 H^4 \xi + 3D^2 \omega (N+1) N H = 0$$

上記の浸水深  $\eta$  に関する 2 次方程式の解  $\eta_2$  (m) を求める

したがって、転倒限界浸水深は下記の表の通りとなる。滑動限界浸水深については小数点第 1 位まで示し、小数点第 2 位以下について切り捨てとした。建物幅の最小値(表縦軸)については実測値よりも小さい値を採用して転倒限界浸水深を求める。

表 3.1 転倒限界浸水深  $\eta_1$  (m) (建物高さが波圧高さを上回る場合) (水深係数  $\alpha = 3$ )

	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
6 (m)	2.1	2.5	2.7	3.0	3.2	3.4	3.6	3.7	3.9	4.0
7 (m)	2.3	2.7	3.0	3.3	3.5	3.7	3.9	4.1	4.3	4.4
8 (m)	2.4	2.9	3.2	3.5	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8
9 (m)	2.6	3.0	3.4	3.7	4.0	4.3	4.5	4.7	4.9	5.1
10 (m)	2.7	3.2	3.6	3.9	4.2	4.5	4.8	5.0	5.2	5.4
11 (m)	2.8	3.3	3.7	4.1	4.5	4.8	5.0	5.3	5.5	5.7
12 (m)	2.9	3.4	3.9	4.3	4.7	5.0	5.3	5.5	5.8	6.0
15 (m)	3.1	3.7	4.3	4.8	5.2	5.6	5.9	6.2	6.5	6.8
18 (m)	3.2	4.0	4.6	5.2	5.6	6.1	6.5	6.8	7.2	7.5
24 (m)	3.5	4.3	5.1	5.8	6.4	6.9	7.4	7.8	8.3	8.7
30 (m)	3.6	4.6	5.4	6.2	6.9	7.5	8.1	8.6	9.1	9.6
36 (m)	3.7	4.7	5.7	6.5	7.3	8.0	8.7	9.3	9.8	10.4
42 (m)	3.7	4.8	5.8	6.8	7.6	8.4	9.1	9.8	10.4	11.0

表 3.2 転倒限界浸水深  $\eta_2$  (m) (波圧高さが建物高さを上回る場合) (水深係数  $\alpha = 3$ )

	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
6 (m)	2.1	2.7	3.3	4.1	4.8	5.5	6.3	7.1	7.8	8.6
7 (m)	2.9	3.4	4.0	4.6	5.2	5.9	6.6	7.4	8.1	8.8
8 (m)	3.3	4.0	4.6	5.2	5.8	6.5	7.1	7.8	8.5	9.2
9 (m)	3.6	4.4	5.1	5.8	6.4	7.0	7.7	8.3	9.0	9.7
10 (m)	3.7	4.6	5.5	6.2	6.9	7.5	8.2	8.8	9.5	10.2
11 (m)	3.7	4.8	5.7	6.6	7.3	8.0	8.7	9.3	10.0	10.7
12 (m)	3.8	4.9	5.9	6.8	7.6	8.4	9.1	9.8	10.5	11.2
15 (m)	3.8	5.0	6.0	7.0	7.9	8.7	9.5	10.2	10.9	11.6
18 (m)	3.8	5.0	6.1	7.2	8.1	9.0	9.8	10.6	11.3	12.1
24 (m)	3.9	5.1	6.2	7.3	8.3	9.2	10.1	10.9	11.7	12.4
30 (m)	3.9	5.1	6.3	7.4	8.4	9.4	10.3	11.2	12.0	12.8
36 (m)	3.9	5.1	6.3	7.5	8.5	9.5	10.5	11.4	12.3	13.1
42 (m)	3.9	5.1	6.4	7.5	8.6	9.7	10.7	11.6	12.5	13.4

表 3.3 転倒限界浸水深  $\eta$  (m) (水深係数  $\alpha = 3$ )

	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
6 (m)	2.1	2.5	2.7	3.0	3.2	3.4	3.6	3.7	3.9	4.0
7 (m)	2.3	2.7	3.0	3.3	3.5	3.7	3.9	4.1	4.3	4.4
8 (m)	3.3	2.9	3.2	3.5	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8
9 (m)	3.6	3.0	3.4	3.7	4.0	4.3	4.5	4.7	4.9	5.1
10 (m)	3.7	3.2	3.6	3.9	4.2	4.5	4.8	5.0	5.2	5.4
11 (m)	3.7	3.3	3.7	4.1	4.5	4.8	5.0	5.3	5.5	5.7
12 (m)	3.8	3.4	3.9	4.3	4.7	5.0	5.3	5.5	5.8	6.0
15 (m)	3.8	5.0	4.3	4.8	5.2	5.6	5.9	6.2	6.5	6.8
18 (m)	3.8	5.0	4.6	5.2	5.6	6.1	6.5	6.8	7.2	7.5
24 (m)	3.9	5.1	6.2	5.8	6.4	6.9	7.4	7.8	8.3	8.7
30 (m)	3.9	5.1	6.3	7.4	6.9	7.5	8.1	8.6	9.1	9.6
36 (m)	3.9	5.1	6.3	7.5	8.5	8.0	8.7	9.3	9.8	10.4
42 (m)	3.9	5.1	6.4	7.5	8.6	9.7	9.1	9.8	10.4	11.0

表 3.4 転倒限界浸水深  $\eta_1$  (m) (建物高さが波圧高さを上回る場合) (水深係数  $\alpha = 2$ )

	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
6 (m)	2.8	3.3	3.7	4.1	4.5	4.8	5.0	5.3	5.5	5.7
7 (m)	2.9	3.5	4.0	4.4	4.8	5.2	5.5	5.8	6.0	6.3
8 (m)	3.1	3.7	4.3	4.7	5.1	5.5	5.9	6.2	6.5	6.7
9 (m)	3.2	3.9	4.5	5.0	5.4	5.8	6.2	6.6	6.9	7.2
10 (m)	3.3	4.0	4.6	5.2	5.7	6.1	6.5	6.9	7.3	7.6
11 (m)	3.3	4.1	4.8	5.4	5.9	6.4	6.8	7.2	7.6	8.0
12 (m)	3.4	4.2	5.0	5.6	6.1	6.7	7.1	7.5	7.9	8.3
15 (m)	3.5	4.5	5.3	6.0	6.7	7.3	7.8	8.3	8.8	9.2
18 (m)	3.6	4.7	5.6	6.4	7.1	7.8	8.4	9.0	9.5	10.0
24 (m)	3.7	4.9	5.9	6.8	7.7	8.5	9.3	10.0	10.6	11.2
30 (m)	3.8	5.0	6.1	7.1	8.1	9.0	9.9	10.7	11.4	12.1
36 (m)	3.8	5.1	6.2	7.3	8.4	9.4	10.3	11.2	12.0	12.8
42 (m)	3.9	5.1	6.3	7.5	8.6	9.6	10.6	11.6	12.5	13.3

表 3.5 転倒限界浸水深  $\eta_2$  (m) (波圧高さが建物高さを上回る場合) (水深係数  $\alpha = 2$ )

	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
6 (m)	2.8	3.8	4.8	5.9	7.1	8.2	9.4	10.5	11.7	12.8
7 (m)	3.4	4.3	5.3	6.3	7.4	8.5	9.6	10.7	11.8	13.0
8 (m)	3.6	4.7	5.7	6.7	7.7	8.8	9.9	11.0	12.1	13.2
9 (m)	3.8	4.9	5.9	7.0	8.1	9.1	10.2	11.3	12.4	13.5
10 (m)	3.8	5.0	6.1	7.2	8.3	9.4	10.5	11.5	12.6	13.7
11 (m)	3.8	5.1	6.2	7.4	8.5	9.6	10.7	11.8	12.9	14.0
12 (m)	3.9	5.1	6.3	7.5	8.6	9.8	10.9	12.0	13.1	14.2
15 (m)	3.9	5.1	6.4	7.6	8.7	9.9	11.0	12.2	13.3	14.4
18 (m)	3.9	5.2	6.4	7.6	8.8	10.0	11.2	12.3	13.5	14.6
24 (m)	3.9	5.2	6.4	7.7	8.9	10.1	11.3	12.4	13.6	14.7
30 (m)	3.9	5.2	6.5	7.7	8.9	10.2	11.4	12.5	13.7	14.9
36 (m)	3.9	5.2	6.5	7.7	9.0	10.2	11.4	12.6	13.8	15.0
42 (m)	3.9	5.2	6.5	7.8	9.0	10.3	11.5	12.7	13.9	15.1

表 3.6 転倒限界浸水深  $\eta$  (m) (水深係数  $\alpha=2$ )

	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
6 (m)	2.8	3.3	3.7	4.1	4.5	4.8	5.0	5.3	5.5	5.7
7 (m)	2.9	3.5	4.0	4.4	4.8	5.2	5.5	5.8	6.0	6.3
8 (m)	3.1	3.7	4.3	4.7	5.1	5.5	5.9	6.2	6.5	6.7
9 (m)	3.2	3.9	4.5	5.0	5.4	5.8	6.2	6.6	6.9	7.2
10 (m)	3.3	4.0	4.6	5.2	5.7	6.1	6.5	6.9	7.3	7.6
11 (m)	3.3	4.1	4.8	5.4	5.9	6.4	6.8	7.2	7.6	8.0
12 (m)	3.4	4.2	5.0	5.6	6.1	6.7	7.1	7.5	7.9	8.3
15 (m)	3.9	4.5	5.3	6.0	6.7	7.3	7.8	8.3	8.8	9.2
18 (m)	3.9	4.7	5.6	6.4	7.1	7.8	8.4	9.0	9.5	10.0
24 (m)	3.9	4.9	5.9	6.8	7.7	8.5	9.3	10.0	10.6	11.2
30 (m)	3.9	5.0	6.1	7.1	8.1	9.0	9.9	10.7	11.4	12.1
36 (m)	3.9	5.1	6.2	7.3	8.4	9.4	10.3	11.2	12.0	12.8
42 (m)	3.9	5.1	6.3	7.5	8.6	9.6	10.6	11.6	12.5	13.3

表 3.7 転倒限界浸水深  $\eta_1$  (m) (建物高さが波圧高さを上回る場合) (水深係数  $\alpha=1.5$ )

	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
6 (m)	3.2	3.9	4.5	5.0	5.5	5.9	6.3	6.6	7.0	7.3
7 (m)	3.3	4.1	4.8	5.4	5.9	6.3	6.8	7.2	7.5	7.9
8 (m)	3.4	4.3	5.0	5.6	6.2	6.7	7.2	7.6	8.0	8.4
9 (m)	3.5	4.4	5.2	5.9	6.5	7.1	7.6	8.0	8.5	8.9
10 (m)	3.6	4.5	5.3	6.1	6.8	7.4	7.9	8.4	8.9	9.3
11 (m)	3.6	4.6	5.5	6.3	7.0	7.6	8.2	8.8	9.3	9.7
12 (m)	3.7	4.7	5.6	6.4	7.2	7.9	8.5	9.1	9.6	10.1
15 (m)	3.7	4.8	5.9	6.8	7.6	8.4	9.2	9.8	10.5	11.1
18 (m)	3.8	4.9	6.0	7.0	8.0	8.8	9.7	10.4	11.1	11.8
24 (m)	3.8	5.1	6.2	7.4	8.4	9.4	10.3	11.2	12.1	12.9
30 (m)	3.9	5.1	6.3	7.5	8.7	9.7	10.8	11.8	12.7	13.6
36 (m)	3.9	5.2	6.4	7.6	8.8	9.9	11.1	12.1	13.1	14.1
42 (m)	3.9	5.2	6.5	7.7	8.9	10.1	11.2	12.4	13.4	14.5

表 3.8 転倒限界浸水深  $\eta_2$  (m) (波圧高さが建物高さを上回る場合) (水深係数  $\alpha=1.5$ )

	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
6 (m)	3.4	4.8	6.2	7.7	9.3	10.8	12.4	13.9	15.5	17.0
7 (m)	3.7	5.0	6.3	7.8	9.3	10.8	12.3	13.9	15.4	17.0
8 (m)	3.8	5.1	6.4	7.8	9.3	10.7	12.2	13.8	15.3	16.9
9 (m)	3.9	5.1	6.5	7.8	9.3	10.7	12.2	13.7	15.2	16.7
10 (m)	3.9	5.2	6.5	7.9	9.2	10.7	12.1	13.6	15.1	16.6
11 (m)	3.9	5.2	6.5	7.9	9.2	10.6	12.1	13.5	15.0	16.5
12 (m)	3.9	5.2	6.5	7.9	9.2	10.6	12.0	13.5	14.9	16.4
15 (m)	3.9	5.2	6.5	7.9	9.2	10.6	12.0	13.4	14.9	16.3
18 (m)	3.9	5.2	6.6	7.9	9.2	10.6	12.0	13.4	14.8	16.3
24 (m)	3.9	5.2	6.6	7.9	9.2	10.6	12.0	13.4	14.8	16.2
30 (m)	3.9	5.2	6.6	7.9	9.2	10.6	12.0	13.4	14.8	16.2
36 (m)	3.9	5.2	6.6	7.9	9.2	10.6	12.0	13.3	14.7	16.1
42 (m)	3.9	5.2	6.6	7.9	9.2	10.6	11.9	13.3	14.7	16.1

表 3.9 転倒限界浸水深  $\eta$  (m) (水深係数  $\alpha=1.5$ )

	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
6 (m)	3.2	3.9	4.5	5.0	5.5	5.9	6.3	6.6	7.0	7.3
7 (m)	3.3	4.1	4.8	5.4	5.9	6.3	6.8	7.2	7.5	7.9
8 (m)	3.4	4.3	5.0	5.6	6.2	6.7	7.2	7.6	8.0	8.4
9 (m)	3.5	4.4	5.2	5.9	6.5	7.1	7.6	8.0	8.5	8.9
10 (m)	3.6	4.5	5.3	6.1	6.8	7.4	7.9	8.4	8.9	9.3
11 (m)	3.6	4.6	5.5	6.3	7.0	7.6	8.2	8.8	9.3	9.7
12 (m)	3.7	4.7	5.6	6.4	7.2	7.9	8.5	9.1	9.6	10.1
15 (m)	3.7	4.8	5.9	6.8	7.6	8.4	9.2	9.8	10.5	11.1
18 (m)	3.8	4.9	6.0	7.0	8.0	8.8	9.7	10.4	11.1	11.8
24 (m)	3.8	5.1	6.2	7.4	8.4	9.4	10.3	11.2	12.1	12.9
30 (m)	3.9	5.1	6.3	7.5	8.7	9.7	10.8	11.8	12.7	13.6
36 (m)	3.9	5.2	6.4	7.6	8.8	9.9	11.1	12.1	13.1	14.1
42 (m)	3.9	5.2	6.5	7.7	8.9	10.1	11.2	12.4	13.4	14.5

「津波避難ビル等の構造上の要件の解説」における鉄筋コンクリート造建物の設計例では杭基礎を前提としており、建物重量・浮力・転倒モーメントによって生じる各支点反力（軸力および引張力）が杭の極限支持力や引抜強度を超過しないことを確認している。この計算方法は杭基礎を前提としたガイドライン本文に基づく方法であり、端部の部分的な浮き上がりを許容しないより安全側の検討方法となっている。本検討では杭詳細について検討が困難であるため、木造直接基礎の津波避難ビルにおける検討方法を踏襲して、津波波力による転倒モーメントに対して建物重量および浮力によって建物全体が転倒しないことを確認する方法を採用している。

1-8. 転倒及び滑動の検討
新ガイドライン
建築物が、浮力及び自重を考慮して、津波荷重によって転倒又は滑動しないこと（杭基礎にあっては、杭の引き抜き耐力を超えないこと等）を確かめる。
津波防災地域づくり法告示等
【津波防災地域づくり法告示（抄）】
第1第二号イ（前略）津波の作用時に、津波による浮力の影響その他の事情を勘案し、建築物等が転倒し、又は滑動しないことが確かめられた構造方法を用いるものとする。ただし、地盤の改良その他の安全上必要な措置を講じた場合において、建築物等が転倒し、又は滑動しないことが確かめられたときは、この限りでない。

図 3.1 津波避難ビル等の構造上の要件の解説 本文（抜粋）



<p>7.2 転倒に対する検討</p> <p>津波荷重による転倒モーメントは、GL 上部の津波波力合計の作用点から耐圧版下端までの距離を考慮した転倒モーメントとする。</p> <p>① 桁行方向 (X 方向) B=16.22m</p> <p>津波波力の合計 <math>\Sigma xPt = (58.8+0)/2 \times 6.0 \times 16.22 = 2861.2\text{kN}</math></p> <p>津波荷重による転倒モーメント</p> <p><math>xM0 = 2861.2 \times (6.0/3+0.4) = 6866.9\text{kNm}</math></p> <p>基礎の図心位置 XL = 13.45m</p> <p>XR = 25.35 - 13.45 = 11.90m</p> <p>浮力を考慮した建物重量 <math>\Sigma W = 6571.2\text{kN}</math></p> <p>建物の転倒抵抗モーメント</p> <p><math>xMfu = 6571.2 \times 11.90 = 78197.3\text{kNm}</math></p> <p><math>xMfu/xM0 = 78197.3 / 6866.9 = 11.38 \geq 1.0</math> OK</p>
--

図 3.2 津波避難ビル等の構造上の要件の解説 設計例 (抜粋)

直接基礎の設計例では基礎圧縮側端部の接地圧の検討も行っている。終局地耐力を長期地耐力の 3 倍とする。圧縮破壊するのは波力モーメントによる圧縮側端部での圧縮応力と浮力を無視した自重による長期圧縮応力の合計が終局地耐力を超えることとした。反力分布の中立軸は建物平面内に存在する。

$$3\omega(N+1)g \leq \omega(N+1)g \times \frac{2}{3(0.5 - \frac{\alpha^3 \rho \xi \eta'^3 Bg}{\omega(N+1)gBD^2})} \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$9 \times (0.5 - \frac{\alpha^3 \rho \xi \eta'^3 Bg}{\omega(N+1)gBD^2}) \leq 2 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$\frac{\alpha^3 \rho \xi \eta'^3}{6\omega(N+1)D^2} \leq \frac{5}{18}$$

$$\eta' \leq \frac{1}{\alpha} \sqrt[3]{\frac{5}{3\rho\xi} \omega(N+1)D^2} \quad (\text{m})$$

上式より基礎圧縮側端部地盤破壊を条件とした限界浸水深  $\eta'$  を表 3.10~12 に示す。

表 3.10 地盤破壊を条件とした限界浸水深  $\eta'$  (m) (水深係数  $\alpha=3$ )

$\bar{z}$	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
6 (m)	2.3	2.5	2.7	2.9	3.0	3.1	3.3	3.4	3.5	3.6
7 (m)	2.5	2.8	3.0	3.2	3.3	3.5	3.6	3.8	3.9	4.0
8 (m)	2.7	3.0	3.3	3.5	3.6	3.8	4.0	4.1	4.2	4.4
9 (m)	3.0	3.3	3.5	3.7	3.9	4.1	4.3	4.4	4.6	4.7
10 (m)	3.2	3.5	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8	4.9	5.1
11 (m)	3.4	3.7	4.0	4.3	4.5	4.7	4.9	5.1	5.2	5.4
12 (m)	3.6	4.0	4.3	4.5	4.8	5.0	5.2	5.4	5.5	5.7
15 (m)	4.2	4.6	5.0	5.3	5.5	5.8	6.0	6.2	6.4	6.6
18 (m)	4.7	5.2	5.6	5.9	6.3	6.5	6.8	7.0	7.3	7.5
24 (m)	5.7	6.3	6.8	7.2	7.6	7.9	8.2	8.5	8.8	9.1
30 (m)	6.6	7.3	7.9	8.4	8.8	9.2	9.6	9.9	10.2	10.5
36 (m)	7.5	8.2	8.9	9.4	9.9	10.4	10.8	11.2	11.5	11.9
42 (m)	8.3	9.1	9.8	10.5	11.0	11.5	12.0	12.4	12.8	13.2

表 3.11 地盤破壊を条件とした限界浸水深  $\eta'$  (m) (水深係数  $\alpha=2$ )

$\bar{z}$	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
6 (m)	3.4	3.7	4.0	4.3	4.5	4.7	4.9	5.1	5.2	5.4
7 (m)	3.8	4.1	4.5	4.7	5.0	5.2	5.4	5.6	5.8	6.0
8 (m)	4.1	4.5	4.9	5.2	5.5	5.7	5.9	6.2	6.4	6.5
9 (m)	4.5	4.9	5.3	5.6	5.9	6.2	6.4	6.7	6.9	7.1
10 (m)	4.8	5.3	5.7	6.0	6.3	6.6	6.9	7.1	7.4	7.6
11 (m)	5.1	5.6	6.0	6.4	6.8	7.1	7.3	7.6	7.9	8.1
12 (m)	5.4	5.9	6.4	6.8	7.2	7.5	7.8	8.1	8.3	8.6
15 (m)	6.3	6.9	7.4	7.9	8.3	8.7	9.0	9.4	9.7	9.9
18 (m)	7.1	7.8	8.4	8.9	9.4	9.8	10.2	10.6	10.9	11.2
24 (m)	8.6	9.4	10.2	10.8	11.4	11.9	12.4	12.8	13.2	13.6
30 (m)	9.9	10.9	11.8	12.5	13.2	13.8	14.3	14.9	15.3	15.8
36 (m)	11.2	12.4	13.3	14.1	14.9	15.6	16.2	16.8	17.3	17.8
42 (m)	12.4	13.7	14.8	15.7	16.5	17.3	17.9	18.6	19.2	19.8

表 3.12 地盤破壊を条件とした限界浸水深  $\eta'$  (m) (水深係数  $\alpha=1.5$ )

$\bar{z}$	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
6 (m)	4.5	5.0	5.4	5.7	6.0	6.3	6.5	6.8	7.0	7.2
7 (m)	5.0	5.5	6.0	6.3	6.7	7.0	7.2	7.5	7.7	8.0
8 (m)	5.5	6.0	6.5	6.9	7.3	7.6	7.9	8.2	8.5	8.7
9 (m)	5.9	6.5	7.0	7.5	7.9	8.2	8.6	8.9	9.2	9.4
10 (m)	6.4	7.0	7.6	8.0	8.5	8.8	9.2	9.5	9.8	10.1
11 (m)	6.8	7.5	8.1	8.6	9.0	9.4	9.8	10.1	10.5	10.8
12 (m)	7.2	7.9	8.5	9.1	9.5	10.0	10.4	10.8	11.1	11.4
15 (m)	8.4	9.2	9.9	10.5	11.1	11.6	12.0	12.5	12.9	13.3
18 (m)	9.4	10.4	11.2	11.9	12.5	13.1	13.6	14.1	14.5	15.0
24 (m)	11.4	12.6	13.5	14.4	15.2	15.8	16.5	17.1	17.6	18.1
30 (m)	13.3	14.6	15.7	16.7	17.6	18.4	19.1	19.8	20.4	21.0
36 (m)	15.0	16.5	17.8	18.9	19.9	20.8	21.6	22.4	23.1	23.8
42 (m)	16.6	18.3	19.7	20.9	22.0	23.0	23.9	24.8	25.6	26.3

#### 4. 構造条件の不明な新耐震基準を満たす鉄筋コンクリート造建物の許容浸水深

上記 1～3 節における検討から、構造条件の不明な新耐震基準を満たす鉄筋コンクリート造建物の許容浸水深を示す。許容浸水深は倒壊限界浸水深(表 1.3, 1.6, 1.9), 滑動限界浸水深(表 2.3, 2.6, 2.9), 転倒限界浸水深(表 3.3, 3.6, 3.9), 地盤破壊を条件とした限界浸水深(表 3.10, 3.11, 3.12)の最小値として定める。表中で検討した条件範囲(建物階数 3F～11F, 建物幅の最小値 (6m～42m)ではいずれの水深係数の検討においても滑動限界浸水深を条件とした限界浸水深によって許容浸水深が決定した。各水深係数における許容浸水深の表値を表 4.1～4.3 に示した。

各限界浸水深については必要なパラメータにより前節に示した各式を用いて算定することも可能である。また、杭基礎の水平耐力等を計算し、滑動限界浸水深や地盤破壊を条件とした限界浸水深に比べて倒壊限界浸水深や転倒限界浸水深の方が低くなる場合はそれぞれの限界浸水深を参照して別途許容浸水深を定めることも可能である。さらに、東日本大震災時に被害が散見された柱梁接合部溶接部、や露出型柱脚のアンカーボルトおよびベースプレートが十分な強度を有していることを確認した上で慎重に適用する必要があるが、構造特性係数、平均的な単位床面積当たり重量および階高を代入することにより、同様の表を新耐震基準以降の鉄骨造建物に対して適用することも可能である。津波避難タワーのようなフレーム構造やピロティ構造については一般的な建物に比べて開口率が大きくなる、流入層に作用する浮力を無視できるなど設計用荷重を大きく低下しうる可能性があるが、津波の斜め方向入射、内部構面柱の受圧面積の影響、津波漂流物の堆積等について影響を定量的に評価するための研究的知見が不足しているため、現段階ではこれらの建物について特別な配慮は行っていない。

本検討では建物重量が各限界浸水深に直接的に寄与している。したがって、上層部分がセットバックされている建築物や雁行型平面等の不整形な建築物についてはこれらの部分を見捨て許容浸水深を算出することが出来る。セットバックを有する建築物で上層部の寄与を含めて評価したい場合には単位面積当たりの重量を  $13 \text{ (kN/m}^2\text{)}$ として建築物重量を計算し、下層部床面積と下層部階数で除した値を単位面積当たりの重量に相当する値として、計算式に代入して計算できる。この時、下層部と上層部の重心位置が大きく変わらないことを確認する必要がある。

雁行型平面等の不整形な建築物についても突出部分を見捨てた矩形平面に対して許容浸水深を検討することを基本とするが、突出部分の長さが大きな L 型・コ型の床平面で連結している部分の強度が低く建物として一体的な挙動が期待できない場合には、それぞれゾーニング (矩形平面に分割して) して計算した計算値の最小の値を適用する。

表 4.1 許容浸水深  $\eta$  (m) (水深係数  $\alpha=3$ )

		建物の階数									
		2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
建物幅の最小値	6 (m)	1.4	1.6	1.8	2.1	2.3	2.4	2.6	2.8	2.9	3.1
	7 (m)	1.4	1.7	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.1	3.3
	8 (m)	1.5	1.8	2.1	2.3	2.6	2.8	3.0	3.1	3.3	3.5
	9 (m)	1.6	1.9	2.2	2.4	2.7	2.9	3.1	3.3	3.5	3.7
	10 (m)	1.7	2.0	2.3	2.6	2.8	3.0	3.3	3.5	3.7	3.9
	11 (m)	1.7	2.1	2.4	2.7	2.9	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0
	12 (m)	1.8	2.1	2.5	2.8	3.0	3.3	3.5	3.7	4.0	4.2
	15 (m)	1.9	2.3	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.1	4.4	4.6
	18 (m)	2.0	2.5	2.9	3.2	3.6	3.9	4.2	4.4	4.7	4.9
	24 (m)	2.2	2.7	3.2	3.6	4.0	4.3	4.6	5.0	5.3	5.6
	30 (m)	2.4	2.9	3.4	3.9	4.3	4.7	5.1	5.4	5.7	6.1
	36 (m)	2.5	3.1	3.6	4.1	4.6	5.0	5.4	5.8	6.1	6.5
42 (m)	2.6	3.2	3.8	4.3	4.8	5.3	5.7	6.1	6.5	6.9	

表 4.2 許容浸水深  $\eta$  (m) (水深係数  $\alpha=2$ )

		建物の階数									
		2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
建物幅の最小値	6 (m)	1.8	2.2	2.6	2.9	3.2	3.4	3.7	3.9	4.2	4.4
	7 (m)	1.9	2.4	2.7	3.1	3.4	3.7	3.9	4.2	4.4	4.7
	8 (m)	2.0	2.5	2.9	3.2	3.6	3.9	4.2	4.4	4.7	4.9
	9 (m)	2.1	2.6	3.0	3.4	3.7	4.0	4.4	4.6	4.9	5.2
	10 (m)	2.2	2.7	3.1	3.5	3.9	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4
	11 (m)	2.2	2.8	3.2	3.6	4.0	4.4	4.7	5.0	5.3	5.6
	12 (m)	2.3	2.8	3.3	3.7	4.1	4.5	4.9	5.2	5.5	5.8
	15 (m)	2.5	3.0	3.6	4.0	4.5	4.9	5.3	5.6	6.0	6.3
	18 (m)	2.6	3.2	3.8	4.3	4.8	5.2	5.6	6.0	6.4	6.8
	24 (m)	2.8	3.5	4.1	4.7	5.2	5.7	6.2	6.7	7.1	7.5
	30 (m)	2.9	3.7	4.3	5.0	5.6	6.1	6.6	7.2	7.6	8.1
	36 (m)	3.0	3.8	4.5	5.2	5.8	6.4	7.0	7.6	8.1	8.6
42 (m)	3.1	3.9	4.7	5.4	6.1	6.7	7.3	7.9	8.5	9.0	

表 4.3 許容浸水深  $\eta$  (m) (水深係数  $\alpha=1.5$ )

		建物の階数									
		2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F	9F	10F	11F
建物幅の最小値	6 (m)	2.2	2.7	3.2	3.6	4.0	4.3	4.6	5.0	5.3	5.6
	7 (m)	2.3	2.9	3.3	3.8	4.2	4.6	4.9	5.3	5.6	5.9
	8 (m)	2.4	3.0	3.5	4.0	4.4	4.8	5.2	5.5	5.9	6.2
	9 (m)	2.5	3.1	3.6	4.1	4.6	5.0	5.4	5.8	6.1	6.5
	10 (m)	2.6	3.2	3.7	4.3	4.7	5.2	5.6	6.0	6.4	6.8
	11 (m)	2.6	3.3	3.9	4.4	4.9	5.3	5.8	6.2	6.6	7.0
	12 (m)	2.7	3.4	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.4	6.8	7.2
	15 (m)	2.8	3.6	4.2	4.8	5.4	5.9	6.4	6.9	7.3	7.8
	18 (m)	2.9	3.7	4.4	5.1	5.7	6.2	6.8	7.3	7.8	8.3
	24 (m)	3.1	3.9	4.7	5.4	6.1	6.8	7.4	8.0	8.5	9.1
	30 (m)	3.2	4.1	4.9	5.7	6.5	7.2	7.8	8.5	9.1	9.7
	36 (m)	3.3	4.2	5.1	5.9	6.7	7.5	8.2	8.9	9.5	10.2
42 (m)	3.4	4.3	5.3	6.1	6.9	7.7	8.5	9.2	9.9	10.6	