

40. 津波危険地域における建築基準等の整備に資する検討（新規）

津波避難ビルの構造設計法等に関する検討

東京大学生産技術研究所

研究代表者：中埜良昭

調査の目的と方針

- ◆ 津波避難ビル等に係るガイドラインで提示される津波荷重算定式を津波被害の実態に基づき検証し、必要な見直し項目を検討する
- ◆ 津波危険地域における安全性に配慮した建築制限のあり方を議論するための技術的要件の整理



調査の体制

- ◆ 委員会を設置し、調査・検討を行う。また、耐震改修支援センターとの連携を図るとともに、独立行政法人建築研究所との共同研究として行う。

※中間報告（1）：7月末，中間報告（2）：10月末

- ◆ 委員会メンバー（13名＋協力委員6名＋OBS10名）

委員長：中埜 良昭（東大生研）

（建築構造の専門家に加え．．．）

委員：今村 文彦（東北大学） ⇒津波メカニズム

藤間 功司（防衛大学） ⇒津波荷重

長谷見雄二（早稲田大学） ⇒避難計画／火災

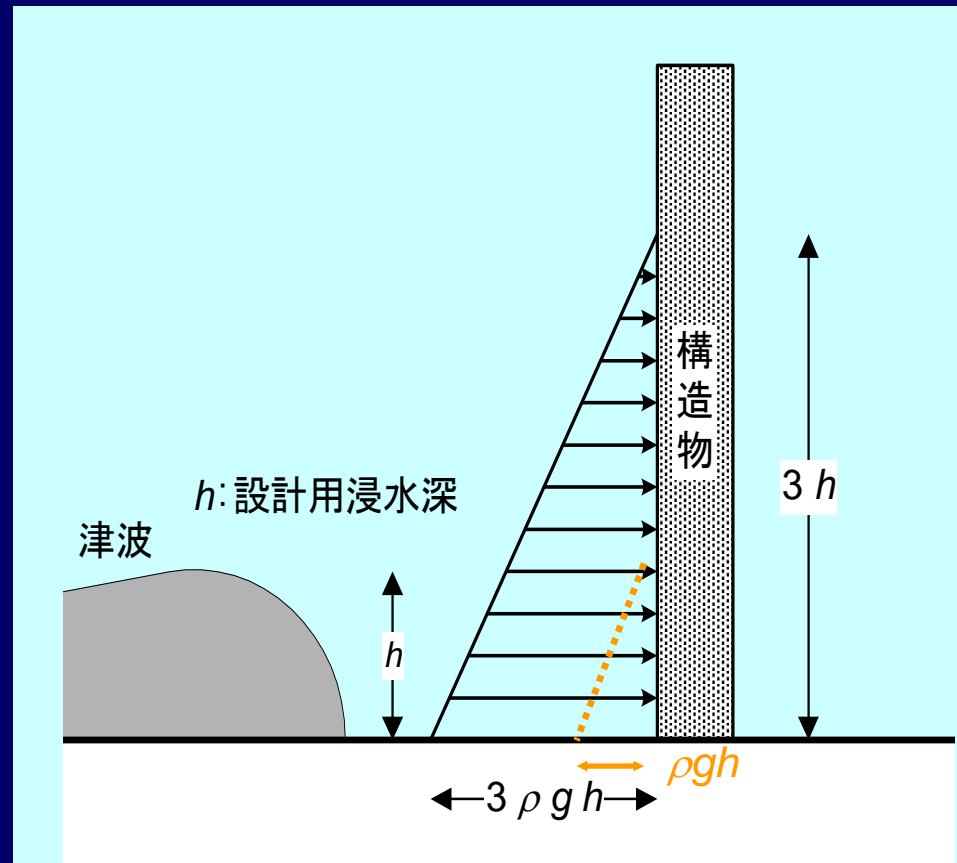
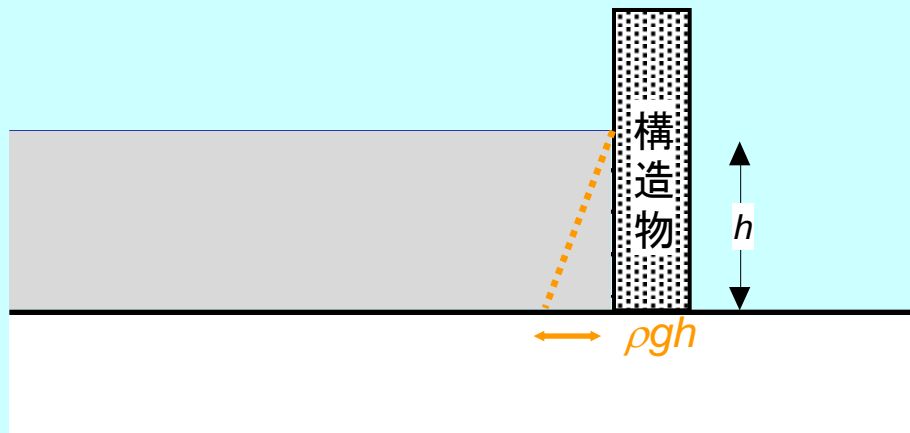
八木 真爾（佐藤総合計画） 同上

ほか

設計用津波荷重の検討

$$q_x = \rho g (3h - z) \quad : \text{BCJ / 津波避難ビルガイドラインの提案式}$$

- q_x : 構造設計用の津波波圧 (kN/m²)
- ρ : 水の単位体積質量 (t/m³)
- g : 重力加速度 (m/s²)
- h : 設計用浸水深 (m)
- z : 当該部分の地盤面からの高さ



設計用津波荷重の検討

$q_x = \rho g (3h - z)$: BCJ / 津波避難ビルガイドラインの提案式

$p_x = \rho g (a \eta_m - z)$: 今回の検討式 (静水圧式)

q_x : 構造設計用の津波波圧 (kN/m²)

ρ : 水の単位体積質量 (t/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

h : 設計用浸水深 (m)

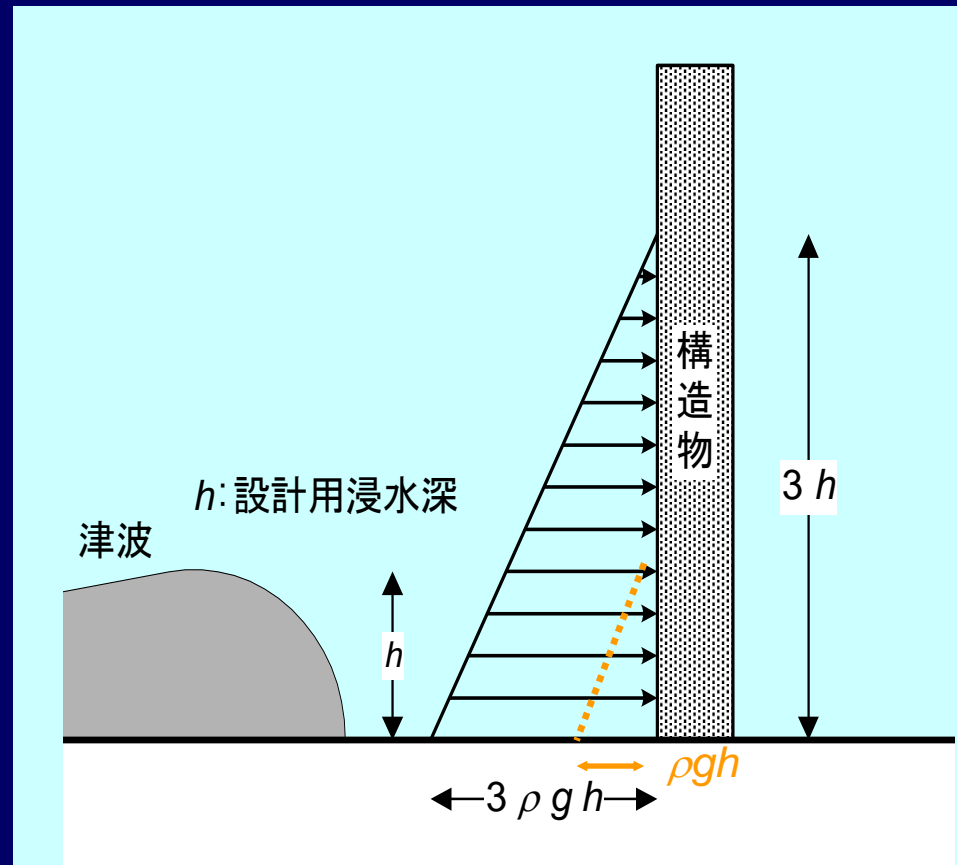
z : 当該部分の地盤面からの高さ

p_x : 浸水深 η_m の時の
津波波圧 (kN/m²)

a : 水平耐力相当時の浸水深の
計測浸水深 η_m に対する倍率

※本検討では「水深係数 a 」と呼ぶ

η_m : 浸水深の計測値
(GLからの津波深さ(m))



東日本大震災で検討をしてみたら……



層崩壊した建築物(a)
(陸前高田市, RC造平屋)



残存する建築物(a)
(女川町, RC造4階)



崩壊したブロック塀(b)
(亶理町, CB造)



残存するRC塀(b)
(大船渡市, RC造)



崩壊した鉄道橋(c)
(田野畑村, RC造)



崩壊した柱(c)
(亶理町, CB造)

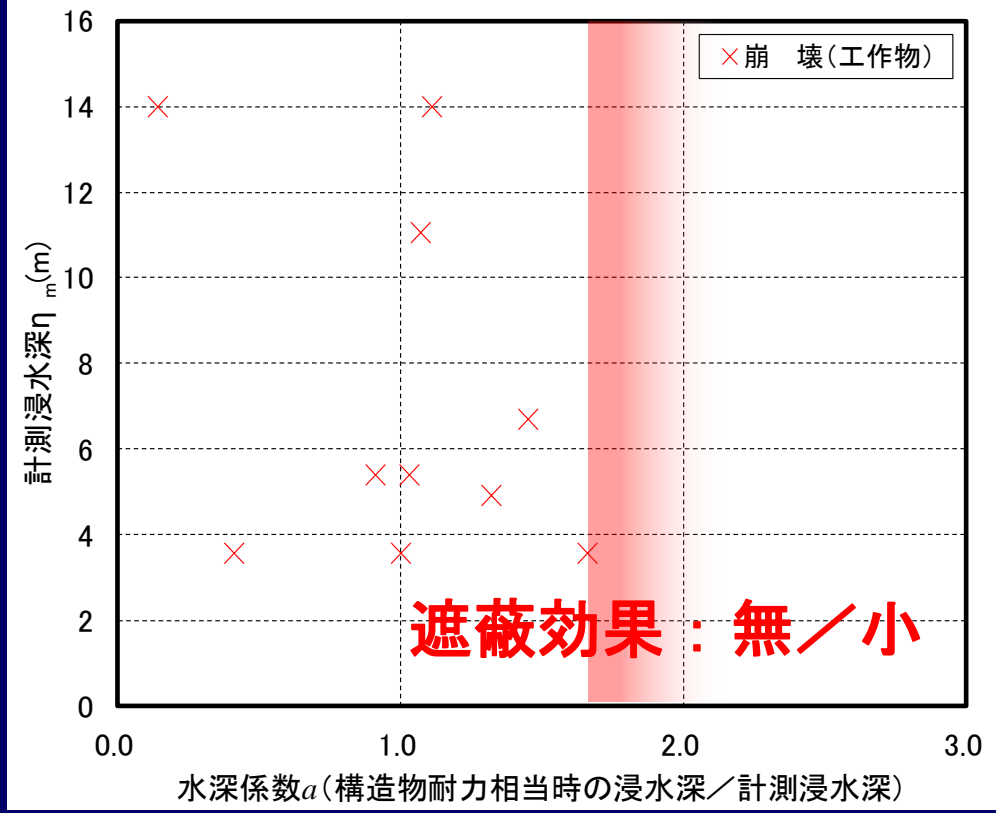
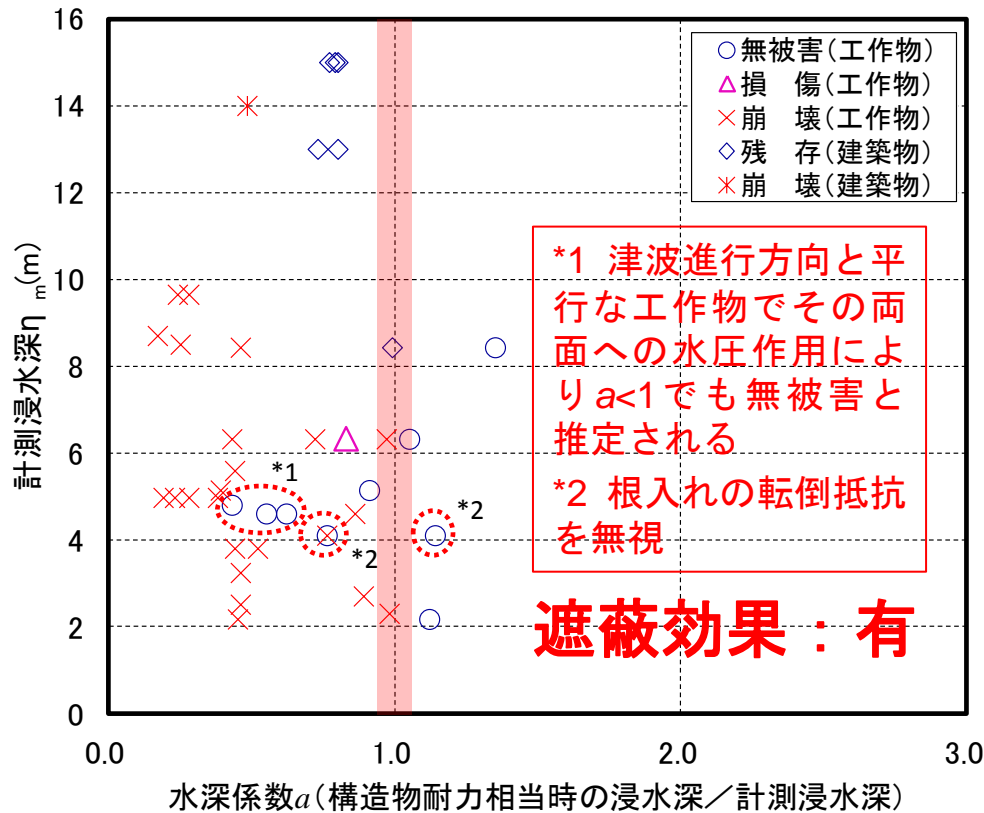


転倒した石碑(d)
(亶理町, 石造)



崩壊・転倒した防潮堤(e)
(山田町, RC造)

2011年東日本大震災 水深係数 a と被害程度の関係（遮蔽効果の有無）



- 「遮蔽効果有り」では $a = 1.0$ 程度で被害/無被害が区分
- 「遮蔽効果無し/小」では、「遮蔽物有り」よりも被害・無被害を区分する a の値は大きくなる (1.7以上)

抗力による検討

構造物の耐力相当時の流速 u

- ◆ BCJ／ガイドライン式は陸上（水のない所）を来襲した津波の衝撃波力を考慮したもの
⇔ 徐々に浸水深が上昇した記録映像も多い
- ◆ 衝撃波力？ 抗力？

$$\begin{aligned} \text{抗力} : F_D &= \frac{1}{2} \rho C_D u^2 A_D \\ &= \rho u^2 A_D \end{aligned}$$

$F_D =$ 構造物の耐力 と置くと
⇒ 耐力相当時の流速 u が求まる

ρ : 流体密度 (t/m³) (1.0を仮定)

C_D : 抗力係数 (2.0を仮定)

u : 流速 (m/s)

A_D : 津波進行方から見た受圧部分の見付け面積 (m²)

調査結果による水深係数 a のまとめ

◆ 抗力式による検討結果

	遮蔽物あり	遮蔽物なし
三陸地方	$a=0.92$	$a=1.27$ 以上
平野部	$a=1.13$	$a=1.80$ 以上

※海岸からの距離 $D \geq 500\text{m}$ で $a=1.0$ 程度が下限

◆ 静水圧式による検討結果

遮蔽物あり	遮蔽物なし
$a=1.0$	$a=1.7$ 以上

設計用津波荷重算定式の試案


- ◆ ただし、設計用の係数 a を設定するためには
 - 本検討は特定の津波災害、地域における検討であること
 - 無被害構造物（遮蔽物無し地域の建築）のデータが少ないこと
 - 建築物の耐力は耐震第1次診断による略算結果であること
 - 津波浸水シミュレーションの精度
 - 実験結果や他の被害調査結果との整合性（朝倉らによる実験では $a = 3$ 、スマトラ島沖では $a = 2 \sim 2.5$ の報告有り）
 - 津波避難ビルとしての重要性（「そこに逃げる」と指示する施設であることの「重み」）
 - より広い範囲（地域）への適用性（一般性）

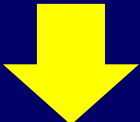
等を考慮する（「割増率」を考える）必要がある

設計用水深係数 a^* の試案

◆ 抗力による検討結果 (静水圧式はこれらの平均的値)

	遮蔽物あり	遮蔽物なし
三陸地方	$a=0.92$	$a=1.27$ 以上
平野部	$a=1.13$	$a=1.80$ 以上



 $\times 1.5$ 程度
 
 $\times 1.7$

◆ 基本形 $\Rightarrow\Rightarrow\Rightarrow$
 さらに $D \geq 500\text{m}$ で
 $a=1$ 程度
 割増率1.5程度を
 考慮して $a^*=1.5$ を設定

遮蔽物あり	遮蔽物なし
$a^*=2$	$a^*=3$ (実験結果等を参照)

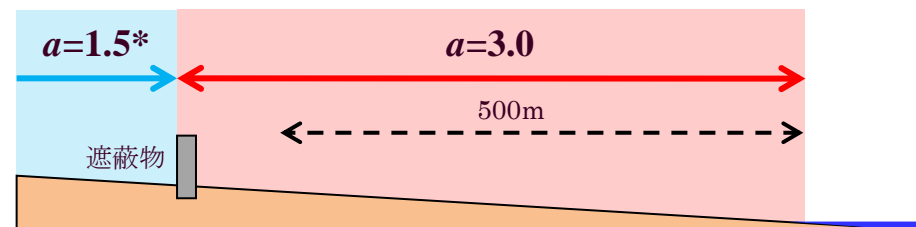
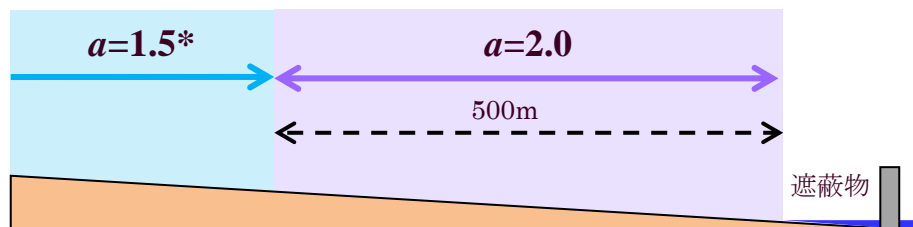
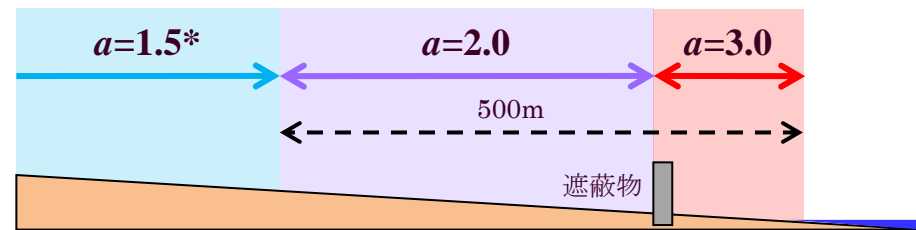
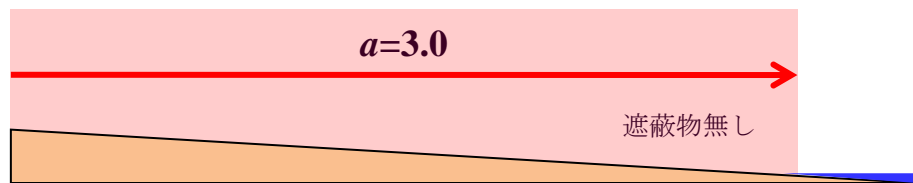


 $\div 1.5$

津波避難ビル

設計用水深係数 a^* の試案

	遮蔽物あり		遮蔽物なし
海岸や河川等からの距離	500m以遠	500m未満	距離によらず
水深係数 a^* の設定案	1.5	2	3



津波荷重暫定指針

◆ 11/17/2011に中間報告書その2とともに津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針を公表

http://www.mlit.go.jp/report/pres/s/house05_hh_000274.html

その後 . . .
「津波防災地域づくりに関する法律」成立（12/7），同法公布（12/26），同法施行（12/27）

国土交通省

Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

Press Release

平成23年11月17日

国土交通省

住宅局建築指導課

津波に対し構造耐力上安全な建築物の設計法等に係る追加的知見について

東日本大震災では、津波により多くの建築物が滅失・損壊したことを受け、津波に対し構造耐力上安全な建築物の設計法等に係る検討を進めてまいりました。今般、建築基準整備促進事業（※）における検討成果として中間とりまとめがまとめられたことから、これを踏まえた現時点での技術的知見をとりまとめ、別添のとおり技術的助言として地方公共団体に通知しましたのでお知らせします。

（※）建築基準整備促進事業

国が建築基準の整備を促進する上で必要となる調査事項を提示し、これに基づき、基礎的なデータ・技術的知見の収集・蓄積等の調査及び技術基準の原案の基礎資料の作成を行う民間事業者等を公募によって募り、国が支援する事業です。

添付資料

- ・津波に対し構造耐力上安全な建築物の設計法等に係る追加的知見について（平成23年11月17日付け国住指第2570号国土交通省住宅局長通知）
- ・津波に対し構造耐力上安全な建築物の設計法等に係る技術的助言について（概要）
- ・想定される設計用浸水深に耐えうる建築物の規模（例）
- ・平成23年度建築基準整備促進事業「40.津波危険地域における建築基準等の整備に資する検討」中間報告書（平成23年7月東京大学生産技術研究所）
- ・平成23年度建築基準整備促進事業「40.津波危険地域における建築基準等の整備に資する検討」中間報告書その2（平成23年10月東京大学生産技術研究所）

問合せ先

国土交通省住宅局建築指導課 課長補佐 松井 康治（内線 39-532）

代表 03-5253-8111 夜間直通 03-5253-8514

津波避難ビルの建物規模の検討例

◆ 構造耐力上の要件

建物各階の強度 > 津波荷重 (構造耐力の確保)

- 既存建物 耐震強度 > 津波荷重
- 新築建物 耐波強度 > 津波荷重

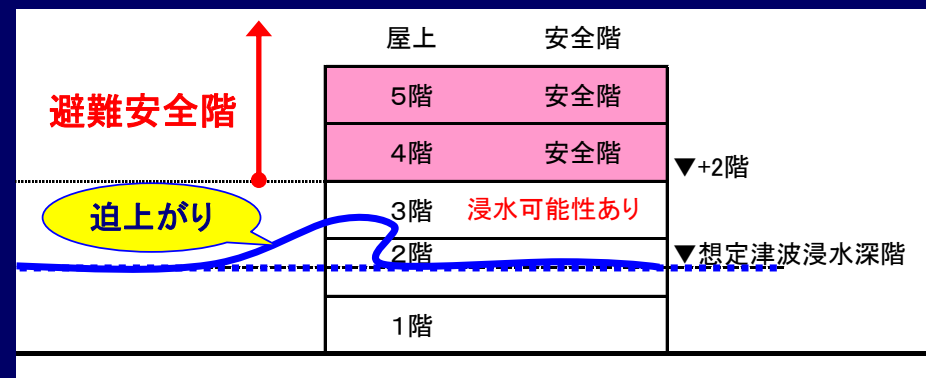
ただし、避難ビルは「構造的に耐える」だけでは×

◆ 避難計画上の要件

⇒ 「避難空間 (生存空間)」の確保

⇒ 津波の建物への衝突による水位上昇も考慮

水位上昇はどれくらい？



津波避難ビルの現地調査

■ヒアリング実施自治体

6市町

- 釜石・大船渡・陸前高田・石巻・気仙沼・南三陸

■現地調査 津波避難ビル

33件

- 自治体指定 津波避難ビル 21件(東北4県の47.7%)
- 住民選定 避難計画図に記載 6件
- 緊急避難場所として位置づけ 4件
- その他 2件

■想定超の津波浸水深

- 犠牲者のあった施設 病院
- 大津波警報により利用放棄 3件
- 他は階数に余裕があった

限界周知
必須

建物への衝突による津波の水位上昇高さ

南三陸の公立病院を襲う津波の写真（宮城県建築士事務所協会 東日本大震災の記録より）



津波避難ビルの建物規模の検討例

◆ 構造耐力の確保

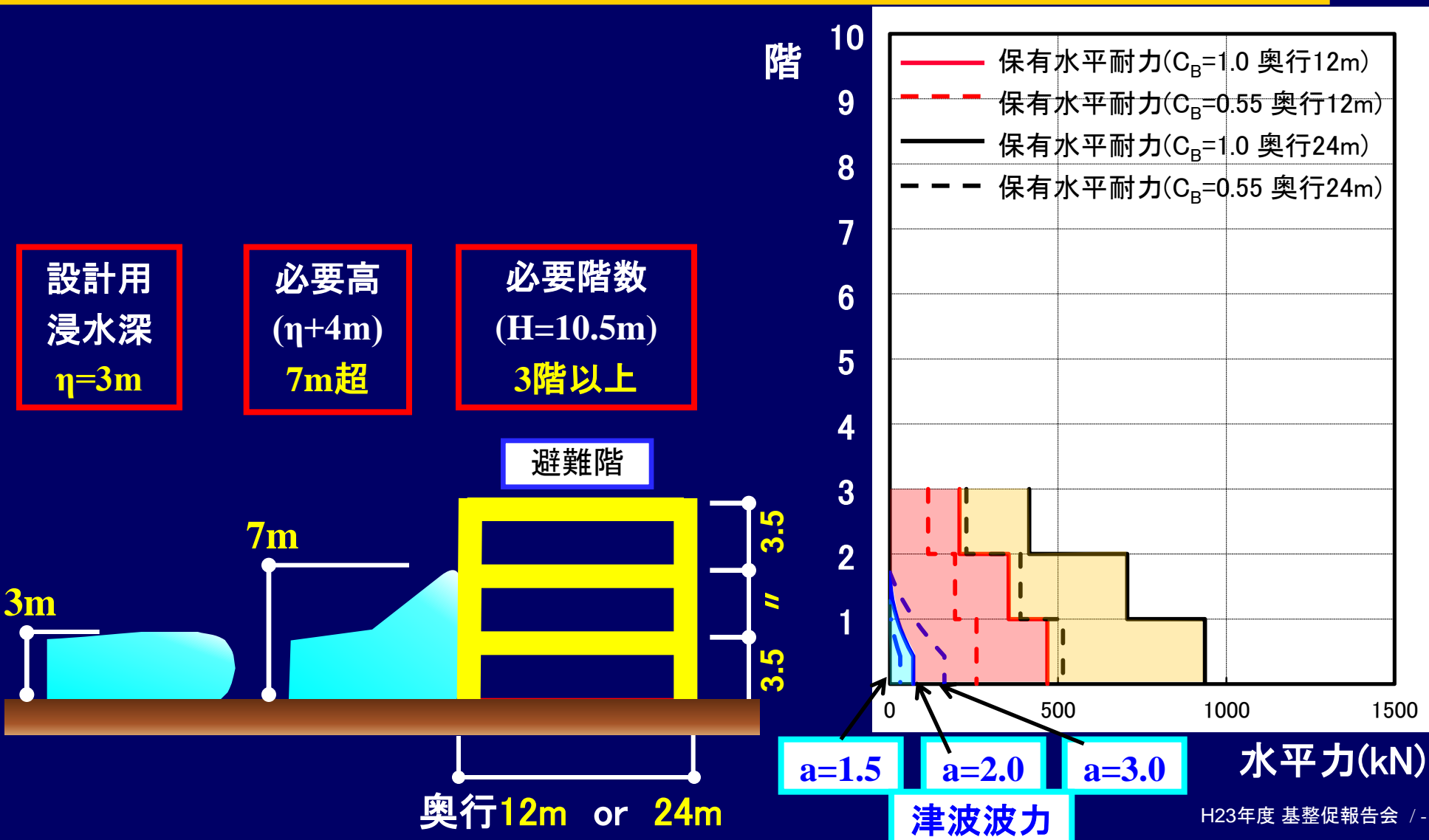
◆ 避難空間の確保

水位上昇はどれくらい？

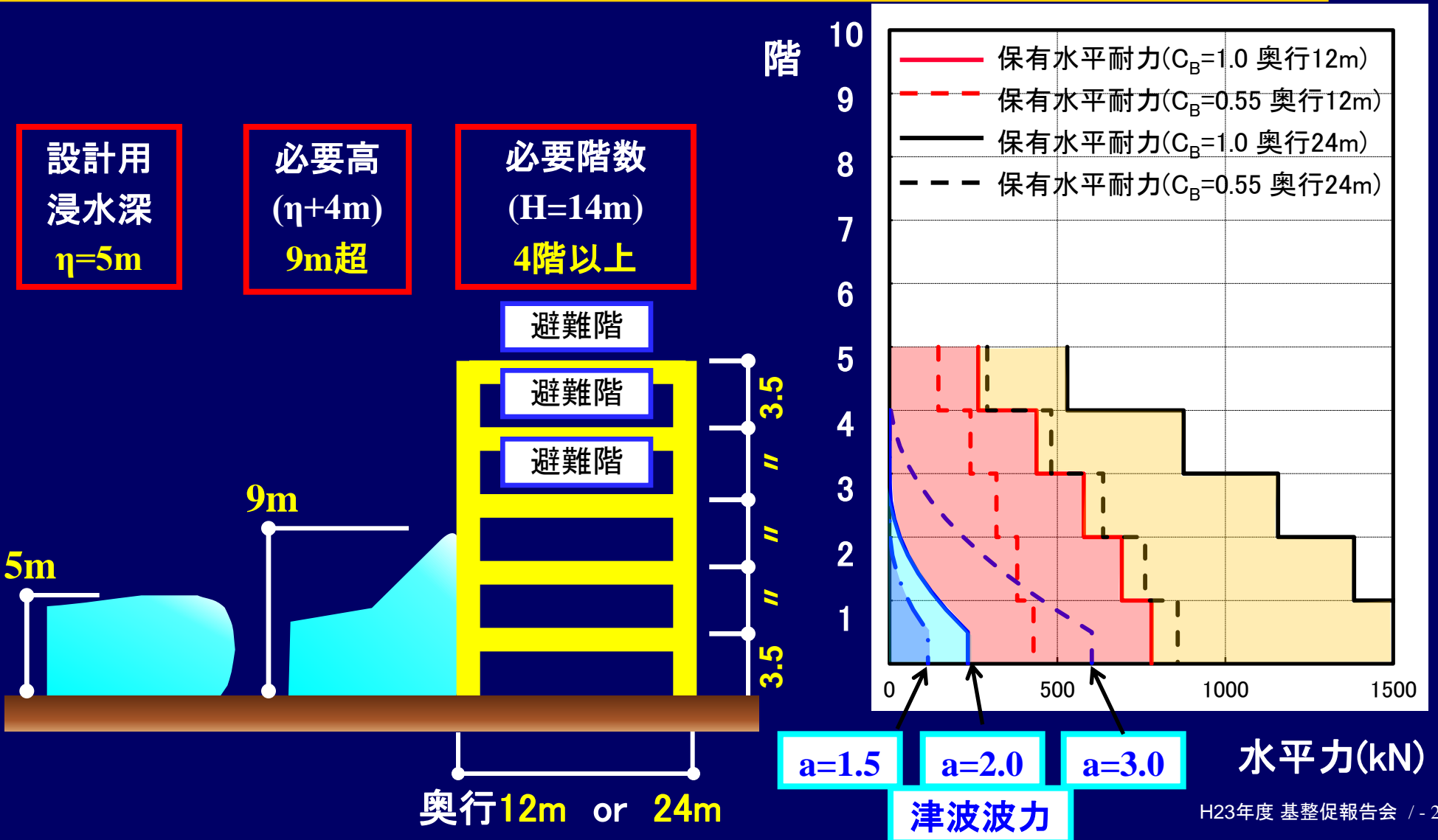
⇒ 4 mを想定

⇒ 津波の想定浸水深よりも4m以上の位置に生存のための「床（階）」が必要

建物保有水平耐力と津波波力の比較($\eta=3\text{m}$)



建物保有水平耐力と津波波力の比較($\eta=5m$)



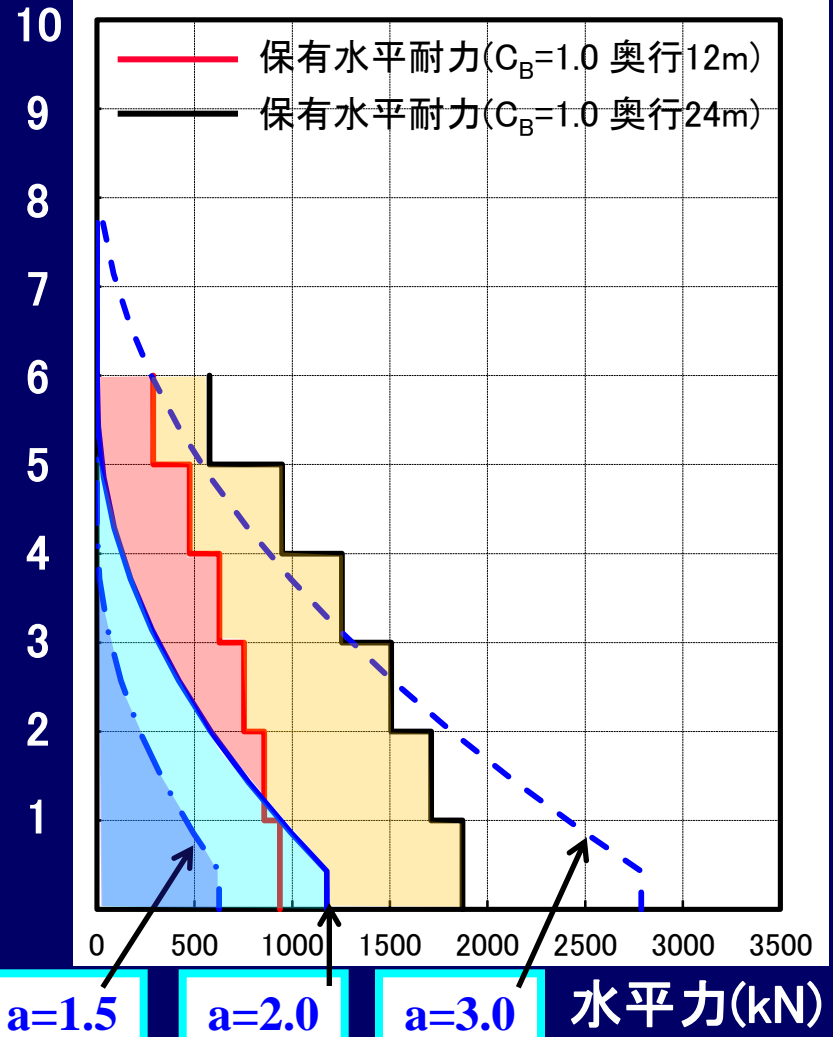
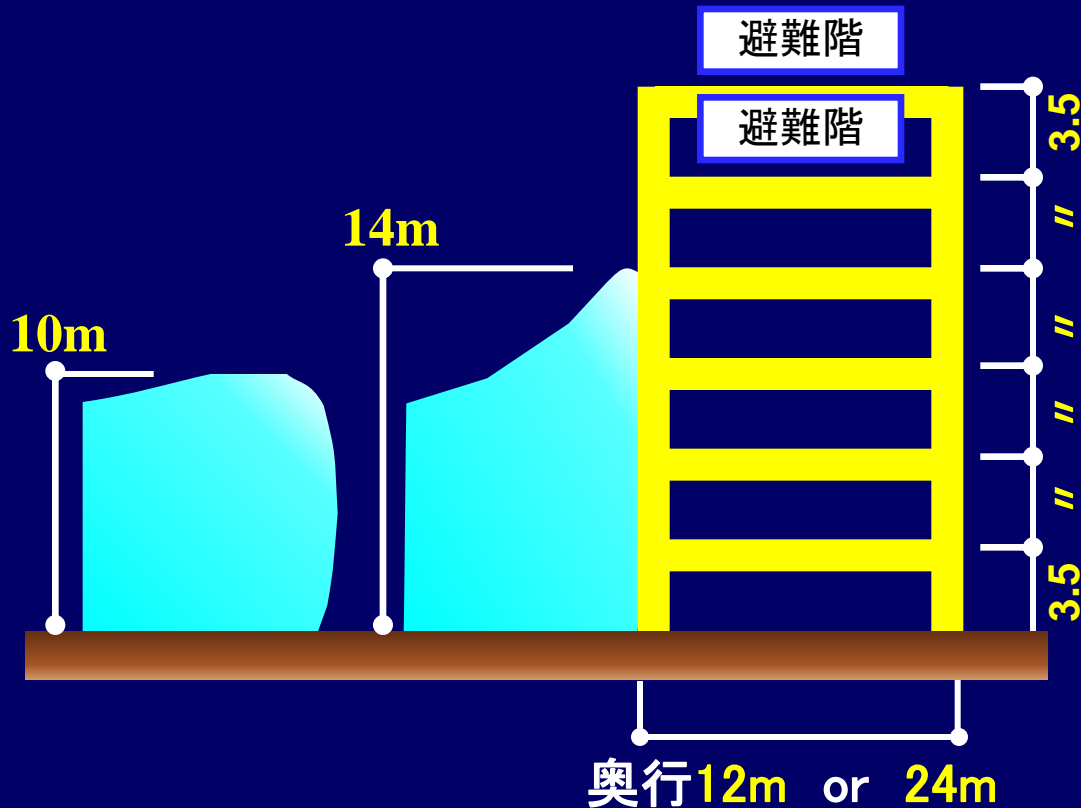
建物保有水平耐力と津波波力の比較($\eta=10\text{m}$)

設計用
浸水深
 $\eta=10\text{m}$

必要高
($\eta+4\text{m}$)
14m超

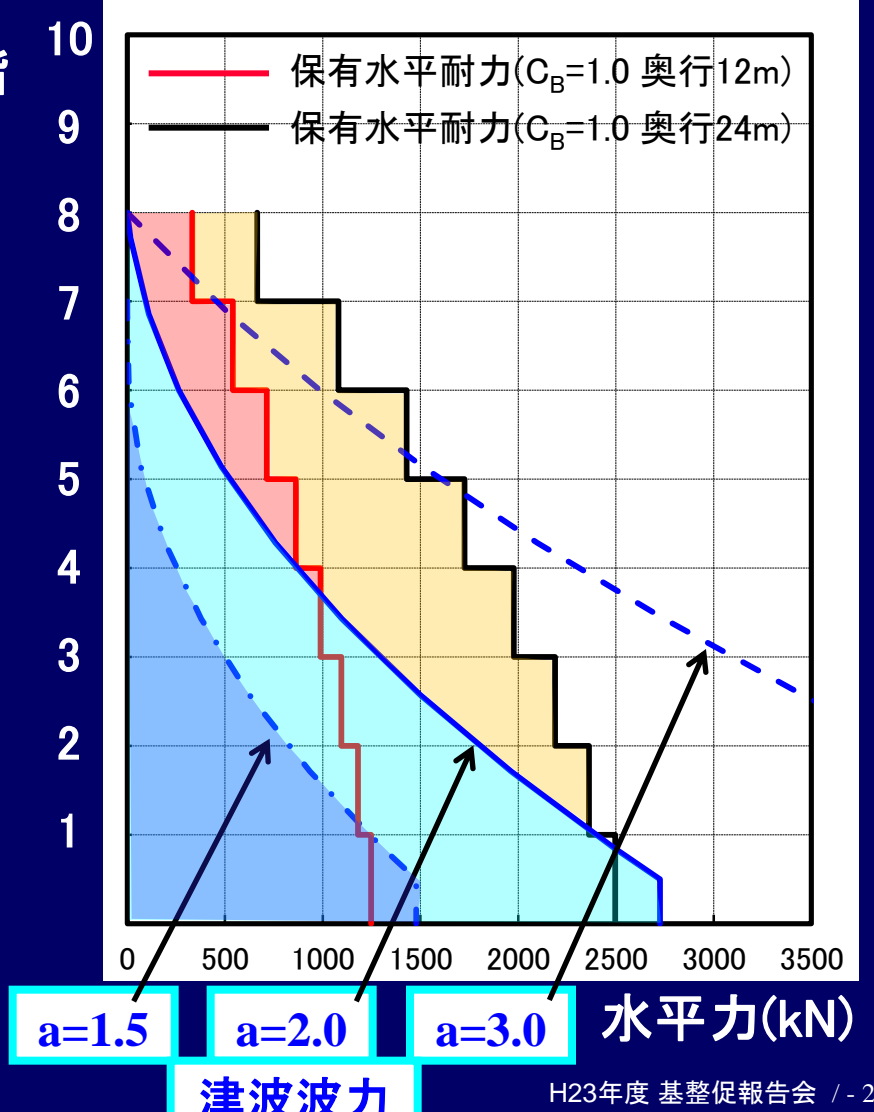
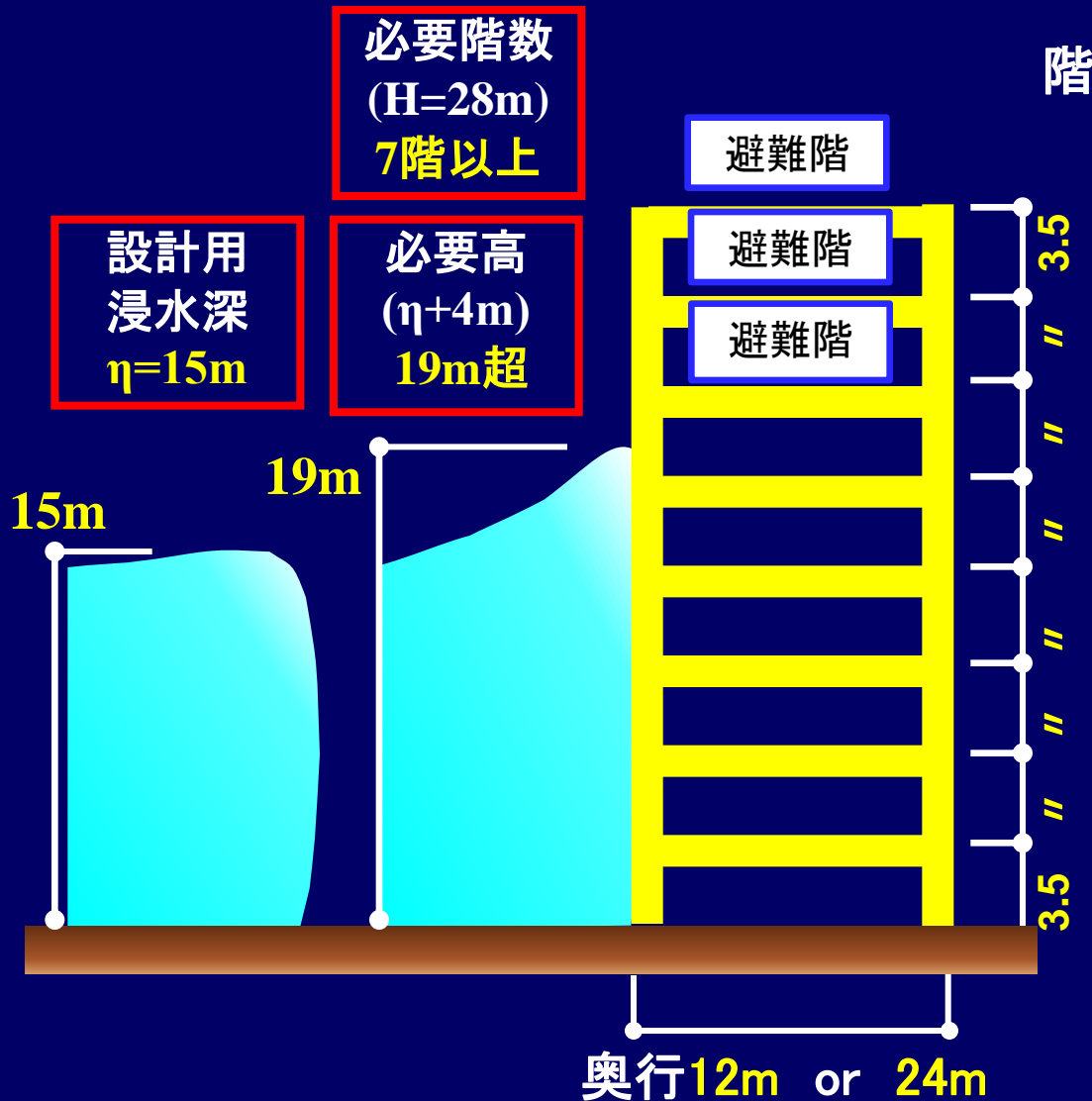
必要階数
($H=21.0\text{m}$)
5階以上

階

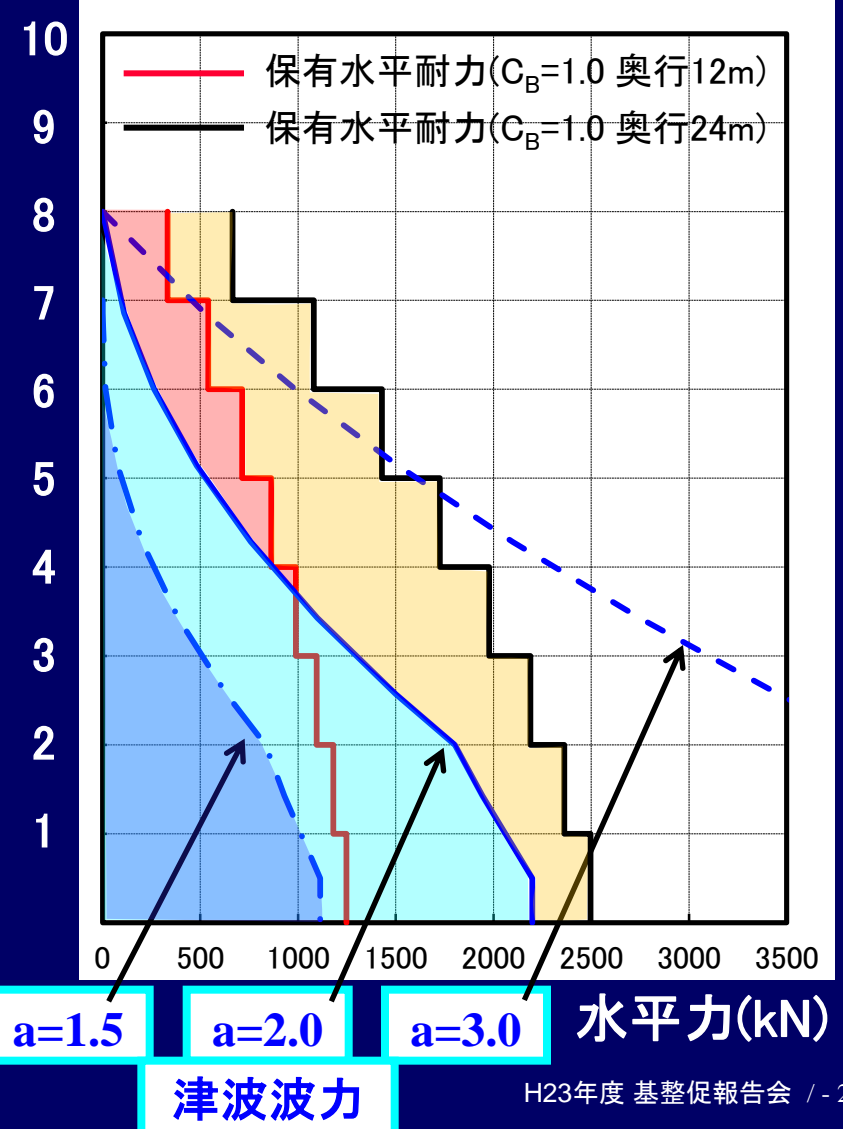
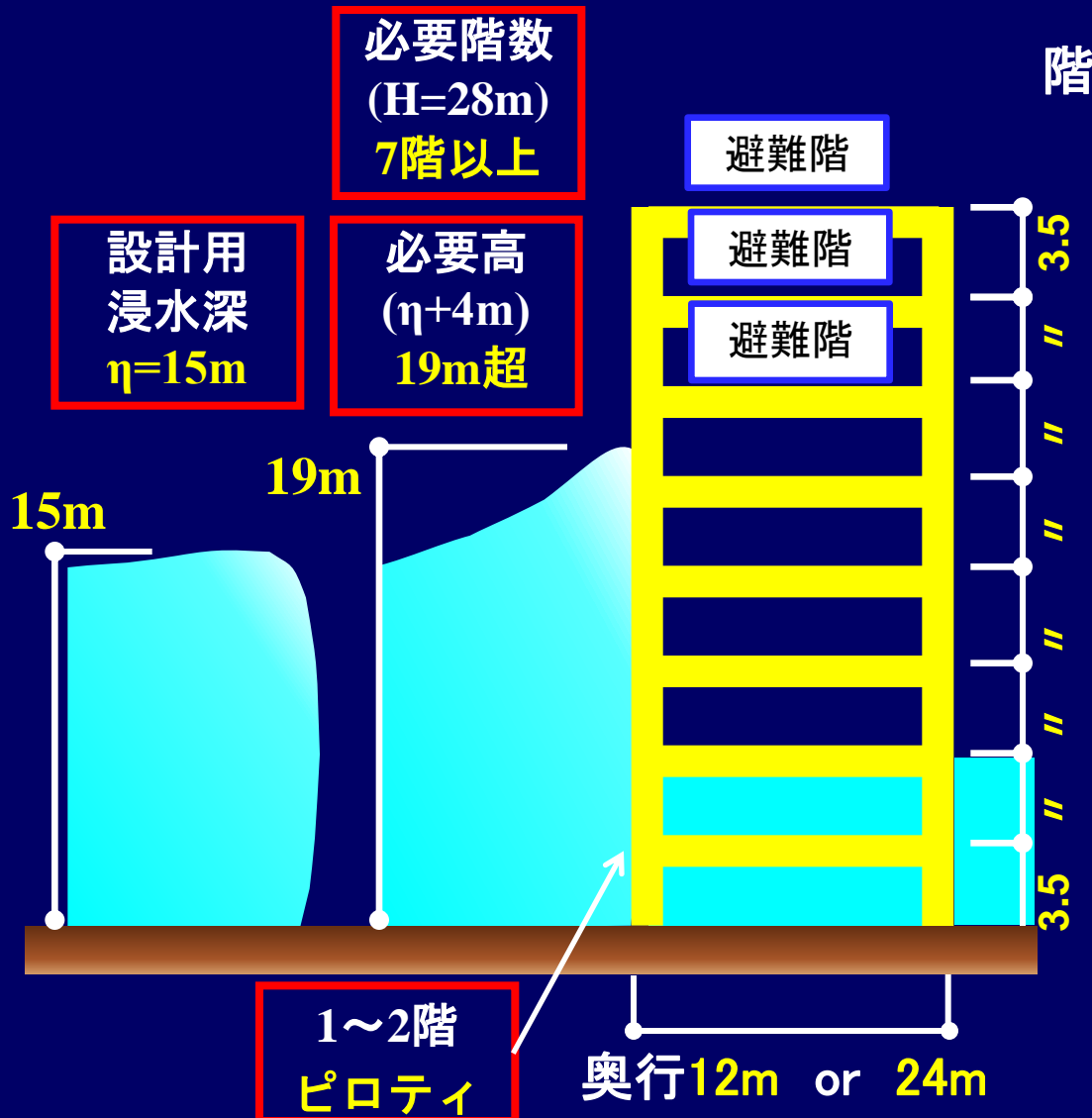


津波波力

建物保有水平耐力と津波波力の比較($\eta=15\text{m}$)



建物保有水平耐力と津波波力の比較($\eta=15\text{m}$)



まとめ

- ◆ 実被害調査事例に基づく津波避難ビル等の構造設計用津波荷重評価式の検証と提案
 - ⇒ 「中間報告書その2」 (10/31/2011)
 - ⇒ 「津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針」公表 (11/17/2011)
 - ⇒ 「津波防災地域づくりに関する法律」施行 (12/27/2011)
- ◆ 上記提案を用いた設計例の概略検討
 - 浸水深が15m規模になると構造的な工夫が必要
 - ⇒ e.g. ピロティ構造による「波をかわす」構造
 - 従来の耐震設計法の単純延長では×で、構造設計者の工夫による腕の見せ所