

平成23年4月26日 「東日本大震災」調査報告会
@学術情報センター 一橋記念講堂

建築物の津波被害の概要について

独立行政法人建築研究所
国土技術政策総合研究所



はじめに

1. 調査目的
2. 現地調査
3. 構造別の被害の特徴
4. 被害発生要因
5. 津波波力と建築物の耐力

調査報告書速報版(平成23年5月13日)

<http://www.kenken.go.jp./japanese/contents/topics/20110311/0311quickreport.html>

1.調査目的

- 津波による建築物被害の全体像の把握
 - 1) 建築物の被害事例の収集(現在約80棟)
建築物の構造躯体等の採寸と浸水深の計測
⇒建築物に作用した津波波力と建築物の耐力の計算
 - 2) 構造種別毎の被害形態の分類と考察
⇒建築物の被害発生メカニズムの把握
⇒津波避難ビル等の津波荷重や耐津波設計

2.現地調査

- 津波被害調査班:27名(建築研+国総研)

- 3回の現地調査

第1班 3/30-4/2 5名

岩手県陸前高田市

宮城県気仙沼市・南三陸町・女川町・石巻市・名取市

第2班 4/6-9 6名

岩手県山田町・大槌町・釜石市・大船渡市・陸前高田市

宮城県女川町ほか

第3班 4/6-8 6名

宮城県仙台市・名取市・亘理町・山元町ほか

未調査地域:

青森県・岩手県北部・宮城県中部・福島県・茨城県・千葉県



3. 構造別の被害の特徴

- 鉄筋コンクリート造建築物
- 鉄骨造建築物
- 木造建築物

鉄筋コンクリート造建築物の被害(1)

- 1階の層崩壊

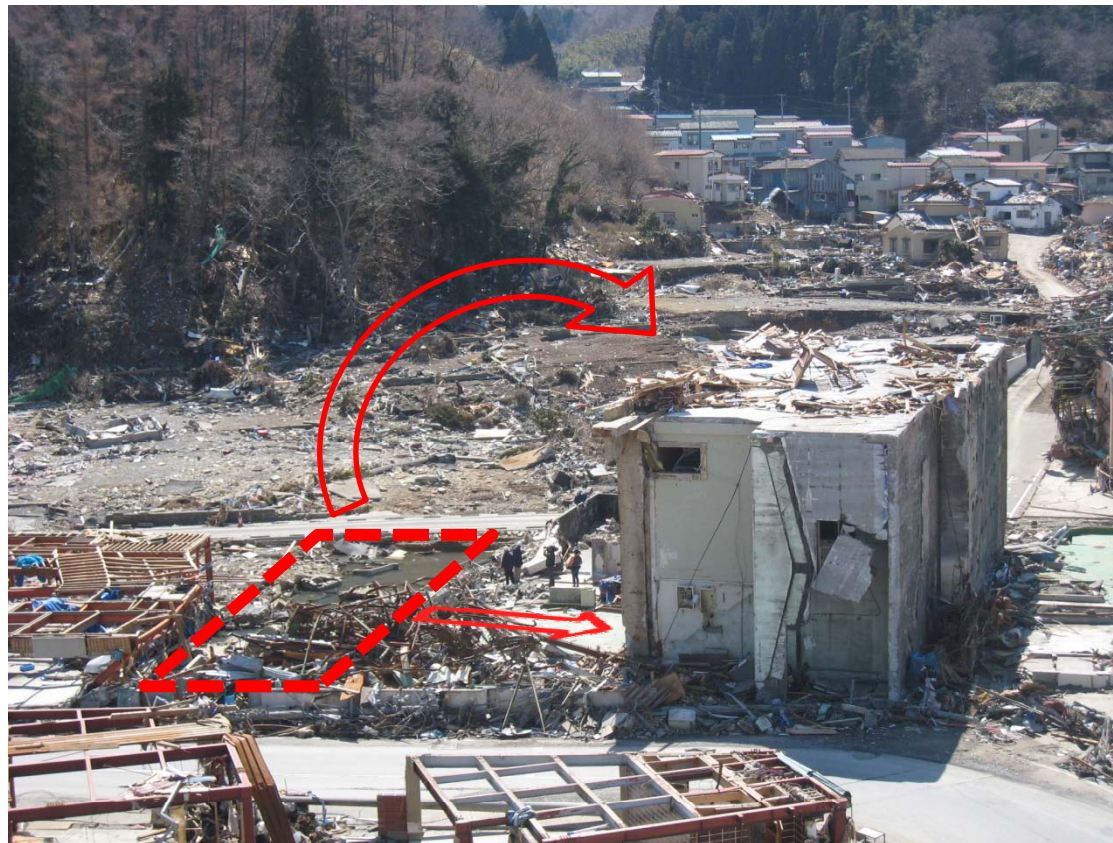
2階建ての建築物の1階の柱が柱頭・柱脚で曲げ破壊し層崩壊した。**2階の開口部が小さく**津波波圧を受け易い。ただし、これまでの調査では3階建て以上の建築物では1階の層崩壊は確認されていない。



鉄筋コンクリート造建築物の被害(2)

- 転倒・移動

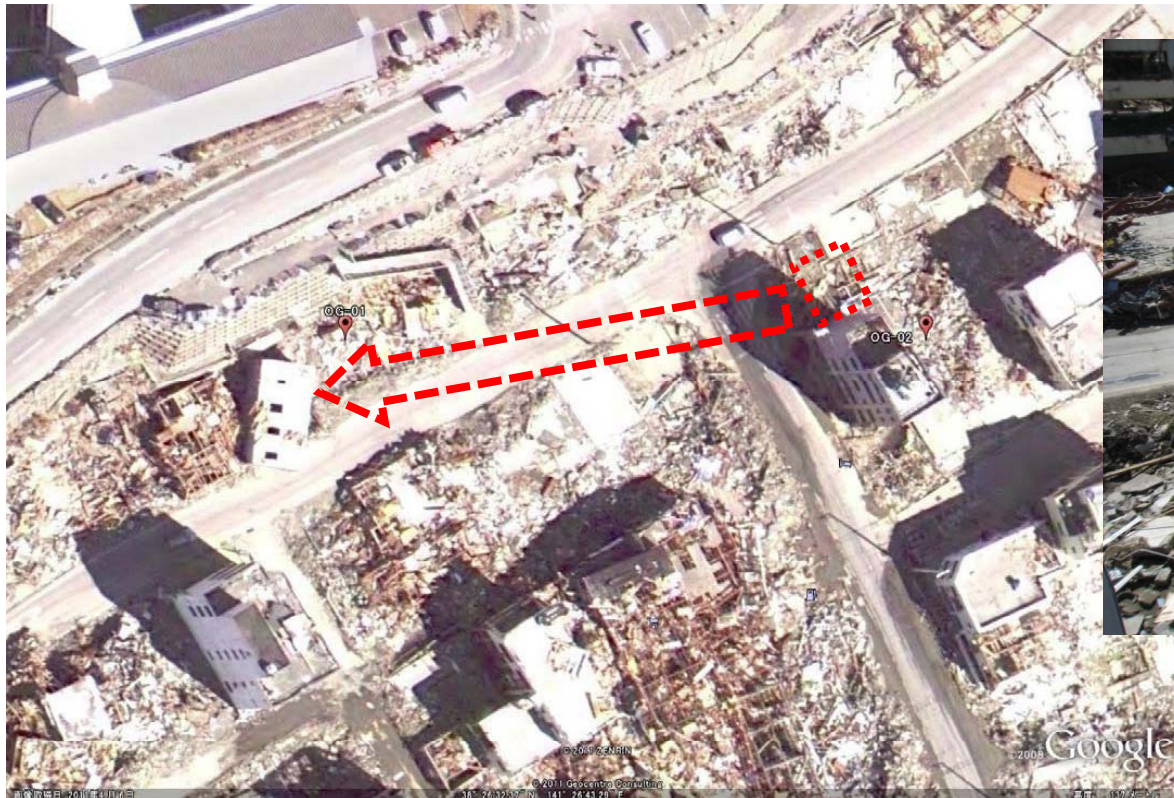
2階建ての冷蔵庫、転倒(横倒し)・移動、直接基礎、**開口部が少ない**



鉄筋コンクリート造建築物の被害(3)

- 転倒・移動

4階建て、転倒(横倒し)・約70mの移動(引きずられた痕跡がない)、
杭基礎(引きぬけた杭)、開口部が少ない



鉄筋コンクリート造建築物の被害(4)

宮城県女川町の鉄筋コンクリート造建築物の転倒と移動



鉄筋コンクリート造建築物の被害(5)

- 洗掘による傾斜

津波の強い水流により建築物の4隅の地面が深く掘られ、基礎が露出した建築物が多く見られた。直接基礎の建築物には洗掘による穴に建築物が大きく傾斜したのが見られた。



鉄筋コンクリート造建築物の被害(6)

- 壁の破壊

建築物の津波の入射面にある開口よりも、反対側の水流が抜ける側の開口が小さい場合、小さい開口に水流が一気に集中し、その周辺の鉄筋コンクリート造非構造壁に大きな圧力を作用させ、コンクリートにひび割れが生じて壁が外側に大きくはらみ、壁端部のシングル配筋の壁筋が破断する事例が見られた。



鉄筋コンクリート造建築物の被害(7)

・壁の破壊

2階の床が無く支持スパンが10mを超える**厚さ300mmの耐震壁**が外側からの津波の波圧により内側に大きく湾曲している事例があった。ただし、同一の建築物でも2階に床があり支持スパンが大きい部分では、耐震壁が湾曲する被害は見られなかった。



鉄筋コンクリート造建築物の被害(8)

・漂流物等の衝突

漂流物の衝突による被害は窓ガラスや天井材など**非構造部材の破損や脱落**を引き起こしたことが多い。集合住宅の連層壁において衝突により生じたと思われる開口や脱落が見られた。



鉄骨造建築物の被害(1)

- 移動・流失(露出型柱脚の破壊)

鉄骨造の露出型柱脚部においてアンカーボルト、ベースプレート、柱とベースプレートと溶接部の破断により、建築物が移動・流失する被害である。敷地には基礎と柱脚部の一部が残されているが、建築物自体は敷地外へ移動して行方が分からないような状態のものが多い。



鉄骨造建築物の被害(2)

- 移動・流失(柱頭接合部の破壊)

比較的多くの事例が見られた被害例として、1階(又は2階)の柱頭接合部での破壊により建築物が移動・流失したものが挙げられる。根巻き式や埋め込み式柱脚などで柱脚部の耐力が大きい場合にこのタイプの破壊になると考えられる。敷地には基礎と1階(又は2階まで)の複数の柱が残されており、同方向へとなびいている。



鉄骨造建築物の被害(3)

- 転倒

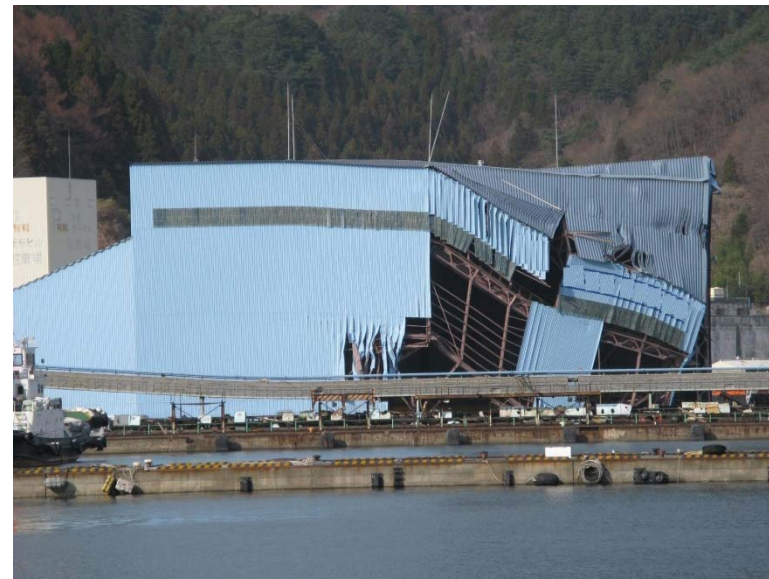
転倒した被害例には、(a)基礎が一体のまま生じた建築物全体の転倒と、(b) 1階の部分的な崩壊を伴う転倒があった。(a)は一例のみであったが、女川町で被害例が見られた。外装材のALC版はほとんどが残されている。(b)としては、1階柱脚部の引き抜け及び1階柱の座屈によって大きく傾斜し転倒したと考えられる被害例が見られた。



鉄骨造建築物の被害(4)

- 崩壊

構造躯体が崩壊した被害例としては、(a)1階の層崩壊、(b)部分的な崩壊、があった。(a)は2階建て鉄骨造建築物の1階部分が層崩壊したと考えられるものが見られた。(b)は沿岸にある倉庫で、部分的に崩壊しているものがあった。



鉄骨造建築物の被害(5)

- 大きな残留変形

構造躯体のみが残存する鉄骨造建築物では若干の傾斜が確認されるものも多い。特に山形ラーメン架構では大きな残留変形を生じながらも倒壊には至らなかった例が見られた。



鉄骨造建築物の被害(6)

- 全面的な内外装材の破壊・流失

ALC版等の外装材がほぼ全面的に破壊され、流失しているが、構造躯体としての鉄骨造骨組みが残存している例が多く見られた。津波来襲時に早期に外装材が流失することで、構造躯体に作用する外力が小さくなったことが残存の要因としてあげられる。



鉄骨造建築物の被害(7)

- 開口部回りの損傷・破壊

建築物の内部に津波が侵入し、背面や側面の開口部が水流の流出口となったために大きく損傷・破壊したと考えられる被害例があった。



鉄骨造建築物の被害(8)

- 波圧や漂流物の衝突による構造躯体及び2次部材の局所的な変形

津波波圧や漂流物の衝突によると考えられる柱等の構造躯体及び2次部材の大きな変形が見られた。



木造建築物の被害(1)

- 浸水深

今回の調査範囲では、浸水深が2階軒高以上ある場合はほとんどの木造建築物は流失している。一方、浸水深が1階床上程度までである場合は、ほとんどの木造建築物は残存している。



木造建築物の被害(2)

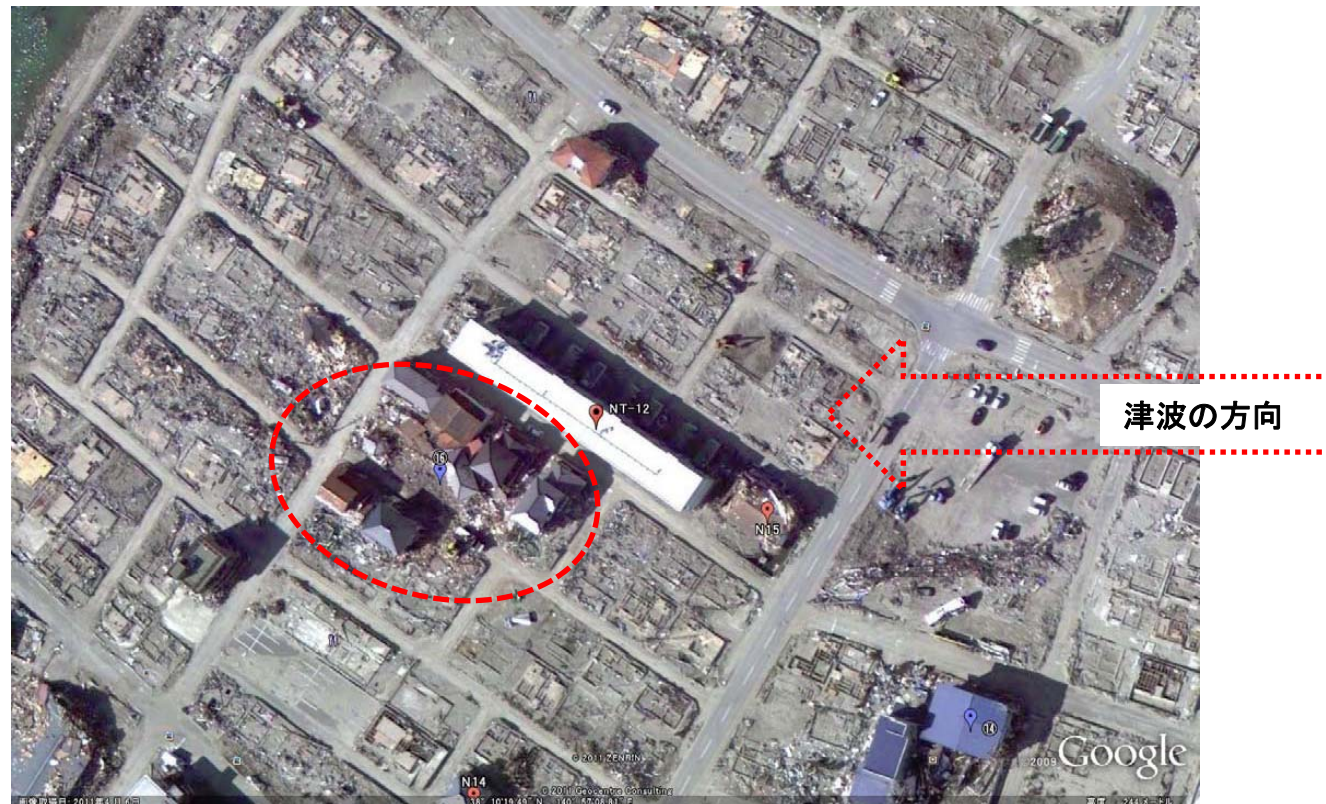
- 移動・流失

海側に津波波力を軽減する建築物がない場合、構造仕様が優れていても基礎のみ、もしくは基礎と土台を残して流出している事例が多い。



木造建築物の被害(3)

- 残存
海側に強度のある建築物がある場合(3階建ての鉄筋コンクリート造建築物の影)



木造建築物の被害(4)

- 残存

大きな開口部、1階を鉄筋コンクリート造とした立面混構造

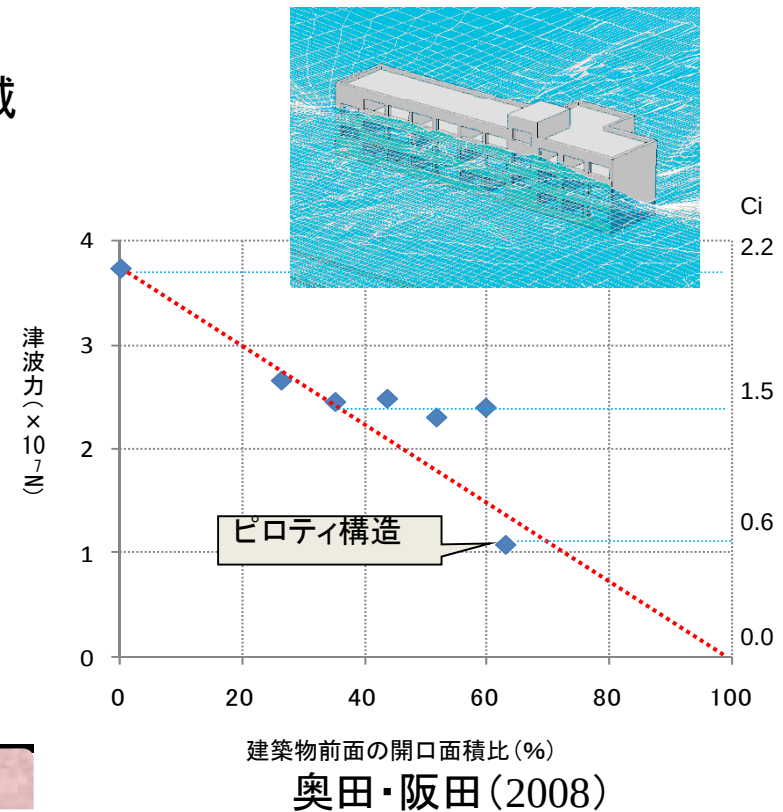
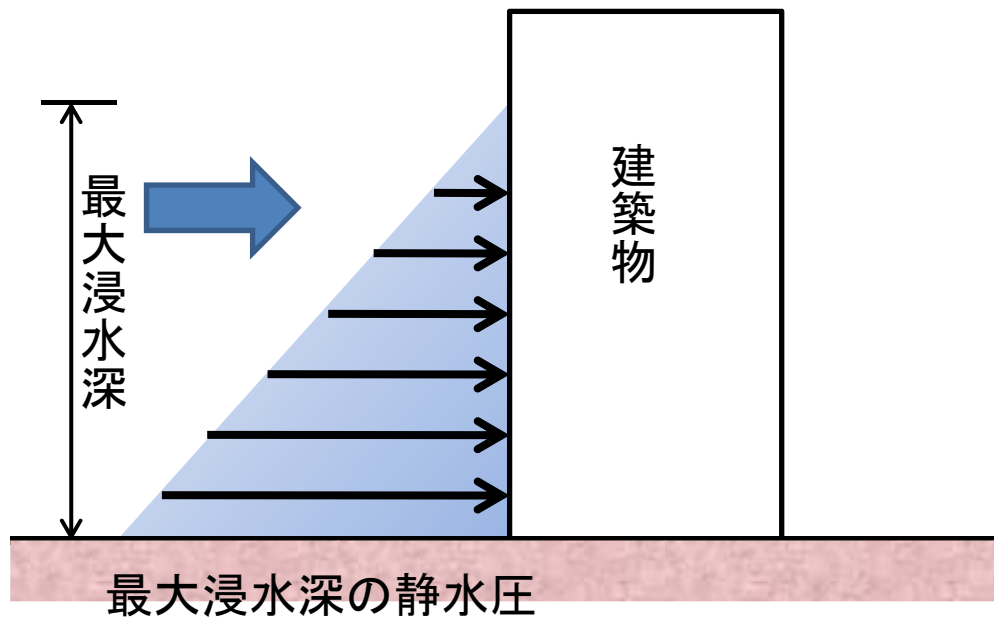


被害発生要因(1)

- 津波波圧(波力)
- 浮力
- 洗掘
- 漂流物の衝突

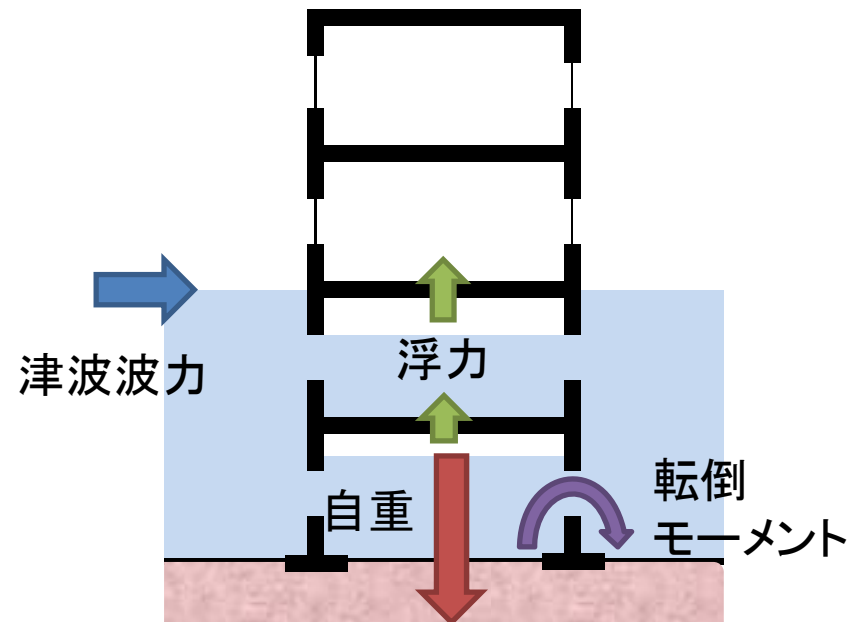
被害発生要因(2)

- 津波波圧(波力)
主に水平方向:寄せ波・引き波・他方向
津波波圧: **最大浸水深の静水圧分布**
建築物の**開口部**による津波荷重の軽減



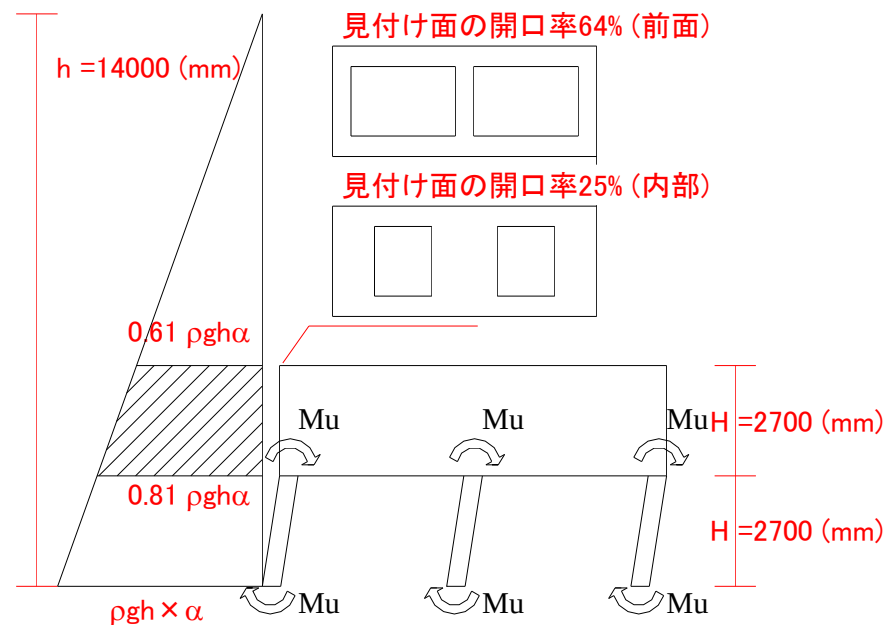
被害発生要因(3)

- 浮力:鉛直方向
水中に埋没した建築物に作用する
室内に水が入っても垂壁と天井との間に**空気溜り**ができる
⇒空気溜りの体積に相当する水の重量が**浮力**として自重と反対方向に作用する



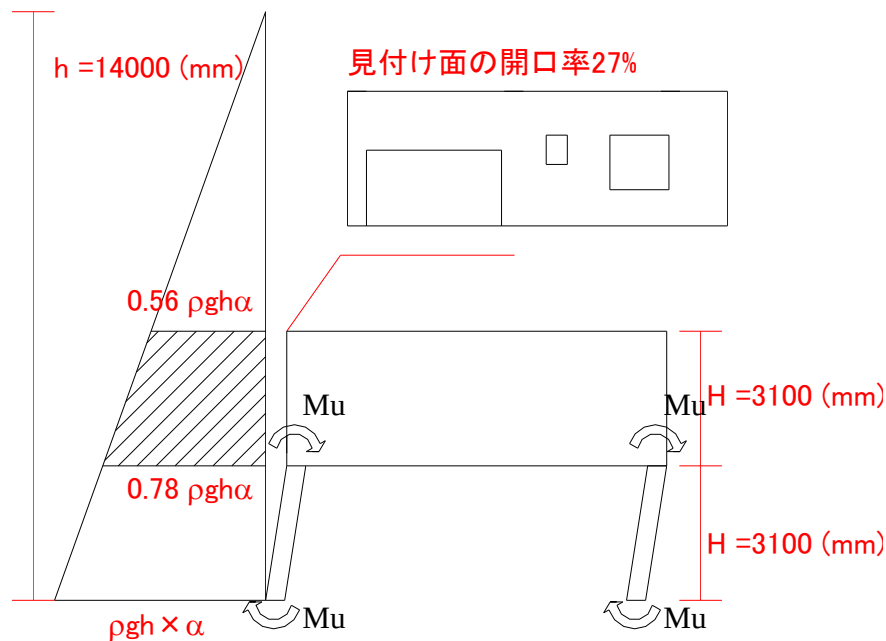
津波波力と建築物の耐力(1)

- 津波波圧(波力): 最大浸水深の静水圧
 - 浮力: 考慮せず
- 津波避難ビルガイドラインに基づいた算定荷重に対して前面の開口率では**2倍の保有耐力**を有している、内部の開口率では**同等の保有耐力**を有している



津波波力と建築物の耐力(2)

- 津波波圧(波力): 最大浸水深の静水圧
- 浮力: 垂壁と天井の間の空気溜まりを考慮する
津波避難ビルガイドラインに基づいた算定荷重の約30%の津波波力で倒壊したと考えられる。



津波避難ビルのガイドライン

- 2004年に日本建築センターで津波避難ビルの構造的要件を検討、朝倉ら(2000)の推理実験結果をもとに、**設計用浸水深の3倍の高さの静水圧**で津波波圧を与える。

-検討課題-

- 設計用浸水深 η と最大浸水深 h_{max} の関係**
現地調査で計測される浸水深は、津波の痕跡の
高さの最大値であり、設計用浸水深に相当する
量は分からないことが多い。
- 浮力: 垂壁と天井の間など建築物内の**空気溜まり**も考慮する。
- 地盤の洗掘による建築物の傾斜
- 漂流物の衝突: 代表的な漂流物の衝突による**衝撃力**を考慮する。
- ASCE7-05(2006)、FEMA646(2008)
ASCE7-05: 静水圧・動水圧・波浪荷重・碎波荷重
FEMA646: 静水圧・浮力・動水圧・衝撃荷重・漂流物による衝撃荷重など

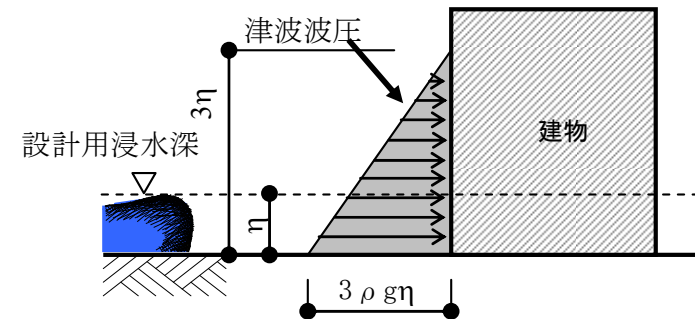


図4. 6. 3-1 (1)式による津波波圧

⇒平成23年建築基準整備促進事業の1課題(5・7月に国交省に中間報告)

まとめ

1. 調査目的
2. 現地調査
3. 構造別の被害の特徴
4. 被害発生要因
5. 津波波力と建築物の耐力

今後の課題

- より多くの被害事例の収集

津波波力と建築物の耐力の計算例の蓄積

⇒建築物の津波荷重や耐津波設計のための基礎資料

残存建築物(主に公共建築物)の図面・設計図書の収集

⇒流失・倒壊建築物との比較

- 他地域の調査

⇒津波避難ビル等の津波荷重や耐津波設計法の提案