

## 津波による建築物被害の概要について

1. 調査目的
2. 現地調査
3. 構造別の被害の特徴
4. 津波波力と建築物の耐力
5. 津波荷重に関する検討課題

平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）調査研究  
（速報）の「第6章 津波による建築物の被害」を要約

# 1.調査目的

## (1)津波による建築物被害の全体像の把握

⇒東日本大震災における建築物被害の全容の把握

## (2)津波避難ビルの構造的要件等の検証の必要性

### 1) 建築物の被害事例の収集(約100棟)

浸水深の計測と建築物の構造躯体等の採寸

⇒建築物に作用した津波波力と建築物の耐力の算定

### 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)



班	日程 調査人員	調査地域 (調査建築物数)	
		リアス式海岸部	平野部
1	3/30 ~ 4/2 4日間 5名	岩手県陸前高田市 (13) 宮城県気仙沼市 (3) 同 南三陸町 (6) 同 女川町 (10)	宮城県石巻市 (5) 同 名取市 (12)
2	4/6 ~4/ 9 4日間 6名	岩手県山田町 (3) 同 大槌町 (3) 同 釜石市 (6) 同 大船渡市 (6) 同 陸前高田市 (13) 宮城県女川町 (2)	宮城県仙台市 (1)
3	4/6 ~ 4/8 3日間 6名		宮城県仙台市 (4) 同 名取市 (5) 同 亘理町 (2) 同 山元町 (2)

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

# 調査項目

- 名称、所在地
- 用途、津波避難ビル指定
- 構造種別
- 建築規模
- 構造躯体の寸法
- 建物位置 (GPS座標、標高など)、  
周辺の状況
- 最大浸水深
- 津波後の状況  
倒壊・流失・残存・・・  
構造躯体および非構造部材の被害
- 写真 (外観4面＋内側)  
開口の状況、浸水の状況

⇒ 第6章付録 調査建築物データベース

建物番号	OG-11	調査日	2011年4月9日
名称			
所在地	女川町女川浜女川	建設年	不明
用途	商業施設・店舗	津波避難ビル	指定なし
構造種別	RC造 (耐力壁付ラーメン構造)		
建物規模	階数	2階 (地下 階)	高さ: 7.2 m
	平面寸法	11.3 m × 9.4 m	
建物位置	海岸からの距離	約100 m	標高 15 m (GPS)
	立地条件	女川街道沿い	
最大浸水深	14 m	周辺建物側面に痕跡	
津波後の状況	建物の状態	原位置に残存	1×2スパン、非構造部材のみ被害が見られた
	躯体の被害	被害なし	
	非構造部材の被害	被害あり	窓ガラス・天井材の脱落
備考			

- 女川沿岸部に立地し残存していたRC2階建て
- 津波の作用方向(梁間方向)に開口付き耐震壁を有し、桁行構面には大きな開口を有している
- 内部には梁せいで下まで浸水の痕跡が見られる
- 柱断面は800×500mm、壁厚は180mmであった



写真1 建物外観(1)



写真2 建物外観(2)



写真3 建物1階の浸水痕



写真4 建物1階の浸水痕



# 3. 構造別の被害の特徴

## 鉄筋コンクリート造建築物の被害(1)

- 転倒・移動

2階建ての冷蔵庫、直接基礎、

開口部が少ない

転倒(横倒し)・移動(隣接する高さ  
2mの壁を乗り越える)



4階建て旅館

杭基礎(引きぬけた杭)

開口部が少ない

転倒(横倒し)・約70mの移動(引き  
ずられた痕跡がない)



# 鉄筋コンクリート造建築物の被害(2)

- **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。



- **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(3)

## ・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。



## ・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ものが多く、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

- **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。



- **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。





# 木造建築物の被害

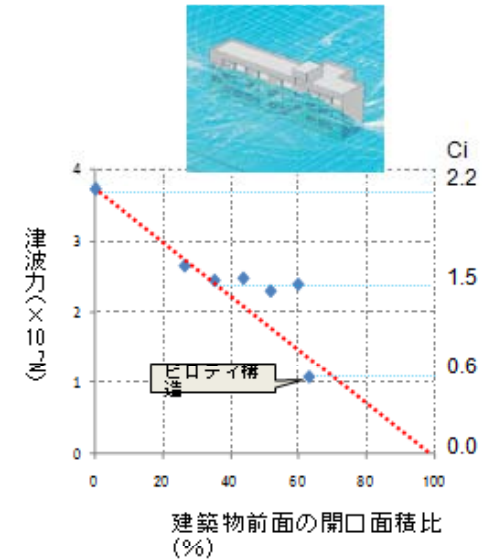
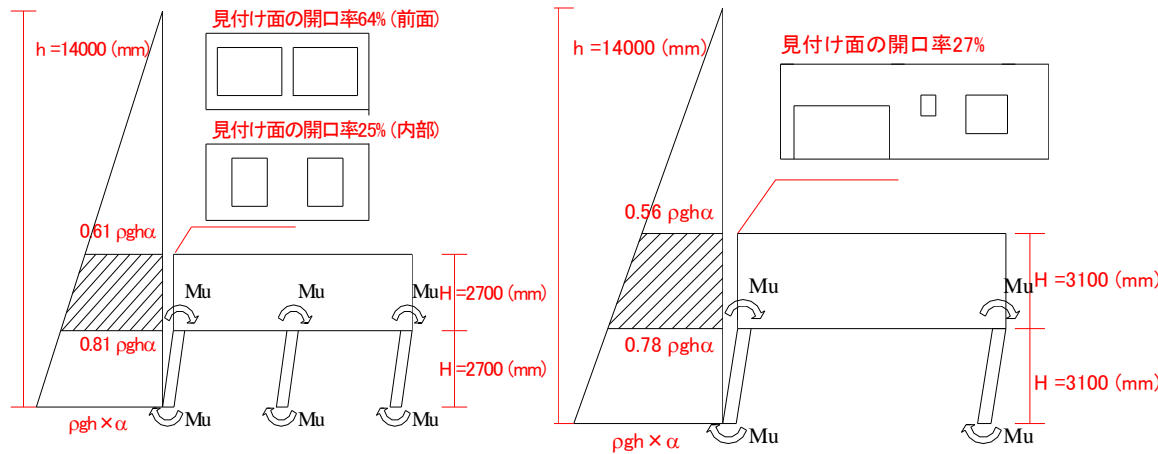
- 浸水深による被害の分類  
浸水深が2階軒高以上ある場合はほとんどの木造建築物は**流失**している。一方、浸水深が1階床上程度までである場合は、ほとんどの木造建築物は**残存**している。
- 残存の事例  
海側に建築物がある場合(3階建ての鉄筋コンクリート造建築物の影)  
大きな開口部、1階を鉄筋コンクリート造とした立面混構造



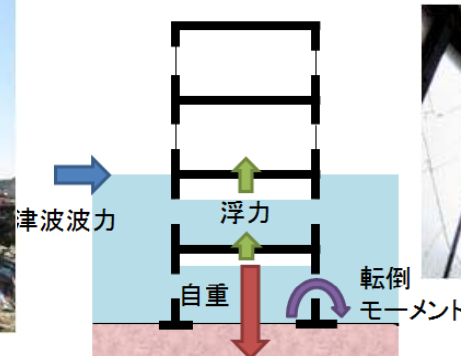
# 4. 津波波力と建築物の耐力

- 津波波圧(波力): 最大浸水深の静水圧(開口部による荷重軽減や浮力も考慮)と仮定
- 建築物の耐力と津波波力を比較し、被害を説明できるか?

⇒ 建築基準整備促進事業40.の検討課題



奥田・阪田(2008)



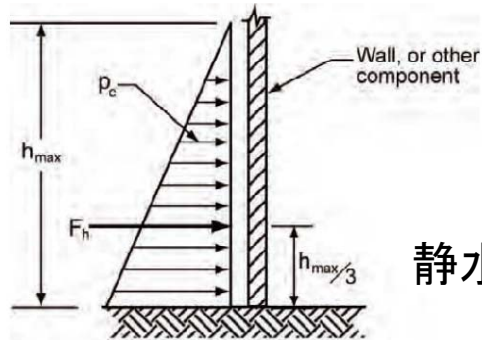
## 5. 津波荷重に関する検討課題

- 津波波圧(波力)
- 浮力
- 洗掘
- 漂流物の衝突
- 周辺の地物による軽減効果

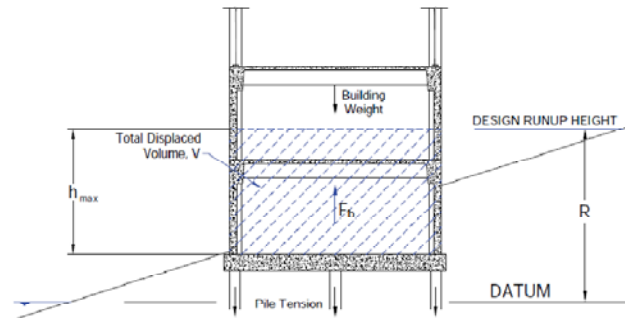


# 海外の基規準

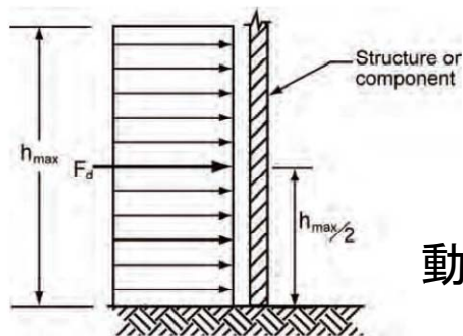
- ASCE7-05(2005): 静水圧・動水圧・波浪荷重・碎波荷重
- FEMA P646(2008): 静水圧・浮力・動水圧・衝撃荷重・漂流物による衝撃荷重など



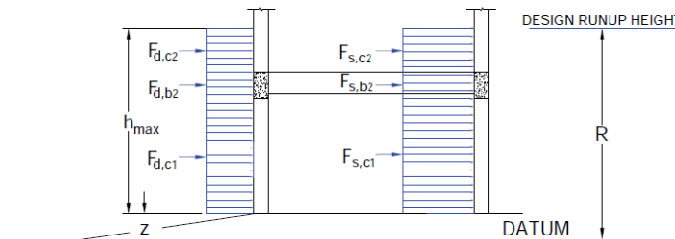
静水圧



浮力

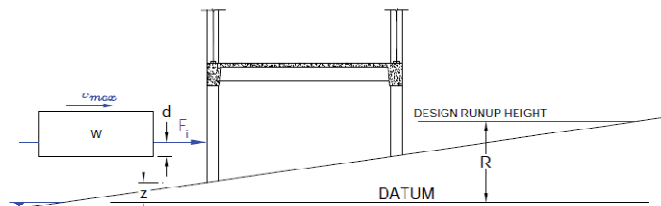


動水圧

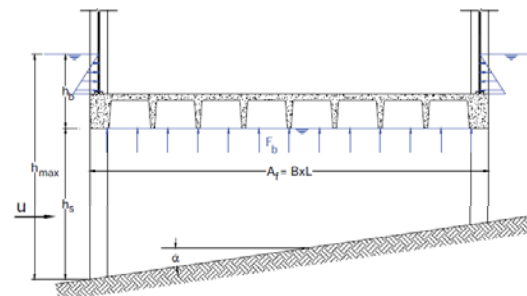


衝撃荷重

$F_{s,c1}$  - Impulsive forces on columns and beams at leading edge of bore  
 $F_{d,c1}$  - Drag forces on columns and beams behind leading edge of bore  
 c1 and c2 - Columns at first and second levels. b2 - Beams at second level



漂流物による衝撃荷重



床スラブに作用する浮力