

第1回 建築構造基準委員会

議事次第

中央合同庁舎7号館12階共用第2会議室

平成23年6月8日(水) 15:00~17:00

1 開会

2 議事

(1) 建築構造基準委員会について

(2) 東日本大震災における建築物の被害を踏まえた安全性確保対策について

①建築物の被害調査について

- ・国土技術政策総合研究所及び(独)建築研究所による調査について
- ・建築構造基準委員会による調査について
- ・今後の対応について

②津波による建築物被害を踏まえた対応について

③地震動による非構造部材の被害を踏まえた対応について

(3) 長周期地震動対策について

- ・長周期地震動対策について
- ・「長周期地震動対策検討WG」の設置について

(4) 今後の技術基準の見直しについて

- ・技術基準原案作成TGの設置について

(5) その他

3 閉会

建築構造基準委員会 委員名簿

委員長

久保 哲夫 東京大学大学院工学系研究科 教授

委員

金岡 宏幸 日本建築行政会議 適判部会部会長
北村 春幸 東京理科大学理工学部建築学科 教授
木原 碩美 (社) 日本建築構造技術者協会会長
桑原 文夫 日本工業大学工学部建築学科 教授
田中 仁史 京都大学防災研究所 教授
田端 隆 (社) 日本建築士事務所協会連合会常任理事 業務・技術委員長
中島 正愛 京都大学防災研究所 教授
平石 久廣 明治大学理工学部建築学科 教授
細澤 治 (社) 日本建設業連合会設計委員会構造設計専門部会委員
榊田 佳寛 宇都宮大学大学院工学研究科 教授
緑川 光正 北海道大学大学院工学研究院 教授
望月 国宏 日本建築行政会議 構造部会部会長
安村 基 静岡大学農学部環境森林科学科 教授

協力委員

飯場 正紀 (独) 建築研究所構造研究グループ長
大川 出 (独) 建築研究所構造研究グループ主席研究監
奥田 泰雄 (独) 建築研究所構造研究グループ上席研究員
福山 洋 (独) 建築研究所構造研究グループ上席研究員

事務局

国土技術政策総合研究所 建築研究部

建築構造基準委員会 設置要領

(目的)

第1条 建築基準法等に基づく建築物等の構造基準に関する技術基準原案について検討を行うため、建築構造基準委員会（以下「委員会」という。）を設置する。

(委員会の構成及び委員)

第2条 委員及び協力委員（以下「委員等」という。）は、建築分野の外部専門家その他の外部有識者のうちから、国土技術政策総合研究所長が委嘱する。

2 委員等の委嘱期間は2年以内とする。但し、再任を妨げない。

(委員長)

第3条 委員会に委員長を置く。

2 委員長は、委員会の会務を総理する。

3 委員長は、必要があると認めるときは、委員等以外の者を専門委員として出席して意見を述べ又は説明を行うことを求めることができる。

(運営)

第4条 委員会の招集は、建築研究部長が行う。

2 委員会の庶務は、建築研究部が行う。

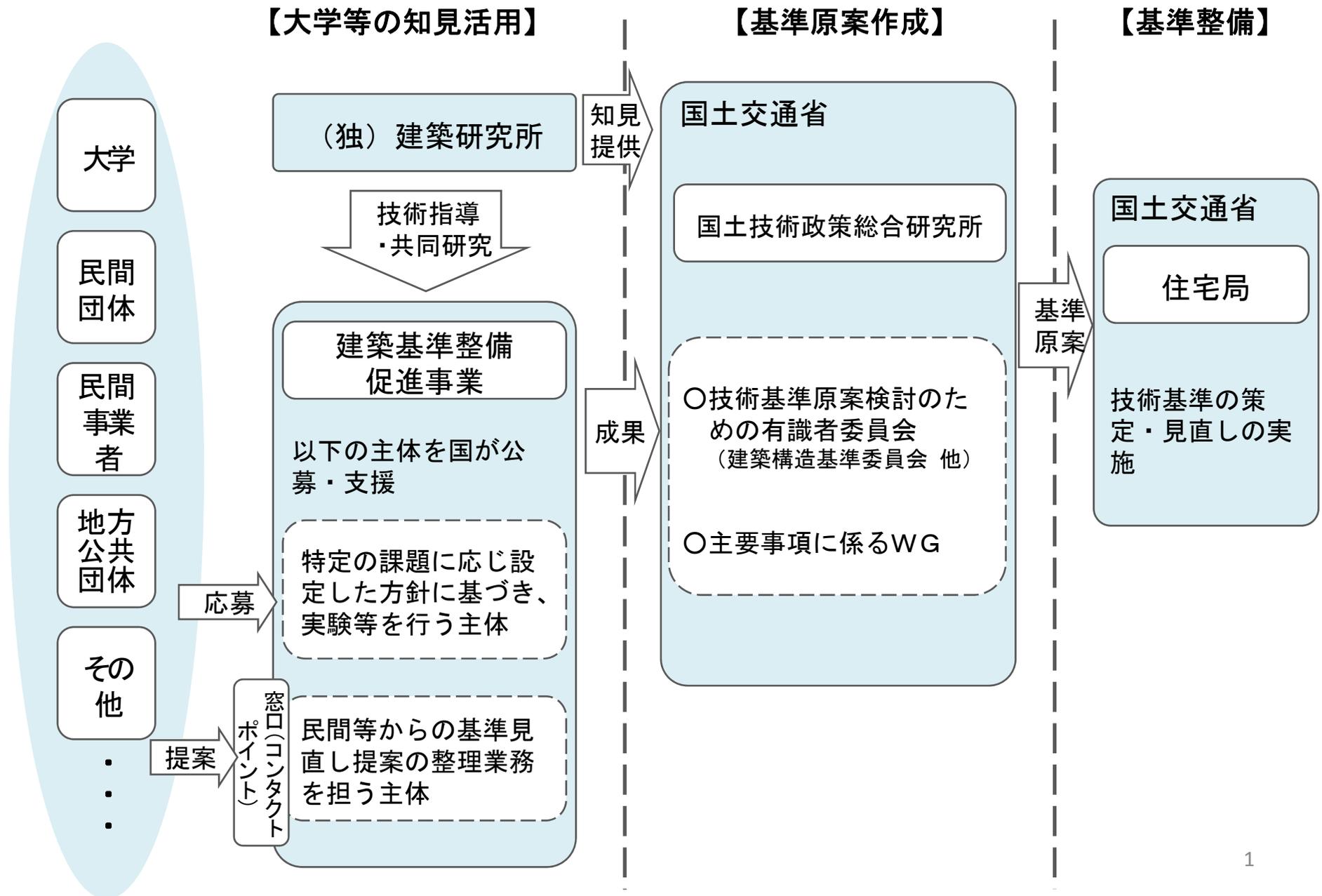
(雑則)

第5条 この要領に定めるもののほか、委員会の運営に必要な事項は委員長が定める。

(附則)

この要領は、平成23年4月12日から施行する。

建築関連技術基準の検討体制(案)



2011年東北地方太平洋沖地震 被害調査報告

(速報抜粋版)

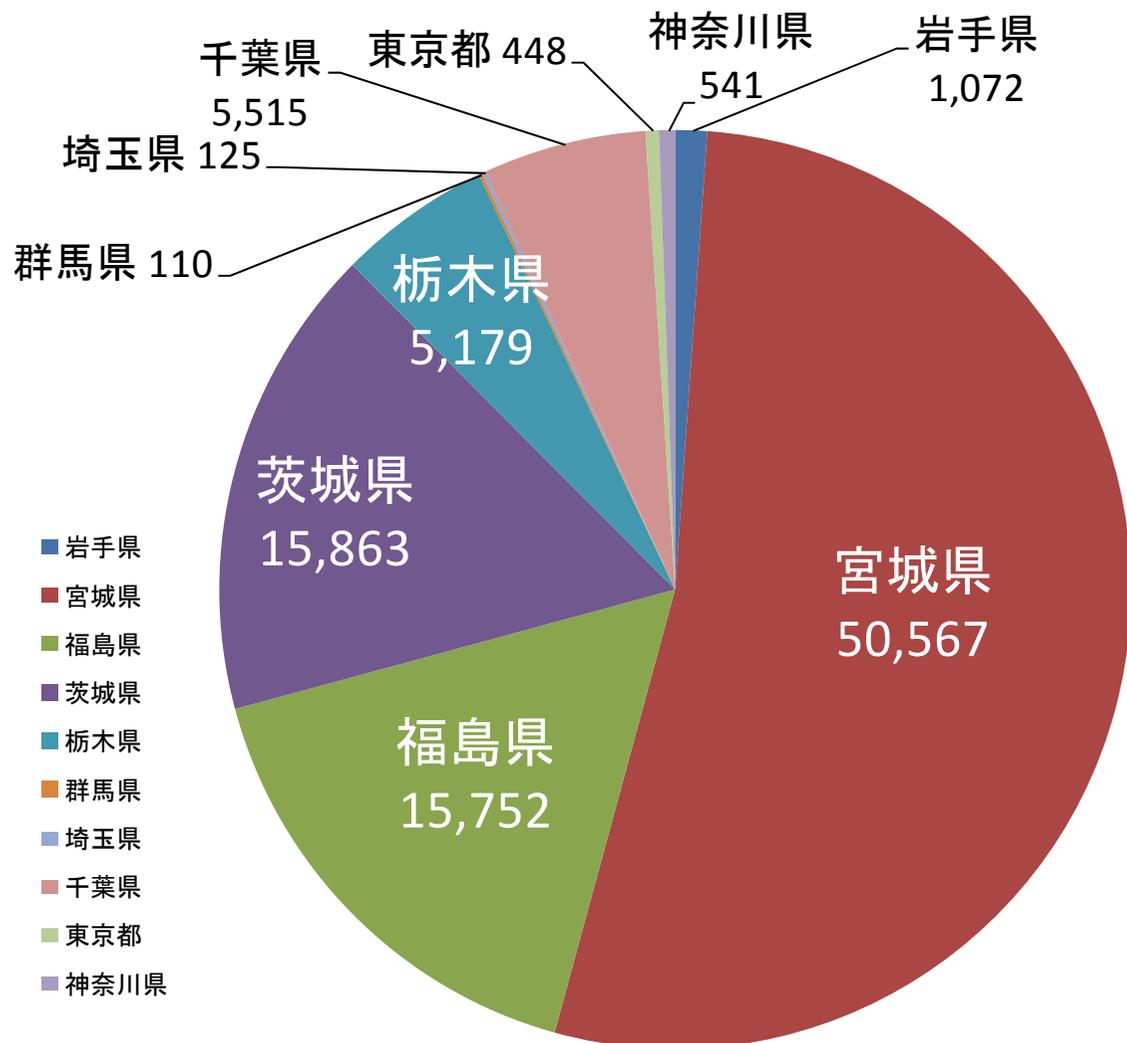


国土交通省
国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management

応急危険度判定実施件数

平成23年5月30日現在、国土交通省

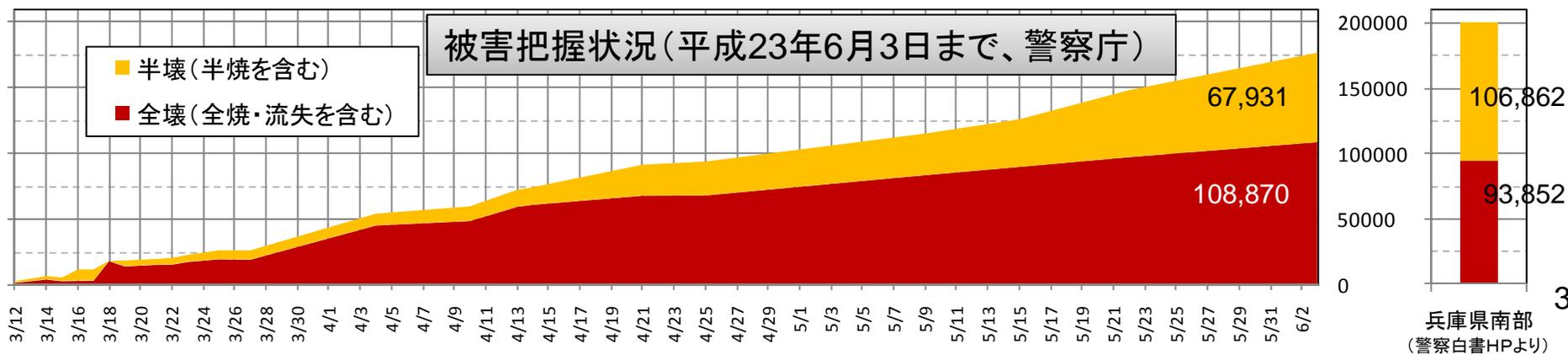
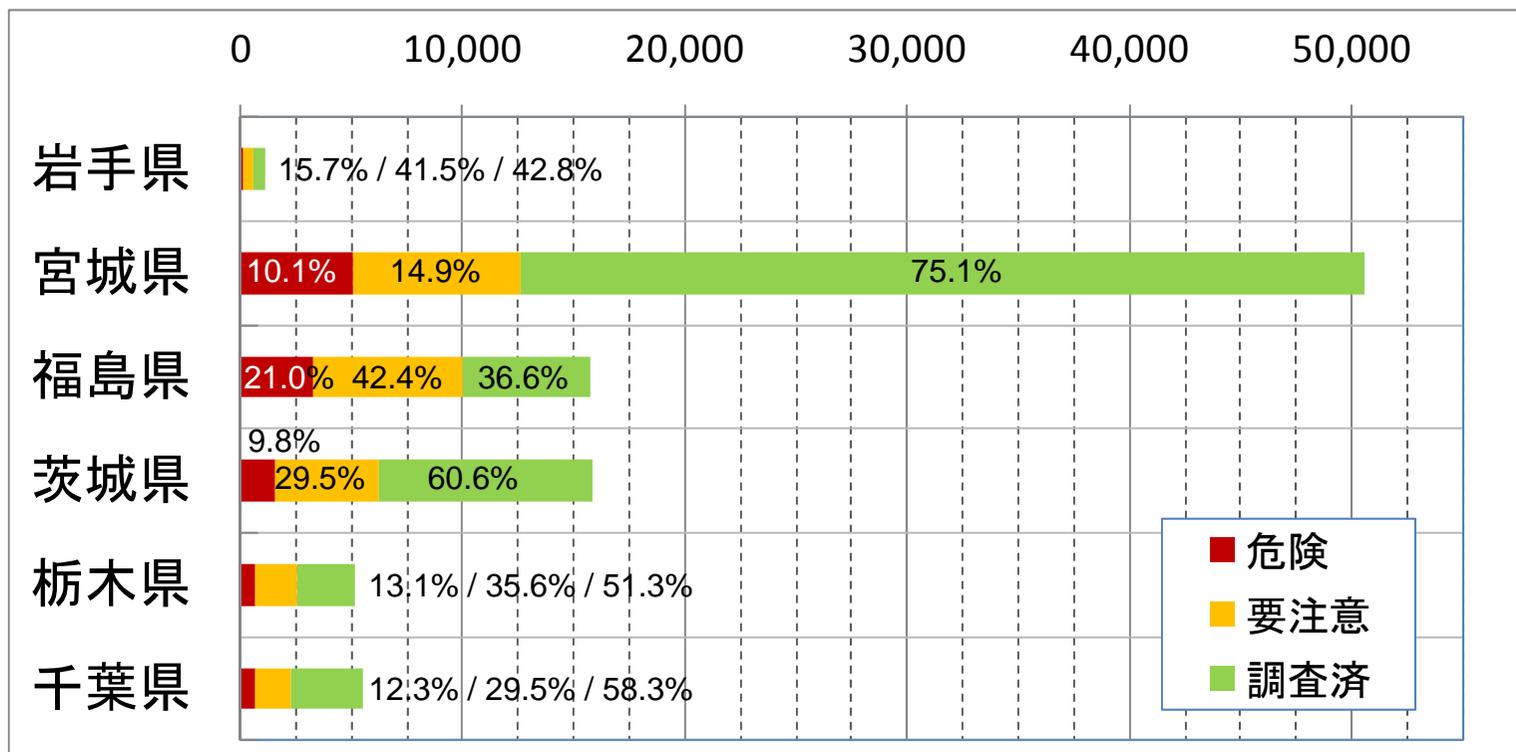


(留意事項)

- 津波被害地域はほとんど実施していない
- 被災地域が広域、被災棟数が多いため、網羅的には実施していない。
- 構造の被害以外を含む

建築物被害状況

応急危険度判定結果(平成23年5月30日現在、国土交通省)



建築物の被害調査の概要

- 3/12開始
- 4月末まで
建研66人・回
国総研33人・回
- 5月以降、
建研13人・回
国総研5人・回
- 現在も継続中

	調査日	調査内容	調査地	建研(人)	国総研(人)
1	3月12日	茨城空港天井調査	茨城空港	1	1
2	3月14日	茨城県営住宅倒壊危険性調査	茨城県潮来市	1	
3	3月14日	津波被害調査	茨城県大洗町ほか	2	
4	3/14~16	木造を中心とした建築物の1次被害調査	宮城県仙台市、栗原市	3	1
5	3/14~15	RC造を中心とした建築物の1次被害調査	福島県須賀川市ほか	2	2
6	3月15日	建築物被害調査(建築物全般)	茨城県	2	1
7	3月16日	建築物被害調査(建築物全般)	茨城県	3	1
8	3月23日	木造を中心とした建築物の1次被害調査	茨城県龍ヶ崎市、常総市	2	1
9	3/24~26	RC造を中心とした建築物の1次被害調査	福島、宮城、岩手	3	2
10	3/24~25	木造を中心とした建築物の1次被害調査	栃木県那須町、福島県須賀川市ほか	1	1
11	3月25日	木造を中心とした建築物の1次被害調査	茨城県那珂市、常陸太田市	4	
12	3月24日	建築物被害調査(地盤)	千葉県佐原市、茨城県神栖市	2	1
13	3月25日	建物被害調査(木造)	茨城県那珂市、常陸太田市	4	
14	3/30~31	S造建築物被害調査	茨城県	1	1
15	3/30~31	S造建築物被害調査	茨城県	3	
16	3/30~4/2	建築物の津波被害1次調査	岩手県、宮城県	3	2
17	3月31日	液状化による一般住宅の復旧調査	千葉県浦安市	1	1
18	3/30~4/3	国交省・被災状況把握及び緊急復旧のための現地調査	岩手県、宮城県		1
19	4/6~9	建築物の津波被害2次調査	岩手県	4	1
20	4月6日	木造建築物の津波被害1次調査	宮城県仙台市、亘理町ほか	3	3
21	4月8日	建築物の火災による被害調査	宮城県	1	
22	4/11~12	S造建築物被害調査	茨城県	2	1
23	4月12日	S造建築物被害調査	茨城県	2	
24	4/15~16	建築物被害調査(地盤)	宮城県、福島県	1	2
25	4/20~22	建築物の火災による被害調査	宮城県、岩手県		3
26	4月21日	津波、地震被害調査	茨城県	3	0
27	4/21~22	国交省・建築物被害調査	宮城県、福島県	2	3
28	4月21日	木造建築物の被害2次調査	茨城県那珂市、常陸太田市	4	1
29	4/24~26	建築物の火災による被害調査	宮城県	2	0
30	4/26~28	建築物の火災による被害調査	宮城県、栃木県	0	2
31	4/27~29	木造建築物の被害2次調査		4	1
		合計(人・回)		66	33

- **調査地域** ※代表的な地域、下線は振動被害が大きかった地域
 - ▶ 宮城県(栗原市、大崎市、遠田郡美里町、石巻市、仙台市)
 - ▶ 福島県(須賀川市)
 - ▶ 栃木県(那須郡那須町、矢板市)
 - ▶ 茨城県(常陸太田市、那珂市、水戸市、常総市、龍ヶ崎市)
- **被害の態様は従来の被害地震によるものと概ね同様であると位置づけられる。**
 - ▶ 震度7を記録した宮城県栗原市では、被害はさほど大きくないという印象がある。
 - ▶ 宮城県仙台市、栃木県矢板市などで造成宅地の地盤変状による上部構造の被害が多く確認された。
 - ▶ 屋根瓦の被害などは、1978年宮城県沖地震以来地震が頻繁に発生する宮城県よりも、むしろ福島県、茨城県の方が多という印象がある。

木造建築物の代表的な被害事例

店舗併用住宅の被害



部材の腐朽・劣化を伴う被害

1階の崩壊



古い住家の傾斜



2階の崩壊



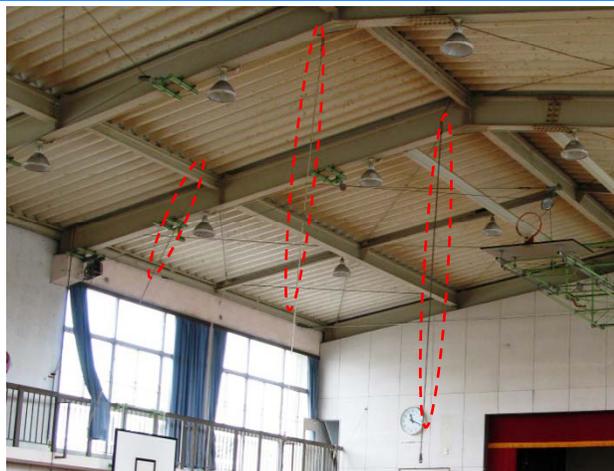
非住家(土蔵)の被害

- 調査地域
 - ▶ 旧基準の体育館(震度6地域)
 - 高校(茨城県内)44棟、小中学校(水戸市)22棟
 - ▶ 一般の鉄骨造建築物
 - 福島県(二本松市, 郡山市, 福島市, 白河市, 須賀川市)、茨城県(日立市, 鉾田市, 笠間市)、宮城県(仙台市)、ほか
- 柱や梁などの主要な構造部材に、破断等の大きな被害はほとんど見られなかった。
- 旧耐震基準の体育館では鉛直ブレースの破断等の被害が観察された(3棟)が、新潟県中越地震に比べて被害率は小さい。
- 一方、天井の脱落などの非構造部材の被害は比較的多く観察された。

鉄骨造建築物の代表的な被害



ブレース材の座屈



屋根ブレースの破断



柱脚（支承部）コンクリート剥落



接合部破断



ラチス柱斜材の座屈



天井材・外装材の脱落



5.4 鉄筋コンクリート造等建築物

- 調査地域 ※震度6弱以上が観測された地点の都市部が主体
 - ▶ 宮城県： 仙台市青葉区、宮城野区、若林区
 - ▶ 福島県： 二本松市、郡山市、須賀川市、白河市
 - ▶ 茨城県： 日立市、笠間市、鉾田市
- 構造被害のほとんどは旧耐震基準で設計された建築物に見られた。
- その数は震度に比して多くはないが、被害の形式はほぼこれまでの地震動被害で見られたものと同じであった。
- 柱のせん断破壊による軸力支持能力の喪失などの重大な被害も見られた。

鉄筋コンクリート造等建築物の代表的な被害



柱のせん断破壊とそれに伴う層崩壊



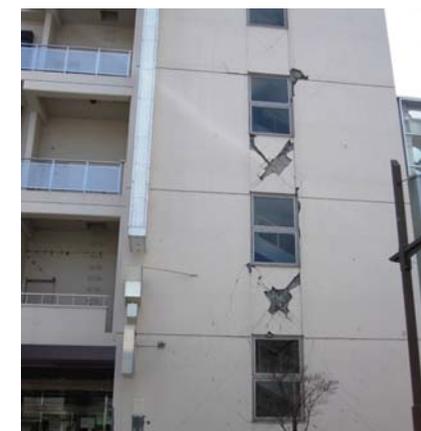
非構造壁のせん断破壊



SRC柱脚の抜け出し



境界ばりの被害



耐力壁開口周辺のせん断破壊

- 兵庫県南部地震と異なり、以下の被害は今回の調査では見られなかった。
 - ▶ 新耐震基準により設計されたピロティ建築物の1階の崩壊
 - ▶ 中高層建築物の中間層の崩壊
 - ▶ 転倒
 - ▶ 新耐震基準により設計された建築物の柱梁接合部の破壊
 - ▶ 鉄筋圧接部の破断
 - ▶ 体育館におけるプレキャスト屋根の落下

- 調査地域
 - ▶ 液状化被害...利根川流域(茨城・千葉県境)、
東京湾岸区域(千葉県浦安市)
 - ▶ 造成宅地の被害...宮城県・福島県・栃木県

- 過去の国内の地震では見られなかったような、広範囲な液状化被害が見られたことが特徴
 - ▶ メカニズム解明や、個々の建築物にとどまらず、道路や上下水のインフラも考慮した対策の検討が必要

- 造成宅地においては、これまでの被害地震と同様に、一部で地盤の崩落などの大きな被害が見られた。

基礎・地盤等に関連する代表的な被害



大規模な液状化と構造物の沈下・傾斜



約3°傾斜した住宅

噴砂とそれに伴う傾斜



基礎の破壊



宅地地盤の大規模な崩落・滑り出し



- 調査地域
 - ▶ 宮城県、福島県、栃木県、茨城県
(上部構造の調査地域と同じ)
 - ▶ 茨城空港ターミナルビル

- 比較的古い構法(ALCパネルの挿入筋工法など)によるものが多く被害を受けているのが確認された。

- また、比較的高所に取り付けられた非構造部材の破損・落下も確認された。

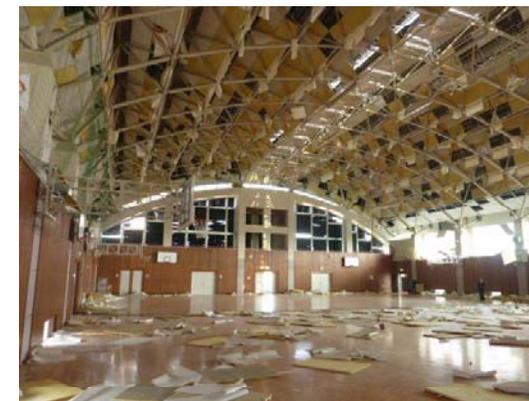
非構造部材の代表的な被害



タイルの破損



ガラスの破損



外装パネルの脱落



天井の破損・落下

6. 津波被害に関する調査

- 既往の津波に対する建築物の設計法について各種のガイドラインなどの調査
- 主要な津波被害地域のうち右図の地域において、残存や破損あるいは流失した建築物の調査
 - ▶ 各建築物の被害状況
 - ▶ 浸水深、建築物の保有水平耐力を算定するために必要となる各部分の諸元などを計測
- 既往のガイドラインの検証を実施し、ガイドラインをより合理的なものとするために必要な検討を実施。



津波による建築物の代表的な被害



波圧や漂流物の衝突による外装材等の被害



転倒・流失



国土技術政策総合研究所 建築構造基準委員会
東日本大震災建築被害状況等の現地調査報告

1 建築構造基準委員会 東日本大震災建築被害状況等の現地調査について

東日本大震災による建築被害を踏まえた建築物の安全性確保対策が的確に推進されるよう、国土技術政策総合研究所における、建築物の構造基準原案を検討するための建築構造基準委員会において、(独)建築研究所と協力し、建築被害状況等の現地調査を行った。現地調査は、津波による建築物被害がみられる地区及び地震動による建築物被害がみられる地区を対象地区として選定し、被害概況の把握を行った。

2 調査概要

(1) 調査日時

平成23年4月21日(木)～4月22日(金)

(2) 調査団構成

建築構造基準委員会のうち以下の委員

委員長 久保 哲夫 東京大学大学院工学系研究科建築学専攻 教授

委員 平石 久廣 明治大学理工学部建築学科 教授

委員 安村 基 静岡大学農学部環境森林科学科 教授

協力委員 奥田 泰雄 (独)建築研究所構造研究グループ 上席研究員

協力委員 福山 洋 (独)建築研究所構造研究グループ 上席研究員

国土技術政策総合研究所 建築研究部

建築新技術研究官 向井 昭義

基準認証システム研究室長 深井 敦夫

基準認証システム研究室 主任研究官 井上 波彦

住宅局建築指導課

建築安全調査室長 春原 浩樹

東北地方整備局建政部

都市・住宅整備課課長補佐 宮川 浩幸(21日のみ)

(3) 行程及び調査地区

4月21日(木)

午後

宮城県石巻市(石巻港周辺)

宮城県牡鹿郡女川町(女川港周辺)

宮城県本吉郡南三陸町(志津川周辺)

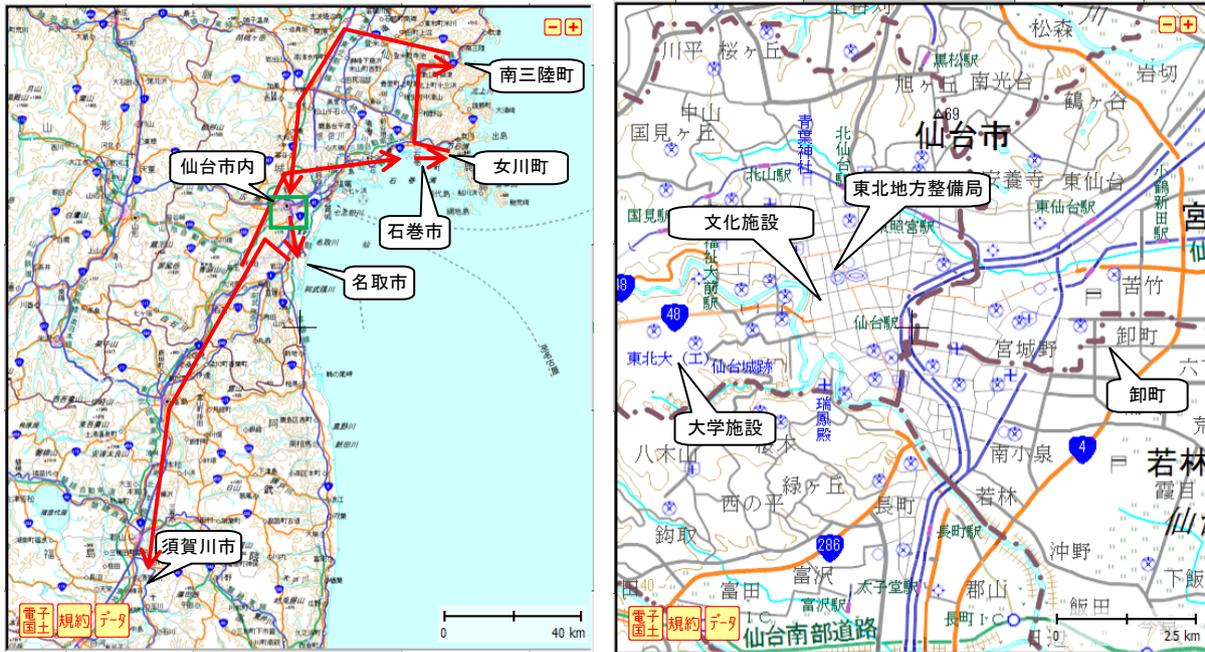
4月22日（金）

午前

宮城県仙台市青葉区 大学施設、文化施設、東北地方整備局（打合せ）
同 若林区 卸町

午後

宮城県名取市（閑上周辺）
福島県須賀川市（須賀川市役所周辺）



(a) 全体図

(b) 仙台市内拡大図（中央が J R 仙台駅）

図 1 調査行程図

(参考 現地調査を行った地区の震度 (3月11日14時46分の地震))

地区名	震度 (内は震度計位置)
宮城県本吉郡南三陸町	6弱 (志津川)
宮城県牡鹿郡女川町	6弱 (発電所：経産省発表)
宮城県石巻市	6弱 (泉町ほか)
宮城県仙台市青葉区	6弱 (落合ほか)
宮城県仙台市若林区	6弱 (遠見塚ほか)
宮城県名取市	6強 (増田)
福島県須賀川市	6強 (八幡町)

3 各調査地区の概要

調査を行った各地区における建築物被害の概況は以下のとおりである。順序は調査を行った順である。なお、写真は、原則として調査時に撮影したものであるが、一部は他の調査において撮影されたものを使用している。

(1) 宮城県石巻市（石巻港周辺）

①地区概況

調査を行った石巻港周辺地区は、津波により、沿岸部は残存している建物が極めて少ない。後背に広がる市街地は、浸水被害が広がっているが、残存している建物も多い。



写真 3-1 陸側を望む



写真 3-2 陸側を望む

②浸水状況

沿岸部での建物の浸水深さは、開口部の破壊状況、漂流物の残存状況等からみて、6 m程度と推定される。



写真 3-3 2階開口部まで破損
漂流物が2階に残存



写真 3-4 外装の破損状況

③建築物被害の状況

以下のような例が確認された。

- ・鉄筋コンクリート造の例

残存建築物例1 3階建て
開口部は2階まで損傷



写真 3-5 残存建築物例1

残存建築物例2 4階建て
開口部は2階まで損傷 基礎の洗掘



写真 3-6 残存建築物2

- ・鉄骨造建築物の例

残存建築物例3 2階建て
外装ほぼすべて脱落



写真 3-7 残存建築物例3

残存建築物例4 2階建て
上記例1の建物の陸側



写真 3-8 残存建築物例4

- ・木造建築物の例

残存建築物例5 2階建て
1階開口部が損傷、上記の例1, 例3の陸側に位置



写真 3-9 残存建築物例5



写真 3-10 上記の例3, 例5の建築物の周辺 (流失したとみられる木造建築物が多数)

(2) 宮城県牡鹿郡女川町(女川港周辺)

①地区概要

調査を行った女川町は、津波により、沿岸部は残存している建物が極めて少ない。また、転倒や移動した RC 造および S 造建築物が基も多く見られる地域である。



写真 3-11 女川町外観

②浸水状況

沿岸部での最大浸水深：浸水の痕跡棟から判断して、最大浸水深は約 14m 程度と推定される。

③建築物被害の状況

以下のような例が確認された。

・鉄筋コンクリート造の例 (1) (調査時点で解体工事中)

転倒建築物 4階建て、平面 4×4.5m、高さ 12m。原位置から 70m 程移動し転倒している。その間の道路等には引きずられ削られたような痕跡は見られない。外径 300mm の杭が引き抜かれている。建物は旅館であり、隣接する 5階建て (高さ 18m) の建築物は残存している。



写真 3-12 転倒した 4階建て RC 造建築物
(建物の基礎に杭が見える)



写真 3-13 手前の杭が抜け出している土地から
奥の崖下まで約 70m 移動している

・鉄筋コンクリート造の例（2）

残存建築物 2階建て、11.3×9.4m、高さ7.2m。構造的な被害は見られない。津波の作用方向に大きな開口を有している。なお、2階の梁に、開口の上端位置まで津波による水の汚れの痕跡が残っており、開口より上部は空気溜まりになっていたと推察される。



写真 3-14 残存した2階建てRC造建築物

・鉄骨造建築物の例

転倒建築物 3階建て。10m程移動して転倒している。外装材はほとんど脱落せずに残存している。外径300mm、長さ7mの杭が引き抜かれている。



写真 3-15 3階建て鉄骨造建築物の転倒



写真 3-16 曲げの残留変形が残る杭が基礎にぶら下がっている

(3) 宮城県本吉郡南三陸町

① 地区概要

調査を行った南三陸町では、住家被害が全壊 3,877 棟と、町の中心部の建築物はほとんど流失し、病院、町営住宅等の大規模な RC 造建築物が残存しているだけである。一方、周辺部の少し高地にある建築物は被災していない。



写真 3-17



写真 3-18

② 浸水状況

中心部での浸水深：約 13m（下記建築物のガラスの損壊状況から推定）



写真 3-19

前面の開口部が大きく、浸水により浮力が生じにくかったと考えられる。

③ 建築物被害の状況



写真 3-20 公民館：3 階建て RC 造、屋根が鉄骨造と思われる。3 階部分が倒壊し、写真手前の体育館が流失している。

(4) 宮城県仙台市青葉区 大学施設

以下のような被害の例が確認された。

・9階建て鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の例

9階建ての高層棟（鉄骨鉄筋コンクリート造）と2階建ての低層棟（鉄筋コンクリート造）で構成される。本建築物は、1978年の宮城県沖地震を経験し、その後耐震補強が施されている。高層棟では妻側の連層耐力壁が3階床位置で曲げ破壊しており、3階の側柱脚部には圧壊と主筋の座屈が確認された。また、低層棟では、耐震壁にせん断ひび割れが確認された。



写真 3-21 建物外観



写真 3-22 高層棟 3F 側柱脚部の圧壊

・8階建て鉄筋コンクリート造建築物の例

矩形の平面形状を有する8階建て鉄筋コンクリート造建築物であり、妻側は並列する2つの連層耐力壁を境界梁で接合する構造形式である。この、境界梁には中央部に近接して2つの開口が設けられているが、その境界梁に低層階から高層階までせん断破壊もしくは付着割裂破壊が生じている。



写真 3-23 建物外観



写真 3-24 開口付き境界梁の損傷

(5) 宮城県仙台市青葉区 文化施設

① 建築物概要

地上7階、地下2階の鉄骨造建築物である。また、その構造は、円形鋼管を用いた立体トラス構造となっている13本のシャフトとフラットスラブで構成されているところに特徴がある。



写真 3-25 建築物の外観



写真 3-26 円形鋼管を用いたシャフト（7階）

②主な被害の状況

1) 7階の天井パネルが落下

12.5mmの石膏ボード2枚を重ねボルトで吊っていた南側の天井が落下。調査時は撤去作業が行われており、破壊の詳細は不明。



写真 3-27 脱落した天井の様子
(4/13 東北地方整備局撮影、
4/21 には片付けられていた)



写真 3-28 残っている吊りボルト



写真 3-29 落下した天井パネル



写真 3-30 クリップ

2) 地下1階シャフト柱脚部のかぶりコンクリートの破壊
一部のピン柱脚のかぶりコンクリートが部分的に破壊していた。



写真 3-31 ピン柱脚



写真 3-32 ピン柱脚

3) その他



写真 3-33 ダブルスキングラスの
内側ガラスの破壊 (復旧工事中)



写真 3-34 エスカレーター取り付け部の破壊
(復旧工事中)



写真 3-35 大扉の中央留めピンの破壊 (撤去後)

(6) 宮城県仙台市若林区 卸町

①地区概要

卸町は、仙台市の東南部に位置する若林区区内において、「中央卸売市場を中核に卸売業、運輸業などの集積が進み、一大流通拠点として東北の経済活動をリード（若林市HPより）」する地域である。調査を行った区域は、中低層の事務所建築や、鉄骨造の倉庫が立ち並ぶ地区（卸町3丁目～卸町2丁目）であった。

②建築物被害の状況

以下のような例が確認された。

・鉄筋コンクリート造の例（1）

4階建て、平面約20m×10mの事務所建築物で、長辺側の北面で道路を隔てて水路に接している。1階の柱（腰壁・垂れ壁付き）のうち3本にせん断破壊を生じており、特に東側の柱の被害が大きかった。西側の構面には開口が少なく、ねじれ挙動の影響が考えられる。

柱の主筋・帯筋には丸鋼が使用されていた。



写真 3-36 東側構面の柱の被害状況

・鉄筋コンクリート造の例（2）

L形の平面形状を有する事務所建築物で、約10m×20mの3階建て部分に、約15m×25mの2階建て部分を取りつく形式となっている。入り隅部周辺の1階の中柱や非構造壁にせん断破壊が生じていた。破壊部分の周囲には開口部があり、腰壁・垂れ壁付き柱として短柱状態にあったものと考えられる。





写真 3-37 柱の被害及びその周辺

・鉄筋コンクリート造の例（3）

2階建て、平面約 20m×10m の事務所建築物で、1階部分の層崩壊を生じていた。2階部分の柱についても、せん断破壊に伴う主筋の座屈と帯筋の破断によってほぼ層崩壊と同様の状況であった。柱の主筋には異径鉄筋（鋼棒）が、帯筋には丸鋼が使用されていた。



写真 3-38 層崩壊の状況



写真 3-39 2階柱のせん断破壊

・その他の被害

上記のような大きな被害には至らなかったものの、鉄筋コンクリート造の柱・壁等のせん断ひび割れは、多くの建築物で見られた。また、鉄骨造の倉庫を中心に、外装材の脱落、窓ガラスの破損、仕上げ等の落下についても、同様である。

その他、建築物周囲において 5cm 程度の段差が見られるものもあり、一帯の街区では歩道の補修工事（根上がり工事）工事を実施されていたことから、ある程度地盤変状があったものと推察される。



写真 3-40 鉄筋コンクリート部材のひび割れ



写真 3-41 仕上げの剥落



写真 3-42 外装材・窓等の被害



写真 3-43 建築物周囲の段差

(7) 宮城県名取市（閑上周辺）

① 地区概要

調査を行った名取市閑上地区では、名取市の住家被害の報告が消防庁に上がってきていないように、非常に多くの住家の被害が発生していると思われる。鉄筋コンクリート造建築物は残存しているが、木造住家の多くが流失、移動、倒壊といった被害を受けている。一方、1階部分が人工地盤の木造住家や鉄筋コンクリート造建築物の蔭に位置する木造住家等はそれほど甚大な被害を受けていない。



写真 3-44



写真 3-45

② 浸水状況

中心部での浸水深：約 4～5m（下記建築物のガラスの損壊状況から推定）



写真 3-46 1階部分が人工地盤の木造住家は流失を免れている。

③ 建築物被害の状況



写真 3-47 この寺社は本堂の柱が折れていたが、倒壊しなかった。余震等で倒壊しないように、応急的な補強がなされていた。開口部が大きく、津波の流れ方向に平行に壁があったことが倒壊しなかった理由と考えられる。また、この本堂の蔭にあった住家の被害は軽微であった。

(8) 福島県須賀川市（須賀川市役所周辺）

①地区概要

調査を行った須賀川市の市街地は、東日本大震災において最も建築物の地震動による被害が顕著に見られた地区のひとつである。この地域はちょうど須賀川城の本丸を囲む堀があったところであり、比較的軟弱な地盤であることがその理由として考えられる。

②建築物の被害状況

・須賀川市役所

鉄筋コンクリート造4階建て、1970年竣工の建築物で、耐震補強は行なわれていない。各階に損傷が見られるが、特に2階のコア壁のせん断破壊と1階の腰壁が取り付け柱の主筋段落とし部を基点とするせん断破壊が顕著である。この建物は、水平力の多くをコア壁で負担しているが、1階にはさらに壁に囲まれた金庫室があることから、2階の損傷が最も大きくなったものと思われる。



写真 3-48 コア壁の破壊



写真 3-49 耐震壁側柱の主筋の座屈



写真 3-50 非構造壁のせん断破壊



写真 3-51 柱のせん断破壊

・8階建て鉄筋コンクリート造建築物

8階建ての鉄筋コンクリート造ホテル建築物で、非構造壁に窓開口隅角部を結ぶせん断ひび割れが生じている。



写真 3-52 非構造壁のせん断ひび割れ

・5階建て鉄筋コンクリート造建築物

2007年竣工の5階建て鉄筋コンクリート造建築物で、縦開口を有する階段室の連層壁に開口隅角部を結ぶ大きなせん断ひび割れが生じている。また、1階の袖壁脚部のコンクリートが剥落し、壁縦筋が座屈している。2階の袖壁脚部にも損傷が見られ、そこから打ち継ぎ部に沿って水平のひび割れが生じている。



写真 3-53 建物外観



写真 3-54 壁の縦開口隅角部間のせん断ひびわれ
(4/22はシートで覆われていたため、上記写真は建築研究所の3/24調査時に撮影したもの)

4 調査参加委員の所見

以下は、調査に参加した久保委員、平石委員及び安村委員による所見である。なお、記載内容は、調査地区における対象建築物から判断したものであり、委員間で特に着目すべき点を設定し、分担したテーマについて、各委員により記述したものである。

4.1 はじめに

(久保 哲夫)

東日本大震災による震災概要に見られる特徴とあげるべき事項は、次の3点であろう。

- (a) 甚大な被災地域が太平洋沿岸に沿い、岩手県北部より千葉県に至るまでの広域な災害をもたらした。今回地震により震災死と認定されている方は12都府県に及ぶ。
- (b) 地震により励起された津波により多数の人命と甚大な建築物・社会基盤施設の損壊が生じた。
- (c) 原子力施設に地震による災害が生じた。

建築物の狭義の耐震設計に関しては、地震動による建築物の損壊については、地震発生後40日余りを経た調査時点においては、未だ詳細な調査に手がつけられていない状態であり、また震災甚大域における建築物の損壊が地震の揺れ（地震荷重）を経験した後に受けた津波外力により損壊されているため、揺れによる外力によって生じた損壊については今後の詳細調査、得られている強震動記録を用いた解析的検証を待つところである。今時点における調査結果ならびに報道・他機関による初動調査結果を参考とすると、次の震害が認められ、建築物の今後の耐震性向上をはかる上での検討事項となろう。

- (a) 主に、震央より南方地域（福島県、茨城県地域）における地震動による建築物の損壊。今回調査の福島県須賀川市の市庁舎を例とする、1971年以前に計画・建設の既存不適格建築物の震害。別事例としては、今回調査の仙台市宮城野区卸町において1978年宮城県沖地震では損傷を受けなかった鉄筋コンクリート造建物に、既存不適格建築物数棟のせん断破壊、平面計画上のねじれによる短柱の損壊が宮城県沖地震における損傷の再現事象として認められた。
- (b) 主に大スパンの架構において、二次部材と称される天井材の落下損壊が生じた。多くは主架構を鉄骨構造としており、地震時に生じた揺れにより落下したものと考えられる。本損壊により犠牲となった方は東京都における2名であったが、生じた損壊事象を概観すると死亡災害を生じさせるポテンシャルを有する建築災害と位置付ける損壊とされる。

4. 2 鉄筋コンクリート造建築物の被害について

(平石 久廣)

(1) 津波による鉄筋コンクリート造建築物の被害

1) 概要

津波災害の大きかった地域ではほとんどの建物が流失あるいは倒壊している中で構造的には大きな被害を生じていない鉄筋コンクリート造の建物が散見される(写真 4.2-1、4.2-2 参照)。とくに建物全体が水没しなかった鉄筋コンクリート造はほぼ完全な形で原形を留めている(写真 4.2-3 参照)。完全に水没した建物でも構造的な被害を生じていない建物が多いが(写真 4.2-4 参照) 転倒したものや構造的被害の大きいものがある。



写真 4.2-1 津波被害が激しい被災地 1
(南三陸町)



写真 4.2-2 津波被害が激しい被災地 2
(南三陸町)



写真 4.2-3 2階まで冠水した壁式住宅
(石巻市)



写真 4.2-4 屋上まで冠水した RC 造 (鉄筋コン
クリート造、写真注記以下同じ) (女川町)

2) 転倒および大破した建物

・転倒した建物被害例

写真 4.2-5、4.2-6 に建物全体が水没した地域での建物転倒例を示す。写真 4.2-5 の例では外壁により建物が箱状になっている。概して転倒した建物では建物外周部に大きな壁が設けられたものが多い様である。また建物全体が水没したものの構造的被害をまぬがれた建物において、明らかに空気溜りができたと思われる痕跡が見られた(写真 4.2-7 参照)。これらの状況からして転倒した建物では水圧とともに浮力が大きく影響したと思われる。



写真 4. 2-5 転倒した RC 造(手前は S 造)
(女川町)



写真 4. 2-6 転倒した RC 造の基礎
(女川町)

・波浪による建物被害例

写真 4. 2-8 は波浪による水圧で崩壊したと思われる建物である。ほぼ同じ形状をしていたと思われる近くの建物では外壁が水圧により大破していた(写真 4. 2-9 参照)。



写真 4. 2-7 天井下 空気溜り
(女川町)



写真 4. 2-8 崩壊した RC 造(名取市)



写真 4. 2-9 大破した RC 造(名取市)

3) 今後の課題

水圧の推定とともに浮力の評価が重要と思われる。また水圧を生じる要因となるような壁の配置や取り付け方法を考慮する必要がある。

(2) 地震動による鉄筋コンクリート造建築物及び非構造部材の被害

1) 概要

完全に崩壊した建物は全て旧基準によった建物である。また旧基準によった建物では既往の震害と同じような被害例が生じている。これらの建物の多くは地盤の良くない場所に建設されている。ただし、震度の割に被害程度は小さいようである。耐震補強された建物でも大きな被害を生じた建物があった。非構造部材の被害としては特に天井材の落下が生じている。

2) 地震動による構造躯体の被害

・旧基準による建物被害

写真 4.2-10 は1階が完全に層崩壊している例、写真 4.2-11 は大破した例である。写真 4.2-12、4.2-13 は主たる耐震要素であるコア壁でのせん断破壊により大きな被害が生じている例である。写真 4.2-14、4.2-15 は耐震補強がなされていた建物で連層耐震壁の曲げ破壊が生じている例である。写真 4.2-16、4.2-17 は2階建ての建物被害例である。2階建ての鉄筋コンクリート造の被害例は稀である。なお、向かいにあった同様な建物は被害を生じていない。



写真 4.2-10 1階が崩壊したRC造
(仙台市若林区卸町)



写真 4.2-11 1階が大破したRC造
(仙台市若林区卸町)



写真 4.2-12 せん断破壊したコア壁
(須賀川市)



写真 4.2-13 写真12の建物外周
(須賀川市)



写真 4.2-14 3階床で曲げ破壊した耐震壁
(仙台市青葉区)



写真 4.2-15 3階耐震壁柱脚部
(仙台市青葉区)



写真 4.2-16 大破した RC 造 (仙台市青葉区)



写真 4.2-17 柱のせん断破壊
(仙台市青葉区)

・新基準による建物被害

写真 4.2-18, 4.2-19 に被害建物を示す。床面での滑りのような被害が生じている。



写真 4.2-18 大破した RC 造 (須賀川市)



写真 4.2-19 写真 4.2-18 のクローズアップ

3) 地震動による非構造部材の被害

・外装材の被害

既往の震害と同じような被害が見られる (写真 4.2-20)。

・天井の被害

人命に危害を及ぼしかねない天井材の落下が見られた (写真 4.2-21)。この建物はスパンが長くまた梁がない構造である。かなり大きい鉛直動とともに水平変形が生じたものと思われる。



写真 4.2-20 非構造壁の被害
(須賀川市)



写真 4.2-21 天井材の落下
(片付けのため寄せられた状態：仙台市青葉区)

4) 今後の課題

震度の割に被害が小さいと思われる。被害状況に沿った震度の見直しが必要であろう。また被害のあった建物では地盤の影響が極めて大きかったと思われる。緻密なマイクロゾーニングや地盤の増幅係数の見直しおよび実効入力の評価が重要と思われる。

天井材については落下防止のための早急な対策が望まれる。外装材については今回の調査では見られなかったが、出入り口の非構造部材の破壊のためドアが開かなくなり出入りができなくなった例が報告されている。このような被害例は既往の震害でもあったことであり、有効な対策が望まれる。

③ まとめ

津波地域の被害調査において鉄筋コンクリート造が津波に強いことが改めて実証された。ただし転倒や、大破しているものもあり十分な調査研究が望まれる。地震動による被害については建物震動に及ぼす地盤のより詳細な評価が重要であろう。また人命に危害を加える恐れのある天井材などの非構造部材の基準の見直しが必要であろう。

4. 3 木造建築物の被害について

(安村 基)

(1) 津波による木造住宅の被害

今回調査を行った地域においては、津波による被害を除き、地震動により大破した木造建築物の被害はほとんど見られなかった。津波による最大浸水深さが1.3～1.4 mに達した女川町、南三陸町などの中心部で木造建築物は残存していなかったが(写真4.3-1)、浸水深さが概ね6 m程度の石巻市石巻港周辺、名取市閑上地区では、残存した木造住宅が確認された(写真4.3-2)。



写真 4.3-1 鉄筋コンクリート造布基礎と土台を残して流失した木造住宅の痕跡(南三陸町)



写真 4.3-2 2階床上程度まで浸水したと推察される住宅。突出した下屋部分が大破している(名取市閑上地区)

沿岸近辺における丘陵地では、斜面における津波の到達程度により木造住宅の被害程度が異なっている(写真4.3-3、4.3-4)。斜面のふもとでは大部分の住宅が倒壊、流失しているのに対し、少し上方に位置する領域では2階床上まで浸水したと推察される木造住宅が残存していた。さらに上方に位置する住宅は、外観上顕著な被害を受けた様子は見られない(写真4.3-5、4.3-6)。



写真 4.3-3 市街地南側斜面における被災の様子(女川町)



写真 4.3-4 丘陵地斜面における被災の様子(南三陸町)

女川町南側斜面では、2階床から2階頂部程度まで浸水したと推察される木造住宅が残存しており、浸水深さに応じて開口部、外壁、屋根などの損傷がみられる(写真4.3-7、4.3-8)。この領域では、浸水による損傷の他に、漂流物の衝突による損傷の様子が見られる(写真4.3-9)。女川町の斜面上方の領域では、擁壁の損傷に伴う不同沈下による被害が散見された(写真4.3-10)。なお、斜面上方の浸水を受けていない地域では、木造住宅の地震動による顕著な被害は見られなかった。



写真 4.3-5 市街地南側斜面上の木造住宅。右側の建物は2階床程度まで浸水、左上の建物は顕著な浸水は受けていないものと推察される（女川町）



写真 4.3-6 丘陵地の木造住宅。中央の建物は残留物の状況から、2階床上程度まで浸水したものと推察される（南三陸町）



写真 4.3-7 2階上部まで浸水したと推察される住宅（女川町南側斜面）



写真 4.3-8 2階床上程度まで浸水したと推察される住宅（女川町南側斜面）



写真 4.3-9 漂流した住宅の2階部分が衝突した木造住宅（女川町）



写真 4.3-10 床上浸水した住宅。擁壁の損傷による不同沈下を生じている（女川町）

(2) まとめ

今回の調査により、莫大な数の木造住宅が津波により流失している様子が再確認された。木造の流失は、瓦礫の生成、衝突による2次災害の発生等に繋がる可能性があるため、構法と流速・浸水深さの関係、周囲の建物との関係等について調査研究を行い、津波による木造の流失のプロセスが明らかにされることが望まれる。

4.4 建物の津波被害について

(久保 哲夫)

(1) 各地域における津波被害について

宮城県石巻市（石巻港周辺）および宮城県名取市（閑上周辺）における津波被害の傾向は、次のようにまとめられる。両地域とも、地形としては海岸より高低差のない平坦地が海から陸側に広がっている。写真 4.4-1 に被災後の石巻市雲雀野公園付近の航空写真を示す。写真の中央に共同住宅（鉄筋コンクリート造 3 階建てで、写真中の青色の建物）が認められる。写真 4.4-2 および 4.4-3 に今回調査で撮影した同建物および同建物の背面（陸側）に残存する 2 階建て木造住戸群を示す。この例は、前面（海側）の鉄筋コンクリート造建物が背面（陸側）の木造住宅に対しバリアーとなり、その結果として背面木造住宅に加えられる（津波）力を軽減し、住戸の流失には至らなかったものと考えられる。写真 4.4-4 に、名取市閑上地区に残る木造住戸を示すが、本建築物の右手には、寺院本堂が残っており、石巻の例と同じく、バリアーとなって住戸の流失を防いだものと考えられる（写真 4.4-4 に示す戸建て住宅の右側の外装材が比較的残っている）。



写真 4.4-1 津波被災後の石巻市雲雀野公園付近の航空写真（国土地理院提供）に加筆.



写真 4.4-2 共同住宅：RC 造 3 階建て；建物 2 階高さまで津波痕が認められる；3 階では、ガラスが残る；建物背面に木造住戸が残る。



写真 4.4-3 石巻市雲雀野公園付近の共同住宅の背面に建つ流失を免れた戸建て住宅群；写真の左手先に共同住宅が建つ。



写真 4.4-4 名取市閑上地区に建つ流失を免れた戸建て住宅：写真右手に寺院本堂が残って建つ。

女川町はリアス式地形の海岸に沿った町で、港湾施設のある海岸より山地の尾根が海岸近くまで迫っている。宮城県女川町では、数棟の津波によって転倒した建築物（鉄筋コンクリート造、鉄骨造）が認められた。転倒方向は、山側（押し波によって）、海側（引き波によって）が共にあり、何れかの特記はできない（棟数では、押し波による件数が多い）。写真 4.4-5 に今回調査を行った病院（高台に建設）あたりの航空写真を示す。

写真 4.4-6 に旅館（鉄筋コンクリート造 4 階建て）が建っていた敷地（同写真の中央に転倒・流された建物の基礎底が見える）、写真 4.4-7 に流された同建物を示す。写真 4.4-5 および 4.4-7 に認められるよう、転倒・流失した鉄筋コンクリート造建物は、高台につながる傾斜面の近傍に建設されていたことは、今後の津波対策を考える上で着目しておくべき点であろう。



写真 4.4-5 津波被災後の女川町（右手：女川港、左上：病院）：航空写真（国土地理院提供）に加筆。



写真 4.4-6 津波で転倒・流された旅館（RC 造 4 階建て）が建っていた敷地：倒れた電柱と紛らわしいが、同建物の杭が残る。



写真 4.4-7 津波で転倒・流された旅館（RC 造 4 階建て）：基礎底に杭の一部が残る；本写真の右側は、病院が建つ高台につながる傾斜面である。

南三陸町はリアス式地形（河口平野を有する）で、同町における津波被災地域の航空写真を写真4.4-8 に示す。南三陸町では、海岸沿い共同住宅（鉄筋コンクリート造4 階建て）、市街地域の会館（鉄筋コンクリート造4 階建て）および病院（旧棟は、鉄筋コンクリート造4 階建て）が津波避難ビルに指定されていたが、多くの津波犠牲者（病院では、70 余名とのこと）が生じた。津波被災後のこれらの建築物を概観したところでは、地震動による損傷は認められなかった。痕跡から判断すると、津波は共同住宅、病院ともに4 階迄の高さであったと認められる（3 階までの窓ガラスは全て損壊、4 階の窓ガラスは残る）。〔後日確認した新聞、TV 等報道では、病院は病棟4 階まで浸水し、共同住宅は屋上まで冠水したとのことである。なお、共同住宅においては、住宅内15 世帯23 人に加え、外から21 名の計44 名が避難し、身を守ったとの報道がなされている（5月24日：TV 朝日報道）。〕

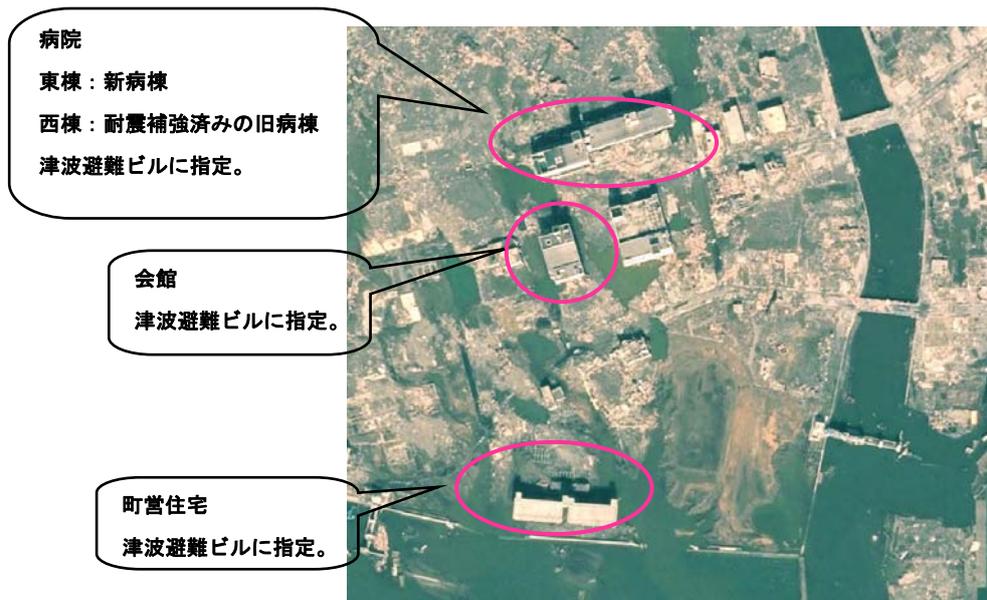


写真 4.4-8 津波被災後の南三陸町：津波避難ビルに指定された3 棟の建築物；航空写真(国土地理院提供)に加筆。

(2) まとめ

今回調査において、建築物の津波被害防止に関し、次のような所見を得た。今後の津波対策施策に対して参考となれば幸いである。

- (a) 津波避難ビルの配置にあっては、集合団地として計画すると、周辺の他建築物に作用する津波水流による荷重に対してバリアーとなることが期待される；
- (b) 津波避難ビルの計画にあっては、周辺の不整形な地形（周辺の傾斜など）による外力が生じることを考慮する必要がある；
- (c) 津波避難ビルの下層部に水流を流す空間を設ける（下層部に壁等の閉空間を設けない）ことにより、津波水流による荷重を受けなくすることが可能である（一種の免津波ビル）；そして、
- (d) 十分な高さに避難空間を設ける。

もちろん、施設設計画において集合配置がよいか、分散配置がよいか、また耐震構造の観点から津波避難ビルの下層階をピロティ構造にすることが望ましいか、否か、津波避難ビルを高くした場合の上下動線の確保等、他の建築問題とトレードオフの関係がある点について更なる議論が必要となろう。

4. 5 おわりにあたり

今回の現地調査にあたり、震災対策の多忙な折に資料提供、調査の段取り等にご協力いただいた東北地方整備局、仙台市、須賀川市他の関係各位に厚く御礼申し上げます。

東日本大震災による建築被害等への対応について

平成23年3月11日に発生した東日本大震災による建築被害を踏まえた建築物の安全性確保対策が的確に推進されるよう、国の委員会による現地調査に基づく被害状況の分析、関連の技術的検討等を推進し、検討成果を23年夏頃にとりまとめ、情報提供等を通じ関係対策を推進する。

東日本大震災による建築被害状況の現地調査等の実施

- 国土技術政策総合研究所に設置した建築構造基準委員会[委員長:東京大学久保教授]において東日本大震災による建築被害状況等の現地調査を実施(4月21～22日)し、関連調査等を含めたデータ等を分析し、23年夏頃までに報告をとりまとめる

建築被害を踏まえた建築物の安全確保に向けた技術検討の推進

- 以下の技術的検討を行い、指針等を整備
 - ・ 津波危険地域における建築基準等の整備に資する検討
 - 津波に対し構造安全性等が確保される建築物の要件
 - 津波危険地域における避難安全確保対策
 - ・ 地震被害を踏まえた非構造部材の基準の整備に資する検討
- 実施主体は公募し、建築基準整備促進事業(補助事業)により支援(23年7月までに中間的成果を国に報告)

検討
成果

検討成果(※)に基づく対策

- 津波危険地域を有する公共団体における災害危険区域の指定及び当該区域内における安全対策のための建築制限の導入
- 津波危険地域における避難・誘導體制の整備
- 指針等に基づく津波に対し安全な建築物の整備の推進
- 指針等に基づく非構造部材に係る安全対策の推進 等

(※) 23年夏頃に技術的資料としてとりまとめ、国より公共団体等に情報提供

※長周期地震動対策は別途検討。また、液状化対策については本省に検討会議が設置されている。

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 亶理町 (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

- **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

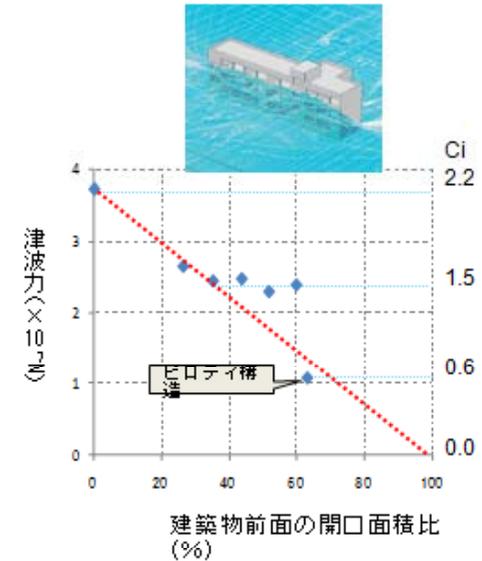
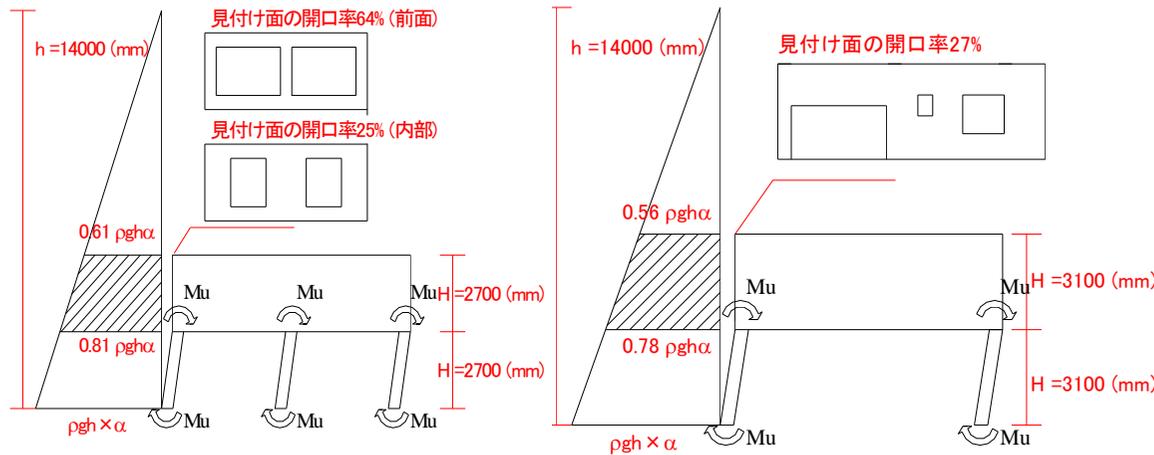
- 浸水深による被害の分類
浸水深が2階軒高以上ある場合はほとんどの木造建築物は**流失**している。一方、浸水深が1階床上程度までである場合は、ほとんどの木造建築物は**残存**している。
- 残存の事例
海側に建築物がある場合(3階建ての鉄筋コンクリート造建築物の影)
大きな開口部、1階を鉄筋コンクリート造とした立面混構造



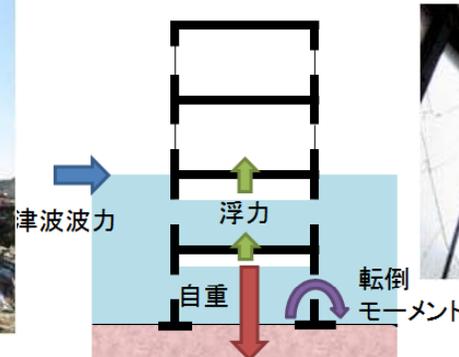
4. 津波波力と建築物の耐力

- 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)

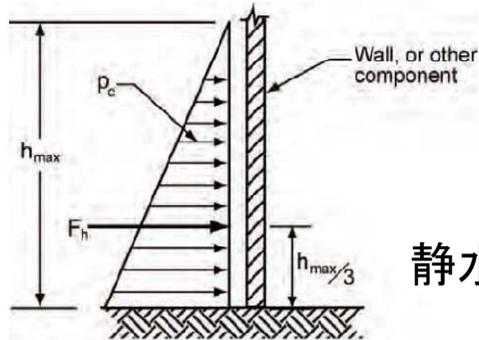


5. 津波荷重に関する検討課題

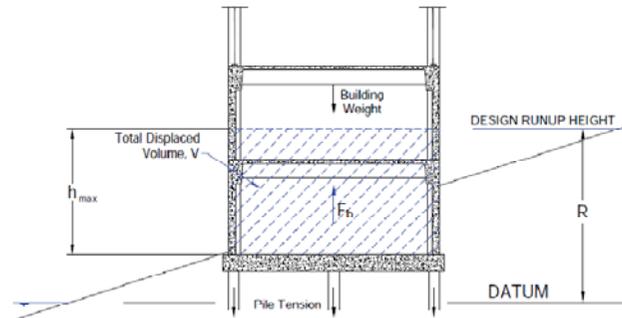
- 津波波圧(波力)
- 浮力
- 洗掘
- 漂流物の衝突
- 周辺の地物による軽減効果

海外の基規準

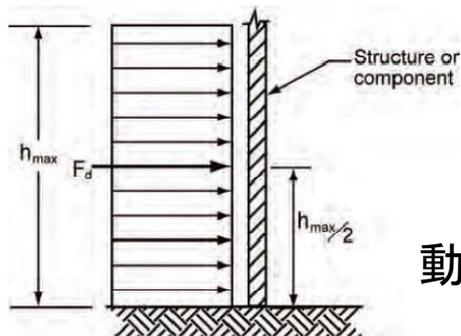
- ASCE7-05(2005): 静水圧・動水圧・波浪荷重・碎波荷重
 FEMA P646(2008): 静水圧・浮力・動水圧・衝撃荷重・漂流物による衝撃荷重など



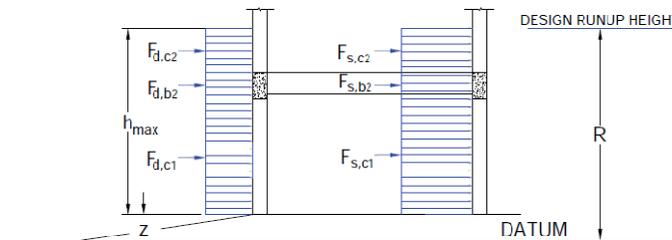
静水圧



浮力

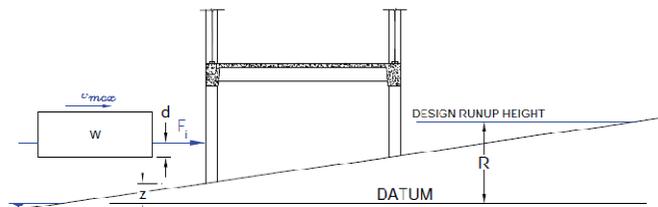


動水圧

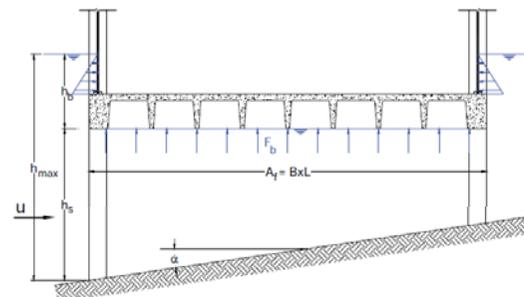


衝撃荷重

$F_{s,c1}$ - 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

非構造部材の被害の概要に ついて

国土交通省国土技術政策総合研究所
独立行政法人建築研究所

非構造部材の被害の調査について

- 非構造部材の地震被害の概要調査を、各地域における建築物の地震動による被害の概要調査において実施している。
- 天井被害を、茨城県内の学校体育館を中心とした被害調査、水戸市の旧耐震基準による小・中学校体育館等の被害調査、茨城空港ターミナルビルの天井被害調査などにおいて確認している。
- 概要調査に基づいて、天井被害の概要について以下に報告する。

体育館等における天井の脱落被害



木下地による天井の脱落



在来工法による天井の脱落

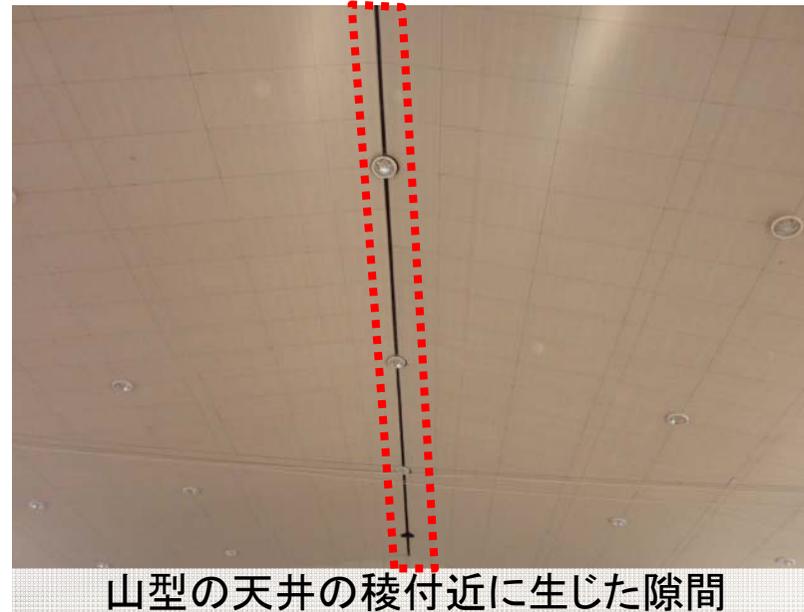


在来工法による天井等の脱落



システム天井のグラスウール板の脱落

体育館等における天井被害の詳細



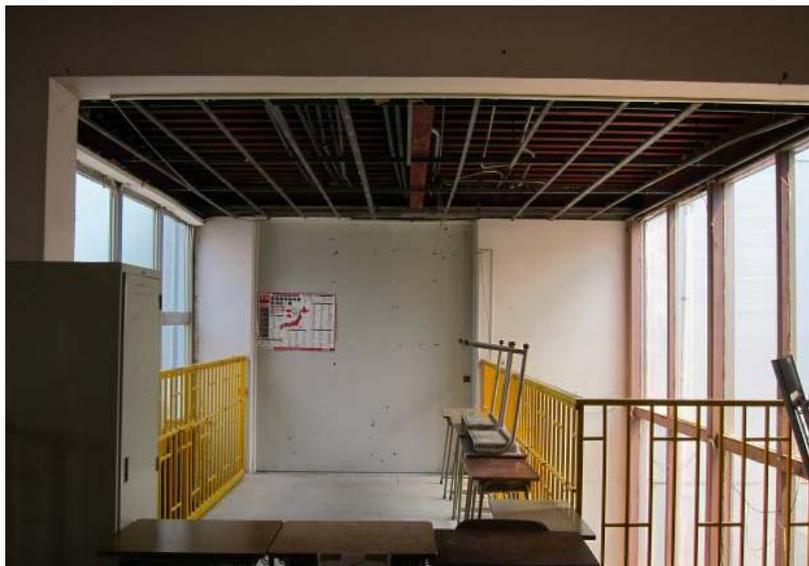
体育館以外における天井の脱落被害



空港ターミナルビルにおける天井脱落



ガソリンスタンドにおける天井脱落



低層建物の接続部における天井脱落



間仕切り壁上部における天井脱落

天井脱落に関する主な被害と対応

○過去の地震における天井落下に関する主な被害

- ・ 芸予地震(H13. 3) / 体育館等の天井落下
- ・ 十勝沖地震(H15. 9) / 空港ターミナルビル等の天井落下
- ・ 宮城県沖地震(H17. 8) / スポーツ施設の天井落下

○これまでの対応状況

- ・ 芸予地震による被害を受け、技術的助言(H13. 6. 1)を通知。
〔 ①構造体と天井材の間にクリアランスを設ける、②吊ボルトにブレースを設ける、③Tバーを下地材に固定する、対策を助言 〕
- ・ 十勝沖地震による被害を受け、技術的助言(H15. 10. 15)を通知。
〔 ガイドライン(H13. 6. 1)の①～③に加え、④剛性の異なる部分相互の間にクリアランスを設ける、⑤既設の天井において①～④の措置や落下防止措置等を行う、対策を助言 〕
- ・ 宮城県沖地震による被害を受け、技術的助言(H17. 8. 26)を通知。
〔 ①建築確認の際に、天井に関する設計図書の提出を求め、H15 通知の対策が適切にとられていることを確認する、②中間検査又は完了検査において、天井の工事写真を求める等により、設計図書通り施工されていることを検査する、崩落対策の徹底を助言 〕
- ・ また、大規模空間を持つ建築物の実態調査を実施。以降、年 2 回の建築物防災週間において対策状況を継続的に調査。
- ・ 平成 20 年度より建築基準整備促進事業において、大規模空間を持つ建築物の天井脱落について、振動測定、地震応答解析、振動実験を実施し、マニュアル整備に向けた調査を実施。
- ・ 東日本大震災による天井脱落の被害を受け、本年度、建築基準整備促進事業を活用し、被害状況の整理・分類、被害状況を踏まえた基準の整備に資する検討を実施。

○建築基準法施行令（昭和 25 年政令第 338 号）（抄）

（屋根ふき材等の緊結）

第 39 条 屋根ふき材、内装材、外装材、帳壁その他これらに類する建築物の部分及び広告塔、装飾塔その他建築物の屋外に取り付けるものは、風圧並びに地震その他の震動及び衝撃によつて脱落しないようにしなければならない。

2 屋根ふき材、外装材及び屋外に面する帳壁の構造は、構造耐力上安全なものとして国土交通大臣が定めた構造方法を用いるものとしなければならない。

長周期地震動対策について

1. これまでの経緯

- 国土交通省では、平成20年度より、建築基準整備促進事業を活用し、長周期地震動を考慮した設計用地震動の作成手法の検討開始。
- 平成20～21年度の成果に基づき、「超高層建築物等における長周期地震動への対策試案」を作成。平成22年12月より平成23年2月にかけて、意見募集を実施。

※試案の骨子

[超高層建築物等を建築する場合への対策]

- ・超高層建築物等の大臣認定の運用を見直し、①想定東海地震、東南海地震、宮城県沖地震の3地震による長周期地震動を考慮した設計用地震動による構造計算を求めるとともに、②家具等の転倒防止対策に対する設計上の措置について説明を求めます。
- ・また、今回対象の3地震以外の地震や、複数が連動する場合の設計用地震動について余裕を持った設計を行う場合の参考情報を提供します。

[既存の超高層建築物等への対策]

- ・大臣認定を受けた超高層建築物、免震建築物のうち、今回対象の3地震による長周期地震動による影響が大きいものについて、再検証し、必要な補強等を行うよう要請します。

2. 現状

- 意見募集の結果、以下のような意見を頂いている。
 - ・長周期地震動に対して何らかに対応すべきという方向性には賛成。
 - ・南海地震や連動型地震等を対象地震に追加すべき。
 - ・入力だけではなく、クライテリアもあわせて提示すべき。
 - ・既存建築物への遡及は厳しく、緩和措置、補助等が必要。
- また、東北地方太平洋沖地震による地震記録が多数観測されている。
- 今年度の建築基準整備促進事業（課題27-1、27-2、27-3、42）において、上記に関する技術的検討を実施することとし、事業主体が決定したところ。

3. 今後の方針案

- 本委員会の下に長周期地震動に関する検討WGを設置し、本WGにおいて、上記の結果を踏まえ、成案化に向けた検討を行う。

建築構造基準委員会 WG等の設置について(案)

