



北海道想定地震に対応した 住宅等の復旧・耐震改修技術 の開発

建築研究本部 建築性能試験センター 安全性能部
森松 信雄



本発表の関連研究

研究課題名：北海道想定地震に対応した住宅等の復旧・耐震改修技術の開発

実施年度：R1-R3年度

研究区分：重点研究

共同研究機関：国立研究開発法人建築研究所
北海道大学大学院・工学研究院

協力機関：胆振総合振興局内被災自治体
北海道建設部住宅局
（一社）北海道建築士事務所協会
（一社）北海道ビルダーズ協会

• 北海道胆振東部地震で甚大な住宅被害の発生

発生時刻 : 2018年(平成30年)9月6日3時7分

震源地等 : 胆振地方中東部 北海道ではじめて震度7を観測

住家被害 : 全壊 491棟、半壊 1,818棟、一部損壊 47,108棟

北海道総務部危機対策局危機対策課 平成30年北海道胆振東部地震による被害状況等(第123報) R3年8月1日現在

• 古い住宅の耐震化が進んでいない

令和2年度時点での耐震性が不十分な住宅数 約229千戸

北海道耐震改修促進計画 令和3年4月 より

• 今後、道内でも大地震の発生により、大きな被害が想定されている

日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震の発生など

住宅の耐震改修の促進が求められている

目的と研究項目

目的

- ・住宅の耐震性向上のための簡易で低コストな耐震改修技術の開発、被害低減効果の分析、耐震改修の普及展開をすることを目的としている。

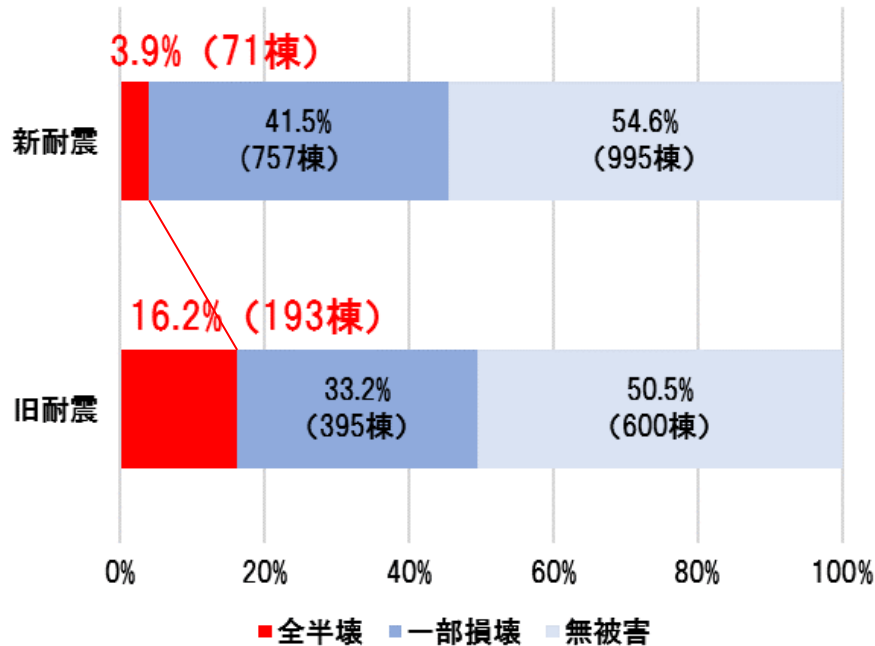
研究項目

- 1)胆振東部地震における被害解析に基づく復旧・耐震改修技術の開発
- 2)北海道想定地震を対象とした被害低減効果の分析
- 3)技術の普及展開方策の提案

研究成果

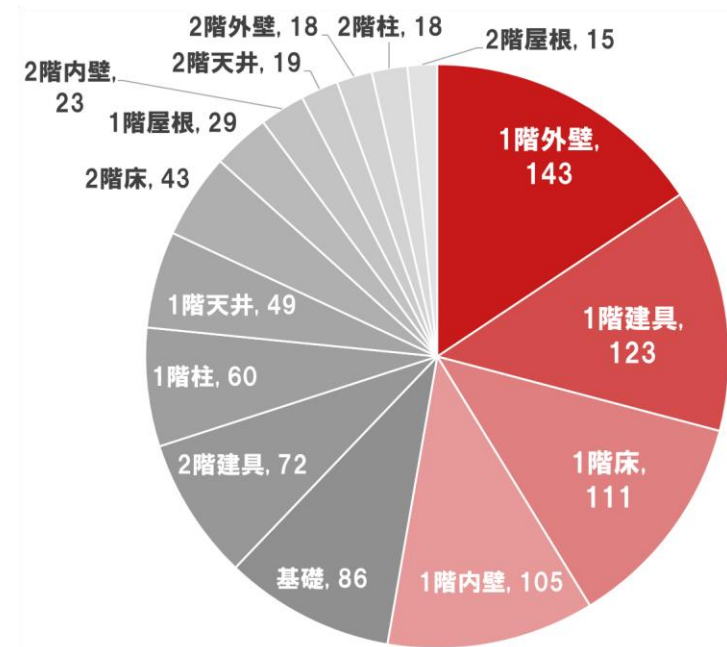
1) 胆振東部地震における被害解析に基づく復旧・耐震改修技術の開発

胆振東部地震の被害調査



住宅の被害率

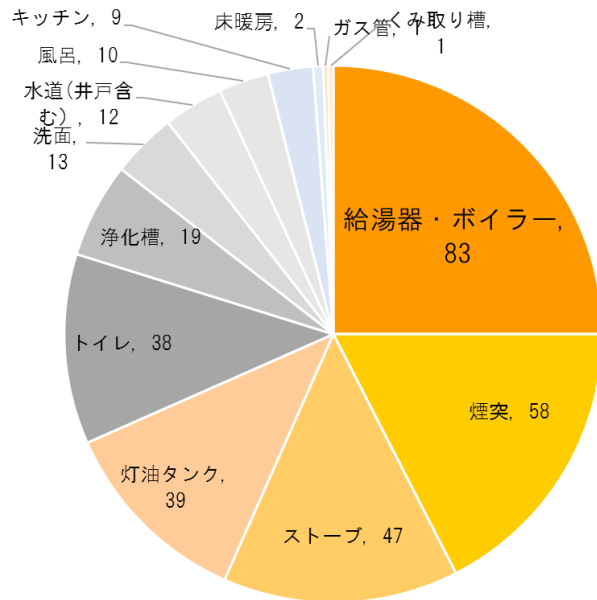
旧耐震基準の住宅(1981年以前建設)の全半壊率は、新耐震基準(1982年以後建設)の住宅の**約4倍**



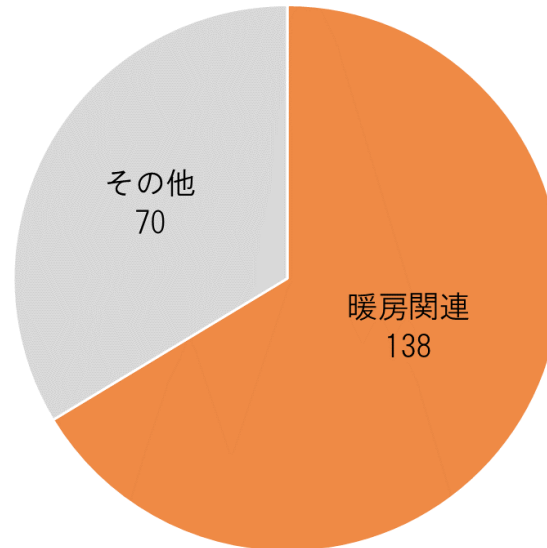
損傷度Ⅳ（損傷程度75%）以上の発生棟数（り災証明の二次調査）

研究成果

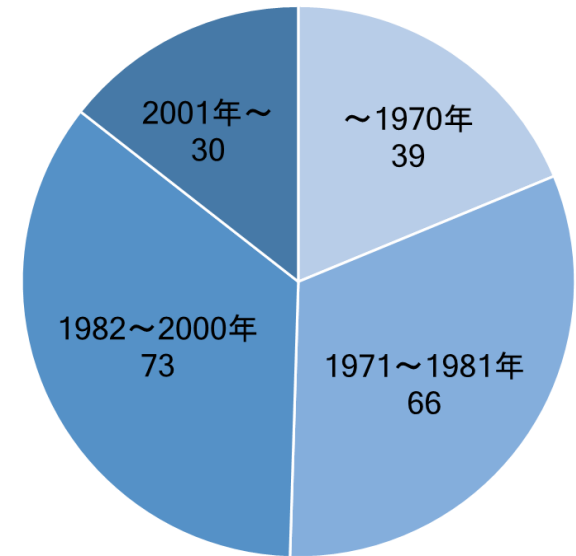
1)胆振東部地震における被害解析に基づく復旧・耐震改修技術の開発 り災証明の被害認定の調査結果(2次調査)



設備の損傷部位



設備関連の被害



築年別設備損傷件数

設備機器の被害は建築年代に関わらず発生。被害部位としては、暖房関係が約7割。本道の冬季の被災を想定すると対策が重要。



研究成果

1)胆振東部地震における被害解析に基づく復旧・耐震改修技術の開発

設備の被害



灯油タンクの倒れ



集合煙突の倒壊

研究成果

1) 胆振東部地震における被害解析に基づく復旧・耐震改修技術の開発 設備等の転倒防止について



7.2 暖房機・給湯器・室外機の転倒防止

Point 37 暖房機・灯油タンク等の転倒防止を確認

地震発生時に暖房機や給湯器等の設備機器が転倒すると、人的・物的被害が発生する可能性があります(図7-1)。機器の重量が大きいと転倒リスクも高くなるため、基礎の固定状況を確認しましょう。転倒に至らずとも設備配管の変形や損傷などにより、機器使用ができなくなることも問題です。特に、北海道の厳冬期では、住宅の被害が無くても暖房機が使用できないことは人命にかかわります。また、近年では、北海道でもエアコンをメイン暖房とする住宅も増えていますが、積雪の関係でエアコン室外機は高い位置に設置されるため、転倒し易くなります。室外機の設置がある場合は、固定状況を確認しましょう。

建築設備の地震等の対策は、国土交通省告示第1388号(平成12年告示、平成24年改正)に定められていますが、東日本大震災で電気温水器等が多数転倒したのを踏まえ、同告示が改正され、第5給湯設備について規定されています。平成25年国土交通省の技術的助言「給湯器の転倒防止に係る技術基準の改正について」を参考にしてください。

【点検・検討項目】

- 1. 設備機器は基礎に適切に固定されていますか
→取扱説明書等に記載の規定の方法で機器が適切に固定されているかを確認します
- 2. 基礎部の劣化はありませんか
→コンクリート基礎部にひび割れや割れ等が発生していないかを確認します
- 3. アンカーボルトに劣化はありませんか
→機器固定用のアンカーボルト部に腐食の発生やぐらつき等がないかを確認します

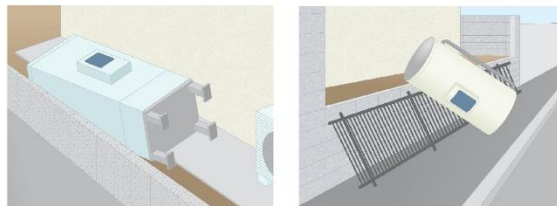


図7-1 温水機器・貯湯タンクの転倒被害イメージ

47

7.3 灯油タンク・LPG ボンベの転倒防止

北海道のほとんどの住宅では給湯や暖房用の燃料貯蔵のため、屋外にタンクが設置されているので、基礎部の固定状況を確認しましょう。地震時に転倒すると燃料漏洩による火災の危険性もあり、転倒やずれにより設備配管等が損傷すると給湯や暖房が使用できなくなるおそれがあります(写真7-2)。ガス供給にLPGボンベを使用している場合についても、転倒防止対策が施されているか確認が必要です。また、灯油タンクの転倒防止については、再掲になりますが、札幌市の「ホームタンク技術基準」の計算が参考になります。

■札幌市ホームタンク技術基準

URL:https://www.city.sapporo.jp/shobo/yobo/kiikenbutsu/documents/ht_gijyutsu.pdf

【点検・検討項目】

- 1. タンクは東石や基礎に固定されていますか
→タンクの固定状況を確認します
- 2. 東石や基礎は適切な施工がされていますか
→規定の方法で基礎部が施工されているかを確認します
- 3. 基礎部の劣化はありませんか
→基礎部にひび割れや割れ等が発生していないかを確認します
- 4. アンカーボルトに劣化はありませんか
→タンク固定用のアンカーボルトに腐食やぐらつき等がないかを確認します
- 5. LPG ボンベは転倒しないよう対策がされていますか
→振れ止めやチェーン等による転倒防止対策が施されているかを確認します

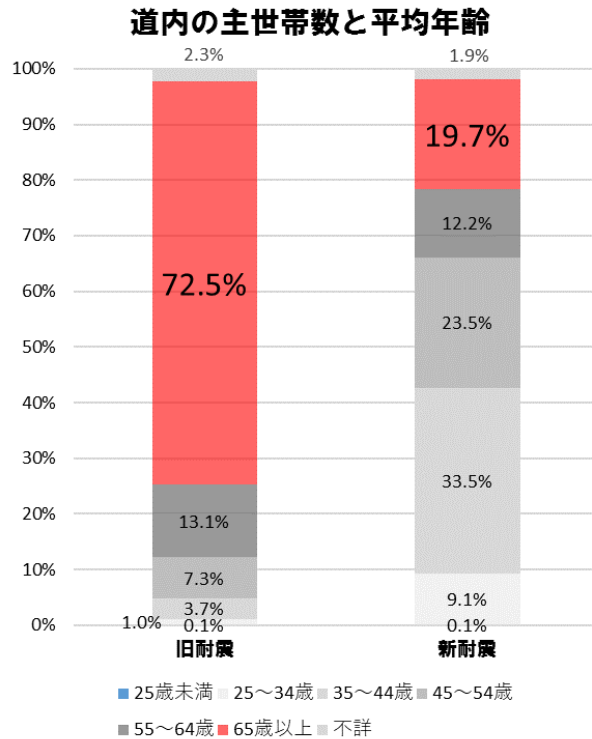


写真7-2 地震による灯油タンク転倒被害

48

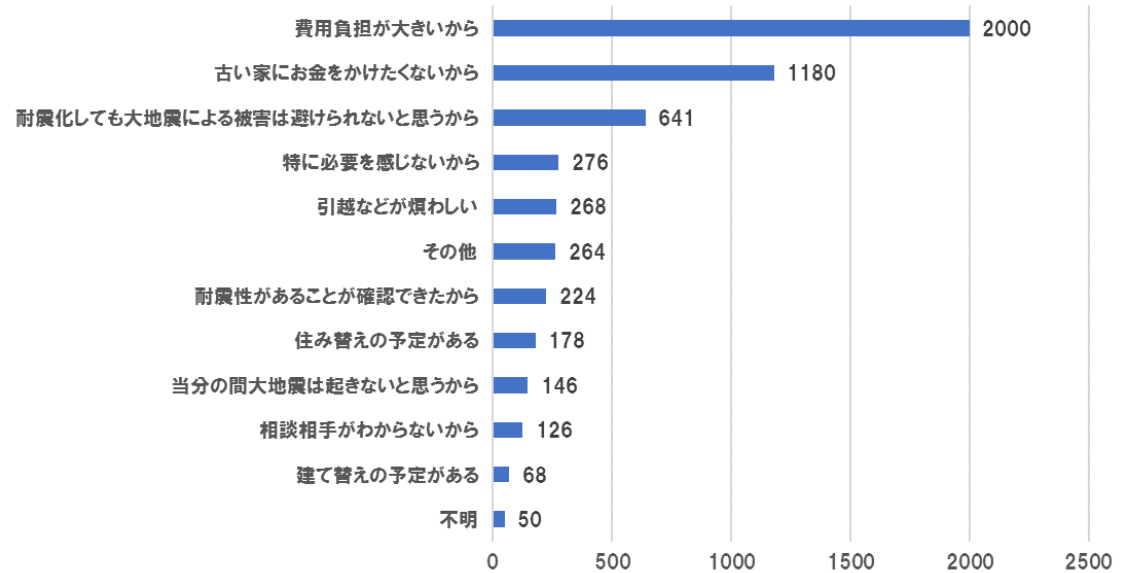
研究成果

1)胆振東部地震における被害解析に基づく復旧・耐震改修技術の開発



平成30年住宅・土地統計調査
住宅及び世帯に関する基本集計より

耐震改修の予定がない世帯の耐震改修をしない理由

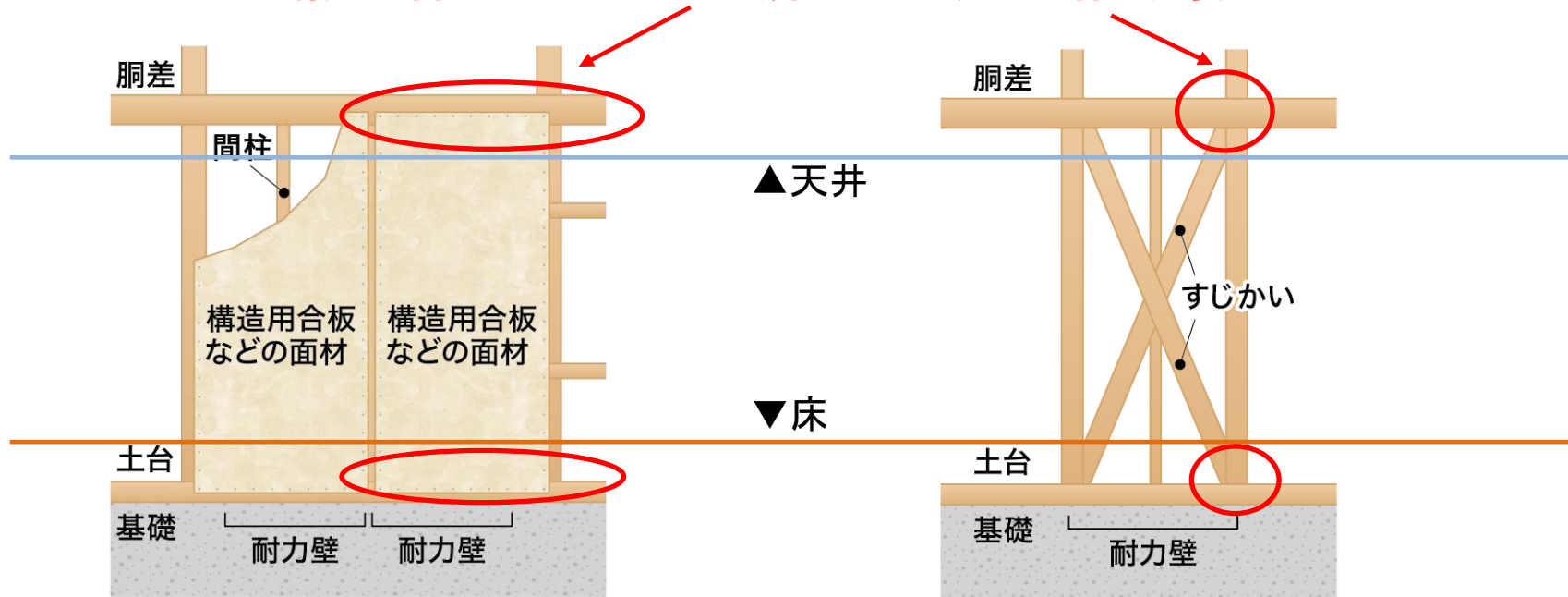


国土交通省住宅局建築指導課防災対策室
「住宅の耐震化に関するアンケート調査」令和元年10月～11月
耐震診断を行った木造戸建て住宅所有者への調査
(旧耐震基準で建てられた住宅に限る)

研究成果

1)胆振東部地震における被害解析に基づく復旧・耐震改修技術の開発 一般的な耐震補強法(合板タイプ&筋かいタイプ)

梁や土台に釘を打つため、天井と床の部分的解体が必要になる



低廉な工法の開発コンセプト

- 1.部分的な解体・復旧工事を極力少なくする
- 2.大工手間を減らす
- 3.材料が簡単に手に入るものを使う
- 4.最低限の補強

研究成果

1)胆振東部地震における被害解析に基づく復旧・耐震改修技術の開発

試験体No	幅	板厚	固定辺	くぎ種類	ピッチ	その他仕様
No1	910	9	4	C N 50	150	
No2	910	9	4	C N 50	150	
No3	910	9	4	C N 50	150	仕上げ金物使用
No4	910	9	4	C N 50	150	仕上げ金物使用
No5	910	9	2	C N 50	150	
No6	910	9	2	C N 50	150	
No7	910	9	2	C N 50	150	1枚版
No8	910	9	2	KS-4041	150	1枚版
No9	910	9	2	CN50	100	1枚版
No10	910	9	2	CN50	150	ボンド使用
No11	910	9	2	CN50	150	ボンド使用
No12	910	9	2	CN50	150	ボンド使用
No13	910	9	2	CN50	150	白ボンド使用

試験体No	幅	板厚	固定辺	くぎ種類	ピッチ	その他
No14	910	12	4	C N 50	150	
No15	910	12	4	C N 50	150	ボンド使用
No16	910	12	4	C N 50	150	仕上げ金物使用
No17	910	12	4	C N 50	150	仕上げ金物使用
No18	910	12	2	C N 50	150	
No19	910	12	2	C N 50	150	
No20	910	12	2	C N 50	150	端部増し打ち
No21	910	12	2	C N 50	150	合板3枚貼り
No22	910	12	2	C N 50	150	釘45° 打ち
No23	910	12	2	C N 50	150	真壁使用
No24	910	12	2	C N 50	150	仕上げ金物使用
No25	910	12	2	C N 50	150	中央開口 + 仕上げ金物
No26	910	12	2	C N 50	150	中央開口
No27	910	12	2	C N 50	150	仕上げ金物使用
No28	910	12	2	C N 50	100	真壁使用
No29	910	12	2	C N 50	75	
No30	910	12	2	C N 50	150	1枚版
No31	910	12	2	C N 50	100	1枚版
No32	910	12	2	C N 50	90~220	1枚版
No33	910	12	2	C N 50	90~220	1枚版
No34	910	12	2	C N 50	100	1枚版、真壁仕様
No35	910	12	2	C N 50	100	1枚版
No36	910	12	2	C N 50	100	1枚版
No37	910	12	2	C N 50	100	1枚版
No38	910	12.5	2	C N 50	100	クロス下地合板、横受け材
No39	910	12.5	2	C N 50	100	クロス下地合板、横受け材
No40	910	12.5	2	C N 50	100	クロス下地合板、横受け材

試験体No	幅	板厚	固定辺	くぎ種類	ピッチ	その他
No41	910	PB9.5	2	KS-4041	150	耐力壁ビス
No42	910	PB9.5	2	RS39320C	150	石膏ボードビス
No43	910	PB9.5	2	C N 50	100	
No44	910	PB9.5	2	C N 50	100	めり込み軽減釘
No45	910	PB9.5	2	C N 50	150	
No46	910	PB9.5	2	TSB-3825	100	石膏ボードビス
No47	910	PB12.5	2	NZ50	150	GB-R-H (硬質)
No48	910	PB12.5	2	KS-4041	150	GB-R-H + 耐力壁ビス
No49	910	PB9.5	2	C N 50	200	ボンド使用

試験体No	幅	板厚	固定辺	くぎ種類	ピッチ	その他
No50	910	-	-	C N 50		
No51	910	-	-	C N 50		
No52	910	12		C N 50	50	四隅補強
No53	910	12		C N 50	50	上辺補強
No54	910			C N 50		木摺り
No55	910	合板2.5		C N 50	100	

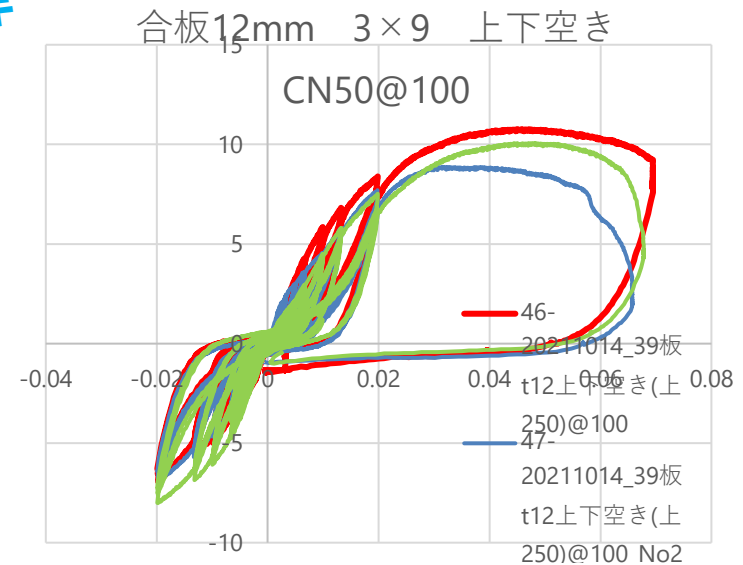
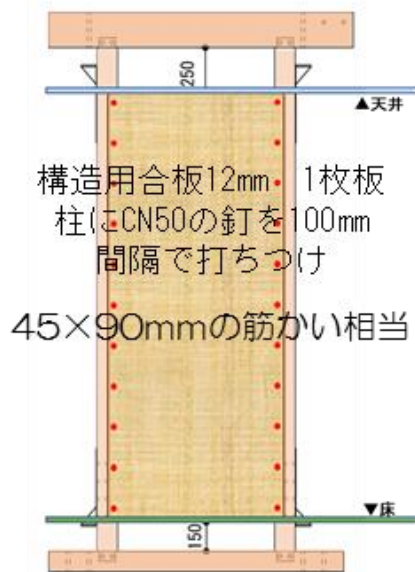
試験体No	幅	板厚	固定辺	くぎ種類	ピッチ	その他
No100	1820	12	木摺		200	木摺
No101	1820	12	木摺	P5×80 II +	200	ビス補強
No102	1820	12	木摺		200	
No103	1820	12	木摺	P5×80 II +	200	No102 + ビス補強

研究成果

1) 胆振東部地震における被害解析に基づく復旧・耐震改修技術の開発

上下空き合板耐力壁

天井・床の解体は不要



壁基準耐力 3.67kN/m~4.95kN/m ($\alpha=1.0$ として)

これは、一般的な補強法の筋かい 木材45mm×90mm以上の耐力(3.2kN/m)と同等以上の性能が確認できた。

研究成果

1)胆振東部地震における被害解析に基づく復旧・耐震改修技術の開発

モルタル壁の実験

- ・旧耐震住宅(1981年以前の建設)では外壁にはモルタル壁が使用されているケースが多い
- ・外壁改修はしない、モルタル壁を直接構造ビスで補強し、耐力の向上を期待ビスで留めることで早期の外壁落下の防止も可能。

試験体について

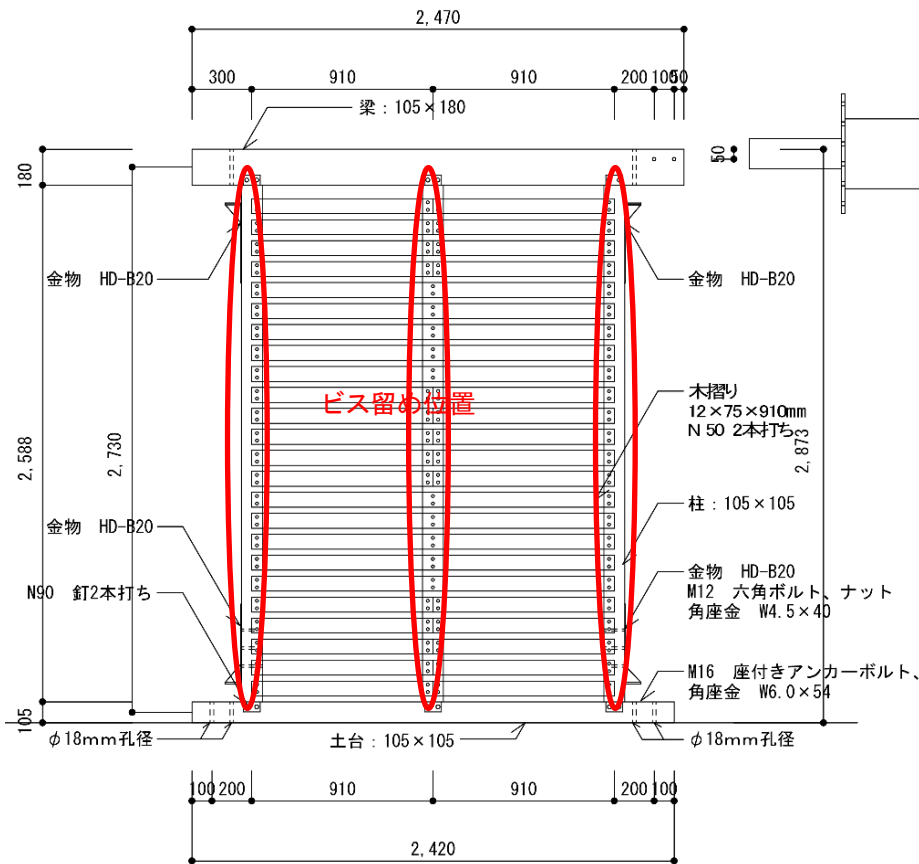
- ① 補強無し試験体
 - ② 補強有り試験体(ビスを柱に@200)
 - ③ 補強なしで1/75まで加力後(地震で被災を想定)に
 - ④ ③終了後の試験体に②同様の補強を実施し再加力。
- ③と④は、地震で被災後、応急修理で補強した場合を想定



研究成果

1)胆振東部地震における被害解析に基づく復旧・耐震改修技術の開発

モルタル木摺り壁

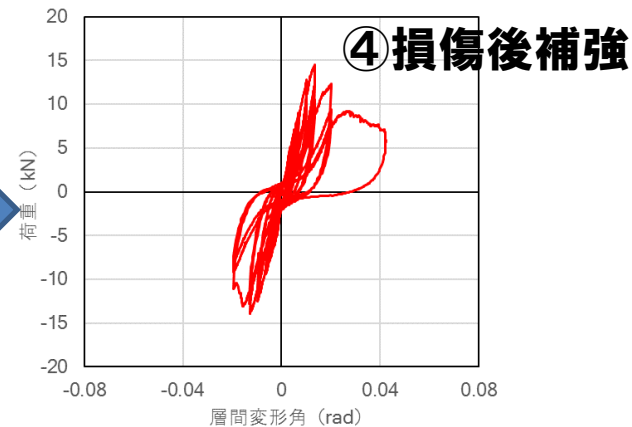
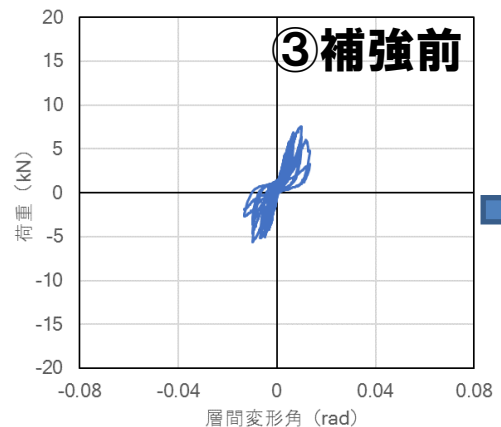
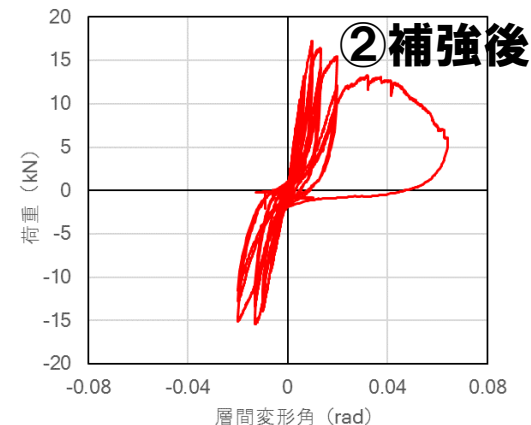
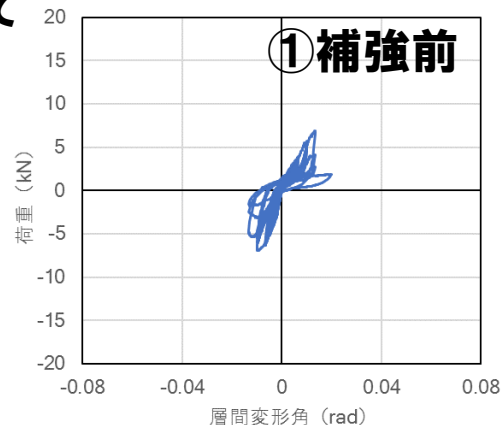
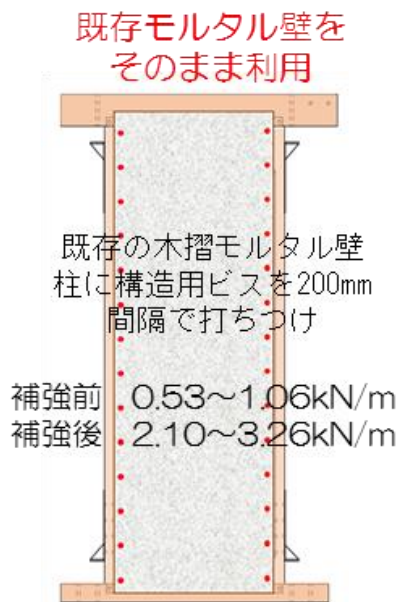


試験体図

モルタル塗り状況

研究成果

1)胆振東部地震における被害解析に基づく復旧・耐震改修技術の開発 モルタル壁の補強法について



- ・構造ビスによる補強によって耐力向上効果が見込める
- ・被災後の応急修理で余震等の二次災害防止に簡易で有効な方法
- ・ビスの打ち方(ピッチ、四辺打ち)、モルタルのバラツキの検討が必要
- ・地震後には、ひび割れ発生がなくてもモルタルが剥離している・・・点検が重要

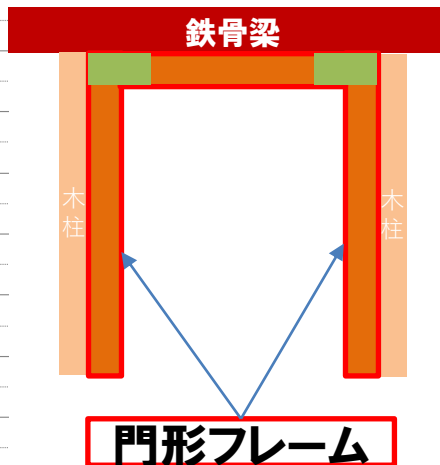
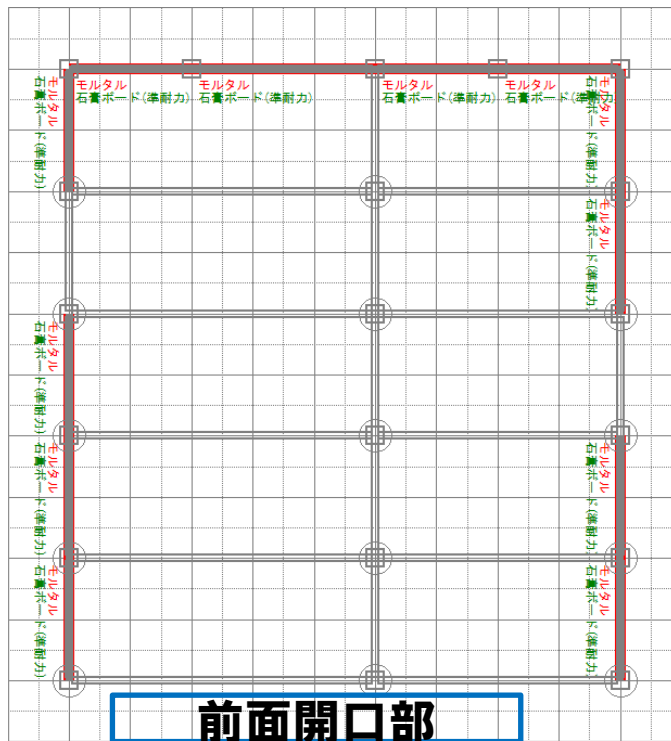
研究成果

1) 胆振東部地震における被害解析に基づく復旧・耐震改修技術の開発

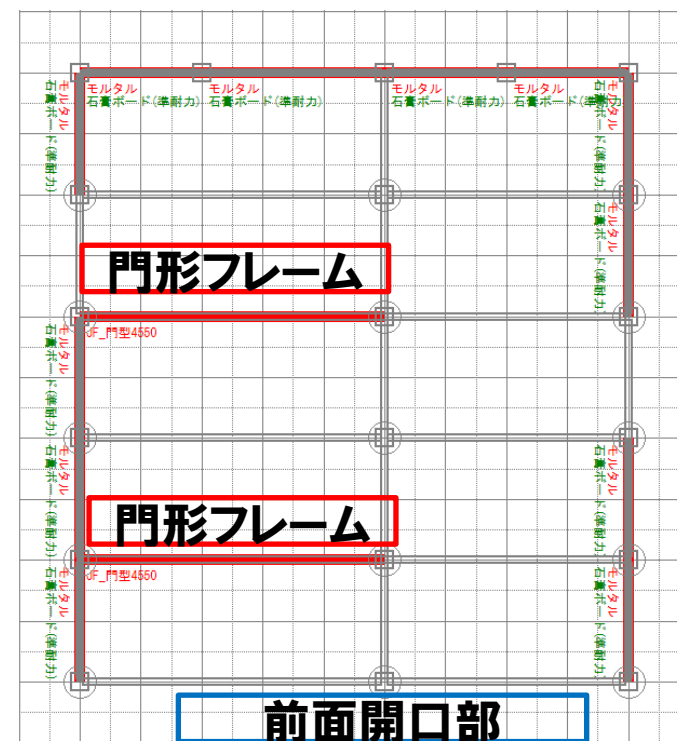
店舗併用住宅の補強方法の検討

室内側からの柱-柱間に上階梁下端に添えた門型フレームの補強が、用途を変更せずに補強可能。

また、店舗以外の用途に転換することで、耐力壁を増設する方法も考えられる。



補強イメージ



研究成果

1) 胆振東部地震における被害解析に基づく復旧・耐震改修技術の開発 既存建物の解体調査



特に腐朽の可能性が高いのは、水下側1階外周部の土台部や浴室、台所周辺など水周りです。改修時に劣化が確認された部材は交換が必要です。

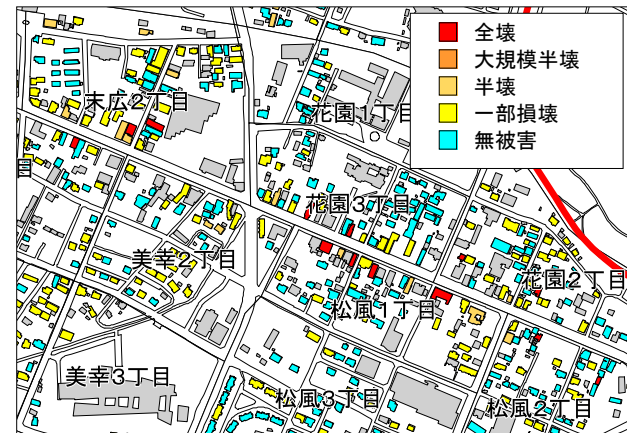
研究成果

2)北海道想定地震を対象とした被害低減効果の分析

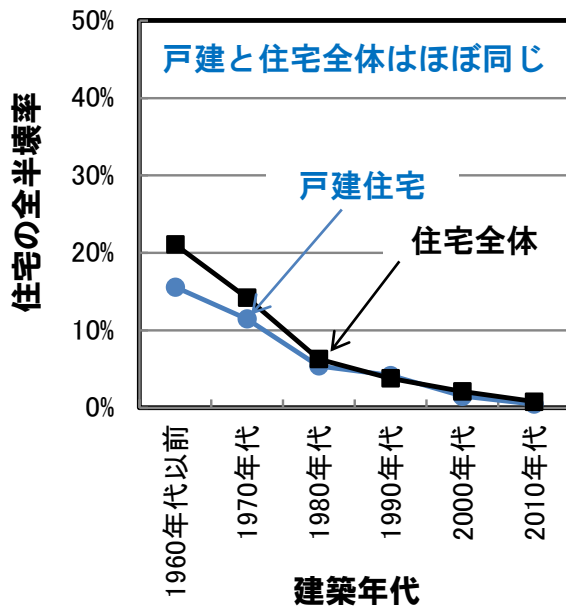
①被害量の推計

被災3町のり災証明による被害数
(都市計画区域内)

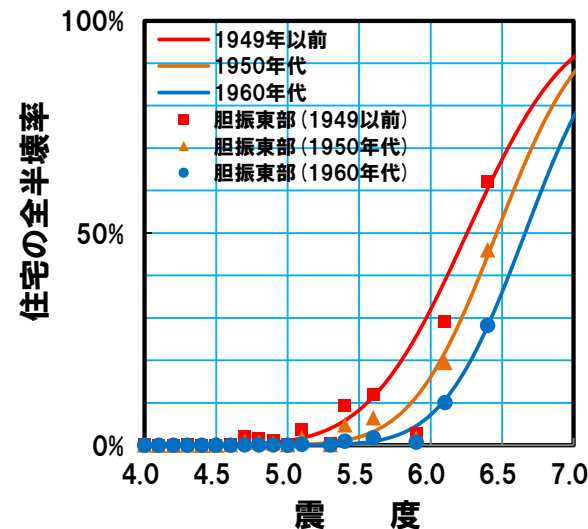
	全壊	大規模半壊 ・半壊	住宅総数
総計	40	225	3,039
戸建住宅	24	150	2,509
共同住宅	0	7	179
併用住宅	16	68	351



むかわ町役場周辺の被害状況



被災3町のり災証明による被害率



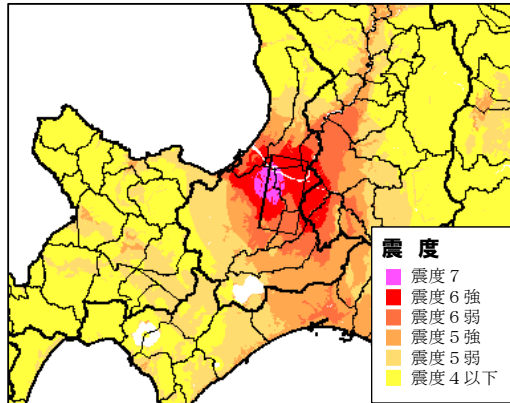
全道市町村の被害実態に基づいた
震度と全半壊率の関係

研究成果

2)北海道想定地震を対象とした被害低減効果の分析

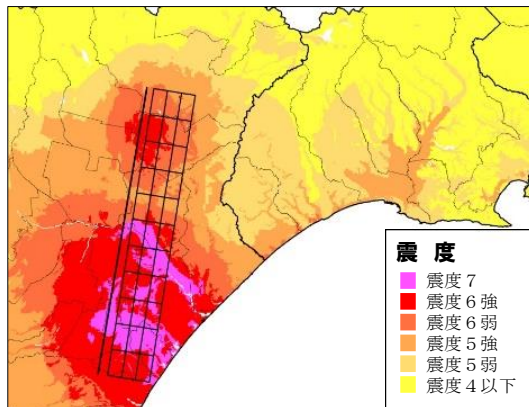
①被害量の推計

月寒背斜に関する断層の地震



専用・共同住宅の全半壊	14,358棟
併用住宅の全半壊	2,467棟
合計	16,825棟

十勝平野断層帯の地震

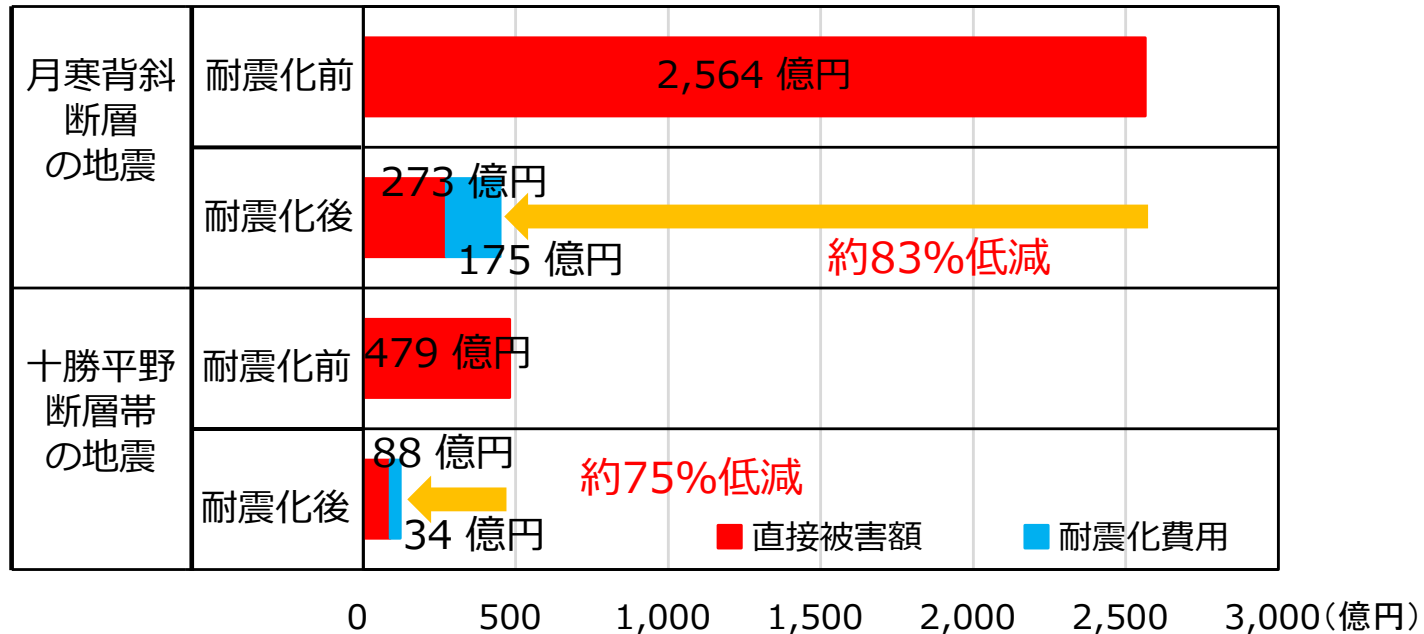


専用・共同住宅の全半壊	2,422棟
併用住宅の全半壊	764棟
合計	3,185棟

研究成果

2)北海道想定地震を対象とした被害低減効果の分析

②被害低減効果の分析



直接被害額（復旧・再建費用）※1

$$= (\text{全壊棟数} + \text{半壊棟数} \times 0.5) \times (\text{床面積当りの工事予定額}) \times (\text{延床面積}) \times 3$$

耐震改修工事費 ※4

$$= 17.4 \times ((\text{改修後の評点} - \text{改修前の評点}) \times (\text{延床面積}))^{0.53}$$

※1 日本海溝・千島海溝沿い巨大地震の被害想定手法(中央防災会議, R3)

※2 建築統計の年間動向(物価調査会, R1)

※3 H30住宅・土地統計

※4 建築防災協会式の試算式

研究成果

3)技術の普及展開方策の提案

セミナー開催実績

- ①一般消費者向け 12月10日
消費者向けセミナー「住まいの安全性と防災対策」
～迫り来る地震、その住宅被害と対策
あなたが住んでいる家は大丈夫？～
主催 北海道住宅リフォーム推進協議会 場所:札幌エルプラザ
- ②技術者向けセミナー 2月10日
令和3年度 北方型住宅技術講習会(WEB講習)
「地震による木造住宅の被害想定と低コストな
耐震改修方法について」
主催 (一財)北海道建築指導センター
- ③一般消費者向け はこだて住まいづくりサポート事業
住まいのセミナー
「あんたの住んでいる家は大丈夫？」
～地震から家族を守る住宅の防災対策～
セミナー中止のため動画のみ公開中
主催 函館市住宅都市施設公社
- ④ 対面セミナー 2件中止(札幌、釧路)



北海道住宅通信


2021年11月25日

研究成果

3) 技術の普及展開方策の提案

※ これまで耐震改修工事をあまり行ったことのない技術者に配慮した内容とした

北海道の木造住宅
耐震改修技術マニュアル
「耐震改修に大切な38のポイント」



令和4年5月
地方独立行政法人
北海道立総合研究機構 建築研究本部

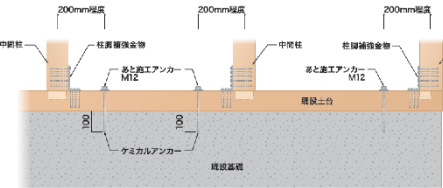


図4-9 耐震壁を増設した場合の土台基礎の固定

Point 29 同一柱の柱頭・柱脚の金物は同一仕様で取り付け
同一の1階柱の柱頭と柱脚(2階の柱頭と柱脚)を緊結する金物は上下同じ仕様の金物を使用します。

Point 30 1階柱頭と2階柱脚の柱を緊結する金物も同一仕様で取り付け
1階柱頭と2階柱脚の柱を緊結する場合は、アンカーボルトが適しなくなるため耐力の大きい金物を取り付ける必要があります(図4-10)。例えば、N棟の設計上、1階のホールダウン金物で15kN、2階のホールダウン金物で10kNが必要な場合には、2階の柱脚にも15kNのホールダウン金物を使用します。




図4-10 ホールダウン金物選定の考え方

4.7.3 店舗併用住宅の耐震改修について

胆振東部地震では、古い店舗併用住宅の1階に歪形が集中し、倒壊した建物が複数確認されました(写真4-7)。倒壊の原因は、旧耐震基準で建てられた住宅であることに加え、1階店舗部分は用途上、開口部を設けていないなど壁量が著しく少ないことが挙げられます。さらに店舗後方に住宅部分があると、壁配置も著しく悪いことも要因です。店舗内を開放的にするため、本数の少ない柱にスパンの長い(3640~5460mm等)横架材を併用したケースが多く、横架材には軽量鉄骨材が使われているものもありました。そのため、建物の弱点は著しく低い(0.1~0.3程度)ものと思われま。



写真4-7 店舗併用住宅の倒壊被害

一般的な筋かい補強や合板補強の方法では、開口部を閉塞し耐力壁を新設する必要があります。開口部を出来るだけ閉塞しない補強方法としては、内部架構に木製門形フレームを設置する方法(図4-12)や、外部から鉄骨フレームを設置する工法などがあります。これらを組み合わせた改修設計により、空間を確保しながらの耐力向上が見込まれます。

店舗併用住宅では間取りや用途の変更、断熱改修などと併せた効率的な耐震改修も一考です。

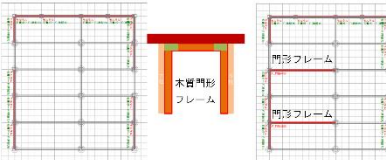


図4-12 店舗併用住宅の木質門形フレームによる補強計画例

なお、門形フレーム工法などについては、(一財)日本建築防災協会 HP の評価・判定、住宅等防災技術評価制度の評価実績を参照ください。

URL : <https://www.kenchiku-bosai.or.jp/evaluation/> 住宅等防災技術評価制度/評価実績/

研究成果

①既存住宅の改修は断熱改修、水回りの改修等さまざままで同時に行った方が効率的な場合が多い



成果の活用にあたっては断熱改修等と**一体的に取り組む必要がある。**

②開発した工法は即時的、付加的な耐震性の向上耐震評点を満たす評価等の取得には至っていない。



今後、**建築関係団体や企業と意見交換**を積み重ね、仕様の検討・追加や改良を行い認定取得などの**ニーズに応じ技術支援**を行っていく。