

本マニュアルの目的及び構成

1. 目的

平成 30（2018）年 9 月 6 日 3 時 7 分、北海道胆振地方中東部を震央とした地震が発生し、震度 7 の地震が北海道で初めて観測されました。地震による住家被害は、全壊が 469 棟、半壊が 1,660 棟、43 人の尊い命が犠牲になりました（道 平成 30 年災害年報）。この地震により倒壊した住宅や大規模半壊によって居住不能となった住宅が多数あったほか、住宅設備の不具合等により、およそ 1 万 2 千人が避難所での不便な生活を余儀なくされました。

平成 7 年に発生した阪神・淡路大震災を踏まえ、耐震改修促進法が制定され、道・市町村では耐震改修促進計画を策定し、住宅の耐震化に取り組んでおりますが、近年、北海道胆振東部地震のほか各地で大地震が頻発しており、今後も高い確率で発生が指摘されている日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震など、大地震はいつどこで発生してもおかしくない状況にあり、住宅の耐震性を向上させることは喫緊の課題となっております。本マニュアルは、これまで耐震改修工事をあまり行っていない設計事務所や工務店の建築技術者の方に、耐震改修工事に積極的に参加していただけるよう、耐震診断・耐震改修の必要性和耐震改修工法について平易に解説しております。

昨今の新型コロナウイルス感染症が広がる中、地震発生後に避難所へ避難することなく自宅で生活し続けられるよう、住宅の耐震改修が進むことを願っています。

末筆になりますが、胆振東部地震で亡くなられた方々に深く哀悼の意を表するとともに、被災された方々にお見舞いを申し上げます。

2. 構成

本マニュアルは、これまであまり耐震改修工事を行っていない建築技術者の方々にわかりやすいように、耐震診断や耐震改修を実施する際等に大切となる要点を 38 のポイントとして各解説の冒頭に記載し、図や写真を用いて解説しております。建築技術者の方が住民の方々に、住宅の耐震診断・耐震改修工事の必要性を説明する際に活用できる資料をはじめに紹介しています。次に、耐震診断から耐震改修までの流れや耐震改修コストについて、より安価で簡易に実施可能な耐震改修工法を紹介しています。リフォームと併せた耐震改修や住宅の耐震改修以外の減災対策についても記載しています。

目次

| | |
|------------------------|----|
| 1. 北海道の被害地震と被害想定 | 1 |
| 1.1 地震発生のしくみ | |
| 1.2 地震の揺れと建物の揺れ | |
| 1.3 北海道でこれまでに発生した大地震 | |
| 1.4 北海道の地震被害想定 | |
| 2. 胆振東部地震について | 9 |
| 2.1 胆振東部地震の被害状況 | |
| 2.1.1 部位別の被害について | |
| 2.1.2 建築年代別・用途別の被害について | |
| 2.1.3 設備関係の被害について | |
| 2.2 胆振東部地震の復旧状況 | |
| 3. 木造住宅の耐震性 | 13 |
| 3.1 木造住宅の耐震基準の変遷 | |
| 3.2 木造住宅の耐震化の必要性 | |
| 3.2.1 耐震基準と地震被害の関係 | |
| 3.2.2 地震被害とその影響 | |
| 3.3 耐震化が必要な旧基準の住宅数 | |
| 3.4 道内の住宅の耐震性の状況 | |
| 4. 耐震診断・耐震改修のポイント | 19 |
| 4.1 住宅の診断から改修までの流れ | |
| 4.2 耐震診断の概要について | |
| 4.3 一般診断法について | |
| 4.3.1 一般診断法の流れ | |
| 4.3.2 必要耐力の算出時の注意事項 | |
| 4.3.3 保有する耐力の算出時の注意事項 | |
| 4.4 精密診断法について | |
| 4.5 耐震診断指針を使用した診断 | |
| 4.6 認定ソフトウェアを使用した診断 | |
| 4.7 耐震補強・改修の検討について | |

| | | |
|-------|--------------------|----|
| 4.7.1 | 低コストな補強法のポイント | |
| 4.7.2 | 耐震改修計画の考え方 | |
| 4.7.3 | 店舗併用住宅の耐震改修について | |
| 4.7.4 | 耐震改修工事の注意点 | |
| 5. | 耐震改修コストについて | 42 |
| 6. | リフォームと耐震改修 | 44 |
| 6.1 | リフォームについて | |
| 6.2 | 床下改修時の基礎の補強 | |
| 7. | その他の減災対策 | 46 |
| 7.1 | 外部煙突の転倒防止 | |
| 7.2 | 暖房機・給湯器・室外機の転倒防止 | |
| 7.3 | 灯油タンク・LPG ボンベの転倒防止 | |
| 7.4 | コンクリートブロック塀の転倒防止 | |
| 7.5 | 身の安全を守るための身近な地震対策 | |
| 7.6 | 既存モルタル外装を活用した補強工法 | |

1. 北海道の被害地震と被害想定

1.1 地震発生のしくみ

地球の表面は何枚かのプレートで覆われており、そのプレートが移動することで、地震が起こると言われています。日本列島周辺のプレート構造は図 1-1 のようになっており、プレート運動によって日本では様々な種類の地震が発生します。

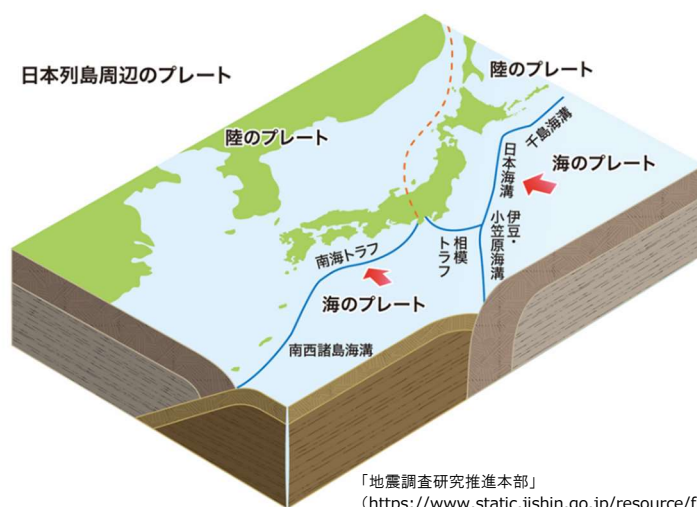
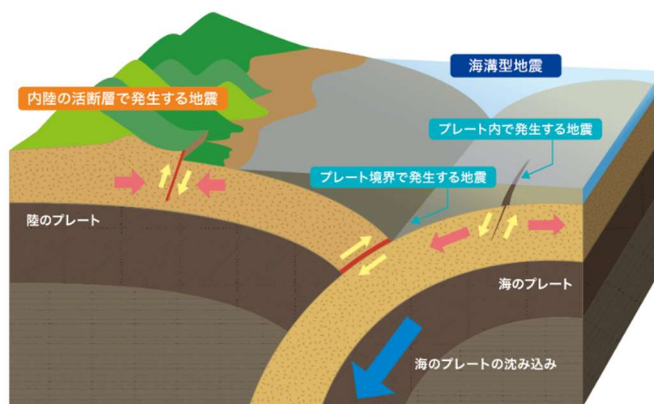


図 1-1 日本列島周辺のプレート構造

日本列島周辺で発生する地震には、図 1-2 に示すように、海側のプレートが陸側の下に沈み込むことで、両者の境界でおこる海溝型地震やプレート内部で発生する地震、陸側プレート内部の圧縮によって陸地の断層で生じる内陸型地震などの種類があります。

日本列島周辺で発生する地震のタイプ



「地震調査研究推進本部」 (<https://www.static.jishin.go.jp/resource/figure/figure003004.jpg>) を加工し作成

図 1-2 日本列島周辺で発生する地震の種類

Point 1

地震はどこでも起こりうるもの、地震対策を考える必要あり

北海道周辺で想定される地震は、太平洋沿岸の千島海溝や日本海溝から陸側へ沈み込むプレート境界付近の海溝型地震や、日本海東縁部付近で発生する海溝型地震、その結果、東西から圧縮された陸域で発生する内陸型地震に大きく分けられます。

北海道の防災計画で、道内に被害をもたらすとされる想定地震を図 1-3 に示します。

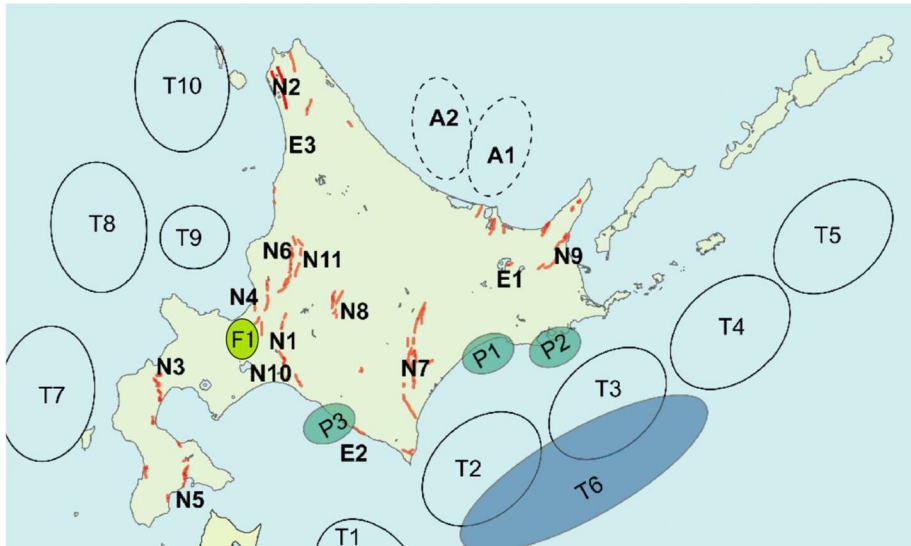


図 1-3 北海道周辺で想定される地震

●太平洋沿岸の海溝型地震（T1～T6）

三陸沖から択捉島沖まで地震(T1～T6)が想定され、マグニチュード(M)7～8 の地震が繰り返し発生しています。約3～4百年間隔で発生している最大クラスの津波が切迫しているとされ、M9クラスの日本海溝と千島海溝の地震の2つが想定されています。

●日本海東縁部の海溝型地震（T7～T10）

日本海東縁部にもプレート境界があると考えられており、過去に北海道南西沖 T7 や積丹半島沖 T8, 留萌沖 T9 で地震が発生しています。また、記録はありませんが、北海道北西沖 T10 にもあるとされます。太平洋側に比べ発生間隔は長いと考えられています。

●内陸の活断層で発生する地震（N1～N11, F1）

石狩低地東縁や十勝平野, 函館平野西縁にある断層帯に加え, 宗谷のサロベツ断層帯, 空知の増毛山地東縁断層帯など, 道内各地に M7 以上の活断層帯が想定されています。札幌市には月寒背斜断層など M7 クラスの伏在断層 F1 による地震が想定されています。

●その他

網走・紋別沖の地震（A1～A2）や、弟子屈地域などの内陸地震（E1～E3）、釧路沖や日高中部などのプレート内のやや深い地震（P1～P3）が想定されています。

1.2 地震の揺れと建物の揺れ

地震の揺れの伝わり方を図 1-4 に示します。断層で発生した地震の揺れは表層地盤へと伝わり，表層地盤で増幅され地表での揺れとなります。地表での揺れは，地震の大きさや震源からの距離，表層の増幅度（揺れやすさ）などによって変わってきます。

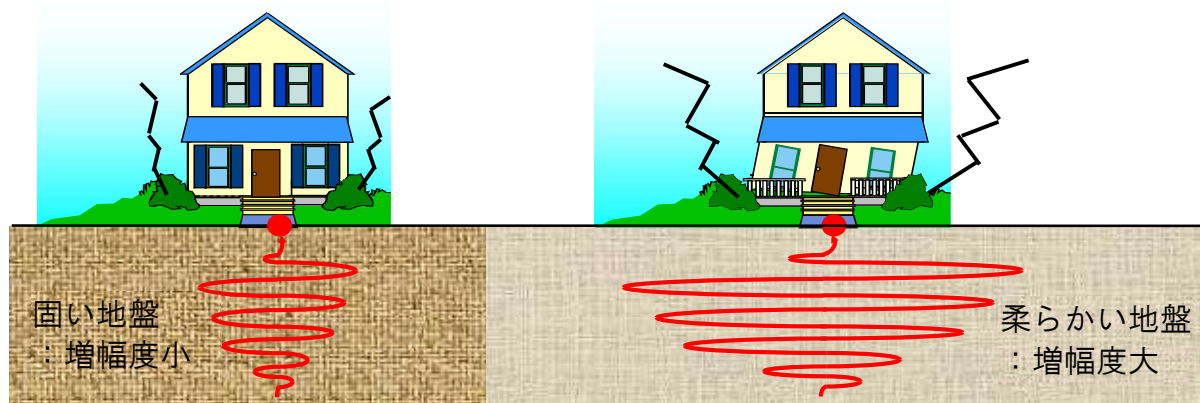


図 1-4 地震の揺れの伝わり方

地震による建物の揺れ方を図 1-5 に示します。地震によって建物の揺れが一往復する時間を建物の固有周期と呼びます。建物の固有周期と地震の揺れの周期が一致すると共振と呼ばれる現象が発生し，建物の揺れは大きくなります。

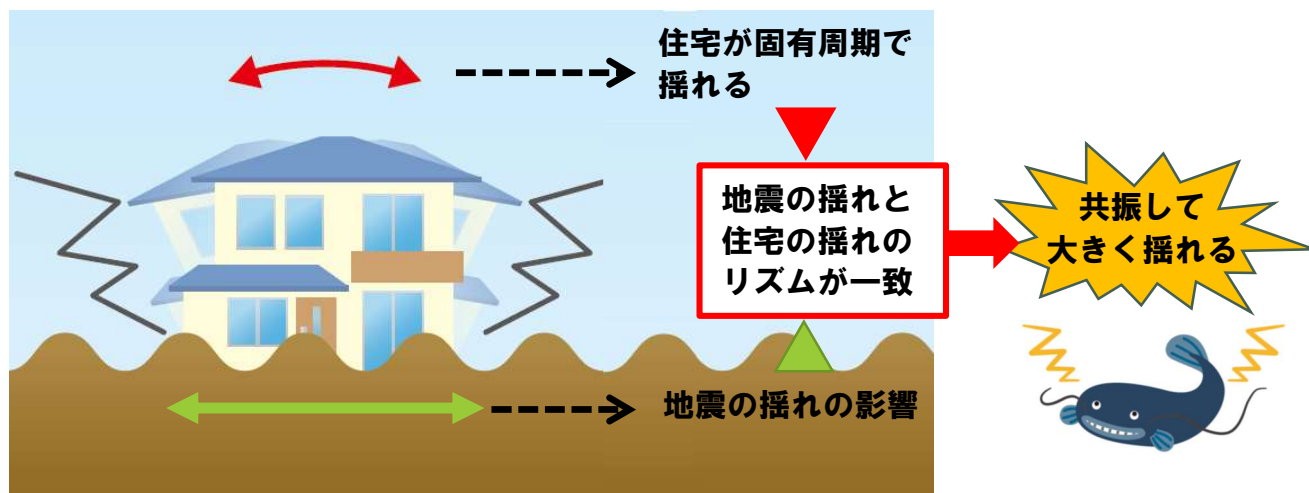
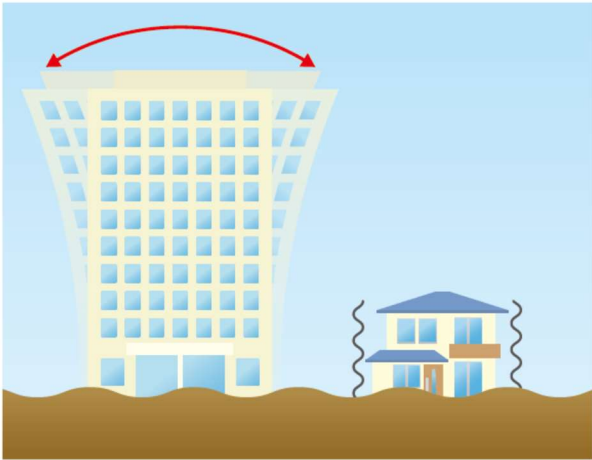


図 1-5 地震による建物の揺れ方

高さのあるビル等は固有周期が長いので，周期の長い地震が発生すると，共振が起こり東日本大震災のように大きな揺れとなります。一方，木造住宅の固有周期は一般的に短いので，短い周期の揺れと共振すると揺れは大きくなります（図 1-6）。

長周期地震動



短周期地震動

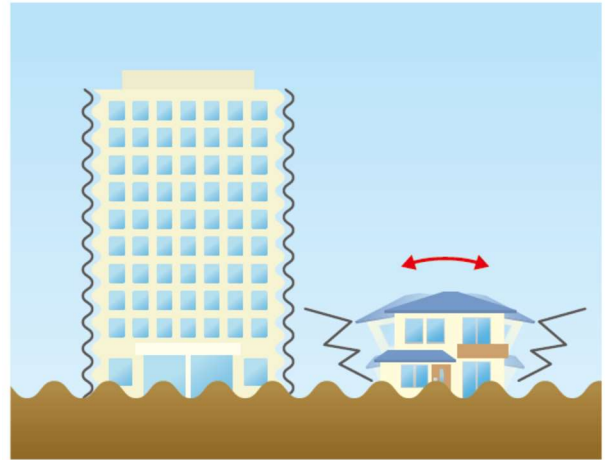


図 1-6 地震の周期と建物の共振

地震による木造住宅の壊れ方を図 1-7 に示します。地震によって地盤が揺れ、これに伴って住宅の水平方向に力が掛かり、大きく傾くと住宅の自重に耐えられずに壊れます。内陸地震などの短い周期の揺れが発生した場合、共振によって大きな力が掛かり、耐震性の低い住宅は倒壊する恐れが高くなります。

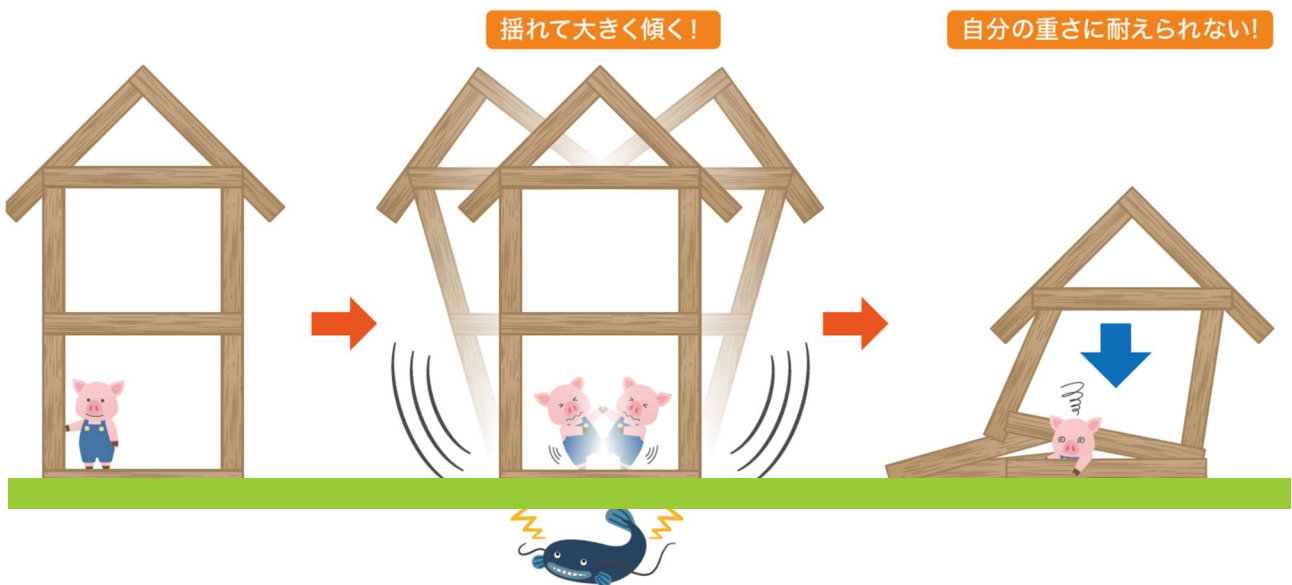


図 1-7 地震による木造住宅の壊れ方

1.3 北海道でこれまでに発生した大地震

北海道に甚大な被害をもたらした地震（1980年以降で震度6以上）を、以下の図で示します。日本海側では、大津波を伴った1993年北海道南西沖地震、太平洋沿岸では1982年

住宅の不同沈下

1993年北海道南西沖地震 (M7.8)
 渡島, 檜山, 奥尻島に被害。大津波。
 死者201名, 行方不明者28名,
 負傷者323, 住家全壊601, 半壊408

1階の著しい傾斜

津波による被害

2018年胆振道東部地震 (M6.7)
 石狩, 胆振地方を中心に被害。土砂災害。
 死者44名, 負傷者785名, 住家全壊491,
 半壊1,816

1982年浦河沖地震 (M7.1)
 日高地方沿岸を中心に被害。
 負傷者167, 住家全壊13,
 半壊28

1階の圧壊 (店舗併用)

1階の圧壊 (店舗併用)

集合煙突の転倒

浦河沖地震や、液状化や宅地被害が発生した 1993 年釧路沖地震，根室管内を中心に大きな被害が発生した 1994 年北海道東方沖地震，2003 年十勝沖地震においては，強い揺れとともに住宅の全半壊が多数発生しました。また，2018 年には，北海道で初めて震度 7 を観測した北海道胆振東部地震により大きな被害を受けました。



1.4 北海道の地震被害想定

被害想定とは、想定される地震に対して「どの地域」に「どのくらい」の被害が発生するかについて分布や規模を計算し、住宅などの耐震化や減災計画などの具体的な防災計画を立案するための根拠となる基礎資料を提供するものです。

北海道では、24 地震 54 断層モデルを対象に地震被害想定を行っています。図 1-8 は被害想定の対象地震（以下、「北海道想定地震」と呼びます）を示したものです。

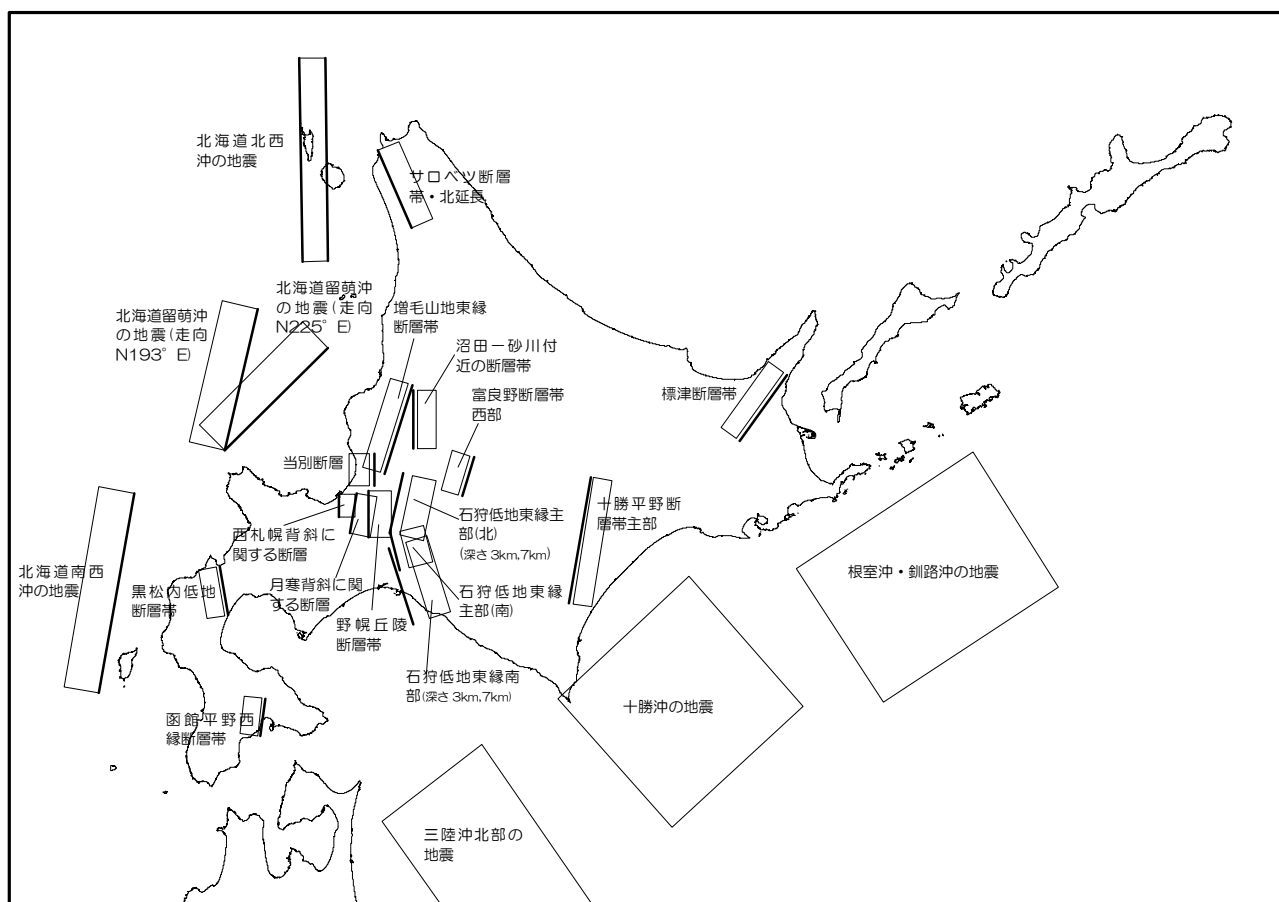


図 1-8 北海道の地震被害想定の対象地震

想定地震の詳しい内容や被害想定の結果は、北海道総務部危機対策局危機対策課の HP で公開されていますのでご参照ください。

URL : https://www.pref.hokkaido.lg.jp/sm/ktk/jishin_sotei.html



北海道想定地震のうち、人口が集中する道央圏で想定される月寒背斜に関する断層と道内でも有数の長大な活断層である十勝平野断層帯主部で想定される震度を図 1-9 に示します。いずれも都市直下にある断層で、最大震度7と非常に強い揺れが想定されています。

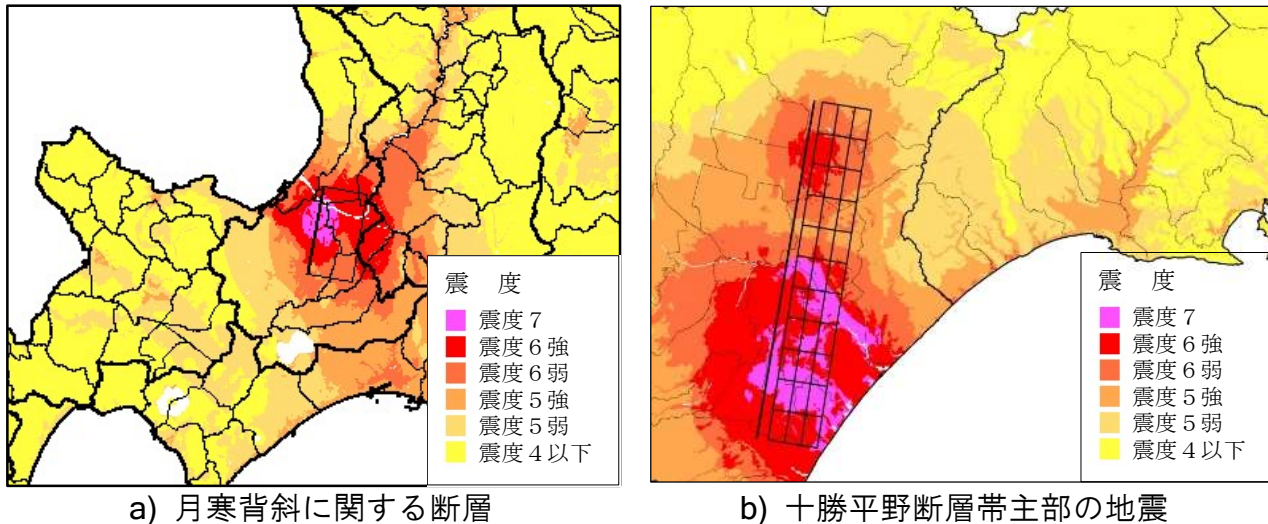
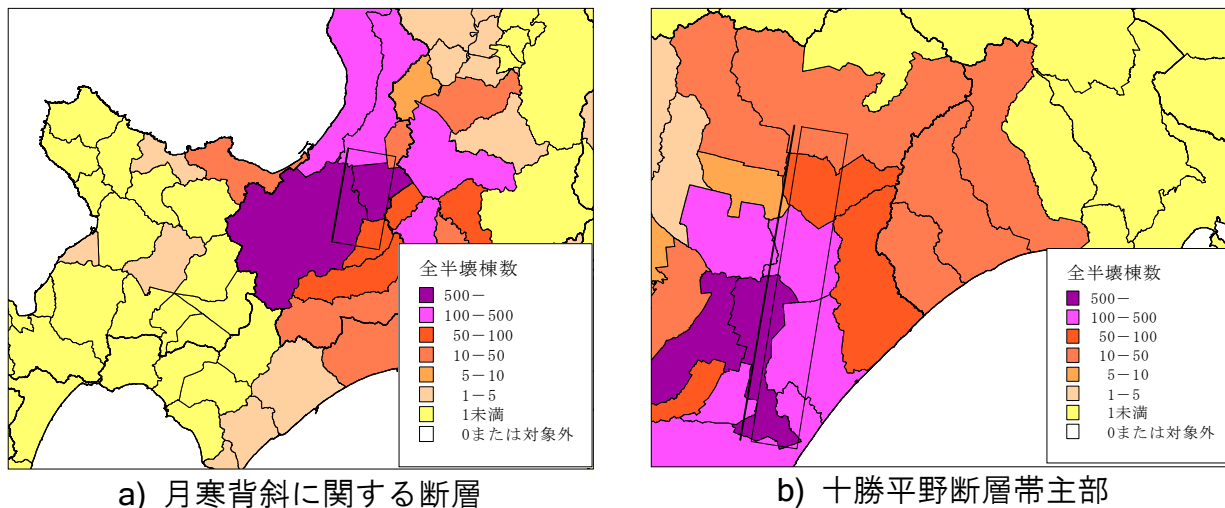


図 1-9 北海道想定地震による震度分布

本研究で提案した被害予測手法を基に、木造住宅の全半壊棟数を予測した結果を図 1-10 に示します。月寒背斜に関する断層では約 1 万 7 千棟以上、十勝平野断層帯主部では 3 千棟以上と非常に多くの全半壊被害が見込まれています。



※木造被害の試算には、道総研建築研究本部で開発した被害予測手法を利用。非積雪期の被害が対象です。

図 1-10 北海道想定地震による住宅の全半壊棟数

いずれも過去に発生した地震被害に比べて、非常に大きな被害が予測されています。こうした活断層は先の図 1-8 に示すように道内各地で想定されており、住宅の甚大な被害が想定される地震が北海道には多数あることがわかります。上記以外の地震の想定震度や被害予測結果については、前出の北海道の HP をご参照ください。

2. 胆振東部地震について

2.1 胆振東部地震の被害状況

2.1.1 部位別の被害について

Point 2

地震被害は1階の壁と建具や1階の床に集中

胆振東部地震では、厚真町、安平町、むかわ町で特に住宅被害が発生しました。各町が行ったり災証明調査（被害認定調査）を分析した結果を以下に示します。図 2-1 は、被害認定調査の第 2 次調査の資料を整理したもので、損傷度Ⅳ（損傷が比較的高い）以上の件数を部位別に集計しています。最も多かった部位は1階の外壁と建具、次に1階の床や内壁と続きます。地震の強い揺れによる被害は1階に集中していることがわかります。1階は2階部分の重量を支えており、2階と比較すると耐震性が低い傾向があります。壁の損傷が大きくなると1階部分の変形が進み倒壊に繋がるため、耐震改修時には1階壁の補強や耐力壁の増設による補強が非常に重要になります。

また、1階床の被害にも注意が必要です。古い住宅の基礎には束基礎が多く使用されているため、地震の揺れで大引が束から外れたり、ずれたりしたことが原因と思われます。住宅の耐震性に直接影響しない部位ですが、床の傾斜は、めまいや頭痛、浮動感の原因となり、住み続けることが困難になるため、床の改修も重要性の高い工事になります。

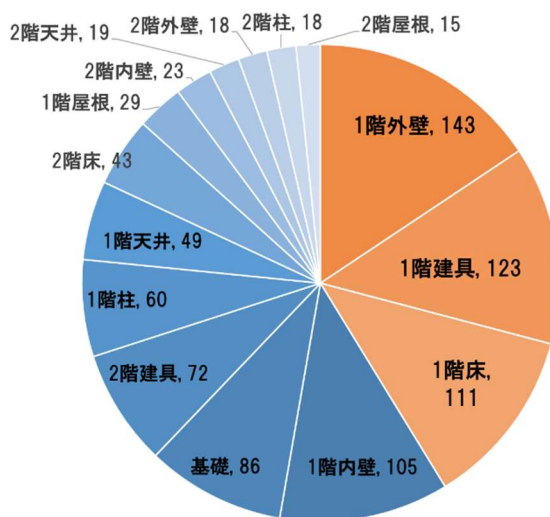


図 2-1 損傷度Ⅳ以上の発生延べ件数

2.1.2 建築年代別・用途別の被害について

厚真町・安平町・むかわ町の都市計画区域内の住宅 3,039 件を対象に、被害率を分析しました。全半壊（土砂災害等によるものを除く）は 265 件でした。図 2-2 に示すように、建築年代ごとに被害率をみると、旧耐震基準の住宅の全半壊率は、新耐震基準の住宅に比べて 4 倍程度と大きくなっています。胆振東部地震の被害分析からも、新耐震基準の住宅に比べ、旧耐震基準の被害率が極めて高いことがわかります。これは、平成 28 年に発生した熊本地震でも同じ傾向でした。

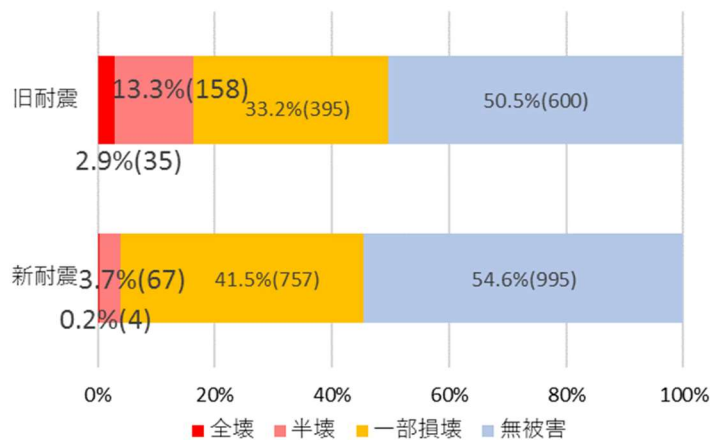


図 2-2 胆振東部地震における建築年代別の被害率（住宅全体）

次に、住宅全体と併用住宅の被害率を比較します。併用住宅の全半壊率は、住宅全体と比べて 2 倍程度と大きくなりました。併用住宅のうち、1 階が店舗の壁の少ない形状の住宅は、耐震性が低いことを確認しました（図 2-3）。

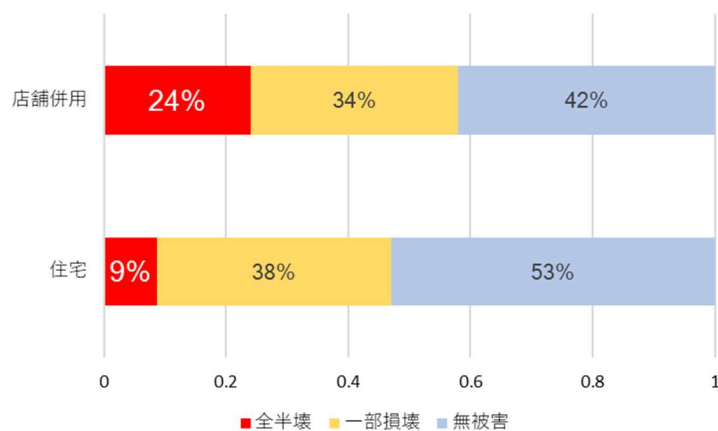


図 2-3 胆振東部地震における住宅全体と店舗併用住宅の被害率

2.1.3 設備関係の被害について

Point 3 設備関係の被害は築年数に関係なく発生し暖房関係が多い

設備の被害についても、被害認定調査（第2次調査）の資料から調査しました。その結果を図2-4に示します。調査の結果、ボイラーや煙突、ストーブ、灯油タンクの順に発生し暖房関係が多いことがわかりました。建物外壁等の被害は旧耐震住宅と新耐震住宅とで大きく異なりましたが、設備関係は築年数に関係なく被害が確認されています。築年数にかかわらず、ボイラーや暖房機の固定状況を確認しましょう。

給湯設備は、平成12年建設省告示第1388号建築設備の構造耐力上安全な構造方法を定める件が改正され、平成25年4月1日から給湯設備の転倒防止等の措置の基準が明確化されています。告示に示されている転倒防止策に適合しない場合には、補強を行いましょ

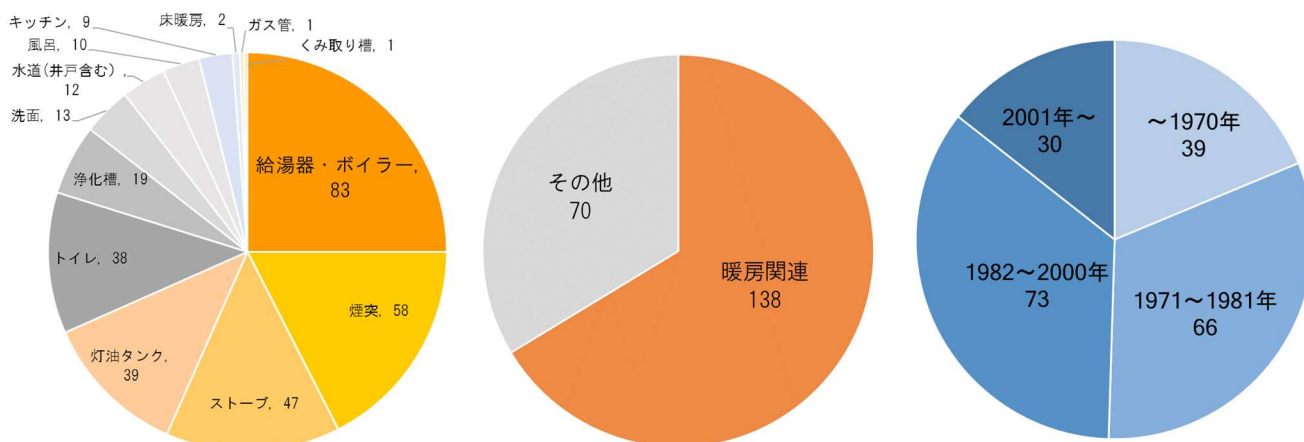
う。
また、家庭用灯油タンクの転倒原因は、タンク脚部が基礎に固定されていないことや地盤の崩壊によるものです。周辺地盤の状況確認やタンク脚部の劣化状況、固定状況を点検し、必要な場合には補修・補強を行ってください。その際、以下の札幌市のホームタンク技術基準が参考になりますので検討してください。

■札幌市ホームタンク技術基準

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

集合煙突の補強はその構造上難しいことから、使用していない場合には解体することが望ましいです。鉄板で上部だけ巻きたてしても、地震時の揺れに抵抗は出来ません。継続使用するには、鉄骨材で補強するなど大がかりな工事が必要になります。

真冬に地震が発生した場合、建物に被害がなくても暖房関係の設備機器が被害を受けると採暖のため避難所に行かざるを得ないことが想定されます。本道では設備機器の耐震対策は非常に重要であり、事前対策の実施によって自宅避難が可能になります。

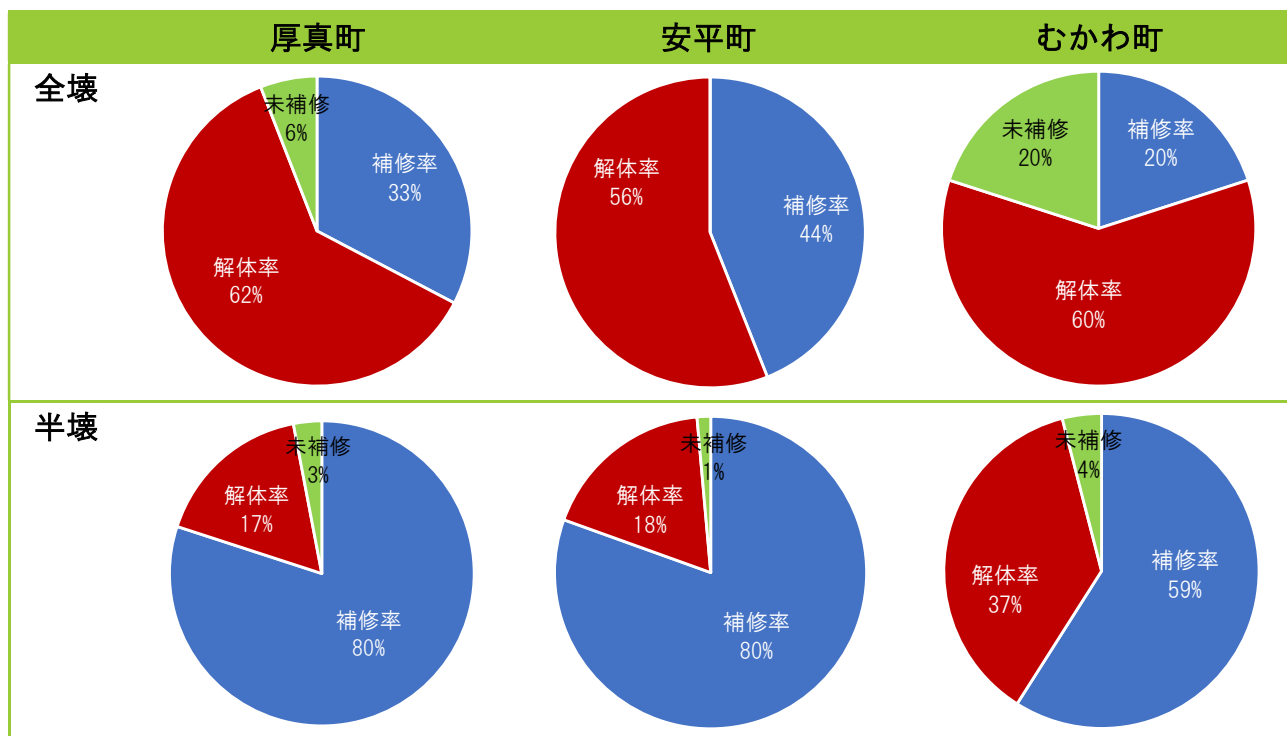


(a) 設備被害の内訳 (b) 暖房関連の状況 (c) 設備被害の年代別状況
図2-4 設備被害の箇所別の状況（棟数）

2.2 胆振東部地震の復旧状況

胆振東部地震で被災した厚真町・安平町・むかわ町を対象に、北海道大学が行った住宅復旧・再建に関するアンケート調査および現地調査結果^{参考文献 2-1}を図 2-5 に示します。

被災を受けた木造住宅の復旧状況をみると、全壊の住宅では解体率が 56～62%と 3 町とも 6 割程度が解体されています。半壊の住宅では、解体率が 17～37%と全壊と比べて低く補修率が 59～80%と補修して住み続けるケースが多くなっています（図 2-5）。



※補修率は調査棟数のうち補修棟数の割合、解体率は調査棟数のうち建替および更地となった割合を示す。

図 2-5 3 町の被害程度別の復旧状況

表 2-1 より、再建率については町によって差があることがわかります。胆振東部地震では、全壊・半壊ともに厚真町での再建率が高くなっています。

表 2-1 3 町の被害程度別の住宅再建率

| | 厚真町 | 安平町 | むかわ町 |
|----|-----|-----|------|
| 全壊 | 34% | 11% | 33% |
| 半壊 | 54% | 38% | 30% |

※再建率は解体（建替えと更地）された棟数のうち、建替えの割合を示す。

参考文献 2-1：岩崎祥太郎，中嶋唯貴，岡田成幸：2018 年北海道胆振東部地震における住宅再建状況調査—安平町，厚真町，むかわ町を対象として—，日本地震工学会大会，C-1-2，2020

3. 木造住宅の耐震性

3.1 木造住宅の耐震基準の変遷

Point 4 旧基準の木造住宅の耐震性は、最小で新基準の1/4程度

木造関係の耐震基準は、昭和25年（1950年）11月に建築基準法の制定とともに規定されて以降、昭和34年（1959年）12月、昭和46年（1971年）1月、昭和56年（1981年）6月と平成12年（2000年）6月に改正施行されました。昭和46年（1971年）1月の改正で初めて基礎について規定され「一体の鉄筋コンクリート造又は無筋コンクリート造の布基礎」とするようになりました（表3-1）。

表3-1 木造住宅の耐震等基準の変遷

| 地震災害 | | | | 昭和53年 宮城県沖地震 | 平成7年 兵庫県南部地震 (阪神淡路大震災) | 平成23年 東北地方太平洋沖地震 (東日本大震災) | |
|-----------------|---|---|--|---|--|--|--|
| 建築基準法改正 | 昭和25年 (1950年) | 昭和34年 (1959年) | 昭和46年 (1971年) | 昭和56年 (1981年) | 平成12年 (2000年) | 平成25年 (2013年) | |
| | | 旧耐震基準 | | | 新耐震基準 | | |
| 耐震等基準に関する改正内容 | <ul style="list-style-type: none"> 地震力に対して必要な壁量を規定 床面積あたりに必要な壁の長さを定義 地震に抵抗する壁の仕様と強さを定義 | <ul style="list-style-type: none"> 地震力に対して必要な壁量を強化 床面積あたりに必要な壁の長さを強化 地震に抵抗する壁の仕様と強さを改定 | <ul style="list-style-type: none"> 基礎をコンクリート造の連続した基礎と規定 | <ul style="list-style-type: none"> 風圧力・地震力に対して必要な壁量を強化 床面積あたりに必要な壁の長さを強化 地震に抵抗する壁の仕様と強さを強化 | <ul style="list-style-type: none"> バランスの良い壁配置を基準化 骨組の接合に使う金物の種類を基準化 地盤の強さに応じた基礎の仕様を規定 | <ul style="list-style-type: none"> 給湯設備の転倒防止措置に関する基準化 | |
| 壁量規定 [≒建物強さ] | 壁量を規定 約25~50% | 壁量を強化 約25~75% | (壁量変化なし) 約25~75% | 壁量を強化 100% | (壁量変化なし) 100% | (壁量変化なし) 100% | |

昭和56年（1981年）6月には、建築物の耐震基準全体が大きく改正され、木造住宅の耐震基準も大きく見直されました。床面積あたりの必要壁長さ（壁量規定）は、改正前の旧耐震基準に比べて新耐震基準では約1.4倍の壁が必要となりました。また、壁長さあたりの強さ（軸組の倍率）も種類によっては新耐震基準では旧耐震基準の1/3程度の強さに見直されたものもあります。この結果、北海道の標準的な仕様の木造住宅では、新耐震基準は旧耐震基準に対して1.4~4.0倍程度の強度になっています。

表3-2 必要な壁量の比較

| | 旧耐震基準 | | 新耐震基準 |
|----|-------------------------|------------|-------------------------|
| 2階 | 15 [cm/m ²] | → (×1.400) | 21 [cm/m ²] |
| 1階 | 24 [cm/m ²] | → (×1.375) | 33 [cm/m ²] |

表3-3 代表的な壁の強さ（壁倍率）の比較

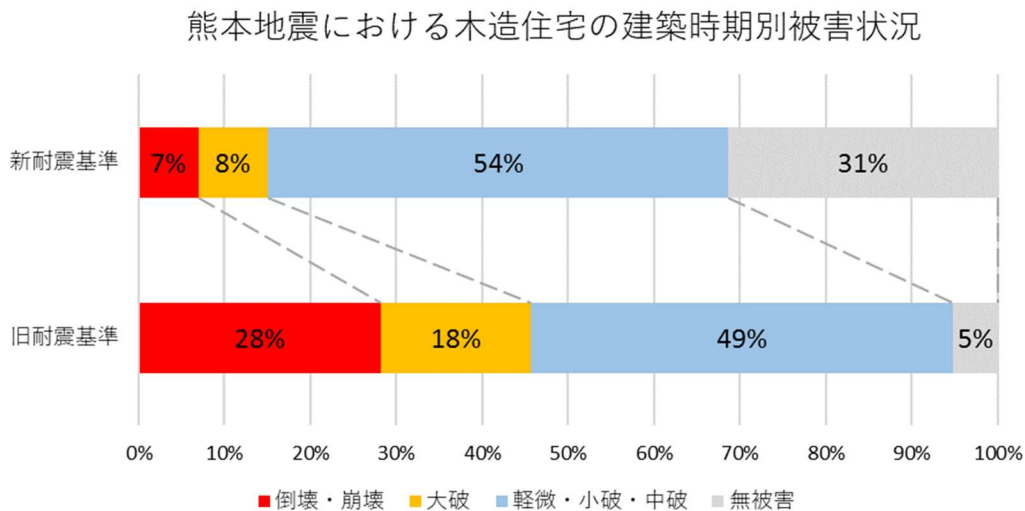
| | 旧耐震基準 | | 新耐震基準 |
|-----------|-------|----------|-------|
| 木ずり（片面） | 1.5 | → (×1/3) | 0.5 |
| 筋かい（三つ割り） | 1.5 | (変更なし) | 1.5 |
| 筋かい（二つ割り） | 3.0 | → (×2/3) | 2.0 |

現在、道内の木造住宅で多く使われている「構造用合板」なども、この改正から倍率が認められるようになりました。木造住宅の耐震基準は、この改正以降も平成 12 年（2000 年）6 月から (1) 計算に基づく耐力壁の釣り合い良い配置 (2) 継手・仕口仕様の明確化 (3) 地盤の耐力に応じた基礎種類の規定化 などが図られ、より基準が強化されています。

3.2 木造住宅の耐震化の必要性

3.2.1 耐震基準と地震被害の関係

平成 28 年（2016 年）4 月に発生した熊本地震では、倒壊・崩壊した木造住宅の割合が旧耐震基準では新耐震基準の約 4 倍に上りました。また、避難生活を余儀なくされる大破を含めると旧耐震基準では半数近い住宅が大きな被害を受け、その割合も新耐震基準に比べて 3 倍以上にも及びました（図 3-1）。



出典：「熊本地震における建築物被害の原因分析を行う委員会報告書」

（国土交通省国土技術政策総合研究所ほか）

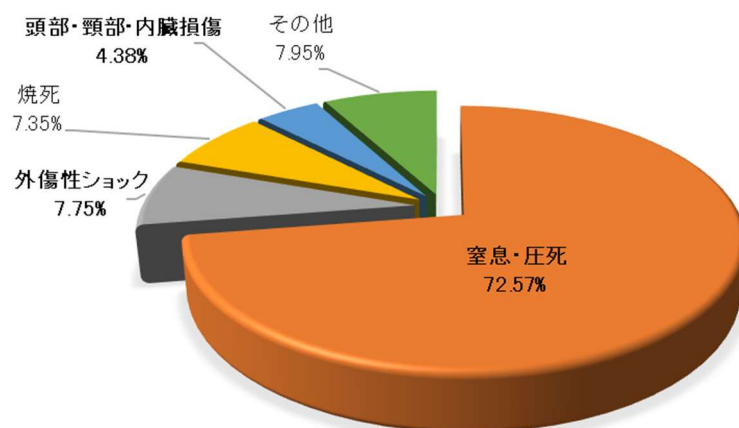
図 3-1 熊本地震における木造住宅の建築時期別の被害状況

3.2.2 地震被害とその影響

Point 5

住宅の倒壊や崩壊は重大な人的被害につながる

木造住宅が倒壊・崩壊した場合、人体に重大な損傷を受け、圧死するなどの可能性があります。阪神・淡路大震災では、窒息・圧死に加え、身体への損傷などが、直接死亡された方の約 85% を占めています（図 3-2）。



出典：「阪神・淡路大震災の死者にかかる調査について」

(平成 17 年 12 月 22 日；兵庫県企画県民部災害対策局災害対策課)

図 3-2 阪神淡路大震災における直接死者の死因

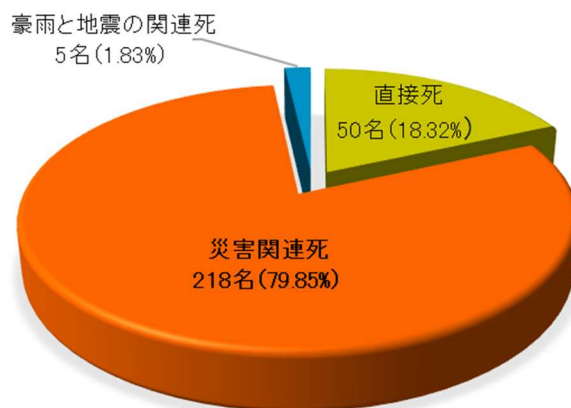
Point 6

避難所での避難生活は負担が大きい

倒壊・崩壊した家屋が救助活動を妨げ、助かる命を奪ってしまうこともあります。また、死亡後に残された家族などが大きな喪失感を持ち、精神的な負担・障害の影響の結果、自死を選んでしまう事例も少なくありません。

また、一命を取り留めた場合でも、家屋の大破により、避難所や仮設住宅での避難生活が必要となります。熊本地震では、地震による直接死よりも 4 倍以上多い 218 名の方々が災害関連死で亡くなられているのが報告されています（図 3-3）。

平成 29 年末の段階でその概要を調査した資料によると、70 歳代以上の高齢者が約 8 割を占めており、約 7 割が呼吸器系・循環器関係の疾患や内因性の急死・突然死など生活



出典：「平成 28（2016）年熊本地震等に係る被害状況について【第 315 報】」

(令和 3 年 7 月 13 日；熊本県危機管理防災課)

図 3-3 熊本地震における死者の内訳

環境の変化が大きく関係する疾患が死因であること、1/3 ほどは避難所などでの生活による肉体的・精神的負担などが原因になっていることが判っています。

近年では新型コロナウイルス感染症に対する取組みが必要になるなど、避難生活における新たな負担が高まっており、地震後も住み慣れた自宅で生活を続けられる状況を整えることが必要です。

3.3 耐震化が必要な旧基準の住宅数

令和3年に改定された北海道耐震改修促進計画では、令和7年度までに道内の耐震化率95%を達成するため、旧基準住宅のうち自然更新分を除いた、約4万2千戸の耐震化を図る必要があるとされています（図3-4）。

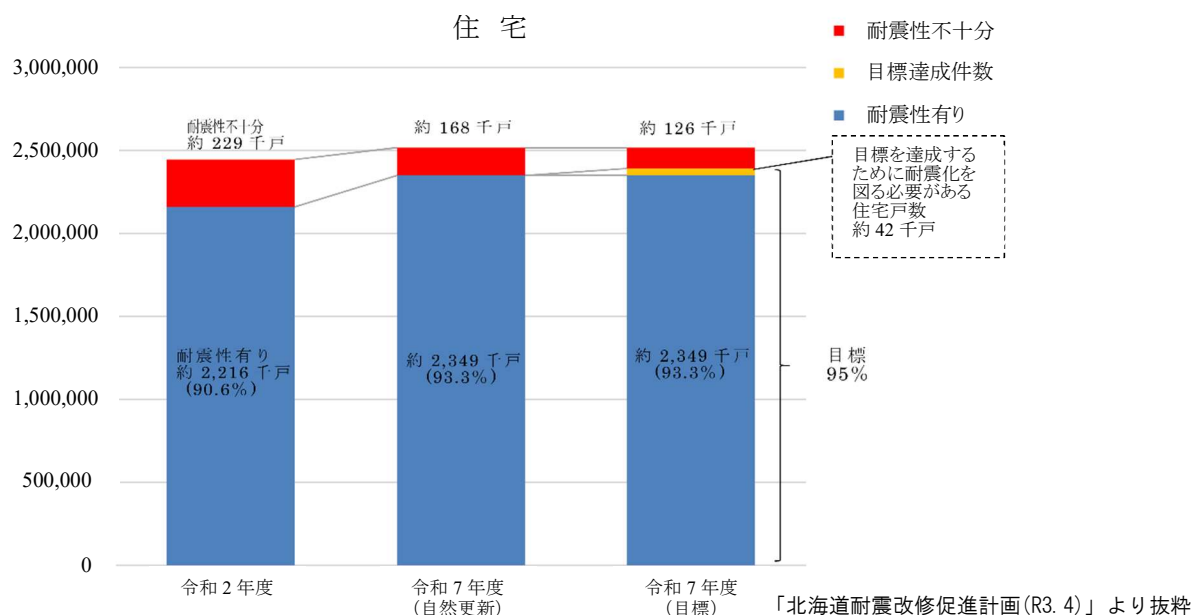


図3-4 道の耐震計画における耐震化率の目標達成に必要な住宅数

3.4 道内の住宅の耐震性の状況

Point 7

古い建築年代の住宅ほど耐震性の低いものが多い

木造住宅の耐震性は、上部構造評点（以下「評点」と呼びます。）という数値で表されます。これは耐震診断法で評価される値で、下記の式に示すとおり、地震の外力に対する住宅の持つ強さの割合に相当します。

$$\text{評点} = \text{edQu (保有する耐力)} / \text{Qr (必要耐力)}$$

耐震診断法では、大地震で住宅が倒壊する可能性を四段階で判定します。判定方法を表 3-4 に示します。評点が 1.0 以上であれば、大地震時に「一応倒壊しない」と判定されます。耐震診断法の詳細については、4章で解説していますのでそちらもご参照ください。

表 3-4 木造住宅の評点と大地震での倒壊の可能性の判定

| 評点 | 判定 | |
|---------------|----|------------|
| 1.5 以上 | ◎ | 倒壊しない |
| 1.0 以上～1.5 未満 | ○ | 一応倒壊しない |
| 0.7 以上～1.0 未満 | △ | 倒壊する可能性がある |
| 0.7 未満 | × | 倒壊する可能性が高い |

北海道が実施した無料耐震診断の結果（429 件、平成 18 年～21 年）について、評点ごとに件数をまとめた棒グラフを図 3-5 に示します。木造住宅の耐震性を表す評点は、住宅の仕様や壁の配置などによって異なります。

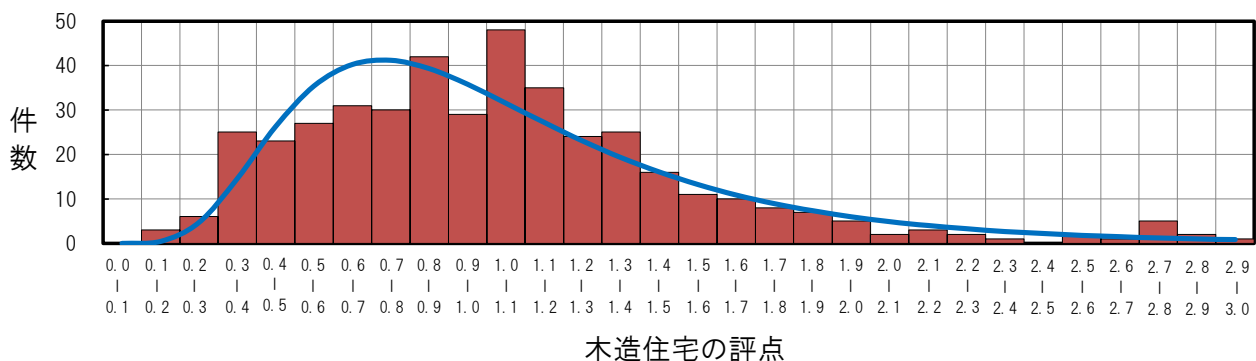


図 3-5 北海道の木造住宅の評点分布

建築年代別に見た道内の住宅の評点分布を図 3-6 に示します。図中に示した西暦は住宅の建築年代です。より古い建築年代の住宅ほど、耐震性が低いものが多いことがわかります。道内の住宅は建築年代ごとに特徴があります。参考に建築年代ごとの木造住宅の例を写真 3-1 に示します。

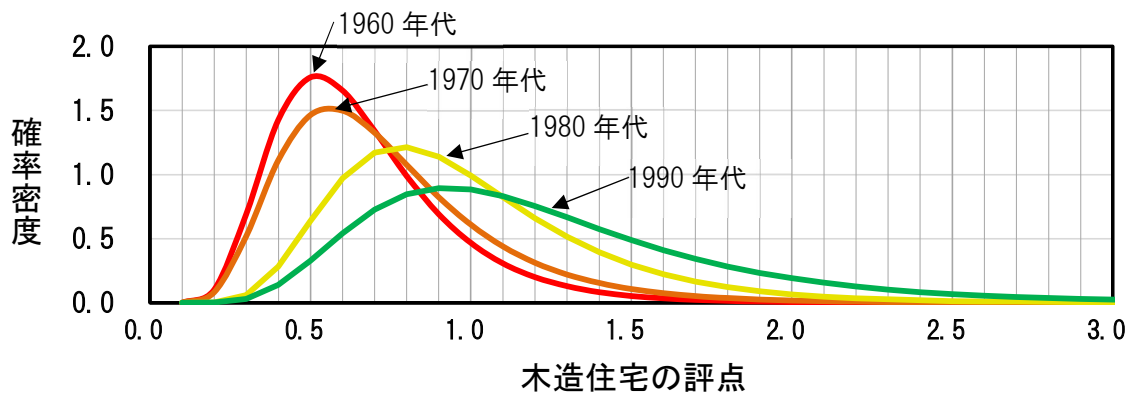


図 3-6 建築年代別の木造住宅の評点分布



三角屋根 (1960年代)



複雑屋根 (1970年代)



無落雪住宅 (1980年代)



北方型住宅 (1990年代)

写真 3-1 道内の建築年代ごとの木造住宅の例

4. 耐震診断・耐震改修のポイント

4.1 住宅の診断から改修までの流れ

Point 8

診断結果を基にした計画・設計で安全かつ低コストな耐震改修

STEP1 耐震診断を行う

耐震診断は、一般的に「2012年改訂版 木造住宅の耐震診断と補強方法」（（一財）日本建築防災協会）に基づいて行います。

- ・ 予備調査 設計図書や増改築の有無等の情報を集めます。
- ・ 現地調査 現地で住宅の現況を調査します。
- ・ 耐震性能の評価 専門家が耐震診断を行い住宅の耐震性能を評価します。

STEP2 耐震改修計画を立てる

耐震診断の結果に基づき、施主の要望に応じた耐震改修計画を立てます。予算や工期、目標性能は、住宅の特徴と採用する工法により大きく異なるため、工事の内容と得られる効果を丁寧に説明することが重要となります。

STEP3 改修の設計を行う

耐震改修計画に基づき、設計を行います。設計内容は図面や写真を用いてわかりやすく説明しましょう。【設計のポイントは4.7節を参照】

STEP4 耐震改修工事費の見積もりを出す

耐震改修工事を実施する前には、耐震改修工事にかかる費用を算出し、住まい手に見積書を提出しましょう。

STEP5 耐震改修工事を行う

契約を締結してから耐震改修工事を実施します。耐震改修の補助金を申請する場合は、申請を行い、耐震工事許可通知書が届いてから契約を結びます。設計に則った確実な施工を行った記録として工事写真を撮影し、設計図書や申請書類とともに保管しましょう。

4.2 耐震診断の概要について

Point 9

浅く簡易な診断から深く詳細な診断へ

本マニュアルでは、以下に示す3段階の耐震診断を実施することを想定しています。一般診断を割愛して精密診断を行う場合や、精密診断を行わずに補強設計を行う場合も想定されます。

STEP1

住まい手自らによる診断 ～「誰でもできるわが家の耐震診断」～

(一財)日本建築防災協会が提供している、住まい手向けの簡易な耐震診断です。この診断の結果は、より専門的な耐震診断を受ける前段階の判断材料として活用されます。パソコンやスマートフォンで以下のような質問に答えると簡便に評価されます。

- | | |
|------------------|------------------|
| 01 建てたのはいつ頃ですか？ | 06 大きな吹き抜けの有無 |
| 02 大きな災害に見舞われた経験 | 07 1階と2階の壁面の位置関係 |
| 03 増築の有無 | 08 壁の配置はバランス |
| 04 傷み具合や補修・改修 | 09 屋根葺材と壁の多さは？ |
| 05 建物の平面の形 | 10 どのような基礎ですか？ |



http://www.kenchiku-bosai.or.jp/taishin_portal/daredemo_sp/index.html

↓ 専門家による診断が必要

STEP2

「一般診断法」

建築技術者向けの診断法です。極めてまれに発生する地震動によって倒壊する可能性があるかを評価し、耐震補強の必要性の有無を判断するために実施されます。

↓ 補強の必要あり

→ 補強設計 → 補強後の耐震性の診断

↓ より詳細な診断

STEP3

「精密診断法」

建築技術者向けのより精密な診断法です。精密診断法は二種類あり、精密診断法1では上部構造の耐力をより詳細に診断し、評点に応じて大地震時に「倒壊しない／一応倒壊しない／倒壊する可能性がある／倒壊する可能性が高い」の四段階で判定します。また、地盤や柱・接合部などの部分的な問題箇所を指摘することが出来ます。ただし、精密診断をするにはすべて部材、接合部の仕様の確認が必要なので、精密診断が実施できないケースも多く、大部分の耐震診断は、一般診断法で行われています。

→ 補強設計 → 補強後の耐震性の診断

4.3 一般診断法について

4.3.1 一般診断法の流れ

Point 10

一般診断法は「目視・非破壊」によるスピーディーな診断

住宅の外観に関する非破壊での目視による診断法で、以下の手順で行います。

STEP1

建物全体の把握

- 当初の図面との差異
柱や壁の配置などについて、設計図面と実際の建物の差異を確認する。
- 建物の劣化・損傷
屋根や壁，床等について，さびや腐朽，傾斜等の劣化状況を確認する。

STEP2

地盤・基礎の調査

- 地盤崩壊などの地盤災害の可能性の有無
地盤を調査して非常に軟弱な場合には，必要耐力を割り増す。
- 基礎仕様
基礎の仕様によっては，上部構造の性能を十分発揮できない可能性があるため，形状や鉄筋・クラック・アンカーボルトの有無を調査し，壁耐力算定時に「柱接合部による耐力低減係数」で反映する。

STEP3

上部構造の調査

- 壁基準耐力の調査
モルタル塗り壁，窓型開口付き壁等の壁の仕様に応じて定められた耐力を調査する。
- 柱接合部
柱接合部の仕様と基礎の仕様の組合せから，耐力低減係数を選定する。
- 耐震要素の配置等
耐震要素の配置偏りに応じた低減係数を算定する。
- 上部構造の必要耐力に割増しが必要か否かの判断材料
建物の短辺長さが短い場合など，建物の形状に応じて必要耐力を割り増す。
- 劣化度
さび，割れ，腐朽の有無によって劣化度による低減係数を算定する（写真 4-1）。



写真 4-1 劣化の確認(天井の水浸み)

STEP4 必要耐力と保有する耐力の算定

1) 建物の規模（床面積）に表 4-1 の値を乗じて、必要耐力（ Q_r ）を求める。

次項の各階の床面積を考慮した必要耐力の算出法【精算法】で計算する。いずれかの階の短辺の長さが 6m 未満の場合には、その階を除く下のすべての階の必要耐力に、4m 未満なら 1.3、4m 以上 6m 未満で 1.15 を掛ける。

表 4-1 床面積あたりの必要耐力

| | | 軽い建物 | 重い建物 | 非常に重い建物 |
|-------|-----|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 平屋 | | $0.28 \times Z$ | $0.40 \times Z$ | $0.64 \times Z$ |
| 2 階建て | 2 階 | $0.28 \times {}_qK_{f12} \times Z$ | $0.40 \times {}_qK_{f12} \times Z$ | $0.64 \times {}_qK_{f12} \times Z$ |
| | 1 階 | $0.72 \times {}_qK_{f11} \times Z$ | $0.92 \times {}_qK_{f11} \times Z$ | $1.22 \times {}_qK_{f11} \times Z$ |

軽い建物の場合 ${}_qK_{f11} : 0.4 + 0.60 \times R_{f1}$ ${}_qK_{f12} : 1.3 + 0.07 / R_{f1}$, Z: 地域係数

R_{f1} : 1 階の床面積に対する 2 階の床面積の割合。ただし、0.1 を下回る場合は 0.1 とする。

北海道は全域多雪区域扱いなので、積雪深に応じ加算する。積雪 1m のとき $0.26 \times Z$ (kN/m²)、積雪 2m のとき $0.52 \times Z$ (kN/m²) で 1m ~ 2m の中間の積雪量は直線補間で求める。

例 積雪 1m の場合 軽い建物 2 階 2 階面積 $\times (0.28 \times {}_qK_{f12} \times Z + 0.26 \times Z)$
 1 階 1 階面積 $\times (0.72 \times {}_qK_{f11} \times Z + 0.26 \times Z)$

2) 壁の仕様を考慮しながら、壁・柱の耐力（ Q_u ）を求める

一般住宅の場合は、方法 1（壁を主な耐震要素とした住宅を主な対象とする）で求める。

$$Q_u = \sum (F_w \times K_j \times L) + Q_e$$

F_w : 壁基準耐力 (kN/m) K_j : 柱接合部による耐力低減係数 L : 壁長さ (m)

Q_e : その他の耐震要素の耐力

有開口壁の耐力 : 窓型開口 (0.6kN/m) 掃き出し型開口 (0.3kN/m)

K_j (柱接合部の耐力低減係数) は、基礎仕様、接合部仕様及び積雪量によって変化する。

(一財) 日本建築防災協会「2012 年改訂版 木造住宅の耐震診断と補強方法」の P33 の表には積雪 1m と 2m のみ記載されています。中間の積雪量は直線補間で求めます。

耐震診断では、建築基準法で定められている壁の壁倍率を壁基準耐力へ換算する必要があります。壁基準耐力 (kN/m) = 壁倍率 \times 1.96 (kN/m) とし小数点以下第 2 位四捨五入

3) 保有する耐力（ edQ_u ）を求める

$$edQ_u = Q_u \times {}_eK_{fi} \times {}_d k$$

${}_eK_{fi}$: 耐震要素の配置の偏りに応じた低減係数 (4 分割法ではなく偏心率から求める)

「2012 年改訂版 木造住宅の耐震診断と補強方法」の P29 解表 3.6

${}_d k$: 劣化度による低減係数

STEP5 評点を算定

評点は、階ごとや方向ごとに算定し、最終結果は一番低い値が建物全体の評点になります。評点による判定の一覧は既出の表 3-4 を参照してください。

$$\text{評点} = \text{保有する耐力} (edQ_u) / \text{必要耐力} (Q_r)$$

4.3.2 必要耐力の算出時の注意事項

Point 11 必要耐力を精算法で求める（特に2階床面積が小さい場合、有利）

必要耐力の一般的な算出方法（略算法）は、総2階建を想定しているため、1階と2階で床面積に違いがある住宅は、過大に評価されることが多いため注意が必要です。

1階と2階で床面積に違いがある場合には、必ず「各階の床面積を考慮した必要耐力の算出法（精算法）」で診断しましょう。その際は、偏心率を計算し耐力要素の偏心および床仕様による低減係数を用いることとなります。詳細は、（一財）日本建築防災協会「2012年改訂版 木造住宅の耐震診断と補強方法」P.27をご参照ください。

【算出方法でこれだけ違う必要耐力】

例 地域係数：Z=0.9, 積雪 1.4m (0.364×Z), 1階床面積 100㎡, 2階床面積 50㎡
 屋根仕様 トタン貼り, 壁仕様 木ずり下地モルタル壁 軽い住宅
 短辺長さは6m以上 形状割増係数は1.0



算出方法①：略算法

算出方法②：精算法（各階床面積を考慮した方法）→ 偏心率の計算必要

算出方法③：Ai分布法（建築基準法施行令に準じた方法）

※算出方法①では1階で非常に大きな値になり、補強も過剰に必要となるため、Ai分布法より簡単な算出方法②がおすすめです（表4-2）。

表 4-2 算出方法ごとの必要耐力

| 算出方法 | ① 略算法 | ② 精算法 | ③ Ai分布法 |
|------|----------|---------|---------|
| 2階 | 33.0 kN | 41.7 kN | 37.8 kN |
| 1階 | 107.5 kN | 68.3 kN | 77.8 kN |

特に一般診断法による診断プログラム（一財）日本建築防災協会 Wee2012 ver.1.2.0 Windows 8.1 対応版を使用する場合には、1階の必要耐力が必要以上に大きな値になるので注意が必要です。Wee2012 (Win10) ver.2.0.0 を使用してください。

4.3.3 保有する耐力の算出時の注意事項

Point 12

保有する耐力算出時には N 値計算を実施

地震が発生すると、下図の様に柱に引張力が発生します。その引張力によって柱が土台から抜けてしまうと地震に抵抗出来なくなります。そのため、引張力に応じた接合金物が必要になります。しかし、古い住宅は、柱と土台が「かすがい」で留められている程度で、この引張力には抵抗できません。そのため、地震が発生した場合には水平力に抵抗できずに、土台から柱が抜け出ることによって住宅は大きく傾き、倒壊に至ります（図 4-1）。



図 4-1 金物の有無による地震抵抗力の違い

耐震診断では、この柱頭・柱脚部の接合部の種類によって壁の耐力を低減することになっています。この低減率は壁端柱の柱頭・柱脚の接合部の種類による耐力低減係数「 k_j 」として決められています。

旧耐震基準の住宅であれば接合部に金物が配置されていることは少ないので、ほとんど住宅で接合部の仕様は接合部Ⅳとなります。その場合、1階柱の耐力低減係数「 k_j 」は、壁の基準耐力によって低減率が1.0（低減なし）～0.6倍となります。（例：木ずり下地モルタル＋石膏ボード貼り（厚9mm以上）、基礎はひび割れのある無筋コンクリート、接合部はほぞ差しのみの場合の壁基準耐力は、 $2.2+1.1=3.3\text{kN/m}$ となります。この場合の2階建ての1階柱の低減係数はおおよそ0.8となり、低減後の壁基準耐力は 2.64kN/m となります。）

N値計算をせずに接合部の仕様規定（略算）を算出すると必要以上に低減される耐力が大きくなることで、耐震性が低く評価されます。その為、耐震補強にかかる工事費も高額になる可能性があり、住まい手の耐震補強への意欲をなくさせることになります。

そこで、診断時から保有する耐力の算出には、N値計算を推奨します。N値計算することで、壁の耐力低減率が小さくなり、評点が改善される傾向にあります。N値計算を満足する接合部は、壁耐力にもよりますが「ほぞ差し」の接合仕様でも接合部Ⅰになる場合があります。特に2階の壁の低減率が小さくなる場合があります。

詳細については、（一財）日本建築防災協会「2012年改訂版 木造住宅の耐震診断と補強方法」P.38をご参照ください。

Point 13

N 値計算を行った場合、ほぞ差しでも
接合部 I の仕様とできる場合がある

写真 4-2 は、柱に引き抜きを防止する金物が配置されていないため、柱が土台から引き抜けてしまい、家全体が大きく傾いてしまいました。写真 4-3 は、柱に金物が適切に配置されている例です。N 値計算は、この金物を適切に配置するのに必要な計算です。



写真 4-2 柱の引き抜け事例



写真 4-3 金物の設置

Point 14

壁の仕様は安易に不明を採用しない
現地調査を行ってできるだけ特定する

耐震診断時には、壁の仕様を調査せずに「不明な壁」として計算することは可能ですが、診断値を過少評価するおそれがあります。必要以上に補強箇所が増えて結果として工事費が増大し、住まい手の予算を超えると耐震改修を断念することに繋がってしまいます。現地調査時にできるだけ天井裏などから内壁の仕様を確認しましょう。

4.4 精密診断法について

Point 15

精密診断法は破壊検査を含むより正確な診断

壁や天井などを剥がし内部の構造を確認する、より詳細な診断法です。解体道具や補修用工具等の多くの道具が必要で、作業時間を要します（写真 4-4, 4-5）。



写真 4-4 劣化の確認(躯体の腐食)



写真 4-5 劣化の確認(床の傾斜)

①精密診断法 1（保有耐力診断法）

住宅を対象とした診断方法で、エネルギー一定則に基づいた保有耐力の考え方を基本としており、住宅全体の耐力壁や水平剛性、劣化状況などを勘案して保有耐力を計算します。この方法の適用には、改修後に住宅が以下の仕様であることが必要です。

- ・アンカーボルトによって、土台等が基礎に緊結されていること。
- ・横架材の接合部が、羽子板ボルト、または、同等以上の引張耐力を有する接合部となっていること。

②精密診断法 2（保有水平耐力計算，限界耐力計算，時刻歴応答解析）

住宅・非住宅を共に対象とした診断方法で、建築基準法における保有水平耐力計算の考え方をを用いて、上部構造の評点を算出する方法です。また、基礎－土台接合部（アンカーボルト），横架材同士の接合部については、本診断と別途検討が必要です。

4.5 耐震診断指針を使用した診断

(一財)日本建築防災協会「2012年改訂版木造住宅の耐震診断と補強方法」を参照しながら耐震診断を行いましょう。詳細については(一財)日本建築防災協会HPをご参照ください。

【指針と解説編】

改定の趣旨

- 第1章 適用範囲と概要
- 第2章 誰でもできるわが家の耐震診断
- 第3章 一般診断法
- 第4章 精密診断法1 保有耐力診断法
- 第5章 精密診断法2
- 第6章 補強計画
- 第7章 補強方法
- 第8章 調査方法

【例題編・資料編】

例題編

- 第1章 一般診断法による診断例
- 第2章 精密診断法による診断例

資料編

- I. 耐震診断法の参考資料
- II. 木造住宅の地震被害例

(一財)日本建築防災協会 2012年改訂版木造住宅の耐震診断と補強方法

URL : <https://kenbokyo.jp/book/item.html?bid=56>



4.6 認定ソフトウェアを使用した診断

Point 16

認定ソフトウェアは診断結果の見える化が容易

代表的な耐震診断関係の認定ソフトウェアの特徴等を表4-3に示します。これらを活用することで効率良く診断を実施でき、住まい手に診断結果をより具体的に説明することができます。

表4-3 代表的な認定ソフトウェア一覧 ※金額は2021年8月現在

| ソフト名 | 製作元 | 金額 (定価・税込) | 一般診断法 | | 精密診断法 | | N値計算 | | 建防協 プログラ ム 評価 | 備考 |
|-------------------------------------|-----------------|---|------------|--------------------|-------|------------|------------|------|------------------------|--|
| | | | 方法1 総2階 | 方法2 精算法 (偏心) | I | II | 一般区域 | 多雪区域 | | |
| Wee2012 Ver.2.0.0 | (一財)建防協 | ¥13,200 | ○ | ○ | × | × | × | × | 有 | |
| 木住協耐震診断プログラム 2012 Ver.1.3 | (一社)木住協 | ¥44,000 | ○ | ○ | ○ | × | ○ | ○ | 有 | 会員価格¥22,000 (20部以上の一括購入で会員価格適用) |
| HOUSE-DOC Ver.5 | (株)構造システム | ¥162,000 | ○ | ○ | ○ | × | ○ オプション | - | 有 | ※オンライン価格¥145,800 ※N値計算¥32,400(オンライン¥29,160) ※精強設計支援ツール搭載 |
| ホームズ君 「耐震診断Pro Ver.4.3」 | (株)インテグラル | ¥176,000 | ○ | ○ | ○ | ○ オプション | ○ オプション | ○ | 有 | ※会員価格¥137,500 ※N値計算¥52,800 ※精密診断法II(限界耐力計算)¥52,800 ※精密診断法II(保有水平耐力計算)¥165,000 |
| 安心精密診断 2012一般/2012- 1/2012/-2 | (株)デンコー | 2012一般 ¥120,000 (一般診断のみ) 2012-2 ¥220,000 (精密診断Iまで) 2012-2 ¥350,000 (精密診断IIに対応) | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | - | 有 | ※メンテナンス料は年額制 精密診断Iまで ¥15,000 精密診断IIまで ¥30,000 |
| 耐震チェッカー Ver.2 | (株)ハウテック | ライセンス販売 90日 ¥8,640 180日 ¥16,200 365日 ¥29,808 1095日 ¥71,928 | ○ | ○ | ○ | × | ○ | - | 有 | 建築CAD「せっけい倶楽部Ex」(¥9,504)で作成 したプランデータを取り込み自動診断可能 |
| 木耐博士N Ver.3.0.2 | エイム(株) | ライセンス制 3ヶ月 ¥8,800 1年 ¥26,400 3年 ¥57,200 | ○ | ○ | × | × | ○ | × | 有 | |
| 達人診断 Ver.1.0 | (株)えびす建築 研究所 | ¥55,000 | ○ | ○ | ○ | × | ○ | ○ | 無 ※申請中 | ※1年ごとに更新:更新費¥16,500 ※減災協認定工法が登録済 |

4.7 耐震補強・改修の検討について

4.7.1 低コストな補強法のポイント

Point 17

補強箇所をイメージした現地調査を実施し，耐震診断に反映補強できる箇所だけでなく，補強できない箇所も確認

補強設計の前に現地調査を実施し，壁の仕様や配置を確認し耐震診断に反映させましょう。現地調査では，非破壊調査で床下点検口，押し入れの天井から，筋かいの有無や接合金物の有無や土台の腐朽箇所など，確認できることがありますので，必ず確認しましょう（図4-2）。また，工事の手戻りを避けるため，耐震改修を前提に補強する箇所だけでなく，補強ができない箇所も確認しておきましょう。



図4-2 現地調査における調査ポイント

Point 18

できるだけ解体箇所を減らす

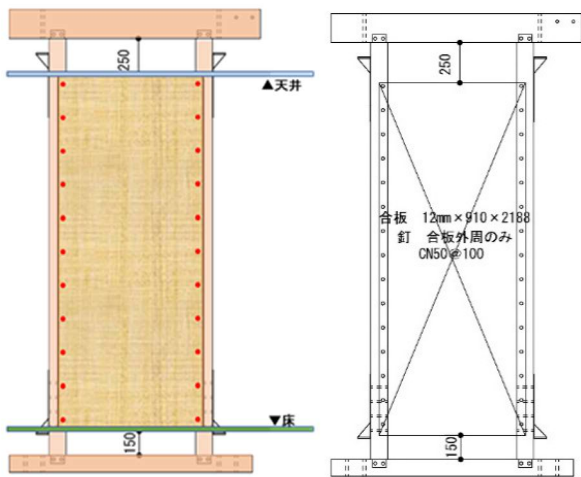
新築の工事とは違い，壁や床，開口が既にあり，自由に設計や工事が出来ないのが，耐震改修設計・工事の難しさです。仕上げがなければ，簡単に筋かいをいれることもできます。しかし，耐震改修では既に仕上げがあるため，可能な限り仕上げを壊さずに改修できるかが鍵になります。建物外側からの補強をする場合，木ずりモルタル壁を解体し耐震補強をすると外壁の産業廃棄物の処理，アスベストの問題が発生します。また，天井や床の一部を解体し補強すると復旧工事が必要になり，当該の部屋全面の床や天井を張り替えることにもなり工事費が増えます。内外装を解体することは「解体手間＋廃棄物の処理＋復旧手間」など，時間もコストもかかります。安価に工事をするためには解体範囲をできるだけ少なくし，壁や接合金物を補強する計画を作成するかがポイントです。そのため，耐震改修に適した工法を知ることが重要です。例えば，床と天井を壊さずに柱に構造用合板を打ち付けるタイプや，住宅外側から鉄骨ブレースを設置する工法などがあります。詳しくは，（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/

解体範囲を少なくするためには、天井や床などの仕上げ材を解体することなく、耐震部材を設ける耐震改修用の工法を利用することです。また、柱頭、柱脚部の補強金物も新築用の製品であると柱頭の施工が難しいですが、耐震改修用の金物を使用することで、天井を解体することなく補強ができます。

Point 19 天井や床を解体せずに壁を補強（道総研オリジナル工法）

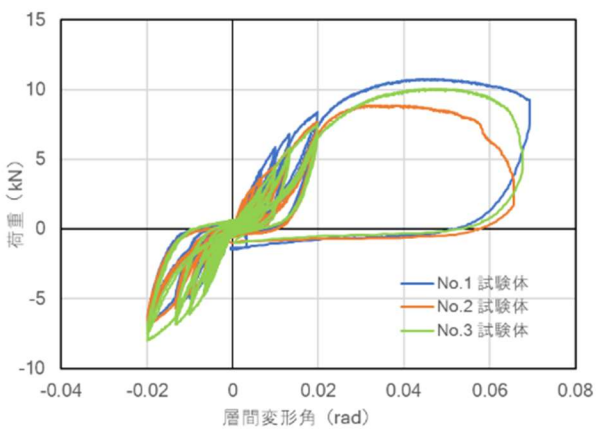
道総研建築研究本部において、天井と床を解体せずに構造用合板（12mm）を柱に釘で打ち付ける工法の実験を行い、補強後の耐力を確認しました。本工法では3×6版ではなく3×8または3×9版を用いて合板の継ぎ目をなくし、1枚版として柱にのみ釘（CN50）を100mmピッチで留め付けます。上下の受け材や胴つなぎが不要で、間柱に釘でとめる必要もなく、非常に簡単に施工できます。実験結果から、筋かい45×90（片側）と同等以上の耐力があることを確認しています（図4-3）。



(a) 試験体図



(b) 加力試験状況



(c) 試験結果（荷重—変位関係）

- 天井と床を壊さずに施工可能
→ 低コストかつ工期短縮
- 壁基準耐力 3.67～4.95 kN/m
（低減係数 $\alpha = 1.0$ の場合）
→筋かい 45×90 壁基準耐力
（3.2 kN/m）と同等以上の性能
- 天井・床を解体する筋かい工事より
2割程度コストダウン

図4-3 構造用合板を利用した低コストな補強方法

Point 20

弱い壁を多数配置してコンクリート基礎補強を避ける

古い住宅の基礎は、無筋のコンクリート製がほとんどです。そのため、ひび割れが発生し進展すると、脆く折れて破損してしまいます。また、1970年以前に建てられた住宅では、束基礎タイプやコンクリートブロック製の基礎もあります。これらのタイプの基礎は2章でも述べたように、地震時には大きな被害を受ける可能性が高くなります。

基礎を補強することは工事費が高額になるため、1970年以前の住宅は建て替えが望ましいと考えます。補強する場合、費用がどの程度かかるのか見積もりをし、住まい手に事前に伝えることが重要です。しかし、無筋のコンクリートにおいても必ず補強が必要なわけではありません。強い壁には強い基礎が必要ですが、弱い壁に強い基礎の必要性がありません。無筋のコンクリートなどの弱い基礎には、弱い壁を多数分散して配置できれば、基礎工事が減り安価な工事費で済む場合もあります。

基礎を補強する場合(図4-4)は、(一財)日本建築防災協会の「木造住宅の耐震補強の実務」のP.83を参考にしてください。

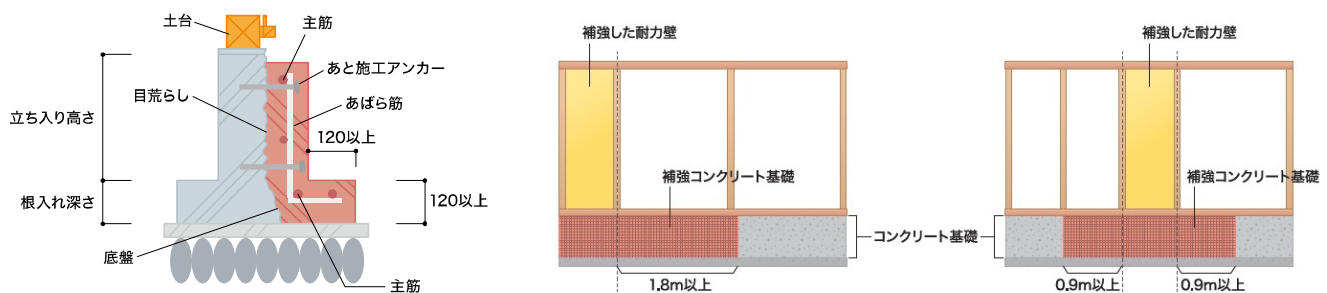


図4-4 鉄筋コンクリート基礎補強と補強範囲

Point 21

出隅の連層耐力壁の配置は避ける

住宅の四隅の柱(出隅部分)は、他の柱と比べて屋根や床を支えている面積が小さいため、軸力が小さく、地震時には大きな引き抜き力が発生するため柱が土台から抜け出しやすくなります。この位置の1階と2階に筋かいまたは合板貼りの耐力壁がある場合、地震時には非常に大きな引張軸力が生じるため、これに耐えられるだけの補強金物が必要になります。また、コンクリート基礎にホールダウン金物が必要になり、基礎をコンクリート増し打ちする必要もあるため、工事費が高額になります。出来るだけ、出隅の連層耐力壁の配置は避け、中柱などを利用することで低コスト工事が可能です。

Point 22

意匠デザインの工夫で低コスト化

外壁や内壁を部分的に耐震改修する場合でも、その周りも解体しなくてはならず、解体と復旧で余分な費用がかかります。また、復旧後の見栄えも住まい手としては気になるところです。耐震改修工事は、住まい手からみると無駄な費用が発生しやすい工事です。できるだけ解体せずに済む方法を提案し、なお予算に余裕があれば別のリフォーム工事と同時にすることが合理的であることを説明しましょう。

部分的な改修は、改修部の仕上げ工事が中途半端に受け取られがちです。そこで、室内に補強壁を新設する場合には、あえて筋かいを露出させ見通しをよくする、あるいは造作家具にするなどのデザインを提案してはいかがでしょうか。こういったことにより、コストを抑えることができます。また、既存部分と色調を変えてデザインするなど、改修する部分を少なくすることでコストを抑える提案・工夫が必要です。

Point 23

改修費用、工事期間、家具の移動の可否等を 住まい手に十分説明する

住まい手から耐震改修工事に関する予算、必要としている性能、工事に対する不明点及び同時に改修したい部位の有無等をしっかり聞き、予算内で希望している性能を提案できれば耐震改修工事の実施につながると考えます。住まい手によっては、耐震改修に掛けられる費用も異なりますので、予算にあった耐震改修を提案することが重要です。大事なことは、希望する予算内で最大限の補強工事を行い、少しでもリスクを減少させることです。住まい手への説明資料としては、1章から3章を使用していただければと思います。尚、補助金を申請する場合には、最新の情報も常に収集しておきましょう。

工事の説明では、改修費用や改修方法、工事期間、引越しは必要か、家具の移動が必要か、騒音や工事車両の近隣対策等、住まい手の疑問や不安な気持ちを少しでも低減させられる説明を心がけましょう。住まい手とのコミュニケーションが重要になります。

4.7.2 耐震改修計画の考え方

Point 24

診断結果から弱点を見つける

耐震診断結果では評点のみに注目するのではなく、壁端柱の柱頭・柱脚接合部の種類による耐力低減係数「 K_j 」、耐力要素の配置などによる低減係数「 eK_{fi} 」の値に注目してください。

「 K_j 」は基礎や耐力の組み合わせによっては、最大で 0.2 倍まで耐力壁の耐力が低減されます。

「 eK_{fi} 」は、壁配置のバランスが悪いと住宅全体の耐力が最大で 0.45 倍まで低減されます。

上記より、柱梁接合部の補強（特に 2 階柱）と壁の配置のバランスを改善するように耐力壁を配置することで評点が効率的に上昇します。

尚、本マニュアルで推奨している「各階の床面積を考慮した必要耐力の算出法【精算法】」で診断した場合には、必ず偏心率を求めることになっていますので、壁配置のバランスは偏心率と床の仕様による低減係数（ F_e ）で低減することになるので注意が必要です。この場合は、床仕様Ⅲで $F_e < 0.15$ なら低減はなく「1.0」、最大で低減係数が「0.4」となります。偏心率を考慮した方が正確に低減係数を評価できます。

注）床仕様：2 階床と屋根面の仕様のこと、合板貼りが床仕様Ⅰ、火打ち+荒板が仕様Ⅱ、火打ちなしが仕様Ⅲとされている。また、1 階床は上部構造評価に影響しない。

Point 25

建物のバランスを考え筋かいや耐力壁を配置する

耐震補強工法の基本は、耐震診断結果を基に住宅の保有耐力を向上させるための耐力壁や準耐力壁を増設する必要があります。ただし、新築設計とは異なり、すでに部屋割りや壁の位置が決まっていること、仕上げがされているなど、非常に制約が多い中で耐力壁などを増設する必要があります。

また、図 4-5 に示すように、壁配置のバランスが評点を上げるポイントなので、壁の少ない架構の外側に、壁の補強または新設を考えましょう。耐力壁は、枚数が多ければよいというわけではなく、配置バランスが大切です。廊下、仕上げの少ない納戸、押し入れなどが耐力壁を配置しやすい場所になります。



図 4-5 耐力壁の配置バランスによる違い

Point 26

柱脚・柱頭を N 値計算に基づく合理的な接合金物で補強する

合板又は筋かいで補強した軸組の柱の柱頭柱脚の仕口には、①軸組種類と柱の配置に応じて決められた接合金物を用いる方法、②N 値計算し必要な接合金物を用いる方法が示されています。N 値計算をする方がより合理的で無駄のない配置が可能になるため、低コストな工事につながります。

N 値計算により、①の方法による金物よりも、必要耐力の小さな金物で十分な場合もあり、現場施工も楽になります。金物の必要耐力は 10kN（告示表 3 の（へ））以下とするのが効率的です。これは 10kN を超えると HD 金物使用時に基礎とアンカーボルトを固定する工事が増えるためです。

耐震診断時と同様に、耐震改修計画時にも N 値計算は必須です。道内では積雪も考慮した診断が必要になります。図 4-6 に①の方法による金物仕様と②N 値計算による金物仕様の比較を示します。積雪考慮の場合には、隅柱以外の接合部金物は告示仕様のほとんどが「（い）短ほぞ差しまたはかすがい程度」の接合部で十分となります。特に、追加する壁の端部柱の金物は、N 値計算を満足した場合に接合部 I となります。接合部 I では、ほぞ差し・かすがいがあれば耐力低減率が緩和され工事が減り作業が効率化される場合もあります。

強度が高い壁を設けると強度の高い接合金物が必要になります。図 4-7 に示すように引張力が大きいと土台を破壊してしまうので、コンクリート基礎にアンカーボルトを新たに設けて引

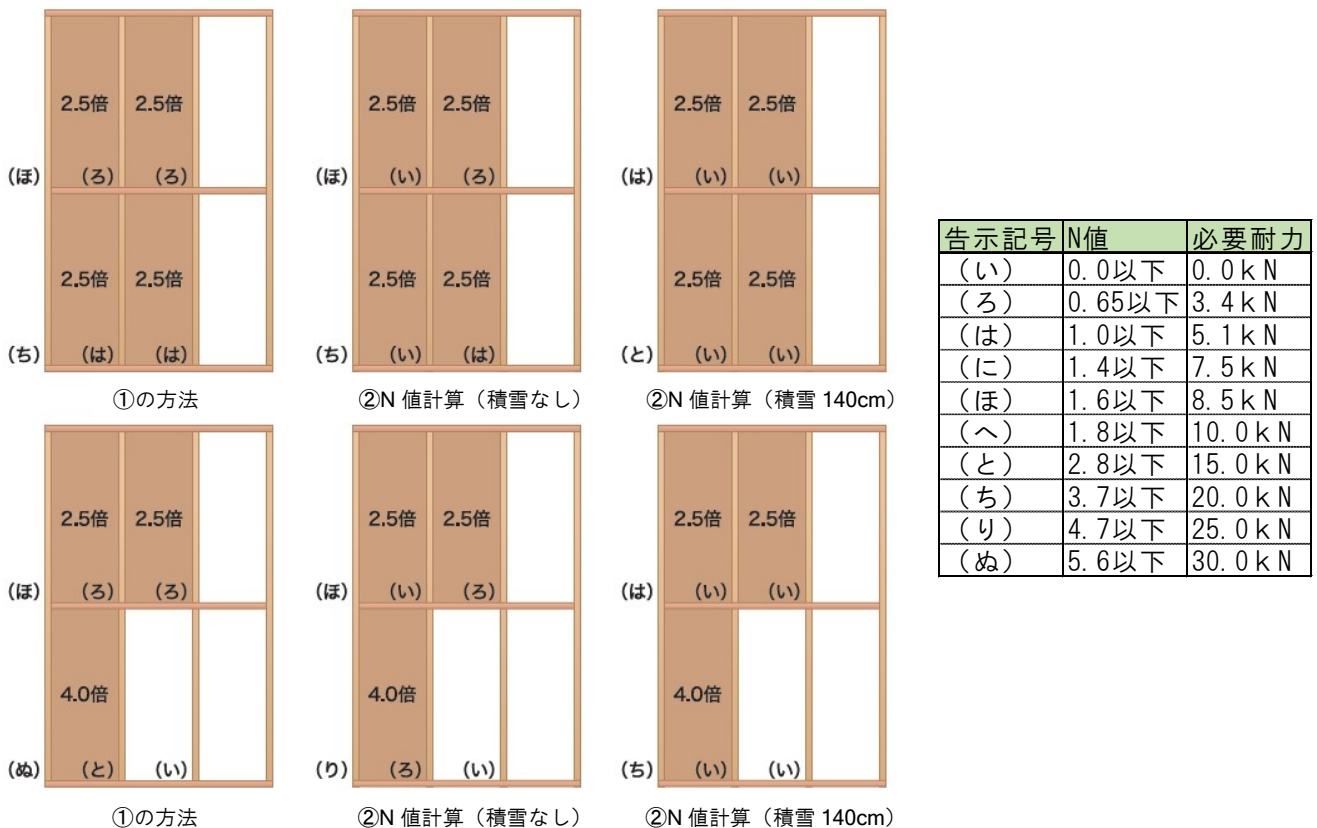


図 4-6 金物仕様と N 値計算により決定した必要金物の比較

張力に抵抗する必要があります。コンクリート基礎にアンカーボルトを緊結するには、木の土台の上からドリルでコンクリートを削孔し、穴を念入りに清掃したあとに接着剤をいれアンカーボルトを固定する工法（図 4-8）や、繊維テープや特別な金物で補強する工法もあります。

耐震壁を増設した場合には、M12 アンカーボルト（あと施工アンカー）を柱から 200mm 以内に両柱に設けるようにしてください（図 4-9）。HD 金物を使用する場合には、コンクリート基礎とアンカーボルトで直接固定することになるため、あと施工アンカーボルトの工事が必要です。さらに、既設土台と基礎を緊結するアンカーボルトも必要になります（図 4-8）。

N 値計算の詳細は、（一財）日本建築防災協会「2012 年改訂版 木造住宅の耐震診断と補強方法」P.38 をご参照ください。

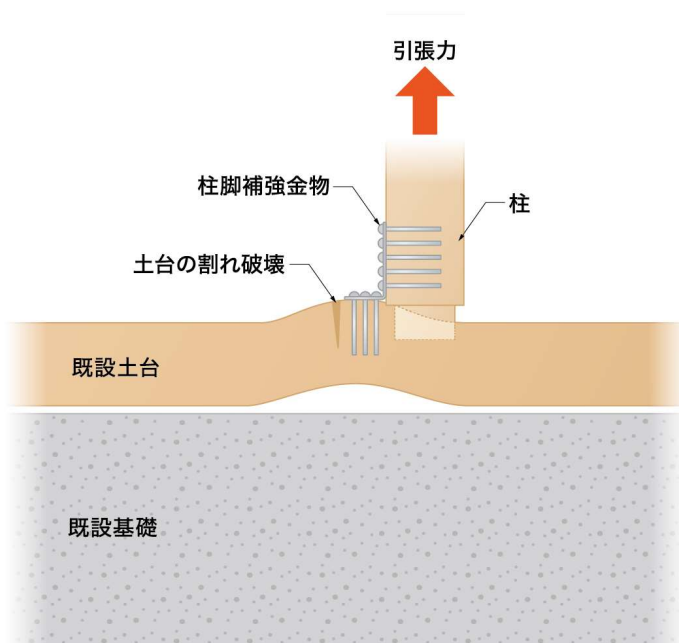


図 4-7 柱引張力による土台の割れ破壊

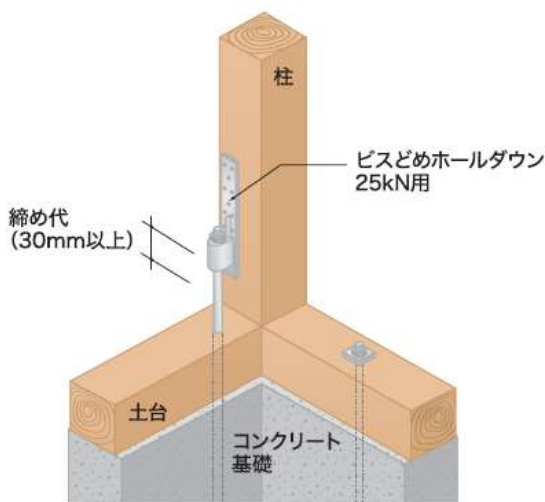


図 4-8 アンカーボルトを使用した既設土台と基礎の緊結

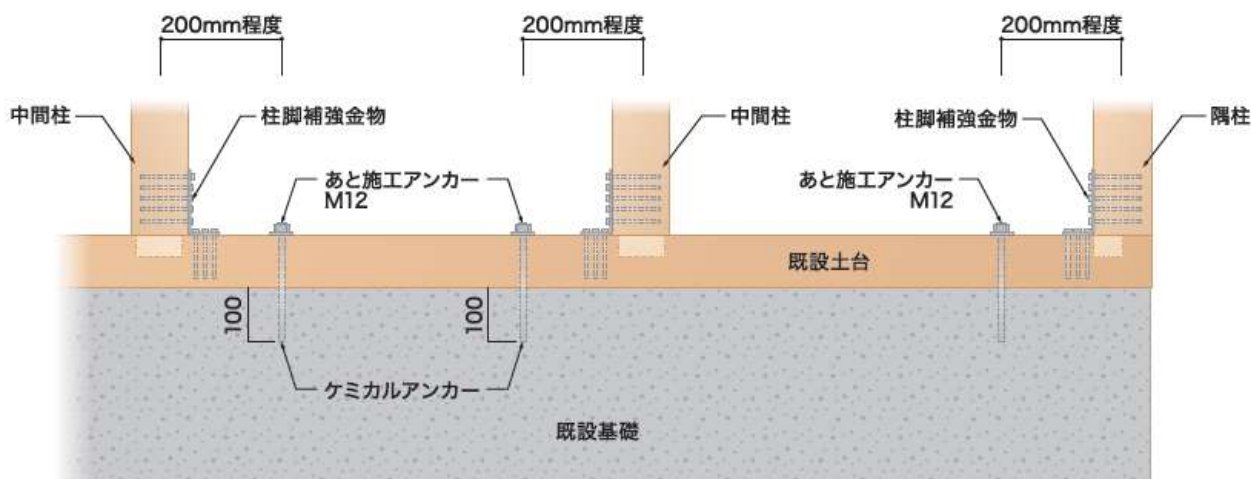


図 4-9 耐震壁を増設した場合の土台基礎の固定

Point 27

同一柱の柱頭・柱脚の金物は同一仕様で取り付ける

柱の引き抜き力は柱脚だけではなく柱頭にも発生するので、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 28

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る

1 階柱頭と 2 階柱脚の柱を緊結する場合は、アンカーボルトが通しになるため耐力の大きい方の金物を取り付ける必要があります（図 4-10）。例えば、N 値の設計上、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

Point 29

外周土台や水周り箇所の腐朽を確認し交換

事前の現地調査や耐震改修工事中に、劣化が確認された部材は交換を行ってください。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。木材に腐朽がなく健全であれば耐力劣化は少ないです。劣化部材を交換し、柱脚の接合部金物を取り付けるだけで耐震性（評点）が向上します（図 4-11）。

解体住宅の劣化調査を行った際の腐朽状況を写真 4-6 に示します。1 階水下側土台部分（写真左）と台所部分の大引（写真右）の状況です。腐朽は 1 階部分に集中し、水がかりのある土台部分に多く見られました。耐震診断前の現地調査では床下調査を行い、1 階土台の状況を把握することが重要です。

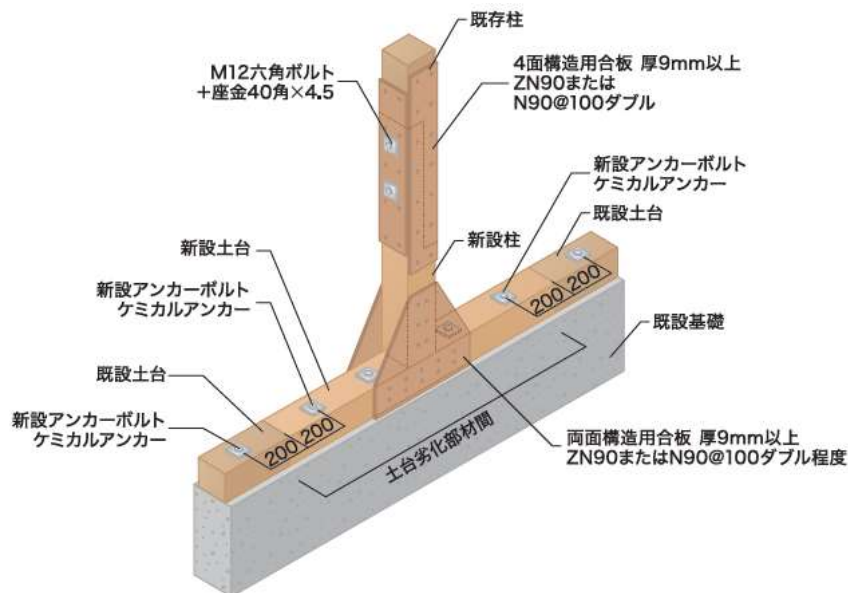


図 4-11 木材腐朽による劣化部材（柱・土台）の交換



写真 4-6 解体住宅における部材の腐朽状況

4.7.3 店舗併用住宅の耐震改修について

Point 30

店舗併用住宅の耐震改修は、木質門形フレーム等の活用により店舗空間を確保

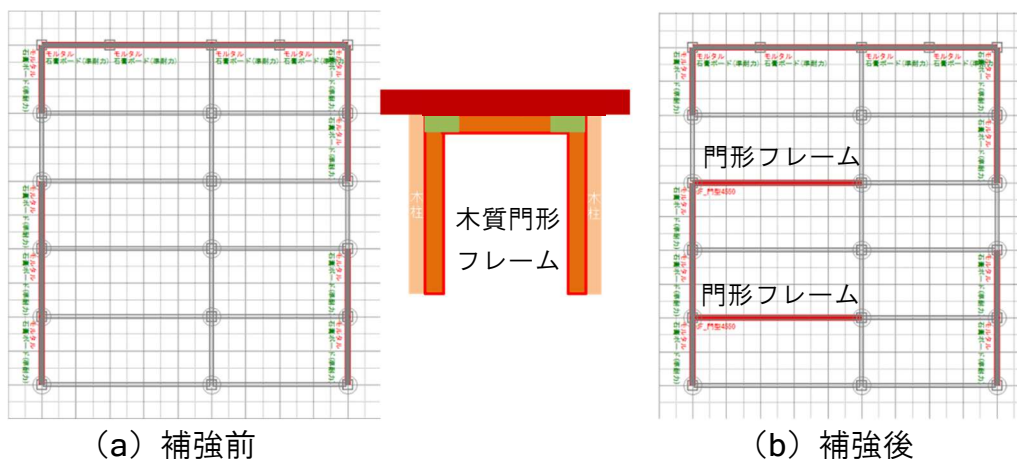
胆振東部地震では、古い店舗併用住宅の1階に変形が集中し、倒壊した建物が複数確認されました（写真4-7）。倒壊の原因は、旧耐震基準で建てられた住宅であることに加え、1階店舗部分は用途上、間仕切り壁を設けていないなど壁量が著しく少ないことが挙げられます。さらに店舗後方に住宅部分があると、壁配置も著しく悪いことも要因です。店舗内を開放的にするため、本数の少ない柱にスパンの長い（3640～5460mm等）横架材を使用したケースが多く、横架材には軽量鉄骨材が使われているものもありました。そのため、建物の評点は著しく低い（0.1～0.3程度）ものと思われます。



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を変えずに低コストで補強することが難しく、リノベーションやフルリフォームによる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。



(a) 補強前

(b) 補強後

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/>

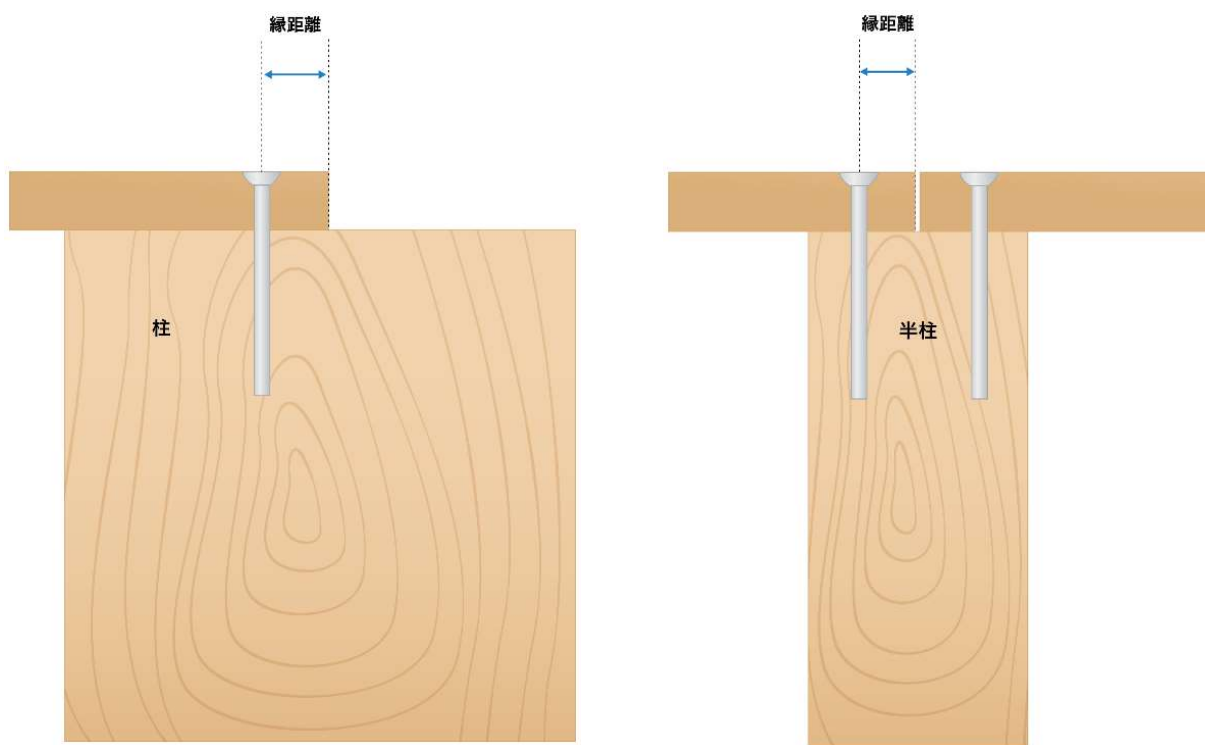
4.7.4 耐震改修工事の注意点

Point 31

釘は種類，間隔，縁距離寸法に注意

CN 釘と N 釘では耐力が異なるので、工法ごとに指定されている種類の釘を使用しましょう。また、指定の間隔より細かく釘を打つと必要以上に壁耐力が増え、柱脚や基礎を破壊する恐れがあるため間隔を守り、釘を打ちましょう（図 4-13）。

なお、縁距離が少ないと合板の割け等が発生することがあります。少なくとも 15mm 以上（可能なら 20mm）縁距離を確保しましょう。



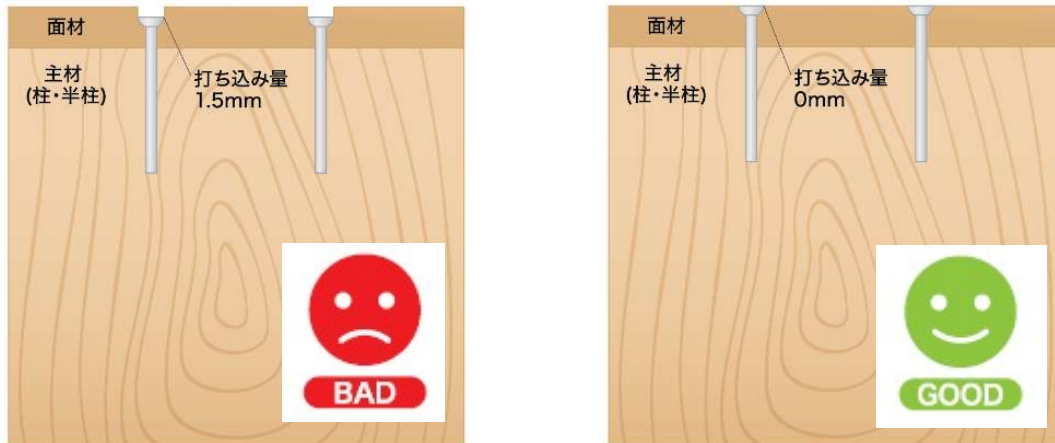
参考文献：面材耐力壁の構造特性に与える釘の施工精度の影響に関する実験的研究
（その 1. 釘の合板に対する縁距離の影響について）

日本建築学会大会学術講演梗概集，構造Ⅲ，pp.227-228，北海道 2013 年 8 月

図 4-13 部材への釘打ち込みの詳細図

Point 32

ネイルガン等で釘を打ち込む際は、釘頭のめり込みに注意
(打ち込み量は 1mm 以下に)



参考文献：面材耐力壁の構造特性に与える釘の施工精度の影響に関する実験的研究
(その2. 釘の打ち込み深さの影響について)

日本建築学会大会学術講演梗概集，構造Ⅲ，pp.229-230，北海道，2013年8月

図 4-14 面材への適切な釘の打込み量



(a) 釘の頭抜け破壊



(b) 釘の引き抜け破壊

写真 4-8 釘による典型的な破壊例

Point 33

木口面への釘の打ち込みは避けましょう

柱頭や柱脚の接合金物を留め付ける際、釘やビスの打ち込み方向と木口の繊維方向が同じになるため、木の繊維との摩擦が小さく十分な力が発揮されません。土台端部などで金物を使用する場合は、木口面への釘の打ち込みは避けてください（図 4-15）。

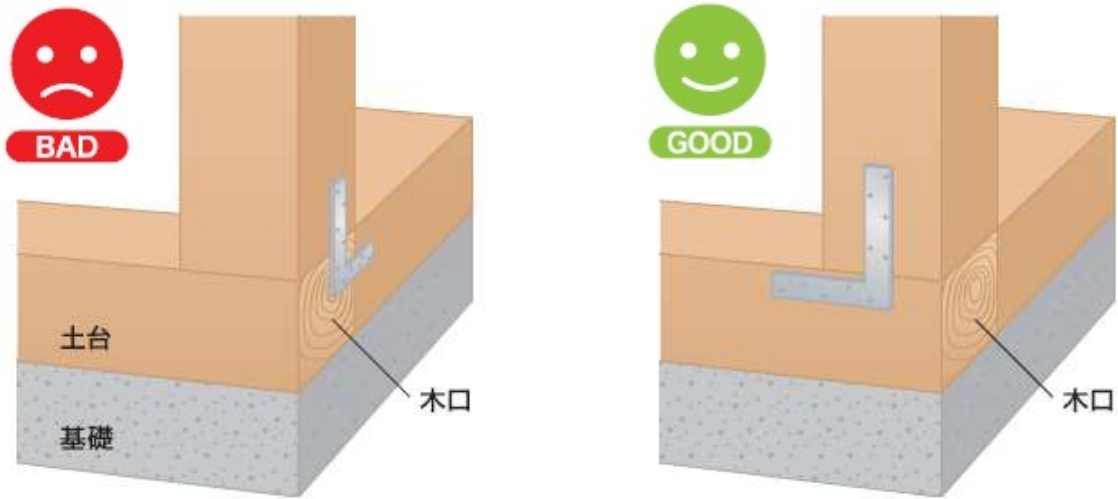


図 4-15 土台周りの適切な釘の打ち込み

Point 34

あと施工アンカーボルトの施工手順を守りましょう

あと施工アンカーボルトの施工の流れを図 4-16 に示します。定着力を確保するため、削孔した穴はブローアと専用ブラシで徹底して清掃する必要があります。また、使用するアンカーボルトは、先端 45 度片面カットのものや V カットに切断した専用ボルトを使用します。寸切りボルトや丸棒は使用できませんので、注意が必要です。

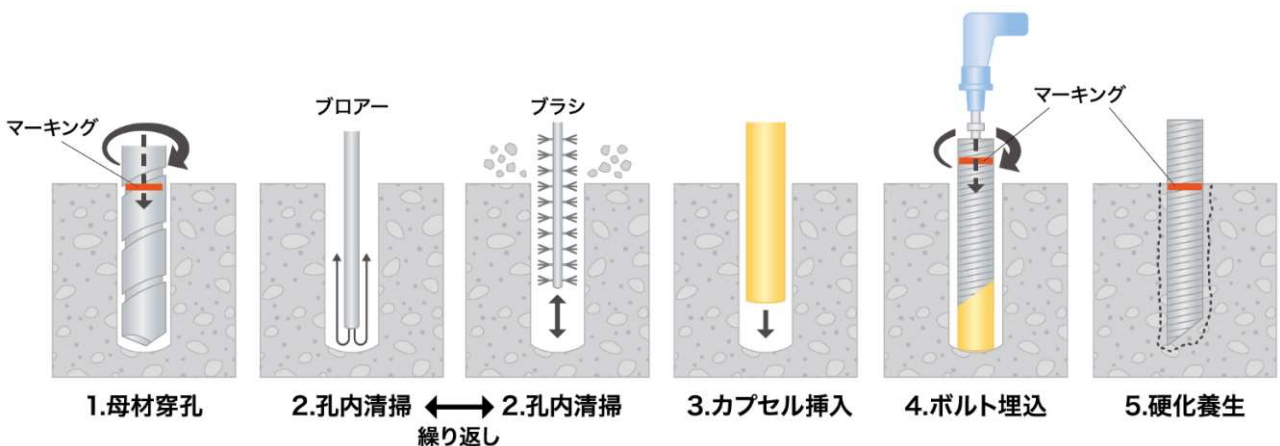


図 4-16 あと施工アンカーボルトの施工の流れ

【その他の注意点】

- ・トラブル防止のため、工事見積書と契約書を作成し、必ず工事契約を結びましょう。
- ・メーカー工法の設計や施工を行うには、指定講習等での認定される必要がある場合が一般的です。
- ・各工法の設計や施工の方法を熟知しましょう。（設計・施工マニュアルの参照）
- ・施工前、施工中、施工後の工事記録（写真撮影等）を取りましょう。補強部材、柱頭柱脚の接合金物、アンカーボルト位置、くぎ間隔は忘れずに撮影することが、後のトラブル防止になります。仕上げ後に補強状況の確認・説明ができるようにしておくことが重要です。
- ・耐震改修工事は、工事開始後に発覚した予想外の状況（腐朽が激しい、図面上の部材が存在しないなど）で設計変更が発生することが多い工事です。設計変更に伴い、工事契約の変更（工事金額の増）が想定されることを事前に住まい手へ説明しておきましょう。

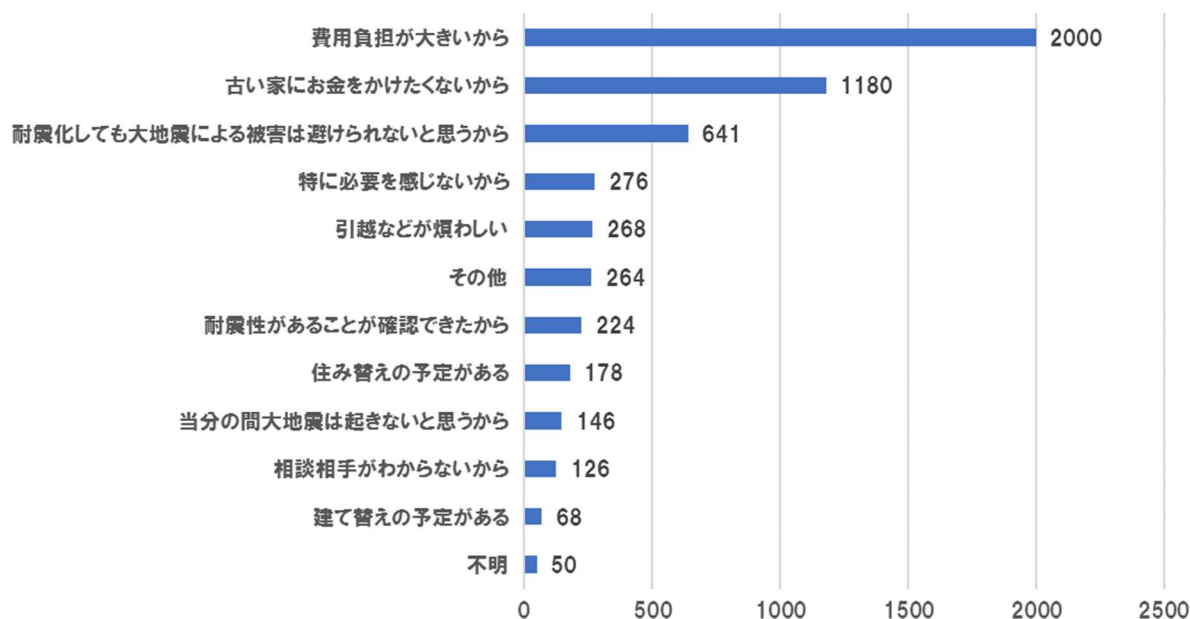
5. 耐震改修コストについて

Point 35

耐震改修工事の工事費はおよそ 150～200 万円程度
(家具の移動や引越等は除く)

耐震改修にかかるコストは、住まい手が一番不安に思うことです。木造住宅の耐震補強が進まない理由の一つに、工事費用の負担が大きいことや古い家にお金をかけたくない等の理由があります(図 5-1)。実際にどの程度の耐震改修工事の目安の金額を住まい手に知らせることは重要なことです。耐震改修を考えている住まい手と設計者や施工者が耐震改修工事の内容について話し合う際、工法やコスト等を具体的に提示することが必要です。しかしながら、耐震改修にかかる工事費は、住宅の建築年代、規模、補強法により異なりますので一概に言えないのが実情で、坪単価または㎡単価などの目安も公開されたものではありません。

耐震改修工事にかかる主な工事費の内訳としては、外壁側から補強する場合、外壁の解体・復旧や耐力壁・補強金物の新設、建具の取り換え、仮設足場等があります。内壁側からの補強の場合には、内壁・天井の解体・復旧や耐力壁・補強金物の新設、天井・壁の仕上げの復旧、養生費、清掃費がかかります。また、その他にコンクリート基礎の補修費や土台の腐朽部材の交換費用などがかかる場合があります。また、住まい手が負担する費用として、引越しや借り住まい費用が発生するのかなどの情報も必要です。住みながらの工事が可能かで費用負担が大きく変わりますので、事前に説明することが重要です。



出典：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」
図 5-1 耐震改修の予定がない世帯における耐震改修を実施しない理由

参考までに、日本木造住宅耐震補強事業者共同組合が平成 25 年 8 月に発表した「木耐協 耐震診断調査データ」によると築 40 年以上で 1 階床面積が 60～80 m²未満の住宅で約 200 万円、1 階床面積が 80 m²以上で約 250 万円となっています。

(一財)日本建築防災協会が公開している「耐震補強工事費の目安」では、木造住宅(2階建て)では 100～150 万円で行われることが最も多く、半数以上が約 190 万円以下(中央値は 186 万円)で行われているとされています。また、(一財)日本建築防災協会では、耐震診断結果を基に耐震改修の工事費の目安を求める以下の式を提案しています。

$$\text{耐震改修工事費(万円)} = 17.4 \times (\text{評点差} \times \text{延床面積(m}^2\text{)})^{0.53} \text{ ※}$$

評点差 = (耐震改修後の評点 - 耐震改修前の評点)

※ × 0.53 ではなく 0.53 乗です。計算時には注意してください。

例 1 延床面積が 120 m² 補強前の評点 0.3 補強後の評点 1.0 の場合
耐震改修工事費(万円) = 17.4 × ((1.0 - 0.3) × 120)^{0.53} = 約 182 万円

例 2 延床面積が 120 m² 補強前の評点 0.3 補強後の評点 0.7 の場合
耐震改修工事費(万円) = 17.4 × ((0.7 - 0.3) × 120)^{0.53} = 約 135 万円

この耐震改修工事費は、建物の状態や工事の条件等に応じてばらつきがあるため、あくまで概ねの費用の目安を知るための参考値になります。

尚、耐震補強工事の前に必ず実施する耐震診断の参考費用等についても「(一財)日本建築防災協会【事業者向け】木造住宅の耐震化推進テキスト」に参考費用が公開されています。これによると、一般診断法での耐震診断(図面有)の費用目安は約 5～20 万円で診断期間が 1 週間～1 か月程度、精密診断法 1 の場合では、耐震診断の費用目安は約 10～30 万円で診断期間が 1 か月～2 か月程度とされています。

6. リフォームと耐震改修

6.1 リフォームについて

Point 36

リフォームと同時に耐震改修を行う方が合理的

住宅のリフォームには、クロス貼替や設備機器の更新のような規模の小さなものから、外壁の張替や間取り変更のような規模の大きなものまで、様々なケースがあります（表 6-1）。住宅躯体にまで手を加えるようなリフォームの場合、同時に耐震改修を実施すれば、より合理的に耐震補強が可能なケースが多く、耐震改修をあとから行った場合と比べ経済的負担を減らし、少ない手間と時間で改修ができます。そのため、「リフォームで耐震性もアップ」を合言葉に、居住者にはリフォームと同時に耐震改修を行うメリットを説明し、働きかけていくことが重要です。

表 6-1 リフォームの代表例

| | |
|----------|--|
| 小規模リフォーム | ○クロス張替え ○家具の交換 ○設備機器の更新 ○床板の張替え |
| 大規模リフォーム | ○外壁の張替え ○間取り変更 ○屋根の葺替え ○バリアフリー化 ○断熱工事 |

【耐震補強工事が可能なリフォーム例】

①耐力壁の増設およびバランス改善

外壁の張替えや間取り変更の機会を利用し、構造用合板や筋交い等を用いた地震に強い耐力壁を作ります（図 6-1）。また、耐力壁の量が十分な場合でも、配置のバランスが悪いと、地震時にねじれが発生するなどの危険性があります。間取りを変更する際は、この点も十分検討しましょう。



図 6-1 耐力壁増設・バランス改善

②基礎の補強

床板の張替え時には床下の基礎周りを確認できる機会です。経年劣化や地震被害等で基礎部分の耐震性能が十分に確保されていないと考えられる場合、既存基礎へのコンクリート増し打ちによる基礎の補強が必要になります（図 6-2）。また、家屋の土台部分と基礎は金物等を使い、緊結して固定することが重要です。

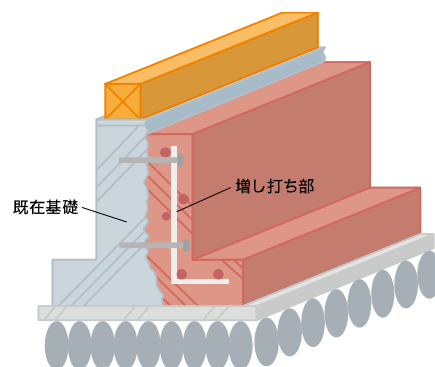


図 6-2 増し打ちによる基礎の補強

6.2 床下改修時の基礎の補強

築年数の経過した住宅では、基礎に玉石基礎や束基礎が使用されている場合があります。玉石基礎や束基礎は、地震の揺れによる沈下や基礎柱とのずれが生じたりすると、床面が大きくたわむなどの被害が発生し、住宅での生活が困難になります。

床下を改修する場合には、基礎まわりを確認し適切な補強を施してください。また、地震被害を受けて基礎部の復旧を行う場合、ジャッキアップの際に基礎部を直接確認することができますので、併せて補強を行うことで耐震性の向上が見込めます。



独立柱の基礎補強（根巻足固め）

- ・基礎部にコンクリート根巻による補強を行う。
- ・ホールダウン金物を導入して独立柱と基礎部を固定する。



写真 6-1 独立柱の基礎補強の施工例

出典：木造耐震ネットワーク知多

<http://www.taishin-chita.net/siryou.html>

独立柱に土台を新設し床梁と二重とする工法

- ・土台を設置するための独立布基礎を新設し、アンカーボルト金物を設置する。
- ・三尺ごとに土台と床梁に束を立てて金物で補強する。
- ・予算が許せば土台と床梁にトラス施工を行うことで強固な床梁となり、独立柱が安定する。



写真 6-2 床梁補強の施工例

出典：木造耐震ネットワーク知多

<http://www.taishin-chita.net/siryou.html>

7. その他の減災対策

7.1 外部煙突の転倒防止

道内の木造住宅に見られる外部煙突は、地震時の転倒や落下で通行人への人的被害や隣家への物的被害をもたらす可能性があります（写真 7-1）。外部から目に見える範囲で煙突表面にひび割れやはく落などの劣化がないかを日常的に点検し、劣化が見られる場合は適切な処置を行う必要があります。

外部煙突の耐震補強は一般的に困難な工事となります。鋼製枠による補強方法もありますが、近年の暖房機器は煙突を使用しないタイプも多いため、外部煙突を使用していない場合には、補強よりも解体が経済的です。煙突の撤去も視野に入れた検討も必要です。

【点検・検討項目】

- 1. 煙突表面に目に見える劣化はありませんか
→ひび割れやはく落等がないかを確認します
- 2. 現在、煙突を使用していますか
→暖房機器の更新等で煙突を使用していない場合は撤去の検討を行います



写真 7-1 地震による煙突転倒被害

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

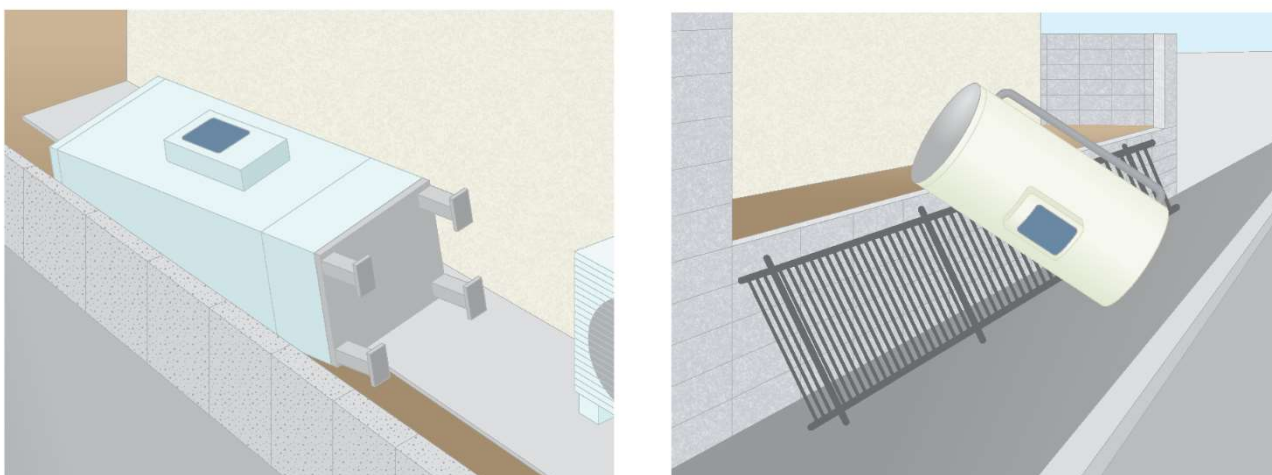


図 7-1 温水機器・貯湯タンクの転倒被害イメージ

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/kikenbutsu/documents/ht_gijyutsu.pdf

【点検・検討項目】

- 1. タンクは束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. 束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



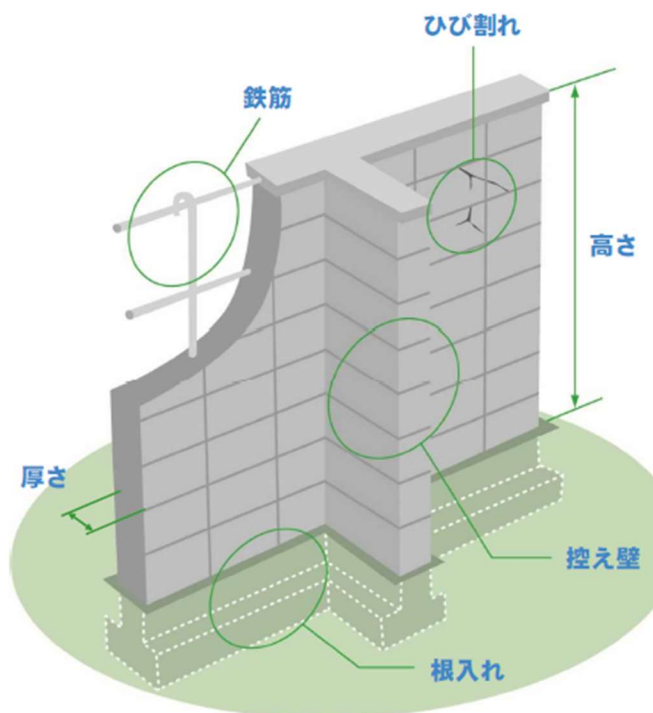
写真 7-2 地震による灯油タンク転倒被害

7.4 コンクリートブロック塀の転倒防止

平成30年に発生した大阪北部地震でブロック塀が倒壊して、児童が亡くなるという痛ましい事故がありました。ブロック塀の外観を確認して以下の点検・検討項目をチェックし、一つでも不適合があれば危険です。不適合がある場合や分からないことがあれば、専門家に相談しましょう。

【点検・検討項目】

- 1. ブロック塀は高すぎませんか
→塀の高さは地盤から2.2m以下ですか
- 2. ブロック塀の厚さは十分ですか
→厚さは10cm以上ありますか（高さが2mから2.2mの場合は15cm以上）
- 3. 控え壁はありますか（塀高さ1.2m超）
→ブロック塀長さ3.4mごとに塀高さの1/5以上の突出した控え壁がありますか
- 4. 基礎はありますか
→コンクリート基礎が施工されていますか
- 5. ブロック塀は健全ですか
→塀に傾きやひび割れはありませんか
- 6. ブロック塀に鉄筋は入っていますか【専門家に確認してもらいましょう】
→ブロック塀の中に直径9mm以上の鉄筋が縦横とも80cm間隔以下で配筋され、縦筋は壁頂部および基礎の横筋に、横筋は縦筋にそれぞれかぎ掛けされていますか
→基礎の根入れ深さは30cm以上ですか（塀の高さが1.2m超の場合）



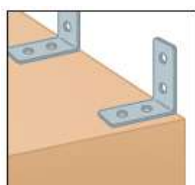
出典：国土交通省 HP 掲載資料

<https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/blockbei.html>

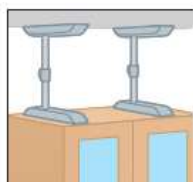
7.5 身の安全を守るための身近な地震対策

地震の揺れによって、住宅内部では家具等が転倒・散乱し、けがや下敷きの発生、避難が遅れる等の可能性があります。家具等の固定や配置を工夫して安全性を高めましょう。

家具の転倒・落下・移動防止の方法



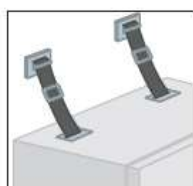
L型金具
家具と壁をねじ等で固定する
下向き取付けの強度が最も高い



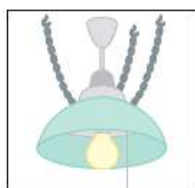
ポール式固定具（突張り棒）
ねじを使わずに家具と天井を固定する
壁や天井に穴をあけたくない場合に有効



粘着固定シート
粘着力のあるゲル状のシートで
家具と床を固定する



移動防止ベルト
壁と家具をベルトで固定し、家具の転倒
や移動を防止する



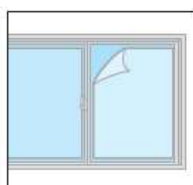
落下防止チェーン
吊り下げ式照明器具等の落下防止
用のチェーン等を使用する



家具固定ストッパー
家具前面下部にくさび形のストッパーを
挟み、家具を壁際に少し傾斜させる

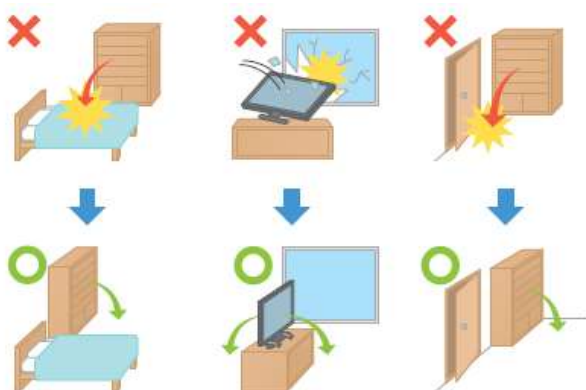


キャスター移動防止具
キャスター付き家具の下に皿状の
器具を置き、移動を防止する



ガラス飛散防止フィルム
ガラス製の窓や扉などに貼るフィルムで
地震時に割れた際の破片飛散を防ぐ

家具配置の工夫



就寝時に家具が倒れてこない配置にする
窓飛散や避難の妨げになる配置は避ける

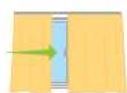
転倒・落下防止のその他の工夫



家具類の上に落下すると危険な
重量物やガラス製品を置かない



重いものを下に、軽いものを上
に収納して家具の転倒防止に



カーテンやレースを日常的に使用し飛散防止フィルムの代用に

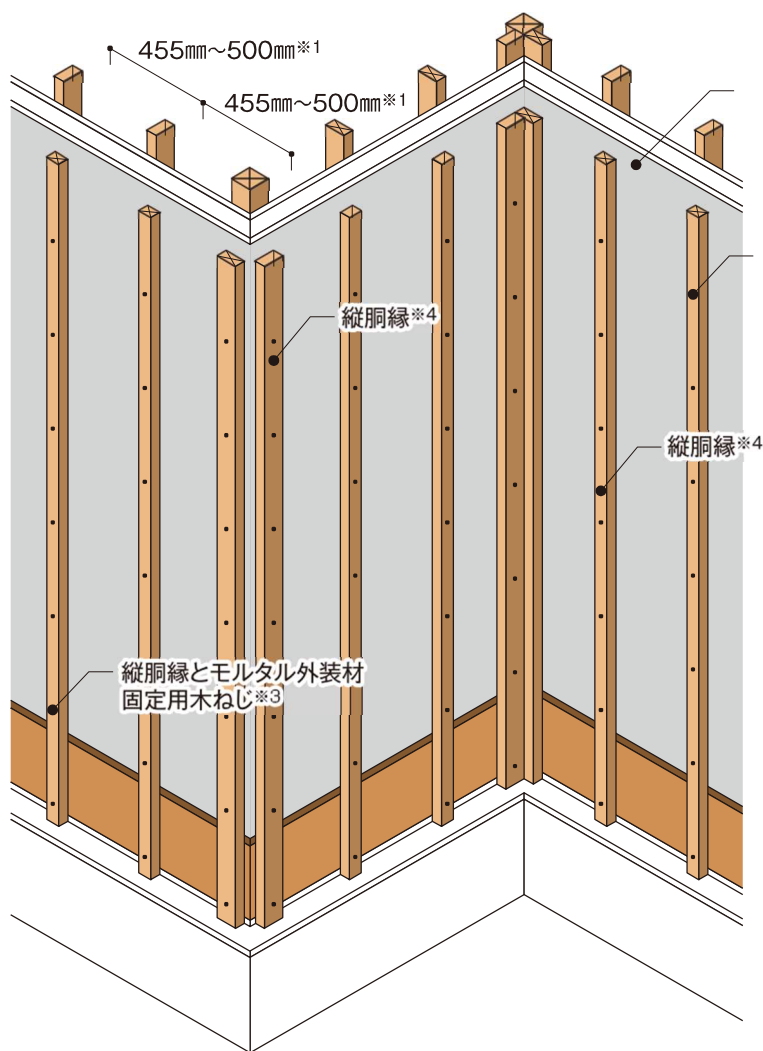


家具の下敷きを防ぐため、寝室
には大きな家具を置かない

7.6 既存モルタル外装を活用した補強工法

モルタル外装材の上から複数の縦胴縁を並列にあてて、柱材・間柱・横架材へ木ねじ（指定のもの）で固定します。これにより、モルタル外装材と軸組みとの固定度が高まり、モルタル層が壁体のせん断抵抗力を高めます。また、縦胴縁はそのまま通気層と外装材下地を形成する胴縁材の下地として使用できます。

本工法の施工により、下記の検証実験時の写真のように、地震時には軸組みと外装材が一体化して変形するため、地震力に対して抵抗する補強効果が期待できます。



本工法の詳しい仕様等については下記資料に記載がありますので、参考としてください。



参考資料

住宅の性能向上リフォームマニュアル 耐震・断熱改修方法 編

発行：北海道建設部住宅局建築指導課

(独)北海道立総合研究機構 建築研究本部

Point 38

被災後でも、モルタル壁と柱を構造用ビス等で 緊結すると一定程度耐力が向上

道総研建築研究本部において、木摺りモルタル壁の加力実験を行いました。写真 7-3 に補強の無い木摺りモルタル壁試験（写真 7-3 (a)）とビス補強した木摺りモルタル壁試験（写真 7-3 (b)）の破壊状況をそれぞれ示します。補強無のモルタル壁試験体では、プラスを留めているタッカー釘が層間変形角 1/100 程度で下地から外れ、モルタル壁全体が剥がれる現象が確認されています。そのため、モルタルには地震による力が加わっておらず、目視上はほとんどひび割れが発生していません。地震後に目視調査でひび割れがないため被害がないように見えても、落下する恐れがあります。打診検査等で浮きがないかを確認することが重要です。

また、モルタル壁に大きなひび割れがない場合には壁に先穴を空けて構造用ビス（パネリード）を柱に 200mm 間隔で留めることで、モルタル壁の早期の脱落が防止できるとともに、壁耐力が向上することを実験で確認しています。写真 (b) に示すように、地震による力を受けて斜め方向のひび割れ（せん断ひび割れ）が多数発生しています。これはモルタル壁が柱と一体となって、地震力に対して抵抗している証しです。



(a) 補強無試験体



(b) ビス補強試験体

写真 7-3 木摺りモルタル壁の加力試験における最終破壊状況

この加力試験では、モルタル厚 30mm の試験体で実施しています。補強無の最大荷重が約 7 kN に対して、ビス補強した試験体で約 17 kN となり、大幅に耐力の向上が見られました(図 7-2)。さらに、被災後の復旧工事を想定し、補強無の試験体にモルタル壁が落下しない程度まで一度加力試験を行った後に、そのモルタル壁に構造用ビス(パネリード)を柱に 200mm 間隔で留めた試験体を再加力しました。その結果、初期の状態よりも耐力の向上が見られ復旧工事として有効であることが確認できました(図 7-3)。実際には、モルタル厚が薄いことやモルタル強度や施工のばらつき、劣化やひび割れ等があり、この実験と同等の耐力向上があるとは限りません。今後、様々な条件で確認試験を重ねる必要はありますが、大きな斜めひび割れがモルタルに見られなければ、構造用ビスでモルタル壁と柱を緊結することで一定程度の耐力向上が見込めると考えられます。

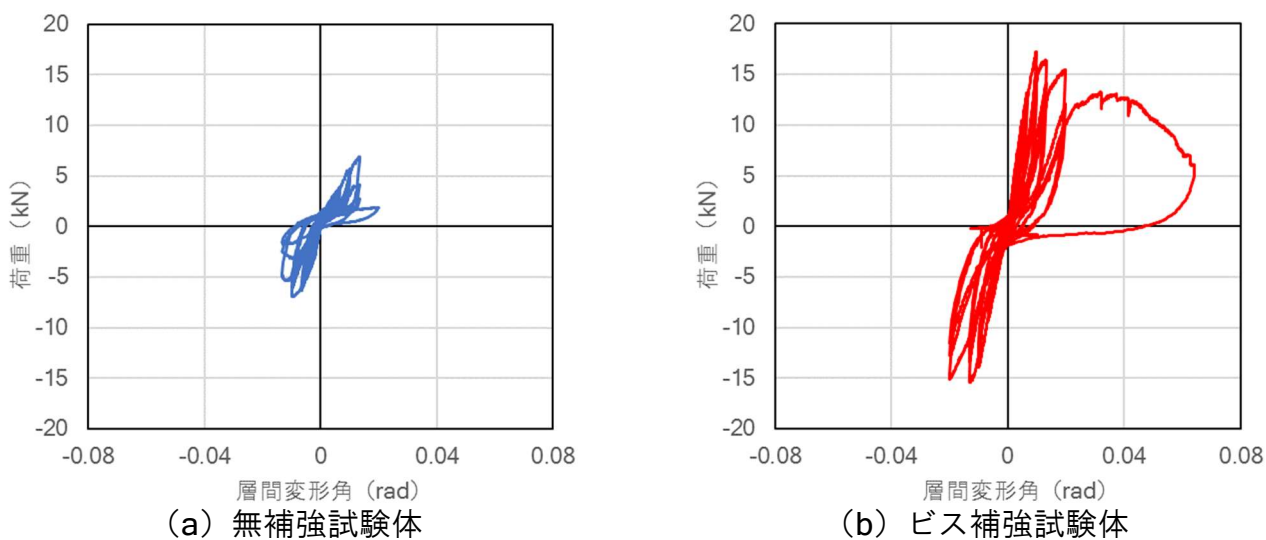


図 7-2 木摺りモルタル壁の加力試験における荷重-変形関係

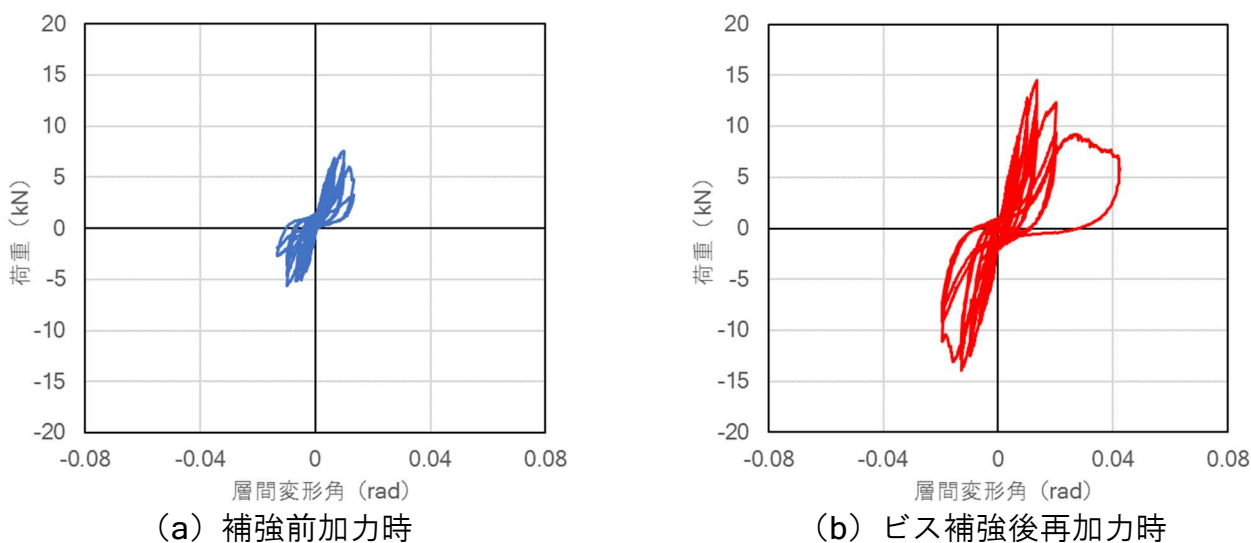


図 7-3 地震力を受けた木摺りモルタル壁のビス補強による耐力向上効果

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」

2022 年 5 月

編集：地方独立行政法人北海道立総合研究機構 建築研究本部
