

CLT を使用した中高層木質架構における損傷制御構造の開発

名城大学 理工学部 建築学科 松田和浩研究室

CLT Concept → CLT panel



<http://kikuchigroup.com/media-van01/canalife23>

CLT

CLT (Cross Laminated Timber) とは、数枚の木板（ラミナ）同士の繊維方向が直交するように積層接着した木質材料。木材は発育過程で大気中の CO₂ を取り込むため、製造中に CO₂ を排出するコンクリートや鉄骨と比べて、環境負荷性に極めて優れた材料といえる。

<https://ampmedia.jp/2019/08/26/next-generation-wooden-architecture/>



18階建てのCLT中高層建築
欧州、豪州、カナダなどの非地震国では、中高層建物にCLTが採用されている

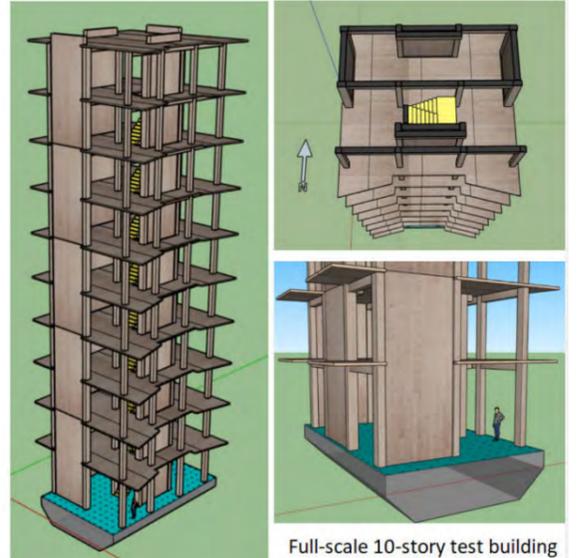
<https://clta.jp/clt/>



国交省・林野庁のCLT事業
CLT中高層建物を成立させるため、耐震構造の中高層木質架構の開発研究が実施された

研究背景

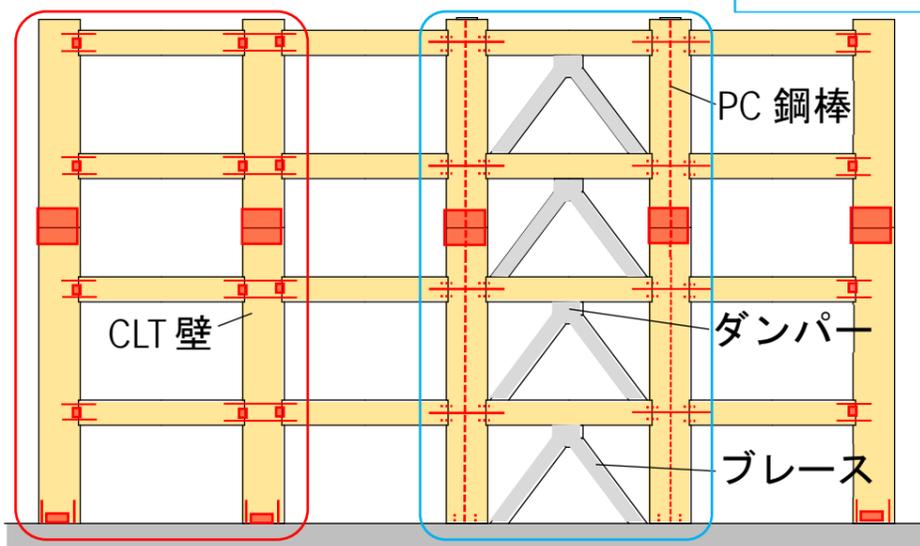
Shiling Pei, Colorado School of Mines, James Dolan, Washington State University, Reid Zimmerman, KPFF Consulting Engineers, Eric McDonnell, Holmes Structures, Philip Line, American Wood Council, Marjan Popovski, FP Innovations: From Testing to Codification: Post-tensioned Cross Laminated Timber Rocking Walls



Full-scale 10-story test building

海外地震国のCLT事業
アメリカでは損傷制御構造の10階建CLT架構の振動大実験が計画されている

CLTパネル工法 CLT制振架構 **本研究で提案**

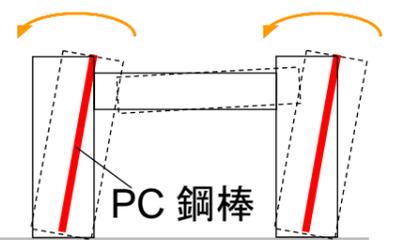
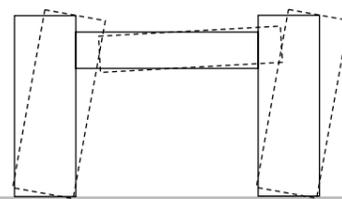


研究内容

原点指向性

めり込みにより元に戻らない

PC鋼棒の張力で元に戻る



CLTパネル工法

CLT制振架構



1層架構実験

CLT架構にダンパーを挿入する手法を提案
耐震性の高い木質架構を開発



壁柱単体実験

柱脚部の力学挙動を把握
原点指向性の高い壁柱の力学挙動を評価



柱梁接合部実験

建物規模を考慮しながら、適切な剛性・耐力をもつ接合部を設計

耐震性・断熱性・施工性に優れた木造住宅用真壁パネルの開発

名城大学 理工学部 建築学科 松田和浩研究室

研究背景

木造住宅⇒繰り返しの地震に弱い

制振技術で戸建木造住宅の耐震性を効率的に高める

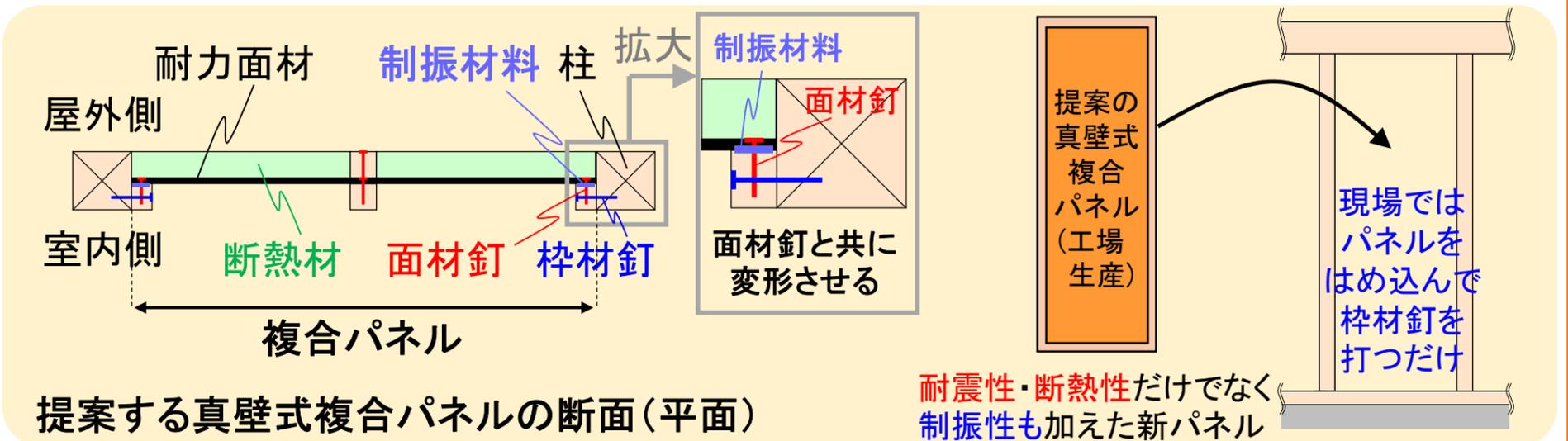
- 4つの課題
- 課題 1 施工性が悪い
 - 課題 2 断熱材と共存できない
 - 課題 3 制振材の温度依存性
 - 課題 4 導入コスト



連続地震で倒壊した住宅
(2016年熊本地震)

研究内容

イノアックコーポレーションとの共同研究により耐震性・断熱性・施工性を同時に高める真壁式複合パネルを開発
(特許出願済)

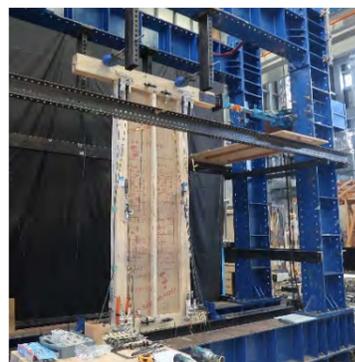


提案する真壁式複合パネルの断面(平面)

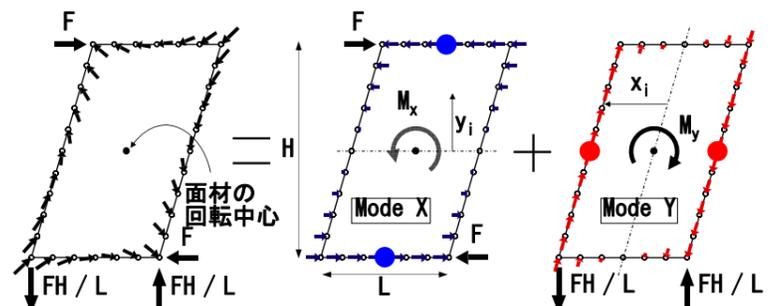
性能検証



制振材開発



耐震性検証



松田和浩, 増田顕, 原智隆: 真壁パネル耐力壁の釘接合に着目したパネモデル作成手法, 日本建築学会大会学術講演, C-1, pp.191-192, 北海道, 2022.9

構造性能評価

製造検証



工場製作の検証



現場の施工性検証

作業	筋かい仕様(一般)	パネル仕様(提案)
建て方	8 人工	8 人工
パネ	0 人工	2 人工
同上 釘打ち	0 人工	1 人工
屋根	3 人工	3 人工
金物	2 人工	2 人工
羽柄	3 人工	0 人工
壁断熱材充填 + フィルム	4 人工	0 人工
合計	20 人工	16 人工

耐震性と断熱性を上げながら一般的な住宅を施工するよりも**4人工減らせる**
(延面積 35 坪の建物で積算)

プレストレスで支持材を補強したオイルダンパー-木質制振壁の開発

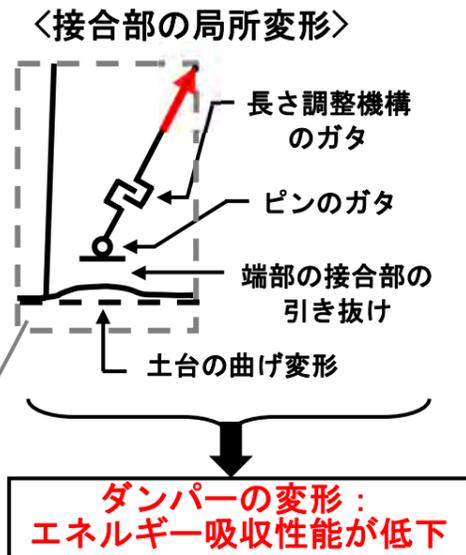
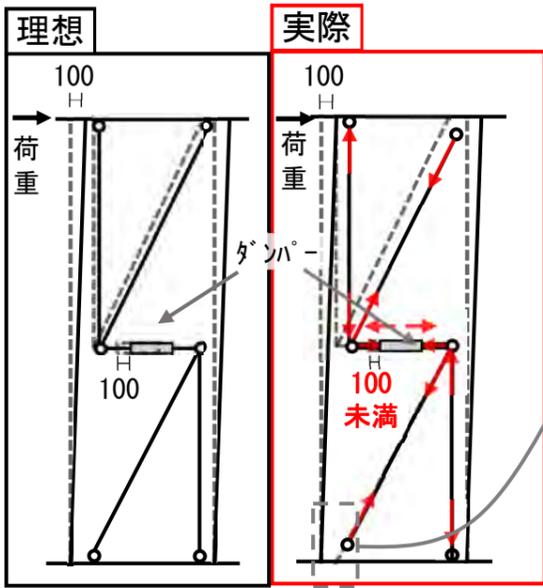
名城大学 理工学部 建築学科 松田和浩研究室

提案する制振壁のコンセプト (特許出願済)

ダンパーの支持材にプレストレスを導入し、支持材に生じる引張力を打ち消す

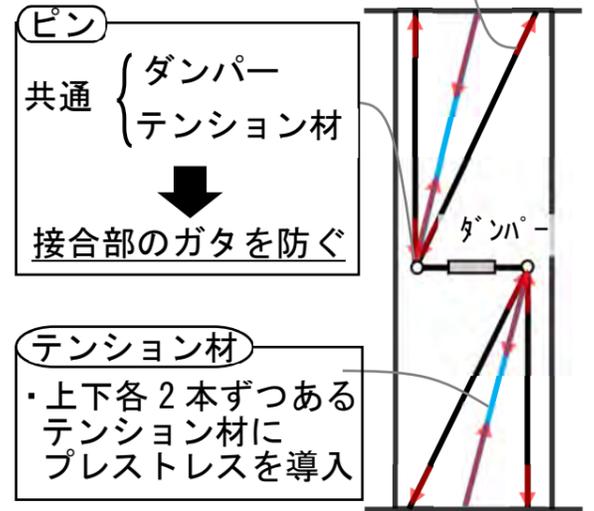
➡ **ダンパーのエネルギー吸収のロスを防ぐ**

既往の制振壁 (間柱型)



提案する制振壁

圧縮力: 引張力をキャンセル



実験内容

制振壁の力学的・動的特性および挙動を把握 (evoltz との共同研究)

静的載荷実験



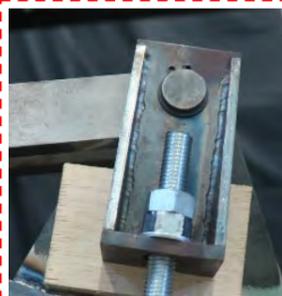
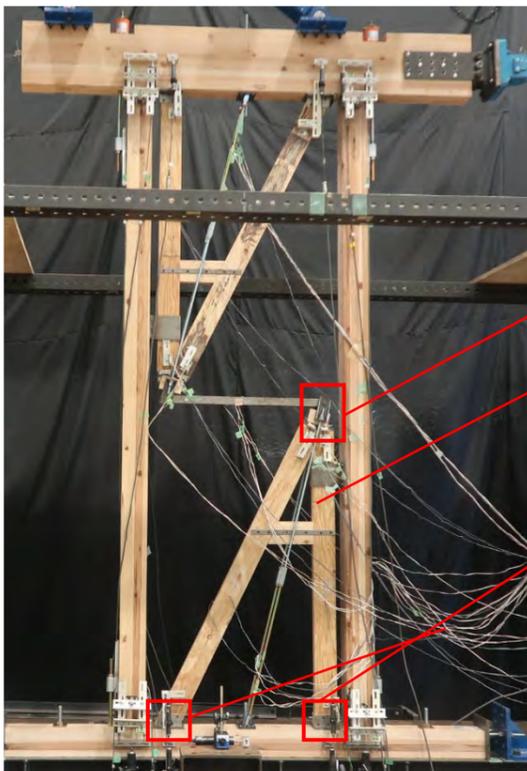
動的加振実験



振動台実験



<検討した制振壁>



[テンション材]
 ・テンション導入: 眼鏡レンチでナットを締める
 ・ダブルナット: 軸力低下を抑止



[ダンパーと支持材を接続する鋼板]
 ・PL-12を加工
 ・LVLとビスで断面どうしを接続

鋼板
 ビス(φ4.2)
 *ビスは実際見えない

[支持材]
 ・E-160 構造用 LVL



[横架材-支持材間の鋼板]
 ・支持材の局所的なめり込みを防止

<使用するオイルダンパー>



・車用のオイルダンパー (evoltz 提供)
 ・負担できる最大荷重は 6kN 程
 ・荷重は速度に依存

戸建住宅を対象とした制振設計指針の作成

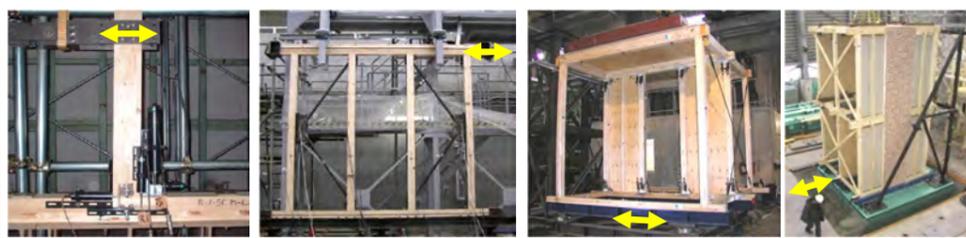
名城大学 理工学部 建築学科 松田和浩研究室

背景

高層建物用の制振技術を戸建住宅に応用



多くの実験・解析研究により、開発した制振技術の挙動や有効性を確認してきた



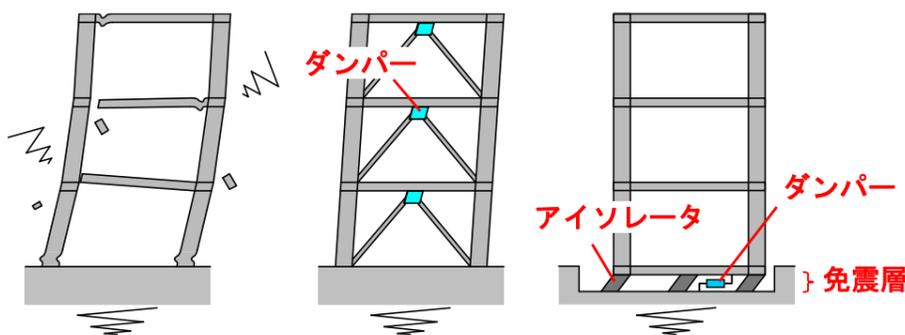
接合部
(200体以上)

制振壁
(32体)

1層架構
(14体)

2層架構
(12体)

制振構造とは？



耐震構造

制振構造

免震構造

耐震構造 柱・梁・壁などが損傷しながら地震エネルギーを消散
制振構造 地震エネルギーをダンパーで消散。建物の振動と損傷を低減
免震構造 地振動が建物に伝わらないよう基礎から分離・絶縁する

多くの効かない制振技術が誤った情報で売られている



戸建住宅用の正しい制振技術の普及を促すための活動

活動内容

- 日本建築学会：木質制振構造小委員会（主査：名城大 松田和浩）
学術的な検討、制振グレードの概念導入、中高層木質建物の制振も対象
- 建築研究開発コンソーシアム：住宅制振構造研究会（委員長：東工大 笠井和彦）
産官との共同活動、各種制振設計法の提案、技術資料の集積

木質構造制振設計指針の作成

1章 はじめに

2章 ダンパーの試験法・評価法

3章 制振壁の試験法・評価法

← 制振壁の定義も

4章 入力地震動と変形クライテリア

← 層間変形角を 1/75rad. 以内に

5章 等価線形理論による応答指定型設計法

6章 時刻歴応答解析による設計法

7章 制振壁の許容耐力に基づく簡易設計法

← 3つの制振設計法

付録 制振設計事例 ← 制振設計法の適用事例

制振壁・耐力壁のデータベース ← 市場に出ている制振壁の情報
(一般的な耐力壁や非構造壁も含む)

建築非構造部材の耐震性向上に関する研究

名城大学 理工学部 建築学科 松田和浩研究室

研究背景

地震で建物の構造躯体が壊れなくても、非構造部材が壊れると、地震後に建物の継続使用ができなくなる。それにより人命に関わる被害が生じることもある。



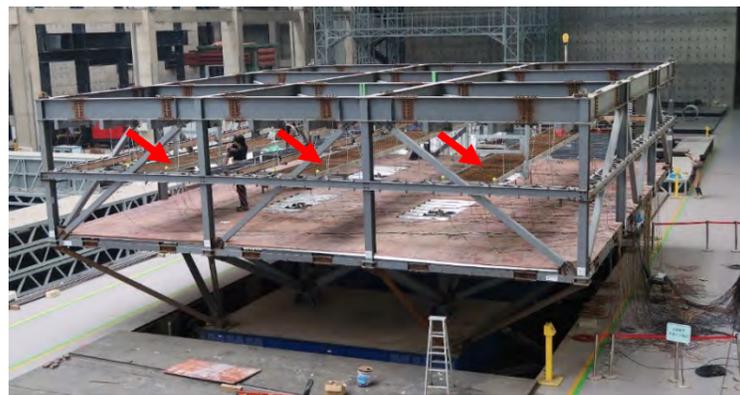
← 東日本大震災では音楽ホール天井の大規模落下が発生

未使用時だったため人的被害を免れたが、使用時であったら、多数の死者が出ていたと思われる

電気配線用設備（ケーブルラック）の耐震性検証



ケーブルラックの例（重量 100kg/m 程度）



中国・同済大学の大型振動台で大規模実験



耐震要素の個別実験も実施

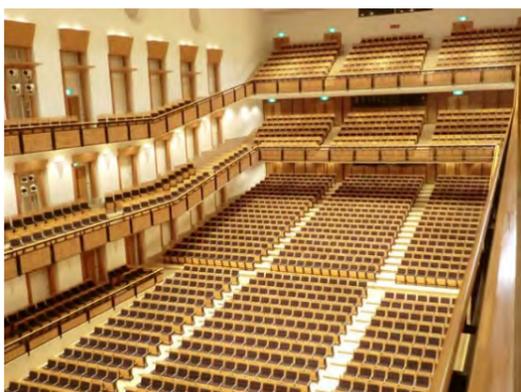


東日本大震災での被害例

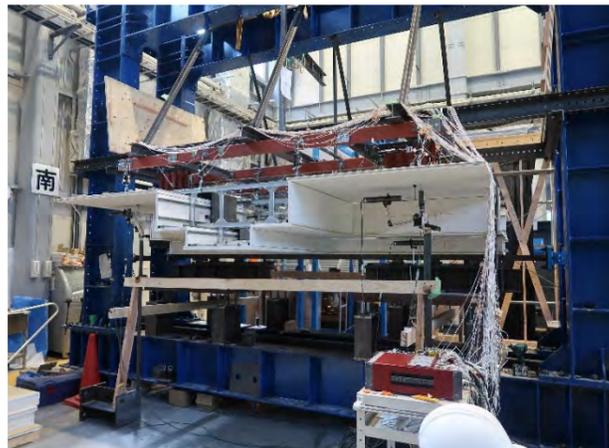


- ・ 地震時挙動の把握
- ・ 日本における耐震基準の検証
- ・ メーカー（ネグロス電工）との共同開発で品質改善を実施中

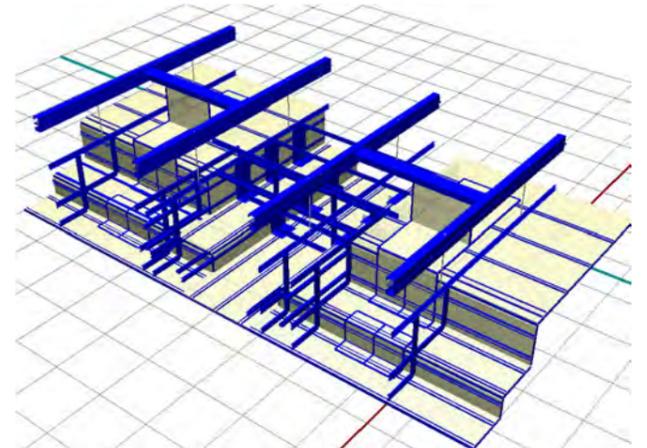
音楽大ホール特定天井の耐震補強法開発



客席数 2000 の音楽大ホールで天井の耐震性が不足



天井ユニット実験



構造解析ソフトによる検討

耐震改修方法を複数の設計事務所とともに提案。天井ユニット実験で構造解析により耐震性を検証



国交省の大臣認定を取得し、耐震改修が無事終了

