

タイトル	<論文>積雪寒冷地向け木造開口フレームに関する研究
著者	谷口, 博; 手塚, 純一
引用	北海学園大学学園論集, 117: 1-9
発行日	2003-09-25

# 積雪寒冷地向け木造開口フレームに関する研究

谷 口 博  
手 塚 純 一

## Abstract

A life of wooden house becomes to be decreased in Japan and some valuable wooden material is consumed by its reconstruction. Recently, we ask to increase the life of house and keep the wooden material, because the wooden material is useful to keep our earth environment. When we try to design the wooden house, an opening part of window or door has a serious weak point and an enforcement technique of weak point will be introduced for earthquake disaster. Now, we have a special technique for enforcement of opening part, which is supported by opening rigid frame of wooden material and applicable to increase the life of wooden house. If we introduce the open rigid frame in our wooden house, it is possible to carry out a reform of room or house facilities and fit our life style of new requirement, because each opening part can be reinforced by rigid frame for compensation of brace bracket or rigid wall.

## 1. ま え が き

積雪寒冷地における木造建築物の耐震性と長寿化を達成して、木質資源の保護と地球環境の保全を行なうことは重要な課題であり、関連する新しい技術の開発が望まれている。筆者らは、平成10年度から開始した北海学園大学・学術フロンティア推進事業のテーマの一部として、木造建築物の耐震性と長寿命化を目的とする積雪寒冷地向け木造開口フレームの研究を進め、推進事業期間中に完成し実用化に成功することができた。通常の工法による木造建築物は、約20年での建て替えとのコンセプトに支配された設計となっているので、たとえ耐震性などに問題がなくとも、生活環境の変化に対応するための改造が難しく、スクラップ・アンド・ビルド方式が適用されていたといえる。また、木造建築物の軸組工法および2×4工法での耐震壁の設置を考えると、開口部とのバランスを無視した設計でも可との誤解もあって、アンバランスによる振れ耐震性の欠如に気付かない場合がある。これらの点を改善するには、軸組工法でのプレス補強あるいは2×

4工法での壁補強に代わる耐震構造の導入が必要なのである。従って、本研究による木造開口フレームのような、木造建築物の自由な設計を許容しながら耐震性を確保できる技術を導入することが望まれ、過去の実績にとらわれない発想へと転換していただきたい。今後の木造建築物の寿命が50～100年と想定されるならば、新しいコンセプトによる設計・施工技術の適用が必須であると云えよう。

## 2. 木造開口フレームの開発

木造開口フレームの開発は、積雪寒冷地向け木造建築物の耐震性向上と長寿命化を達成するために行なわれたもので、木質ラーメン構造の導入によってプレス補強あるいは壁補強を大幅に省略することを目標としている。従って、生活環境・社会環境の変化に対応して間仕切りおよび開口部の改廃を伴う自由なリフォームが容易となり、建築学会の提唱する50～100年の寿命を確保することができよう。しかし、建築分野での新しい技術の普及には種々の障害があって、従来工法に代わるコンセプトの導入への規制緩和あるいは公的な開発への支援が必要なのである。この研究を進めるに際しては、経済産業省中小企業庁関連の中小企業総合事業団および北海道庁関連のノーステック財団の研究助成を受け、基礎的なFEM解析から実物大の試験まで行なって、実用化に必要なデータを得ることができた。

積雪寒冷地向け木造開口フレームは、木質集積材によるL型部材とI型部材の組み合わせによって図1のように構成されており、木造建築物の開口部に設置すれば壁補強あるいはプレス補強と同等の耐震性を付与することができる。また、I型部材をアラミド有機繊維で結合する図2のような構成を検討中であり、実用化のための開発を進めている。従って、場合によってはラーメン構造による木造建築物の構築も可能となるので、出入口と窓などの開口部を自由に設置でき

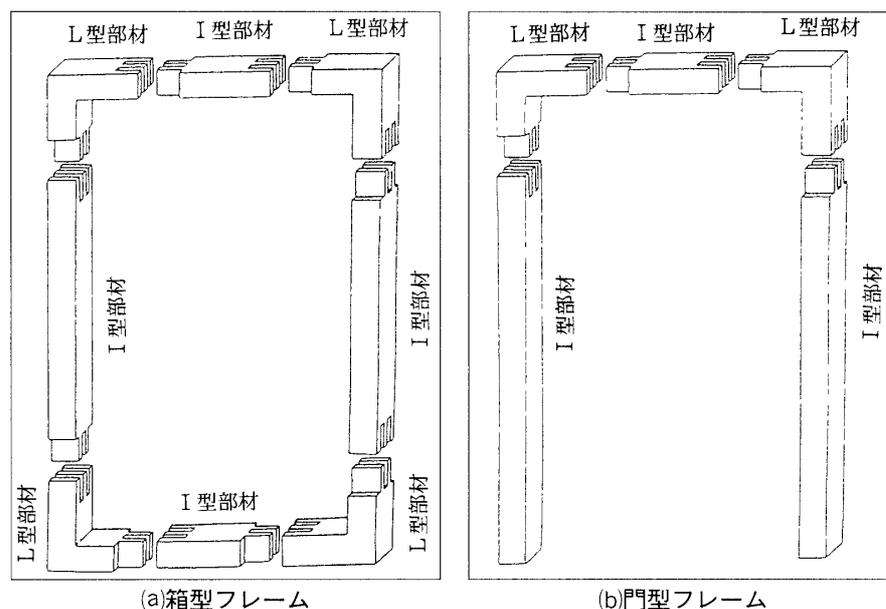


図1 木造開口フレームの構成

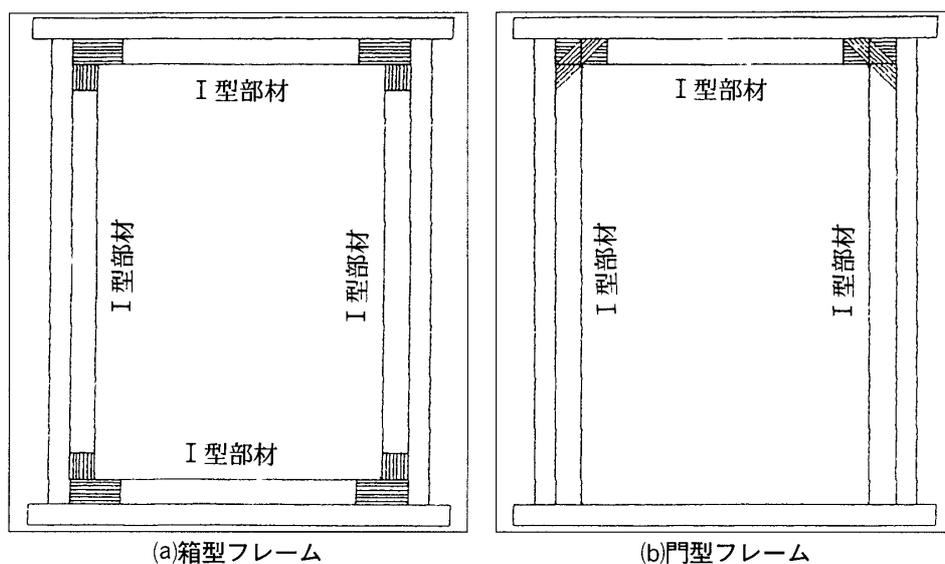


図2 木造開口フレームの構成

るのみならず，建築後の改造に際しての開口部移設への制約はなくなる。さらに，階段などの移設も同様に可能となり，主要な構造体を残すだけで耐震性を確保できるので，木造建築物の長寿命化に寄与するところ大なのである。当然のことであるが，従来工法で難しかった開口部と壁部の耐震性バランスの確保についても，開口フレームの導入により可能となるので，木造建築物の自由な設計に資するところ大であると云えよう。また，木造建築物への大スパン構造の導入が容易となり，公的建築物の自然に優しい木質化を推進することにも役立つであろう。

開口フレームの開発に際し考慮した事項を列挙すると，次のとおりである。

- ① 積雪寒冷地向け木造建築物における耐震性を開口フレームにより確保すれば，開口部を自由に大きくとることができ，建築後のリフォームに際し制約が少ない。
- ② 木造建築物の開口部と耐震壁部のアンバランスによる振れ剛性を改善できるので，耐震性の確保を考慮しながら自由な設計ができる。
- ③ 木質集積材の特色を生かした耐震構造であり，生活環境・社会環境の変化による木造建築物リフォームへの対応が容易で，耐震性の向上と長寿命化を双方とも達成することができる。
- ④ 従来の軸組工法および2×4工法と柔軟に対応できる方式であり，場合によっては耐震性を確保しつつ大スパン化を導入することも可能である。
- ⑤ 木造開口フレームの開発に際しては，まずL型部材とI型部材の結合方式について検討し，FEM解析および実物大試験によってラーメン構造としての剛性と強度を確認して，積雪寒冷地向け木造建築物への適応性を調べる。
- ⑥ 開発中のアラミド有機繊維による木質構造の結合方式が適用できるならば，I型部材同士を結合して開口フレームを構成できるので，さらに応用範囲が広がることとなる。この方式については，実物大試験による剛性と強度の確認が必須であるとしても，ラーメン構造である経済的に有利な木質工法として期待される。

⑦ 木造建築物への開口フレームの導入指針について検討し、耐震性向上の効果および設計手法についての提案をまとめ、実用に供し得るデータを集積する。

⑧ 将来を予測した検討を行なって、開口フレームを採用する木造建築物設計に際しての必要条件を提示する。

この研究による積雪寒冷地向け木造開口フレームが普及すれば、木造建築物の耐震性を確保しながら、構造の簡略化と長寿命化が達成できるので、貴重な木質資源の保護への効果が認められよう。また、木質材料の特色を生かした積雪寒冷地向けの木造建築物として、高性能化と低コスト化が達成されるとともに、安易なスクラップ・アンド・ビルドの従来方式から脱却して、21世紀型の新工法として認知されることを期待したい。

### 3. 木造開口フレームの実用化

木造開口フレームの開発研究は、平成14年度の中小企業総合事業団・技術革新促進事業として採択され、同年度のノーステック財団・研究開発助成事業としても採択されているが、その開発成果が評価され平成14年度の耐震技術コンペ・国土交通大臣賞および札幌商工会議所・企業家奨励賞を受賞している。従って、実用化を考慮しての実物大試験およびFEM解析などを行ない、今後の対応を検討するとともに木造建築物の新工法として定着する努力を払うこととしたい。この開口フレームは、箱型と門型に分けられているが、前者は窓部・室内通路用であるが後者は外部との出入口用であり、双方ともラーメン構造を確保し耐震壁・プレスに代わる構造方式なのである。

実用化に際して行った検討事項を列挙すると、次のとおりである。

① 木質集積材の繊維方向による強度変化：開口フレームのL型部材については特に繊維方向による強度の違いを考慮しておく必要があり、検討結果により2方向繊維クロス製品を採用することとした。採用に当たっては、曲げ強度・せん断強度・煮沸試験・浸せき剥離試験を行なって、実用に供し得ることを確かめている。

② 各部材の接合方法：L型部材とI型部材の平坦部接合をクシ加工・ピン接合にて行なう予定であったが、新しい接合金具を開発して採用し施工性・経済性の向上を図ることとした。また、木造建築物の増改築工事への採用を考慮し、コーチスクリューボルトによる既設木質構造への取り付け方式も検討している。

③ 開口フレームの強度試験：箱型および門型の開口フレームには図3のような曲げ応力と曲げモーメントが加わることになるので、実用化に際しては実物大での強度・剛性試験を行なって、確認しておく必要がある。L型部材とI型部材による開口フレームでの試験結果が、耐震壁に対する強度倍率が箱型では1.24・門型では0.97であることから、耐震壁・プレスに代わる構造方式として開口フレームを採用できるものと思う。

④ 開口フレームのFEM解析：木質ラーメン構造として開口フレームを採用する場合には、強

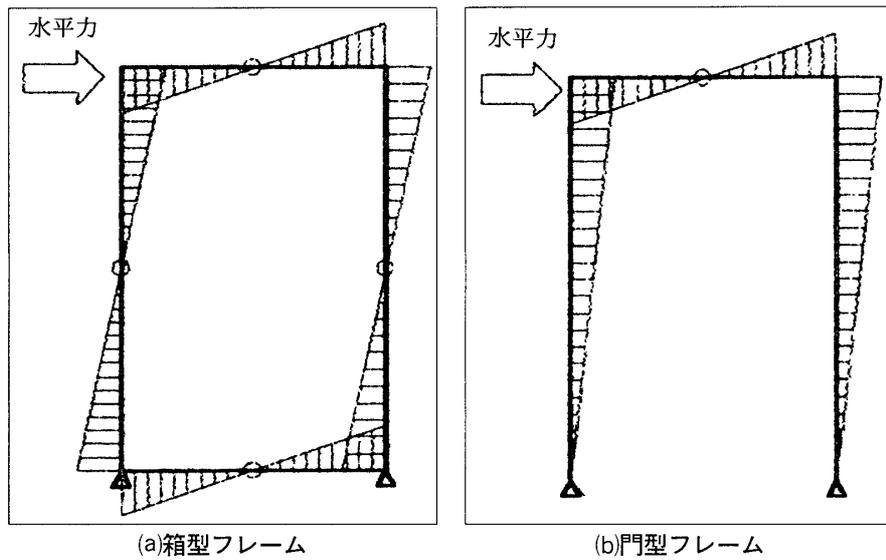


図3 木造開口フレームの曲げモーメント

度のみならず剛性の確認も必要であり既設木質構造への取り付けを考慮しての検討が望まれる。従って、3次元の応力・ひずみ解析が可能なFEM解析への対応を検討しておき、実用化に際しての準備が必要なのである。解析例としての箱型の開口フレームについての解析結果を示すと、図4(a)・(b)のとおりで、4隅の部分弱点であることが分る。

この開口フレームを木造建築物に適用する場合、その効果を分かり易く示すと図5のとおりである。すなわち、開口部を有する建築物を模擬した箱を考え、地震に相当する力を加えると図5(b)では簡単に変形するが、図5(a)に示す開口フレーム取り付けによって変形が押さえられることが分る。また、木造建築物全体について考えてみると、開口部の多い場合には図6(b)のように重心と剛心がずれており、アンバランスな構造で地震による捩れ破壊を起こし易い。しかし、同じ開口部の木造建築物でも、図6(a)のように開口フレームを取り付けると、バランスのよい構造と

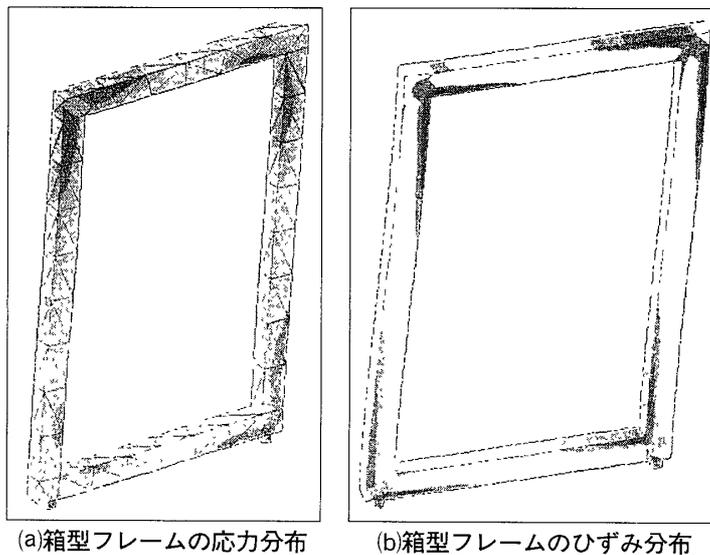


図4 木造開口フレームのFEM解析結果

なり耐震性が向上する。もし、全開口部に開口フレームを取り付ければ、費用をあまり掛けずに耐震性を格段と向上できるので、新築の木造建築物の場合には是非とも検討しておきたいところである。

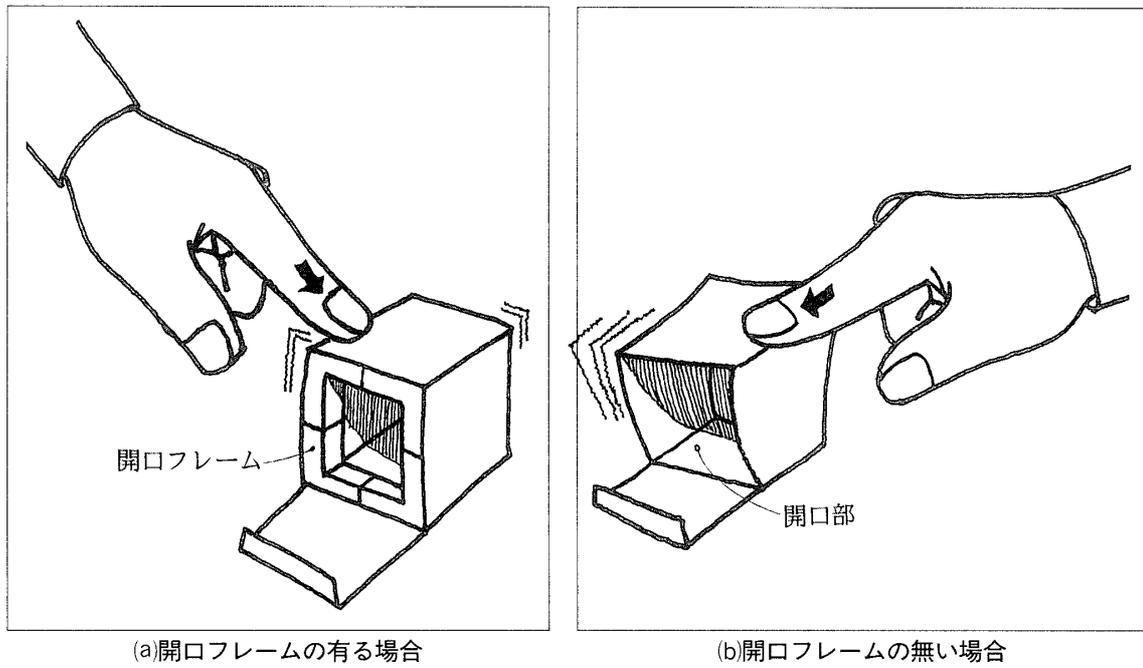


図5 建築物変形の模擬図

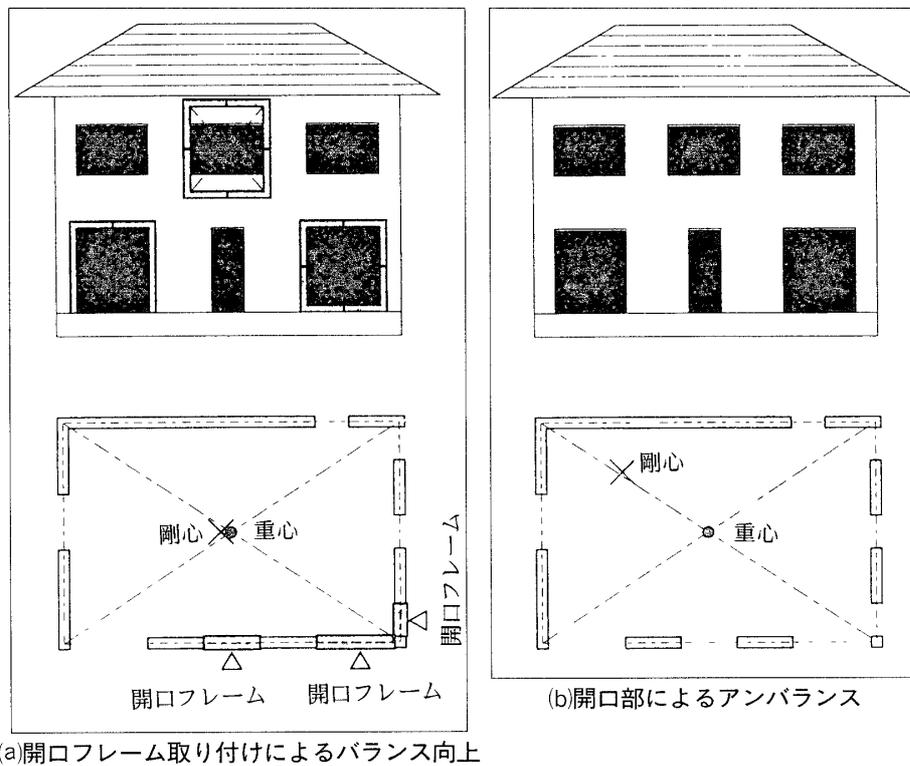


図6 木造建築物の耐震性バランスの状況

#### 4. アラミド有機繊維接合による木造開口フレームの実用化

耐震性の向上と長寿命化を考慮した木造開口フレームの実用化に際し、まずL型部材とI型部材の平坦部接合による開口フレームを対象として検討を行ってきた。しかし、筆者らの開発によるアラミド有機繊維による隅部接合が可能であれば、I型部材のみで開口フレームを構築でき経済性が格段と向上するので、その普及が促進されると考えたのである。勿論、このアラミド有機繊維による木構造体への補強は、既設建築物の耐震性を向上するために適用されており、すでに実績を有してはいるものの、新しい構造方式である開口フレーム隅部への適用は初めてなのである。従って、他の結合方式である金具・ボルトによる場合と比較することも必要と考え、アラミド繊維・金具・ボルトの3方式について検討することとした。

実物大での試験を図7の設備により行なったが、その結果をまとめた例を示すと図8のとおりである。すなわち、アラミド有機繊維結合の開口フレーム・耐震壁・プレスを対象とする強度試

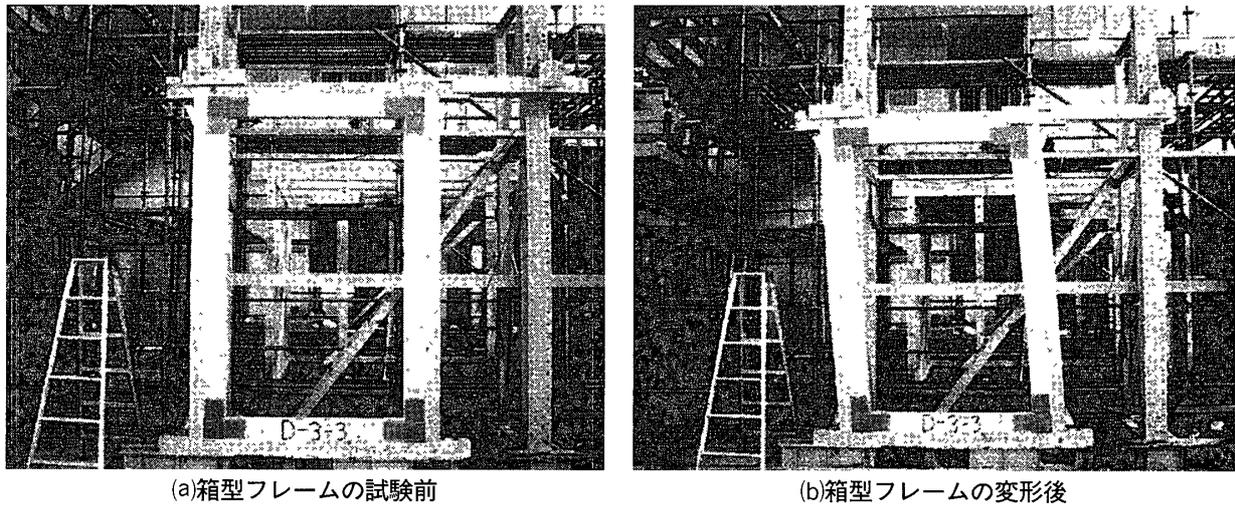


図7 木造開口フレームの強度試験装置

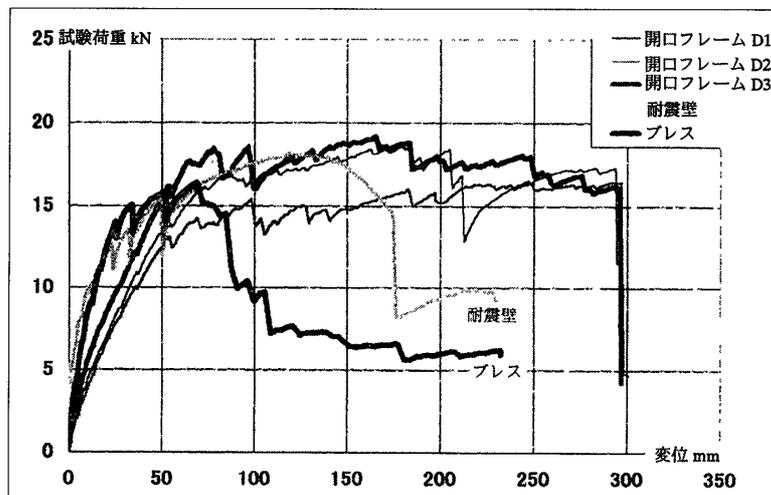


図8 木造開口フレームの試験結果

験の結果から、開口フレームでは最終破壊に至るまで相当の変形に耐えており、靱性に優れていることが分る。耐震壁・プレスともある程度の変形で急激に破壊する傾向がみられ、靱性に乏しいのである。また、金具・ボルト結合の開口フレームでは重要な隅部の木質部材に切り込み・穴あけ加工をしているので、木質部材の強度低下が原因となり、アラミド有機繊維結合の開口フレームより強度・靱性が低下している。実用化に際して、実績のある耐震壁・プレス方式と異なり、実績のないアラミド有機繊維結合の開口フレームの耐久性をどのようにして示すか、また疑問の少ないと思われる金具・ボルトによる隅部結合の弱点を補うために、どのような方法を構わずれば解決できるか、新しい工法の提案に際しての課題として検討しておきたい。

このように、木造開口フレームをI型部材で構築することが可能になれば、木造建築物の構造体を全ラーメン構造とすることにより、耐震壁・プレス補強に頼ることなく耐震性を確保ことができる。従って、木造建築物の工法が抜本的に変わることとなり、従来の構造方式にとらわれない設計が可能となるばかりでなく、建築後に生活環境・社会環境の変化に応じたりリフォーム、すなわち間仕切り・出入口・窓・階段の位置を自由に変えることを含めた改造を考えることができよう。この抜本的なリフォームにより、木造建築物の寿命を大幅に延長できるので、建築学会の提唱する50～100年の住宅が可能となるのである。もし、このような抜本的な工法の導入なしで長寿命化を図るならば、生活環境・社会環境の変化に対応できないまま我慢して住まうか、構造体の寿命が残っていてもスクラップ・アンド・ビルドの従来方式に戻るほかない。このことを理解するための例を挙げてみると、スイスなどの商店街で行なわれている数100年の建築物に適用する方式があり、内部の木構造部分の改造は可でも外部とくに道路面の改造は否と云う規制のあることを知って欲しい。また、イギリスでも約700年の石造建築物のホテルで、内部の木造部分を近代的に改造しても外部は建築当初のままの例があり、日本での20年サイクル程度のスクラップ・アンド・ビルド方式への警鐘として理解しておきたい。

## 5. ま と め

阪神・淡路大震災で被害を受けた木造住宅では、基礎・木質材接合部への問題点のほか、耐震構造のアンバランスによる振れ剛性の欠如も指摘されている。すなわち、耐震性を確保するための耐震壁・プレス構造の偏在が避けられない場合でも、耐震壁量・プレス量が十分であれば可とする設計がアンバランスの原因となって、破壊を起こした例もあったと聞いている。この耐震性に関する問題点を解決するため、新しい工法としての木造開口フレームの開発を行なって、実用化への途を開くことができたので、その概要をまとめ発表したのである。また、この木造開口フレームを採用することにより、建築後のリフォームを自由に行なうことができ、建築物の長寿命化を図ることができるので、木質資源の保護と地球環境の保全に資すること大であると考えている。

いたずらに実績の有無を議論することなく、開口フレームの有意義な点を理解し、どのようにすれば実用に供し得るか多くの知恵を出し合うことが、今後の木造建築分野の発展に寄与するこ

とになる。すなわち、鉄骨造・鉄筋コンクリート造の分野と協力し合いながら、木造ラーメン構造の建築物の可否を論ずる時代になったのではと考えている。この開発研究を始める発端となった北海学園大学・学術フロンティア推進事業に参加させて頂いたこと、経済産業省中小事業団関連の中小企業総合事業団および北海道庁関連のノーステック財団の研究助成をうけたこと、国土交通大臣・耐震技術コンペ賞および札幌商工会議所・企業家奨励賞が授与されたことなど、この研究成果は関係各位の援助・評価の賜物であり、ここに謝意を表する次第である。

## 参考文献

- [1] 谷口博ほか，積雪寒冷地における災害に強い都市環境モジュールの開発とシステム構築（木造建築物の耐震性および室内環境 CAD に関する研究），平成 14 年度北海学園大学・学術フロンティア推進事業・研究成果報告書，2003
- [2] 谷口博ほか，木造建築物の耐震性および室内環境 CAD に関する研究，北海学園大学・学術フロンティア推進事業・研究発表会資料，2003
- [3] 手塚純一ほか，寒冷地向け木造耐震開口フレームの開発研究，平成 14 年度ノーステック財団研究助成事業研究成果発表会資料，2003
- [4] 手塚純一，建物のバランスを目的とした木造耐震開口フレーム，独立行政法人建築研究所・木造住宅の耐震補強構法技術コンペ資料，2003
- [5] 手塚純一，開口部を耐力壁として扱う，工務店経営 No.408，2003
- [6] 手塚純一，耐震改修に画期的新方法，家と住まいのガイドブック，2003
- [7] 手塚純一，（独）建研主催の耐震補強構法技術コンペ最優秀案は安価で簡単な技術，建築知識 4 月号，2003
- [8] 手塚純一，こうすれば注文が来る住宅性能表示制度，平成 14 年度性能表示制度・成果報告会資料，2003
- [9] ノーステック財団広報 No.21，寒冷地向け木造耐震フレームの開発研究（J 建築システム株式会社・手塚純一），2003
- [10] 朝日新聞 2003 年 3 月 5 日 13 版，木造住宅耐震コンペ大臣賞（手塚純一）
- [11] 北海道新聞 2003 年 3 月 18 日 16 版，耐震工法で最高賞（手塚純一）
- [12] 北海道建設新聞 2002 年 12 月 26 日，J 建築システムに開口フレームで国土交通大臣賞（手塚純一）
- [13] 日本住宅新聞 2003 年 3 月 15 日，国交大臣賞に耐震開口フレーム（J 建築システム）