

# 木造建築物の大空間・大開口化ニーズに対応する耐震性向上及び柱・梁のダメージを減少する高強度・高振動吸収締結ユニットの開発

評価技術課 吉田勉、加工技術課 富田正吾、清水孝明、川堰宜隆  
(株)グランドワークス、上田建築設計事務所、国立大学法人富山大学、国立大学法人京都大学、  
国立大学法人信州大学、公益財団法人富山県新世紀産業機構（管理法人）

## 1. 諸言

阪神大震災を始め、中越地震、東日本大震災など最近の大地震からフレームの強度向上、フレーム結合部（継手部）の強度向上や地震力を吸収する技術の開発が強く求められている。また、住宅リフォーム需要が年々拡大する状況のなかで、低コストでの耐震改修を実現する技術の確立が、川下住宅メーカーから求められている。本研究では、ラーメン構造の木造建築物の結合部の高強度化及び振動吸収性を高めることで、大地震時の地震力を結合部で吸収して木造建築物の構造部材の損傷を防ぎ、再利用可能にする技術開発を行った。

## 2. 実施内容

開発結合部は、「締結ユニット」と呼び、木材と結合部を高強度につなぐ「特殊螺旋ボルト」及び「連結金物」、振動吸収機能を有する「変形金物」で構成されている。開発内容は、以下のとおりである。

- ① 特殊螺旋ボルトの開発
- ② 形金物の設計試作及び性能評価
- ③ 締結ユニット搭載型建築の構造計算による最適構造体の試算・締結ユニットを搭載したフレーム体の性能評価

## 3. 研究成果

### 3.1 特殊螺旋ボルトの開発

ネジ込み易く引き抜き抵抗の高い螺旋ボルトの開発をした。具体的には、引抜き耐力160kN（ボルトの働き長さ20cm）以上、ネジ込みトルク70Nm以下を目標として特殊螺旋ボルトを作成し、評価試験を実施した。試験の結果、引き抜き耐力・ネジ込みトルクは目標値を満足した。また、従来の製造方法からの加工工数削減・低コスト化を図るため、パイプ材から螺旋ボルトの作成を行える3軸転造加工試作装置を用い、パイプ材から特殊螺旋ボルトを転造作成するための加工条件について検討した。その際、転造解析モデルによるシミュレーション結果を用いた。その結果、現状φ

35～φ55の特殊螺旋ボルトの作成がほぼできるようになりつつある。現在、3軸転造のモデリングを行い、回転速度と素材の内穴寸法評価の準備をしている。

### 3.2 変形金物の設計及び性能評価

変形金物に関しては、目標の回転剛性、変形性能を満足したが、様々な住宅構造条件への展開と耐震性能の向上から、より高耐力の締結ユニットが必要と考えられた。”く”の字金物を複数枚使った場合、柱梁、柱脚とも、最大モーメントと回転剛性とも増加したが、特殊螺旋ボルトの引き抜けや柱材の損傷がみられた。柱脚の回転剛性、耐力が低く2枚重ねが限界であった。

有限要素法によるシミュレーションを用い、変形金物の形状変更について検討したところ、”く”の字型による応力集中・曲げによる歪成分の増加があった。そこで、ストレート型に変更し、高強度鋼を用いたハイブリッドのストレート型について検討した。その結果、降伏モーメント25kN、回転剛性6000kNm/radの”く”の字型金物の3枚相当の耐力、剛性のものができた。特殊螺旋ボルトへの引き抜き力も129kN、変形性能も1/20radでクリアし、妥当な性能を示した。

### 3.3 締結ユニット搭載型建築の構造計算による構造体の試算及び締結ユニットを搭載したフレーム体の性能評価

新しい締結ユニットの回転剛性、降伏モーメントと許容応力度計算を行い、適用可能な構造体を検討した。変形の制限値は、所定の地震力を負荷した時の建物の層間変形角が1/150rad以下とした。一般地域の3階建てでフレームスパン6m、1.5m積雪の多雪地域で2階建てスパン6mの住宅に適用可能であることが明らかとなった。設計の最大モーメントも16kNmと許容モーメント以下になった。事務所等の中規模木造建築物に適用には、剛性、耐力とも締結ユニットの性能向上が必要となるが、2方向適用による部材断面アップ・特殊螺旋ボルトの複数本使用による引抜き耐力の倍増で対応可能と推察された。