

第6章 まとめ

本事業に先立ち、CLT パネル工法・鉄骨梁勝ち小幅パネル架構への適用を前提として、RC 造の鉄筋継手に用いられるスリーブジョイントを応用したグラウトジョイント(既往接合部)が開発されている。この既往接合部は 10 階建てにも対応可能な構造性能を有するが、適用可能な CLT 壁パネルは 7 プライ(210mm 厚)以上であり、壁上下の引張接合ボルト径が M36 であるため、需要のボリュームゾーンである 4,5 階建て程度の中層建築物に用いるにはやや過剰な仕様である。

本事業では、昨年度から中層建築物に適したグラウトジョイント(新接合部)の開発を目指し、建築物需要のボリュームゾーンと考えられる 4, 5 層程度の中層建築物に適した仕様として、150mm 厚以下の壁パネル、M27 (ABR490) 以下のボルトを前提として、GJ (以下「中層用 GJ」) 開発の中で、設定した接合方法のほとんどは実用性のある構造性能・施工性を有することが確認されたが、下記の 3 つの項目についての課題があげられ構造試験における終局耐震性能検定に推測が含まれていたため、各課題に対応し中層用 GJ のさらなる改良と構造性能の確実化を目的とした検討を行った。

- 1) 加工性向上のための改善の余地
 - ✓ オリジナルスリーブの拡充
 - ✓ 直接グラウト接合における塑性変形性能の確保
 - ✓ 特殊な加工機を用いない直接グラウト接合の加工

- 2) 一部の接合方法では終局性能がやや不足
 - ✓ GJ の接合部せん断性能
 - ✓ GJ の接合部圧縮性能
 - ✓ 鉄骨梁のせん断性能

- 3) 性能が未確認(昨年度の実験時の加力装置能力を超えて終局性能が未確認であったものを含む)
 - ✓ GJ の接合部せん断性能
 - ✓ GJ の接合部圧縮性能
 - ✓ 鉄骨梁ボルト接合部の引張性能

本報告書各章の内容は以下のように要約される。

「第2章 架構・接合部構成の改良および拡充」では、既製品スリーブを用いた「スリーブ接合」と異形鉄筋を直接CLTパネルに定着する「直接グラウト接合」の2種類を設定した。

目的1)に対応し、スリーブ接合では、接合部のコンパクト化等のメリットがあると考え、既製品スリーブに代えて中層用GJに特化した鋳造オリジナルスリーブを設定した。直接グラウト接合では、昨年度仕様で定着部内における異形鉄筋降伏によりグラウトモルタルに割裂が生じたために靱性がやや不足したことに対し、これを防止するために、高強度鉄筋と低強度鉄筋をRC造で一般的な機械式継手により繋ぎ、高強度鉄筋をCLTに定着することで、定着部内における異形鉄筋降伏を防ぐ仕様を設定した。また、CLTパネルの加工性向上を目的として、CLTパネルの定着部をCLT側面(厚さ面)から加工する「CLT側面加工型」のほかに、CLT表面から加工する「CLT表面加工型」を設定した。

目的2)に対応し、壁パネルに作用する水平せん断力により、壁パネル下端の定着部内において異形鉄筋に曲げ変形を防止するために壁パネル下端定着部に鋼管を設けて補強する仕様を設定した。

「第3章 オリジナルスリーブの設計」では、目的1)のうち「オリジナルスリーブの拡充」に対応して、「鉄骨梁先付スリーブ」を対象としたFEM解析により、オリジナルスリーブと梁の間に介在するベースプレート(SS400)の厚さが36mm以上であれば、定着ボルト(M27, ABR490)の破断引張耐力に対して弾性範囲に留まることを確認した。

「第4章 性能確認実験と設計用特性の設定」では、目的1)から目的3)までに対応し、第2章で設定した部材構成による新接合部に対して、以下に示す実験により構造性能を検証した。なお、【 】に示す実験符号は、付録に掲載する実験報告書を示す。

また、実験結果に対して論文等による設計式を適用した場合の耐力評価値(材料強度による強度、剛性等)を比較検証し、構造設計に用いるための接合部耐力性能として提示した。

・スリーブ接合

- ①スリーブ接合を有する壁パネルの定軸力下水平加力実験【実験A】
- ②スリーブ接合部のせん断実験【実験D】
- ③鉄骨梁ボルト接合部の引張実験【実験E】

スリーブ接合①(スリーブ接合を有する壁パネルの定軸力下水平加力実験【実験A】)では、スリーブ接合部の終局圧縮耐力は基礎上設置で1200kN、床上設置で900kNであることを確認した。また、同実験におけるCLT壁パネル縁の表層ラミナ方向歪みが最大となる高さは、スリーブ接合部を構成する鋼板挿入ドリフトピン接合部の最上部ドリフトピンの位置であり、構造設計におけるCLT壁パネルの面内応力検定は同位置に対して行えば良いことを確認した。

スリーブ接合②(スリーブ接合部のせん断実験【実験D】)では、同接合部の終局せん断耐力は基礎上設置で196kN、床上設置で170kN、鉄骨梁下設置で248kNであることを確認した。なお、基礎上設置では後述の直接グラウト接合の基礎梁上設置で側方破壊によりせん断耐力が低下する場合があることが確認され、それに対しては何らかの補強が必要であることは、スリーブ接合でも同様であると考えられる。

スリーブ接合③(鉄骨梁ボルト接合部の引張実験【実験E】)では、終局耐力が(M27, ABR490)の破断引張耐力を上回ることおよび弾性剛性がスリーブ定着部と鋼板挿入ドリフトピン接合部の直列剛性の14倍程度であることを確認した。

・直接グラウト接合

- ①直接グラウト接合部の引張・圧縮実験【実験B、実験C】
- ②直接グラウト接合部のせん断実験【実験D】

直接グラウト接合①(直接グラウト接合部の引張・圧縮実験【実験B、実験C】)では、定着部に高強度鉄筋を用いることにより、それに接続されるアンカー鉄筋の上限耐力まで塑性化と剛性低下が生じないことを確認した。また、「CLT表面加工型」については、直接グラウト接合部の引張・圧縮実験での接合部仕様を決めるためコブ一節で事前実験を行い、円形、四角形および長丸形の3種類の内でも耐力が最も大きくバラツキが小さい長丸形をコブ形状として採用し、必要耐力を満足するようにコブ数を3とした。

直接グラウト接合②(直接グラウト接合部のせん断実験【実験D】)では、同接合部の終局せん断耐力は基礎上設置で180kNと確認された。ただし、基礎上設置では基礎梁の側方破壊によりせん断耐力が低下する場合があり、それに対しては何らかの補強が必要であることを併せて確認した。

- 共通(鉄骨梁)

- ①鉄骨梁のせん断実験【実験F】

共通①(鉄骨梁のせん断実験【実験 F】)では、スチフナを適切に設ける場合は、ウェブの終局せん断耐力は、「ウェブ面積×材料のせん断降伏応力度」の 1.52 倍となること、及び降伏後に靱性があり、塑性率は 28.5 程度であることを確認した。

「第 5 章 部材および接合部配置方法に関する検討」では、接合部性能等に関する昨年度の知見及び本事業の構造性能確認実験によって確認された性能を用いて 5 階建て共同住宅の構造設計(ルート 3・保有水平耐力計算)を更新し、保有水平耐力計算を満足することを確認した。

また、架構形状・壁パネル割付等を変数としたパラメトリックスタディに基づいて、構造計算結果が NG となる頻度を軽減し得る部材・接合部配置方法の留意点等を確認した。また、構造計算モデルの簡便化については、接合部を MN モデル(材端バネモデル)への置換手法および解析精度を確認した。

今後の課題・展開等を以下に示す。

- 基礎接合部の側方破壊に対する補強

本事業の実験【D】により、基礎接合部の出隅部分ではコンクリートの側方破壊が先行することが確認された。これに対しては何らかの補強を検討する必要がある。

- ルート 2 の適用性

平 28 国交告第 611 号(以下「告示」)改正により、小幅パネル架構では構造計算ルート 2 で 6 階建てまで対応可能となった。ルート 2 の場合は増分解析が不要となるなど設計負荷が大きく軽減される。一方で、ルート 2 の場合は告示第八第二号ロートによる仕様規定、応力割増係数のほか、CLT 設計施工マニュアルに記載される鉄骨梁先行降伏の保証条件(以下「保証条件」)を満足する必要がある。これに対して、本事業で対象とした鉄骨梁勝ち架構では仕様規定と応力割増係数が設計上の制約になる度合いは低いと言える。したがって、保証条件を満足するための躯体構成を設定することでルート 2 の適用性が確保されと考えられる。

- 耐力壁・鉄骨梁の最適断面と最適配置

本年度の「架構構成方法の留意点」として、ルート 3 を前提とした検討を行った。この課題に関して、検討範囲の拡充とルート 2 の追加が望まれる。

- マニュアル類の整備

本工法の普及促進のためには、上記課題を踏まえた設計マニュアル、及び標準工程表、施工管理基準等を含む施工マニュアルの整備が必要である。

- 集成材構造等への応用

本事業で対象とした GJ は集成材・LVL 等にも適用可能である。GJ の有する高耐力・高剛性とアンカーボルト施工誤差吸収機能などの特長は集成材・LVL 等に適用する場合にも発揮される。集成材・LVL 等への適用により、構造材の選択肢が増えることで地域の事情等に即した計画が可能となり、木質構造全体の更なる普及に寄与すると期待できる。