

第6章 まとめ

6.1 平成27年度事業における検討結果

CLT パネルを用いた超高層建築物用制震壁の開発について検討を実施したまとめを以下に示す。

第2章では、CLT 制震壁の全体構成、各部材の概要及びその部材の断面等の算定について述べた。

第3章では、3種類の要素試験及び構面試験の結果について述べた。

CLT パネルと LSB 接合部のせん断試験(3.2.1)の要素試験結果は、3体の平均値で等辺山形鋼及び LSB2 本から構成される CLT パネルとの接地部分1箇所当たりの降伏耐力で 118.43kN、終局耐力で 162.78kN、剛性は 35.34kN/mm であった。また、破壊形状は、CLT パネル V 字カット部の表層ラミナ(弱軸)の割れが生じた後、割れの拡大に伴い CLT パネルへのめり込みが拡大(弱軸層はパネルが潰れ、強軸層(LSB 配置)は鉛直にずれる)し、急激な耐力低下及び破壊は見られなかった。

CLT パネルとビス接合部のせん断試験(3.2.2)では、株式会社カネシン社製の2種類のビス(HR-65 及び YPR-75)を用いて要素試験を実施した。

HR-65 を用いて実施した要素試験結果は、3体の平均値でビス1本当たりの降伏耐力で 4.11kN、終局耐力で 7.23kN、剛性は 1.35kN/mm であり、YPR-75 を用いて実施した要素試験結果は、3体の平均値でビス1本当たりの降伏耐力で 3.51kN、終局耐力で 6.47kN、剛性は 1.16kN/mm であった。また、どちらのビスも破壊形状は、ビスの変形及びCLTパネルの割れであり、最大荷重時以降にビス頭が取れる部分が見られたが、急激な耐力低下及び破壊は見られなかった。なお、構面試験では、要素試験結果から構造性能の高い HR-65 を採用することとした。

極低降伏点鋼材ダンパーのせん断試験(3.2.3)の要素試験は、構面試験の予備試験として計画したものであるが、アムスラー試験機試験体固定部の加力軸回りの回転が拘束されていなかったこと及び試験体の裏表が非対称であったことにより、試験体及び治具に振れが生じ、鋼材ダンパーのせん断荷重及びせん断変形のみから得られる正確な構造性能の確認には至らなかった。この試験の実施により、構面試験に用いる鋼材ダンパーの形状、配置及び各接合部等の仕様を決めるに足る情報を得ることはできた。

A-1 試験(CLT パネル2枚に鋼材ダンパー2基3列(合計6基)を配置)では、CLT 制震壁のせん断変形は、鋼材ダンパーの塑性変形まで至らず、概ね弾性変形の範囲であり、最大荷重は押し方向で 995kN 程度、引き方向で-980kN 程度であり、最大変形は押し方向で 20mm 程度、引き方向で-22mm 程度であった。なお、ビス接合部及び LSB 接合部の構造性能は概ね弾性範囲であり、極低降伏点鋼材ダンパーの構造性能は極低降伏点鋼材ダンパー(2基)に生じるせん断力が 600kN 程度まで塑性変形まで至らず概ね弾性変形の範囲であった。また、試験体の破壊状況は、最終サイクルまで接合部等の破壊は確認されず、CLT パネルと LSB 接合部の接地部分である CLT パネルの V 字カットの谷部分の表層にひび割れが生じた程度であった。

A-2 試験(CLT パネル2枚に鋼材ダンパー1基3列(合計3基)を配置)では、CLT 制震壁のせん断変形は、600kN 程度から鋼材ダンパーが塑性変形し履歴ループを確認することができ、最大荷重は押し方向で 657kN 程度、引き方向で-653kN程度であり、最大変形は押し方向で72mm程度、引き方向で-72mm程度であった。なお、ビス接合部及び LSB 接合部の構造性は概ね弾性範囲であり、極低降伏点鋼材ダンパーの構造性能は極低降伏点鋼材ダンパー(1基)に生じるせん断力が 350kN 程度で塑性変形し履歴ループを確認できた。また、最終サイクルまで接合部等の変形及び破壊は確認されなかった。

B-1 試験(CLT パネル1枚に鋼材ダンパー2基2列(合計4基)を配置)では、CLT 制震壁のせん断変形は、600kN 程度から鋼材ダンパーが塑性変形し履歴ループを確認することができ、最大荷重は押し方向で 720kN 程度、引き方向で-748kN 程度であり、最大変形は押し、引き方向共に 100mm 程度であった。ただし、極低降伏点鋼材ダンパーと LSB 接合部との間のすべりは、削除できていない。なお、ビス接合部及び LSB 接合部の構造性能は概ね弾性範囲であり、極低降伏点鋼材ダンパーの構造性能は極低降伏点鋼材ダンパー(2基)に生じるせん断力が 700kN 程度で塑性変形し履歴ループを確認できた。ただし、頭部側のビス接合部は、金物の形状からビス本数が少なく剛性が小さくなり 3mm 程度まで変形している。また、最終サイクルまで接合部等の変形及び破壊は確認されなかった。

B-2 試験(CLT パネル1枚にダミーダンパー2基2列(合計4基)を配置)では、ダミーダンパーを配置した CLT 制震壁のせん断変形は、概ね弾性変形であることが確認でき、最大荷重は押し方向で 935kN 程度、引き方向で-976kN 程度であり、最大変形は押し方向で 48mm 程度、引き方向で-61mm 程度であった。ただし、ダミーダンパーと LSB 接合部との間のすべりは、削除できていない。なお、ビス接合部及び LSB 接合部の構造性能は概ね弾性範囲であったが、頭部側のビス接合部は、B-1 試験時に金物の形状からビス本数が少なく剛性が小さくなり 3mm 程度変形した後に試験をしているため、初期剛性が小さくなっていると考えられる。また、試験体の破壊状況は、最終サイクルまで接合部等の破壊は確認されず、CLT パネルと LSB 接合部の接地部分である CLT パネルの V 字カットの谷部分の表層にひび割れが生じた程度であった。

CLT パネルのせん断弾性係数は、試験体 A と試験体 B でそれぞれ負担せん断力が大きい A-1 及び B-2 を対象に検討とし、せん断変形計測値から算定した場合と CLT パネルの水平方向と鉛直方向の回転角の差から算定した場合の2種類の方法で算定した結果、いずれも既往の研究よりも大きな値であり初期の変形範囲であったと考えられる。

第4章では、要素試験及び構面試験の結果に基づき設定した解析モデルで増分解析を行い、CLT 制震壁の構造特性(せん断力-水平変形関係)の検討について述べた。解析モデルより得られた CLT 制震壁の構造特性(せん断力-水平変形関係)は、各構面試験結果と概ね適合していることが確認できた。

第5章では、鉄骨造超高層建築物(例)に CLT 制震壁を配置した立体フレームモデルに観測波4波と長周期地震動に対する検討用の人工波を入力して地震応答解析を実施した CLT 制震壁の応答低減効果の検討について述べた。CLT 制震壁は、検討結果から最大で 41% (Hachinohe-NS、3 層)の応答低減効果を有することを確認することができた。また、地震応答解析より算定した CLT 制震壁 1 基当たりのエネルギー吸収量は、構面試験結果から算定した CLT 制震壁のエネルギー吸収能力以下であり実建物へ適用が可能であり長周期地震の対策としても効果が期待できると考えられる。

本事業では、上記に示すように CLT 制震壁は、鉄骨造超高層建築物に対し制震効果を有することが確認できた。一方で、実際に想定した鋼材ダンパー基数で CLT 制震壁の荷重－変形性能や終局破壊性状が確認できていない。また、実設計に向けて耐火性能や意匠性等を考慮したディテール検討の実施も必要である。