

Midply Wall System の構造性能に関する検討(その 1)
合せ柱とするたて枠の座屈耐力の評価

枠組壁工法 Midply Wall System 合せ柱
鉛直構面 座屈耐力 NDS

正会員 ○麓 英彦*¹ 同 三宅 辰哉*³
同 岡崎 友也*² 同 岡部 実*⁴

1. はじめに

Midply Wall System (以下、「MP 耐力壁」) は、図 1 に示すように、従来の枠組壁工法の鉛直構面の部材構成に対し、たて枠を面材の両側から挟み込むように配置する面材耐力壁である。MP 耐力壁は、面材 1 枚あたりのせん断面を 2 面確保できる高倍率耐力壁として、現在、種々の検討が進められている。

従来の枠組壁工法の鉛直構面は、鉛直荷重による圧縮力を受ける場合、構面の面外方向の座屈に対して、たて枠の強軸方向の断面性能で抵抗する。一方、MP 耐力壁による鉛直構面では、たて枠の部材配置方向が従来の鉛直構面の場合と比較して 90 度回転されており、鉛直構面の面外座屈の方向とたて枠の弱軸方向が一致する。

上記のような MP 耐力壁を用いた鉛直構面を用いる場合、構面の面外座屈に対する配慮が必要である。具体的な対策としては、耐力壁の面内せん断性能を発現する面材釘とは別途に、面材の両側に配置するたて枠を一体化するためのボルトやくぎ等の接合具を用いて“合せ柱”を構成し、合せ柱に対して座屈耐力を評価する方法が考えられる。

合せ柱の座屈耐力の評価法としては、北米の木質構造設計規準に当たる「NDS 2005Edition」(以下、NDS¹⁾) に記載があり、合せ柱の部材構成、接合具の種類及び間隔等の適用条件及び座屈耐力の算定方法が示されている。

本検討では、まず、くぎ等の接合具を用いて複数のたて枠を一体化した合せ柱について、NDS に基づく座屈耐力を評価する。次に、上記の合せ柱に対して圧縮試験を行い、試験による座屈耐力と NDS の評価値を比較する。さらに、平成 13 年国交省告示第 1540 号第八において、枠組壁工法の鉛直構面に必要なたて枠相互の間隔と、MP 耐力壁の合せ柱の配置間隔の関係性についても確認する。

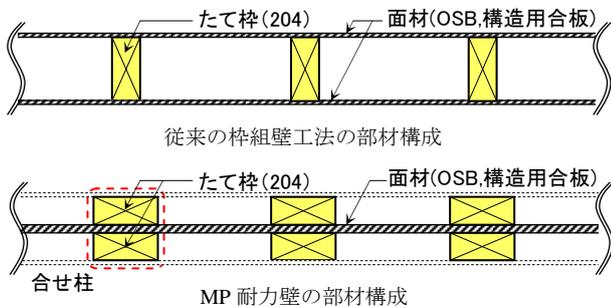


図 1 一般耐力壁と MP 耐力壁の部材構成の比較 (断面図)

2. 合せ柱の座屈耐力の評価方法

2.1 合せ柱の部材構成

NDS 評価法及び圧縮試験の対象とする合せ柱の部材構成を表 1 に示す。本検討の対象とする合せ柱は、部材構成及び接合方法等の仕様が異なる①～⑤の 5 種である。座屈方向は、NDS 評価法、圧縮試験ともに紙面左右方向とする。また、有効座屈長さはいずれも 2750mm とする。

表 1 評価対象とする合せ柱の部材構成

名称	部材構成図※ ¹	構成部材	備考
①		・ 2-204 材※ ² ・ CN75@150mm	—
②		・ 3-204 材※ ² ・ CN90@150mm	—
③		・ 2-204 材※ ² ・ OSB, t=12mm ・ CN75@150mm	③④: OSB に設ける幅 15mm の間隙部に釘打ち。 ④: ③の 204 材と直交に 204 材を追加し、2-CN75@150 で各たて枠に接合。
④		・ 3-204 材※ ² ・ OSB, t=12mm ・ CN75@150	たて枠相互の接合には、接着剤を用いる。(NDS による評価値は参考)
⑤		・ 3-204 材※ ²	たて枠相互の接合には、接着剤を用いる。(NDS による評価値は参考)

※1 いずれも紙面左右方向を座屈方向とする
※2 枠組壁工法用製材 JAS 甲種 2 級, S-P-F

2.2 NDS による座屈評価方法及び適用範囲の確認

NDS 評価法の適用条件を確認する。合せ柱①～⑤について、本適用条件を満足しない仕様についても評価法を適用し、座屈耐力を算定する。以降、図 2 に NDS,15.3.1 に規定される合せ柱に関する適用範囲の一般事項の要約を、図 3 に NDS,15.3.3 (くぎ接合の場合の規定) の要約を示す。

- (a) 部材は矩形断面、部材の厚さ $t \geq 1-1/2$ inch (≒38mm)。
- (b) 全ての部材は同一寸法で構成されること。
- (c) 隣り合う部材は相互に接するように配置すること。
- (d) 全ての部材長さ (座屈長さ l) は統一すること。
- (e) 以下の接合方法に応じた規定を満たすこと。
・ NDS,15.3.3 (くぎ接合) 又は、NDS,15.3.4 (ボルト接合)

図 2 合せ柱の NDS による適用条件 (要約)

- (a) 同一列内の隣りあう釘は、合せ柱の両側面から交互打ち。
 - (b) くぎ終端の部材には、釘を材厚の0.75倍以上打ちこむ。
 - (c) 材端のくぎの繊維方向端あき距離は、15D以上18D以下。
 - (d) くぎピッチは、20D以上6t_{min}以下。
 - (e) くぎ列の間隔は、10D以上20D以下。
 - (f) くぎと部材側面の端あき間隔は、5D以上20D以下。
 - (g) 構成部材の縦横比が3以上の場合、くぎ列は2以上。
- D : くぎ径 [mm] (CN75 : 3.76mm)
t_{min} : 合せ柱の構成部材の幅の最小値[mm] (204 : 38mm)
d : 合せ柱の構成部材のせい[mm] (204 : 89mm)

図3 くぎ接合による合せ柱のNDS評価法の適用条件(要約)

合せ柱①～④の仕様について、上記のNDS評価法の適用条件に対して確認する。図2の適用条件については、①②は適、③④は項目(b)で不適である。図3の適用条件については、①は適、②③④は項目(b)で不適である。

NDSの評価法では、座屈耐力として部材の基準圧縮強度に乘じる低減係数C_pを式(1)のように定めている。ここで、F_c^{*}は別途低減係数を考慮後の基準圧縮強度、F_{CE}はオイラーの式に基づく圧縮荷重時座屈応力度(=0.822×E_{min}/(l_e/d)²)、K_fは接合具の種類による低減係数、cは部材の種類による係数である。K_f及びcの設定要領については表2に示す。

$$C_p = K_f \left[\frac{1 + (F_{CE}/F_c^*)}{2c} - \sqrt{\frac{1 + (F_{CE}/F_c^*)}{2c} - \frac{F_{CE}/F_c^*}{c}} \right] \dots\dots(1)$$

2.3 圧縮試験方法及び座屈耐力評価方法

圧縮試験は、写真1の試験装置を用い、合せ柱①～⑤について各仕様4体ずつ単調に加力した。座屈耐力の評価は、図4に示す鉛直圧縮力P及び試験体中央部の水平変位δを用い、下記の分析手法に基づき設定する。なお、この分析手法は、両端ピン接合を理想的な状態とする試験体に対し、試験治具等による座屈耐力の過大評価の影響を除去するための措置である。

- (1) 座屈荷重は、計測間隔1秒間にδが5mm以上増加した次の計測ステップの荷重値の4体の平均値とする。
- (2) 上記(1)に該当しない場合、座屈荷重は、δが40mmを超える次の計測ステップの荷重値の4体の平均値とする。



写真1 試験装置

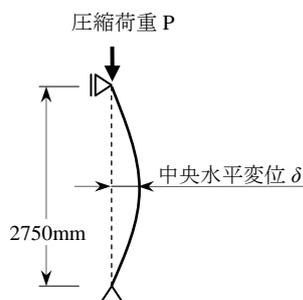


図4 試験概要

3. 座屈耐力の評価結果および考察

表2にNDSによる座屈耐力の評価結果を、図4には圧縮試験に基づく座屈耐力及びオイラーの式に基づく算定値(以下、理論値)を比較する。理論値は、曲げ剛性EIとして、1)試験体の実測値(4体の平均値)とする場合、2)合せ柱を完全一体断面として算定する場合、3)たて枠の個別断面ごとの座屈耐力の和として算定する場合の3種のEIによる算定結果を示す。

図4より、NDSによる座屈耐力は、圧縮試験による座屈耐力と概ね一致する。また、理論値として、EIを実測値とする場合、“EI一体”と“EI個別”の間に位置する値であるが、圧縮試験の結果と比べて低く、NDSによる評価値の方が試験結果に近い傾向を示す。

合せ柱の座屈耐力として、NDSの適用条件に適する①の仕様では、試験結果の座屈耐力がNDSによる評価値より1.4倍程度高く、NDSの評価値は安全側である。

また、MP耐力壁の一般部を想定した③の仕様の合せ柱は、NDSの適用条件に対して不適であるが、NDSを適用した座屈耐力の評価値は28.8kNである。これに対し、従来の枠組壁工法の鉛直構面を想定した204材1本の強軸方向の座屈耐力は、約27kN程度(⑤の仕様の1/3倍)で概ね一致する。さらに、圧縮試験による座屈耐力も30kN程度であるため、MP耐力壁の合せ柱は、従来の鉛直構面に対して同等以上の座屈耐力を有しているといえる。

表2 NDSによる座屈耐力の算定結果

記号	単位	合せ柱の名称					備考
		①	②	③	④	⑤	
l _e	mm	2750	2750	2750	2750	2750	有効座屈長さ
d	mm	76	114	88	88	89	座屈方向の部材せい
l _e /d	-	36.2	24.1	31.3	31.3	30.9	座屈方向の細長比
E _{min}	N/mm ²	9600	9600	9600	9600	9600	ヤング係数
F _{CE}	N/mm ²	6.03	13.56	8.08	8.08	8.27	座屈荷重時圧縮応力度
F _c	N/mm ²	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	基準圧縮強度(SPF甲2)
K _f	-	0.60	0.60	0.60	1.00	1.00	くぎ0.6, ボルト0.75, 他1.0
c	-	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	製材0.8, 集成材等0.9
C _p	-	0.190	0.360	0.245	0.408	0.416	基準強度に乘じる係数
C _p ・F _c	N/mm ²	3.31	6.26	4.26	7.10	7.24	座屈応力度
A	mm ²	6764	10146	6764	10108	10146	断面積(たて枠のみ)
P _{NDS}	kN	22.38	63.52	28.82	71.78	73.41	NDSによる座屈耐力

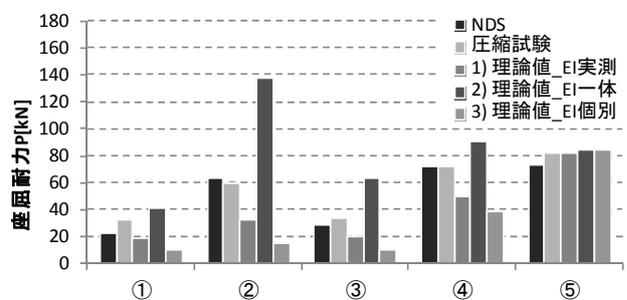


図4 各評価法による座屈耐力の比較

■参考文献

- 1) American Wood Council: ANSI/AF&PA NDS-2005 National Design Specification (NDS) for Wood Construction, 2005 Edition with Commentary.

*1 カナダ林産業審議会 修士(農学)
*2 日本システム設計 修士(工学)
*3 日本システム設計 博士(工学) 代表取締役
*4 ベターリビング つくば建築試験研究センター・農修 総括試験研究役

*1 Council of Forest Industries Canada, M.Agr.
*2 Nihon System Sekkei Architects & Engineers, M.Eng.
*3 Nihon System Sekkei Architects & Engineers, Pres., D.Eng.
*4 Chief Researcher Tsukuba Building Research and Testing Laboratory Center for Better Living, M.Agr.