

軽量鉄骨間仕切り壁の材端固定による面外変位の低減に関する研究

STUDY ON REDUCING OF OUT OF PLANE DEFORMATION OF LGS WALL BY CONNECTING STUD END TO RUNNER

小林俊夫 ——— *1 下氏亮介 ——— *2
梅野友里 ——— *3

Toshio KOBAYASHI — *1 Ryosuke SHIMOUJI — *2
Yuri UMEMO ——— *3

キーワード：
軽量鉄骨下地, 間仕切り壁, 非構造部材, ランナー, スタッド,
静的加力実験

Keywords:
Steel furrings, Dry wall, Nonstructural member, Runner, Stud, Static loading test

In order to reduce out of plane deformation of dry wall by lateral force, connecting method of stud end to runner by screw is employed as one of the simple measures. Loading tests are conducted using real size stud-runner systems with/without stiffen measure at stud end. Stiffen effect is quantified through elastic curve equation comparing measured results of with/without stiffen model. Calculated results are obtained as rotational spring which connects deflection angle and fixed end moment at stud end. The stiffening effect is not remarkable large as roughly 10% reduction. If larger effect is required more heavy measures are needed.

1. はじめに

近年、公共建築工事標準仕様書の記載（最大5m）を超える高さの壁に対しても軽量鉄骨下地材の活用を検討することが増えている。しかし、その構造の特性上壁高の増加により面外剛性が著しく低下し、地震など外力が生じた場合において、面外変形の増加による仕上げ材の割れや剥離などを誘発する可能性が高いため、壁下地の面外剛性を高める研究や開発が行われている。

本報では、スタッドとランナーをビスにより接合することで得られる壁の面外変位の低減効果について下地材のみで組んだユニットの静的加力実験にて検証し、その結果からビス接合によるスタッド端部拘束による回転剛性（ K ）を求め、ビス接合による面外変位の低減効果の評価について報告する。

2. 実験概要

実験はJIS65形とJIS100形の部材サイズを用い、それぞれについてスタッドとランナーのビス接合による補強無し、片側補強、両側補強の3仕様を考慮した。

間仕切り壁の水平力に対する面外曲げ変形に対し、スタッドの曲げ剛性のみならずボードも曲げ剛性に寄与することは多くの実験結果から確認されている（例えば文献3）が、その寄与度の評価方法は確立されていないので、今回のスタッド端部補強効果の評価においてはボードの曲げ剛性の寄与度の不確定性を排除するため試験体にはボードを張らないこととした。

試験体サイズはJIS A6517の規定に沿い、65形は壁高さを4,000mmとし、部材^{文献4）参照}はWS-65、WR-65、WB-25およびWS-65スペーサーを使用した。100形は壁高さを5,000mmとし、部材はWS-100、WR-100、

WB-25およびWS-100スペーサーを使用した。スタッドは450mmピッチにて3本配置し、振れ止めは一段目を床側端部から1,000mm、以降は1,200mmピッチに設置した。スペーサーは600mmピッチで設置した。65形および100形ともスタッドの天井側にはランナーとのクリアランスを10mm設け、壁面が水平となるように試験用架台に設置した。

ランナーは試験用架台に450mmピッチで3箇所をボルト締めにより固定した。

試験体図を図1および図2に、試験架台図を図3、写真1および2に示す。

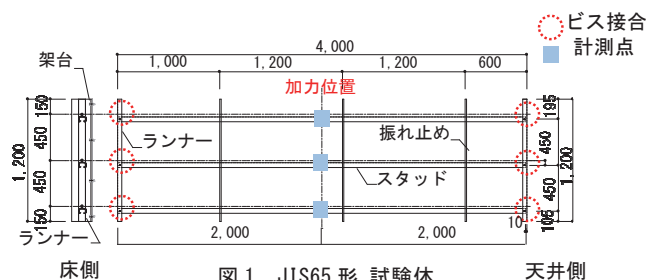


図1 JIS65形 試験体

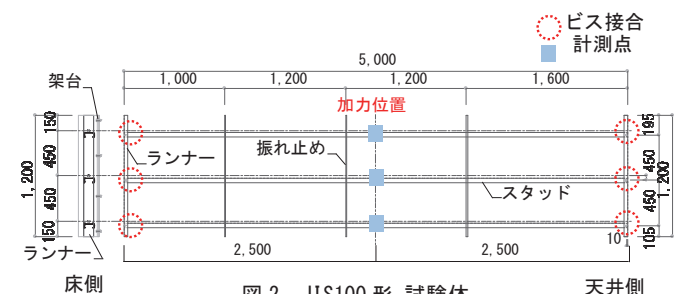


図2 JIS100形 試験体

本稿は日本建築学会大会学術講演概要集（北海道）で2022年9月に発表した文献1), 2)を再構成し加筆したものである。

*1 桐井製作所 技術顧問・工博
(〒134-0083 東京都江戸川区中葛西1-10-10)

*2 桐井製作所開発部 マネージャー

*3 桐井製作所開発部 主任・修士(学術)

*1 Technological Consultant, Kirii Construction Materials Co., Ltd., Dr.Eng.

*2 Manager, R&D Dept., Kirii Construction Materials Co., Ltd.

*3 Chief, R&D Dept., Kirii Construction Materials Co., Ltd., M.A.&S

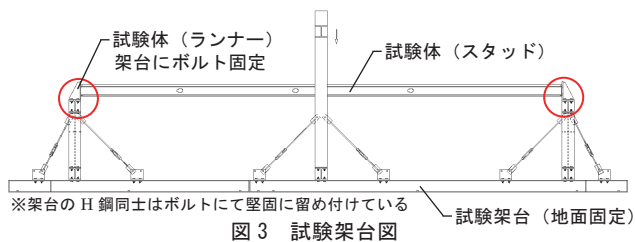


図3 試験架台図



写真1 試験架台全景



写真2 ランナー固定状況

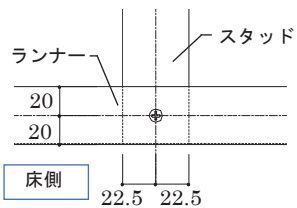
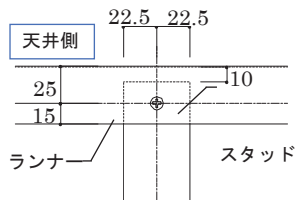


図4 ビス接合部詳細図

各スタッド端部とランナーの接合にはビスを用い、スタッドの材幅の中央およびランナーとの掛かり長さの半分の位置とし、床側はスタッド端部から20mm、天井側は10mmのクリアランスを考慮してスタッド端部から25mmの位置にて、スタッドのフランジ上下面に対してそれぞれビス1本で接合した。ビスは全長14mmねじ径4mmのサラ頭ビスを使用した。ビス接合部詳細図を図4、接合部詳細写真を写真3および4に示す。

今回の一連の実験は実験場の空間的制約から試験体を水平に設置して実施した。実現場ではスタッドは直立しているため下端に自重が作用するが、文献⁵⁾によると自重が下部境界条件に与える影響は無視できるとの報告があるので、本報でも自重が下部境界条件に与える影響は無視した。



写真3 ビス接合部（表面）



写真4 ビス接合部（裏面）

架台への設置状況を図5及び写真5に示す。スタッドが開断面のため、スタッドのせん断中心の偏心による材のねじれを抑える事を目的とし、スタッド3本のせん断中心の重心と加力治具の中央が同一位置となるように65形はジャッキ中央部から47mmリップ側へずらし、100形は44.5mmリップ側へずらした位置に試験体を設置した。計測は針式変位計を用いて、スパン中央部のスタッド下フランジ

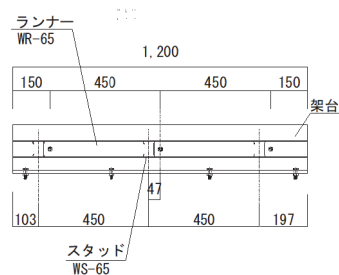


図5 スタッド端部の状況

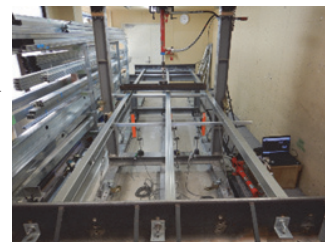


写真5 試験体状況

のたわみ量を計測する配置とした

加力はスパン中央部に配置した油圧式シリンダーに、鋼製の加力治具を取付け、壁幅方向に線状加力とし、下向きに加力した。

実験は施工差によるばらつきが結果へ与える影響を排除するため、同じ試験体を用いてビス補強を追加しつつ加力測定を行った。即ち、初めに補強無し状態で一方向繰返し加力を3サイクル実施計測した後、荷重を0に戻し床側スタッド端部をビス接合し、同様に一方向繰返し加力を3サイクル実施計測、再度、荷重を0に戻し、天井側スタッド端部もビス接合し、一方向繰返し加力を3サイクル実施計測した。加力スケジュールを図6に示す。

施工差によるばらつきについては、同一仕様の試験を複数回実施し、その結果を定量的に判断する必要があるが今回は割愛する。

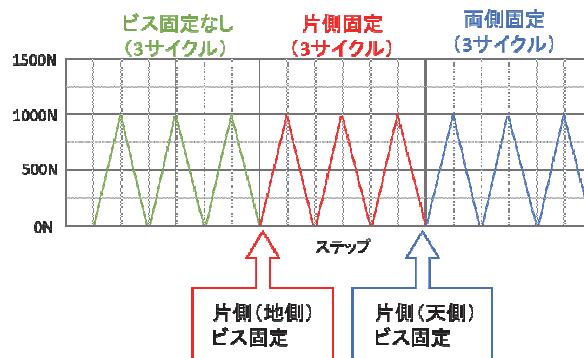


図6 加力スケジュール

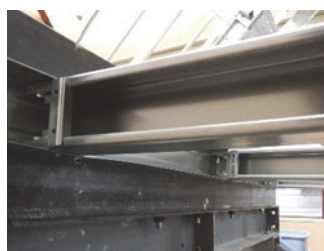


写真6 65形床側端部



写真7 65形天井側端部



写真8 100形床側端部

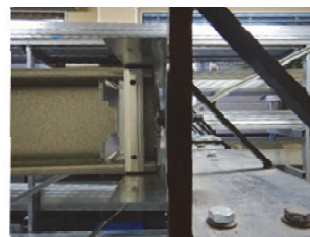


写真9 100形天井側端部

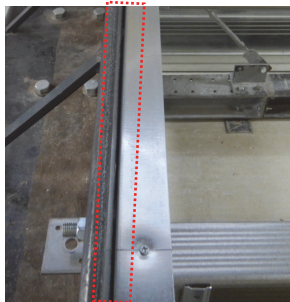
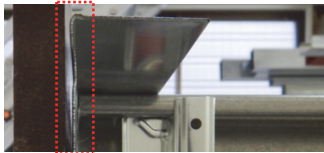
なお繰返し加力の制御荷重は、65 形、100 形とも事前の単調加力実験より弾性的挙動を示した 1000N と設定した。

65 形の床・天井端部の加力時の状況を写真 6、7 に、100 形の状況を写真 8、9 に示す。

3. 実験結果

図 7、8 にそれぞれ 65 形と 100 形の荷重-変位曲線を、表 1、2 にそれぞれ 65 形と 100 形の剛性値を示す。グラフには補強無し、片側補強、両側補強の各サイクルの計測結果を表記した。なお、補強なしおよび片側補強、両側補強は初期変位を 0 に補正して表記している。また、剛性値の算出は挙動が安定した状態での数値とするため、加力開始時の初期変動を除いた 2、3 サイクルのデータの平均値を用いて、65 形は 226N および 800N 時の 2 点間の傾きを剛性値とし、100 形は 300N および 800N 時の 2 点間の傾きを剛性値とした。

剛性値は 65 形、100 形ともに、補強が無い場合と比較して片側補強で 2N/mm 程度、両側補強で 5N/mm (100 形は 8N/mm) 程度高い結果となった。ビス接合したランナーは、加力に伴い反力モーメントの引張側に相当する試験体上面のフランジが試験用架台から離れる挙動を示した。この挙動の状況を写真 10 及び 11 に示す。



※ランナー上部と架台の間に 2mm 程度のクリアランスを確認
写真 10 上部と下部の比較 写真 11 上部クリアランス

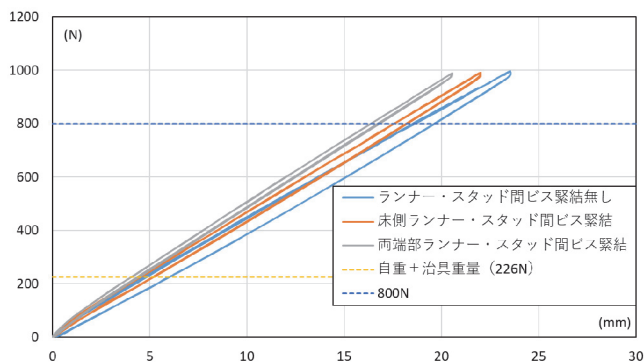


図 7 65 形 荷重-変位曲線

表 1 65 形 剛性値

○剛性値 (226N～800N間)

	変位	2サイクル	3サイクル	平均値	剛性	
ビス無し	226N時	6.20mm	6.37mm	6.28mm	41.16	N/mm
	800N時	20.28mm	20.18mm	20.23mm		
地側のみ ビス固定	226N時	4.49mm	4.56mm	4.52mm	43.86	N/mm
	800N時	17.55mm	17.67mm	17.61mm		
両側 ビス固定	226N時	4.03mm	4.04mm	4.03mm	46.36	N/mm
	800N時	16.59mm	16.24mm	16.42mm		

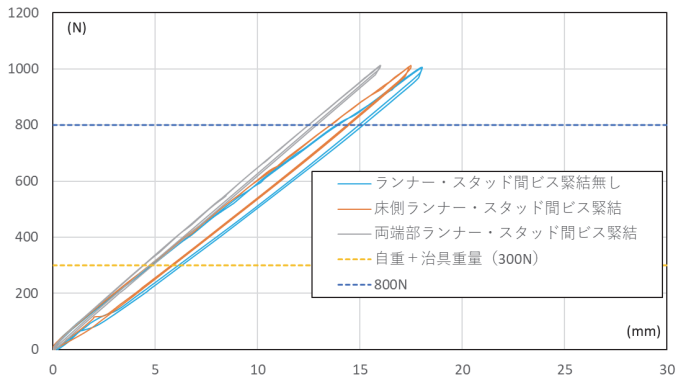


図 8 100 形 荷重-変位曲線

表 2 100 形 剛性値

○剛性値 (300N～800N間)

	変位	2サイクル	3サイクル	平均値	剛性	
ビス無し	300N時	4.30mm	4.56mm	4.43mm	53.48	N/mm
	800N時	13.57mm	13.99mm	13.78mm		
地側のみ ビス固定	300N時	4.59mm	4.43mm	4.51mm	55.83	N/mm
	800N時	13.54mm	13.39mm	13.47mm		
両側 ビス固定	300N時	4.21mm	4.10mm	4.16mm	61.58	N/mm
	800N時	12.34mm	12.21mm	12.28mm		

繰返し加力終了後に荷重低下が確認できるまで単調加力を行った。終局時の最大荷重は 65 形で 2405.2N、100 形で 2140.8N となり、どちらも加力部のスタッドの局部変形により荷重低下となった。図 9、10 にそれぞれ 65 形と 100 形の終局時の荷重-変位曲線を示す。

除荷後の損傷観察によると、スタッドとランナーのビス接合部におけるビスの支圧によるビス穴の変形は見られなかった。

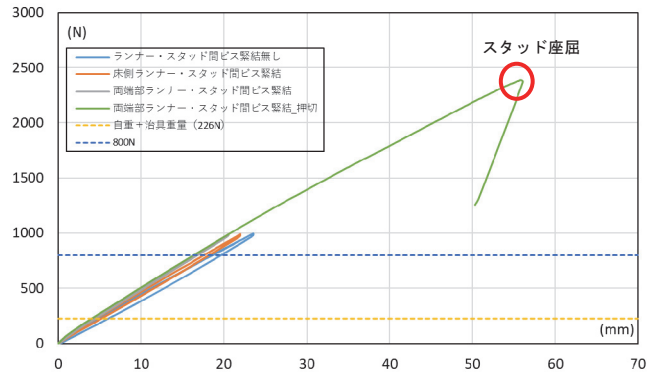


図 9 65 形 終局時の荷重-変位曲線

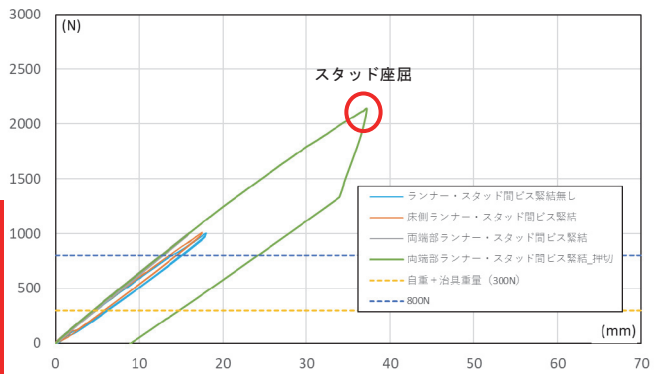


図 10 100 形 終局時の荷重-変位曲線

4. 回転剛性 K の導出

両端を単純支持した曲げ材に中央集中荷重 (P) 又は均等分布荷重 (w) が載荷された場合の端部節点角 (ξ) と中央変位 (d_0) は、構造力学公式集 (例えば文献⁴⁾) あるいはたわみ角法 (例えば文献⁵⁾) を参考にすると表 3 のように表現される。

同様に端部補強回転剛性によるモーメント反力 (M_0) が作用した場合の端部節点角 (η) と中央変位 (d_M) も表 4 のように表現される。

端部が回転剛性で補強された曲げ材に載荷された場合は上記 2 ケースの和として求められる。

ここでは図 11 に示す両端を回転補強した曲げ材に中央集中加力した場合を例に解析方法を述べる。

表 3 単純梁載荷 (P, w) による節点角 (ξ) と中央変位 (d_0)

中央集中載荷 (P)		均等分布載荷 (w)	
節点角 (ξ)	中央変位 (d_0)	節点角 (ξ)	中央変位 (d_0)
$\frac{PL^2}{16EI}$	$\frac{PL^3}{48EI}$	$\frac{wL^3}{24EI}$	$\frac{5wL^4}{384EI}$

表 4 補強部反力モーメント (M_0) による節点角 (η) と中央変位 (d_M)

片側補強		両側補強	
節点角 (η)	中央変位 (d_M)	節点角 (η)	中央変位 (d_M)
$\frac{M_0L}{3EI}$	$\frac{M_0L^2}{16EI}$	$\frac{M_0L}{2EI}$	$\frac{M_0L^2}{8EI}$

単純梁に加力した場合の端部節点角 (ξ) と中央変位 (d_0) は表 3 より (1)、(2) 式で与えられる。

$$\xi = \frac{PL^2}{16EI} \quad (1)$$

$$d_0 = \frac{PL^3}{48EI} \quad (2)$$

端部回転拘束ばねの反力 (M_0) による端部節点角 (η) と中央変位 (d_M) は表 4 より (3)、(4) 式で与えられる。

$$\eta = \frac{M_0L}{2EI} \quad (3)$$

$$d_M = \frac{M_0L^2}{8EI} \quad (4)$$

この両者の和として、端部回転補強された曲げ材の中央に加力した場合の端部節点角 (θ) と中央変位 (d_θ) は (5)、(6) 式で与えられる。

$$\theta = \xi - \eta \quad (5)$$

$$d_\theta = d_0 - d_M \quad (6)$$

ここで、表記の単純化のため端部補強の回転剛性 (K) を

$$K = \beta \times \frac{EI}{L} \quad (7)$$

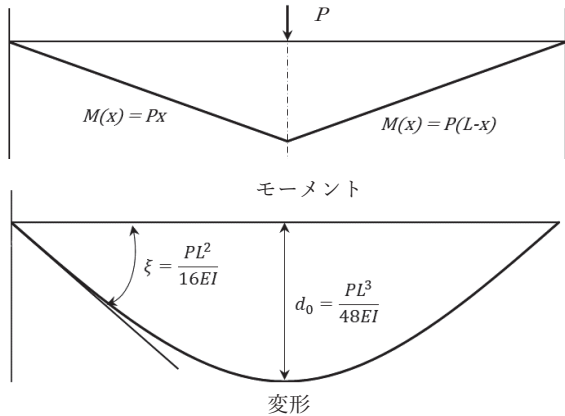
と書く。 β は端部補強回転バネ剛性比を表す。端部反力モーメント (M_0) は 回転剛性 (K) と端部節点角 (θ) の積として (8) 式で与えられる。

$$M_0 = K \times \theta \quad (8)$$

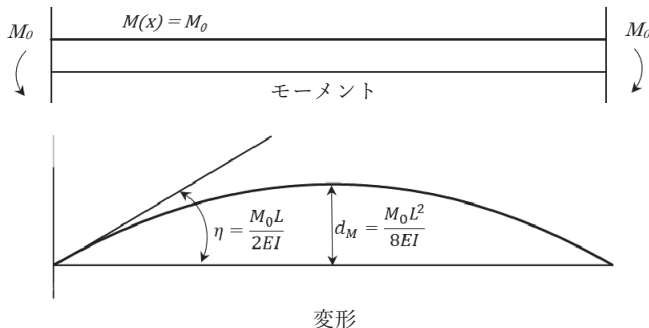
(8) 式に (5) 式を代入し、さらに (1)、(3) 式を代入し (7) 式を用いて表記すると (9) 式となる。

$$M_0 = \beta \frac{EI}{L} \left(\frac{PL^2}{16EI} - \frac{M_0L}{2EI} \right) \quad (9)$$

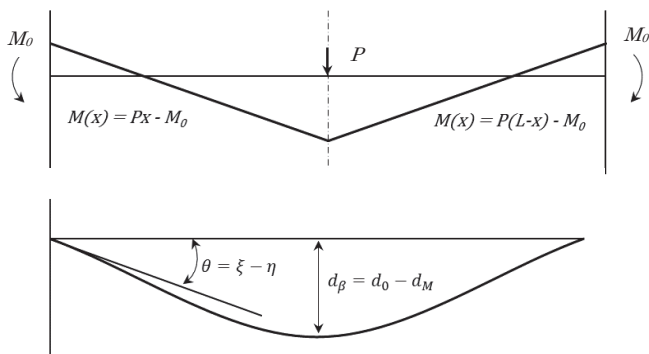
これを反力モーメント (M_0) に関して整理すると (10) 式となる。



(a) 単純梁に中央集中加力



(b) 補強効果の反力モーメント加力



(c) 両端回転補強曲げ材に中央集中加力

図 11 両端回転補強曲げ材に中央集中載荷の解析例

$$M_0 = PL \frac{\beta}{8(\beta + 2)} \quad (10)$$

補強による中央変位低減効果は(6)式を参考にすると(4)式に(10)式の(M_0)を代入して(11)式で与えられる。

$$d_M = \frac{PL^3\beta}{64EI(\beta + 2)} \quad (11)$$

スタッド中央の変位に注目すると、無補強時の剛性 ($K_0 = P/d_0$) に対する補強時の剛性 ($K_\beta = P/d_\beta$) の比(ζ) は、(6)式で与えられる補強時の変位(d_β)と(2)式で与えられる無補強時の変位(d_0)との比として(12)式で与えられる。

$$\begin{aligned} \zeta - \frac{K_\beta}{K_0} &= \frac{d_0}{d_\beta} = \frac{d_0}{d_0 - d_M} - \frac{1}{1 - \frac{d_M}{d_0}} \\ &= \frac{1}{1 - \frac{3\beta}{4(\beta + 2)}} = \frac{4\beta + 8}{\beta + 8} \end{aligned} \quad (12)$$

(12)式を β について解くと(13)式となる。

$$\beta = \frac{8(\zeta - 1)}{4 - \zeta} \quad (13)$$

実験結果から求められた ζ を(13)式に代入することにより β が求まり、(7)式より K が求まる。

以上が両端を回転補強した曲げ材に中央集中加力した場合の解析例であるが、同様の手続きによって、片側補強の場合、さらに均等分布加力の場合の補強効果を求めることが出来る。

表 1、2 において実験結果より算出した無補強時の剛性(K_0)および補強時の剛性(K_β)を用いて、65 形および 100 形の各々について、補強位置としては片側補強および両側補強の補強剛性比 ζ 、端部補

表 5 中央加力実験の分析(スタッド 3 本)

試験条件	壁仕様	スタッド材	JIS WS65		JIS WS100	
		スタッド長	4000		5000	
		ボード	無		無	
	荷重条件		中央集中		中央集中	
実験結果	補強場所		片側補強	両側補強	片側補強	両側補強
	K_β		43.86	46.36	55.83	61.58
面外剛性比	K_0		41.16		53.48	
	$\zeta = \frac{K_\beta}{K_0}$		$\frac{16(\beta + 3)}{7\beta + 48}$	$\frac{4(\beta + 2)}{\beta + 8}$	$\frac{16(\beta + 3)}{7\beta + 48}$	$\frac{4(\beta + 2)}{\beta + 8}$
	評価結果		1.0655	1.1262	1.0438	1.1514
端部回転剛性比	β		$\frac{48(\zeta - 1)}{16 - 7\zeta}$	$\frac{8(\zeta - 1)}{4 - \zeta}$	$\frac{48(\zeta - 1)}{16 - 7\zeta}$	$\frac{8(\zeta - 1)}{4 - \zeta}$
	評価結果		0.3683	0.3514	0.2421	0.4253
	平均		0.3599		0.3337	
端部回転剛性 $K = \beta \times EI/L$			5.053E+06	4.821E+06	6.743E+06	1.185E+07
	平均		4.937E+06		平均 9.295E+06	

(N, mm)系で表示

表 6 端部回転補強による中央変位の低減効果

(a) JIS 65 形スタッドの場合

試験条件	壁仕様	スタッド材	JIS WS65			
		スタッド長	4000mm			
		ボード	無			
	荷重条件		中央集中 (実験結果)		均等分布 (予測解析)	
補強効果	補強場所		片側補強	両側補強	片側補強	両側補強
	$r = \frac{d_M}{d_0}$		$\frac{9\beta}{16(\beta + 3)}$	$\frac{3\beta}{4(\beta + 2)}$	$\frac{3\beta}{5(\beta + 3)}$	$\frac{4\beta}{5(\beta + 2)}$
	評価結果		0.0615	0.1121	0.0656	0.1196

(b) JIS 100 形スタッドの場合

試験条件	壁仕様	スタッド材	JIS WS100			
		スタッド長	5000mm			
		ボード	無			
	荷重条件		中央集中 (実験結果)		均等分布 (予測解析)	
補強効果	補強場所		片側補強	両側補強	片側補強	両側補強
	$r = \frac{d_M}{d_0}$		$\frac{9\beta}{16(\beta + 3)}$	$\frac{3\beta}{4(\beta + 2)}$	$\frac{3\beta}{5(\beta + 3)}$	$\frac{4\beta}{5(\beta + 2)}$
	評価結果		0.0420	0.1315	0.0448	0.1403

表 7 補強効果の算定

荷重条件	中央集中		均等分布	
補強場所	片側補強	両側補強	片側補強	両側補強
$\zeta = \frac{K_\beta}{K_0} = \frac{d_0}{d_\beta}$	$\frac{16(\beta + 3)}{7\beta + 48}$	$\frac{4(\beta + 2)}{\beta + 8}$	$\frac{5(\beta + 3)}{2\beta + 15}$	$\frac{5(\beta + 2)}{\beta + 10}$
$\frac{d_\beta}{d_0} = 1 - \frac{d_M}{d_0}$	$\frac{7\beta + 48}{16(\beta + 3)}$	$\frac{\beta + 8}{4(\beta + 2)}$	$\frac{2\beta + 15}{5(\beta + 3)}$	$\frac{\beta + 10}{5(\beta + 2)}$
$\frac{d_M}{d_0} = 1 - \frac{d_\beta}{d_0}$	$\frac{9\beta}{16(\beta + 3)}$	$\frac{3\beta}{4(\beta + 2)}$	$\frac{3\beta}{5(\beta + 3)}$	$\frac{4\beta}{5(\beta + 2)}$
$\frac{d_{M\infty}}{d_0}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{4}{5}$
$\frac{d_M}{d_0} / \frac{d_{M\infty}}{d_0} = \frac{d_M}{d_{M\infty}}$	$\frac{\beta}{\beta + 3}$	$\frac{\beta}{\beta + 2}$	$\frac{\beta}{\beta + 3}$	$\frac{\beta}{\beta + 2}$
補強場所	片側補強		両側補強	
β	JIS WS65	JIS WS100	JIS WS65	JIS WS100
	0.3683	0.2421	0.3514	0.4253
荷重条件	中央集中			
d_β/d_0	$\frac{7\beta + 48}{16(\beta + 3)}$		$\frac{\beta + 8}{4(\beta + 2)}$	
評価結果	0.9385	0.9580	0.8879	0.8685
$d_M/d_0 = 1 - d_\beta/d_0$	0.0615	0.0420	0.1121	0.1315
荷重条件	均等分布			
d_β/d_0	$\frac{2\beta + 15}{5(\beta + 3)}$		$\frac{\beta + 10}{5(\beta + 2)}$	
評価結果	0.9344	0.9552	0.8804	0.8597
$d_M/d_0 = 1 - d_\beta/d_0$	0.0656	0.0448	0.1196	0.1403
$d_M/d_{M\infty}$	$\frac{\beta}{\beta + 3}$		$\frac{\beta}{\beta + 2}$	
評価結果	0.1093	0.0747	0.1494	0.1754

強回転ばね剛性比 β 、端部回転剛性 K を求め表5に示す。

端部回転剛性比および端部回転剛性のそれぞれの平均値について、片側補強と両側補強においてWS65で差異が少なく、WS100では差が大きくなっている理由として、試験体サイズによる端部に掛かるモーメントの差が大きい事が要因と考えられる。

また、65形および100形の各々について、補強位置としては片側補強および両側補強に対して、荷重条件としては中央集中加力に対しては実験結果として、均等分布加力に対しては解析による予測値として、各組合せにおける中央変位の低減効果 $r=d_0/d_\beta$ を表6(a)、(b)に示す。

5. 面外変位の低減効果の評価

端部回転拘束のレベルを β で考慮してこれを変数とし、補強効果の β 依存性を解析的に求め、今回採用した補強のレベルを評価した。補強効果の評価方法として下記の2ケースを考慮した。評価の途中経緯を表7に示す。

ケース1：補強がある場合の中央変位 d_β を、補強が無い場合の中央変位 d_0 で除した数値で評価する。これ(d_β/d_0)を縦軸にとり、横軸を β としたグラフを図12に示す。これによると今回の中央集中載荷時の補強効果としては、補強がない場合の変位量を100%とした時の実験結果から得られた中央変位量の割合は次のようになっている。

65形：片側補強94%、両側補強89%

100形：片側補強96%、両側補強87%

同じく均等分布載荷時の補強効果は、次のようになる。

65形：片側補強93%、両側補強88%

100形：片側補強96%、両側補強86%

ケース2：補強効果として補強がない場合の中央変位からの補強による中央変位の減少量 d_M に注目し、これを補強部を固定とした場合の中央変位減少量 $d_{M\infty}$ で除した数値で評価し、これ($d_M/d_{M\infty}$)を縦軸にとり、横軸を β としたグラフを図13に示す。これによると今回の補強効果は、補強部固定の中央変位減少量を100%とした時の実験結果から得られた中央変位減少量は次のようになっている。

65形：片側補強11%、両側補強15%

100形：片側補強7%、両側補強18%

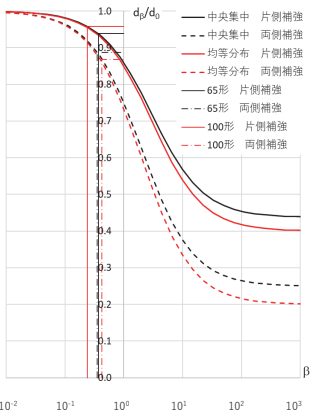


図12 スタッド端部補強効果
中央変位比

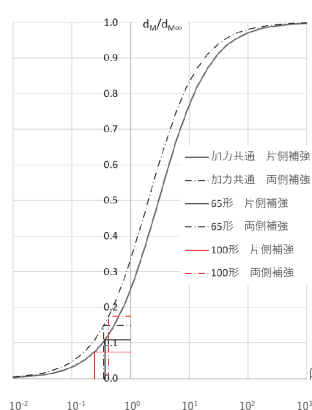


図13 スタッド端部補強効果
中央変位減少分比

いずれの評価方法においても補強効果を表す図12、13において縦軸は線形目盛であるのに対し補強剛性を表す横軸は対数目盛で表現してある。従って補強効果を線形的に増大させるためには補強剛性を指数関数的に増大させる必要があることがわかる。

6. まとめ

軽量鉄骨下地間仕切り壁においてビス接合による材端固定の有無による比較実験を行い、スパン中央部の面外変位の低減効果を確認した。この中央集中加力の実験結果では、JIS65形の場合、片側補強6%、両側補強11%、JIS100形の場合、片側補強4%、両側補強13%程度であった。

この実験結果に曲げ方程式を適用することにより試験体の端部補強回転剛性(K)を求めて均等分布加力を想定した場合の補強効果を解析的に算出すると、JIS65形の場合、片側補強7%、両側補強12%、JIS100形の場合、片側補強4%、両側補強14%程度になるとの結果であった。

端部回転拘束剛性をパラメータとしてこれが中央変位の低減へ及ぼす影響を評価した。低減効果を増大させるためには端部回転拘束剛性を指数関数的に増大させる必要があることが判明した。

試験体で得られた補強効果以上の大幅な補強効果を求める場合は、今回採用した簡易にスタッドをランナーにビス留めする方法に替えて何らかの本格的な補強として、例えば、スタッドの固定端モーメント反力をランナーを介さず直に支持構造部に伝達させる機構等が必要になる。

参考文献

- 1) 間山佳寿美, 下氏亮介, 梅野友里, 小林俊夫: 軽量鉄骨間仕切り壁の材端固定による面外変位の低減に関する研究 その1 水平に設置した壁下地ユニットの静的加力実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道), 材料施工, pp. 759-760, 2022. 9
- 2) 梅野友里, 下氏亮介, 間山佳寿美, 小林俊夫: 軽量鉄骨間仕切り壁の材端固定による面外変位の低減に関する研究 その2 低減効果の評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道), 材料施工, pp. 761-762, 2022. 9
- 3) 相原正史, 小林俊夫, 荒井智一: 鋼製下地を用いた壁の曲げ剛性に関する基礎的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東北), 材料施工, pp. 1551-1552, 2009. 8
- 4) JIS A 6517 に準ずる部材 (JIS65形・JIS100形) に関して https://www.kirii.co.jp/download/dw/catalog/koseishitaji/book/index.html#target/page_no=1, 2023. 05. 17 参照
- 5) 染野孝博, 原山 賢, 新田 互, 佐藤恭章, 稲井慎介, 櫻庭記彦, 元結正次郎: 軽量鉄骨下地乾式間仕切り壁の地震時損傷抑制に関する研究 その3. 鉛直に設置した軽量鉄骨下地乾式間仕切り壁の面外静的加力試験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 材料施工, pp. 1077-1078, 2018. 9
- 6) 構造力学公式集 (例) <http://repoengineer.jp/Technology/kousiki/kousiki-kouzouhari/kousikikouzouhari.html>, 2022. 09. 12 参照
- 7) たわみ角法公式集 (例) http://www.ra.meijo-u.ac.jp/labs/ra007/murata/textbook/tawamikaku_C1.pdf, 2022. 09. 12 参照

[2022年10月27日原稿受理 2023年5月8日採用決定]