

乾式間仕切り壁の面外加力実験

(その2) 角スタッドの連続波状座屈耐力評価

正会員 ○小林 俊夫*1)

キーワード：乾式間仕切り壁、角スタッド、
連続波状座屈、座屈耐力

1. はじめに

乾式間仕切り壁を対象とした面外加力実験において、終局耐力時に角スタッドの圧縮側フランジに連続波状座屈現象が観察された(写真1)。このような現象を解析的に評価する方法として、文献*1)では四周ピン固定の矩形板に長辺に平行な面内圧縮力が作用した場合の座屈荷重評価式が扱われている。本報ではこの評価式を基本とし、これに角スタッド固有の条件を加味した方法を用いた評価法を提案し、実験結果と比較した。

2. 実験結果

前報では、まず両面にボードを張った試験体に対する実験を実施したが、角スタッドの圧縮側フランジに発生した連続波状座屈現象をより詳細に観察するため、ボードを貼らずに角スタッド(3本)のみの加力実験を追加で実施した。本報では角スタッドのみの加力実験結果を解析対象とする。

実験で得られた加力-変位関係を図1に示す。

また、座屈波長測定時の状況例を写真2に、その結果を表1に示す。座屈波長の測定はsin波1波(2*l*)を計測したが、座屈波長としてはその半分の値(*l*)を採用した。

3. 座屈荷重評価式

3.1 文献*1)の座屈評価式

文献*1)では四周ピン固定の矩形板に、長辺に平行な面内圧縮力が作用した場合の座屈荷重評価式を(1)式で与えている。

$$N_x = \pi^2 D k / b^2 \quad (1)$$

$$D = Eh^3 / (12(1-\nu^2)), \quad k = (mb/a + a/(mb))^2$$

N_x : 座屈発生時の長辺方向単位幅当たりの圧縮力

a, b : それぞれ矩形版の長辺、短辺の長さ

m : k を最小にする自然数、 $a \gg b$ の時 $k \rightarrow 4$

E : ヤング率、 h : 矩形版の厚さ、 ν : ポアソン比

3.2 座屈フランジに対する他3辺の拘束効果

フランジの座屈変形に対し他の3辺は長辺 a に沿って回転拘束効果をもたらす。図2を参考に、単位長さあたりの回転ばね K を求めると(2)式となる。

$$K = M_1 / \theta = 2EI(2H+3B) / (H(H+2B)) \quad (2)$$

H, B : それぞれスタッドの成、幅、

I : 単位長さあたりの断面二次モーメント

3.3 座屈フランジの有効曲げ剛性

角型スタッドには補強効果を目的として長手方向にリブが加工されている。この補強効果を評価するためにフランジ部分を切り出し(写真3)、単純梁として中央に繰り返し



写真1 連続波状座屈現象

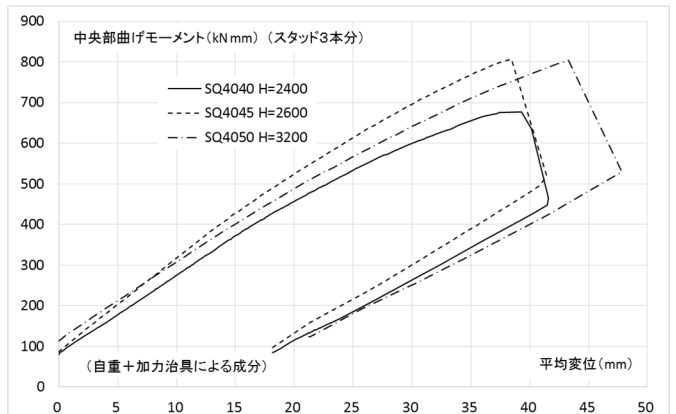


図1 スタッド 加力-変位関係



写真2 座屈波長測定状況

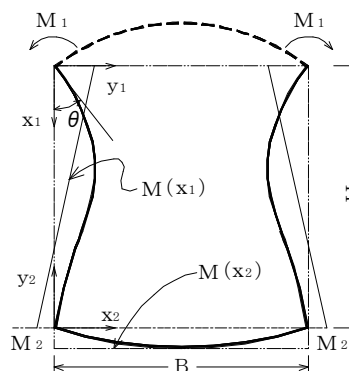


図2 フランジに対する3辺の回転拘束効果算定モデル

表1 座屈波長測定結果

使用部材	SQ4040	SQ4045	SQ4050	
1波長測定値	70	52	63	
	70	61	58	
	70	66	53	
	70	50	57	
	70	63	67	
	65	65	64	
	70	65	59	
	70	67	67	
	スタッド3本分	70	63	58
		65	64	69
60		58	65	
70		62	58	
65		66	60	
65		57	60	
70		-	67	
1波長平均値	68.00	61.36	61.67	
半波長平均値	34.00	30.68	30.83	

加力(P)を加えて変位(u)を測定し(写真4)、その平均剛性(P/u)から有効曲げ剛性(EI₁)を評価し、平板として評価した曲げ剛性(EI₂)に対する倍率(r)を求めた。

$$\text{有効曲げ剛性 } (EI_1) = (P/u) \times L^3/48 \quad (3)$$

L: 単純梁としての支持スパン(400)

$$r = \text{有効曲げ剛性}(EI_1) / \text{平板曲げ剛性}(EI_2) \quad (4)$$

$$\text{平板曲げ剛性}(EI_2) = E \times Bh^3/12 \quad (5)$$

試験体は4体用意したが、1体は予備実験に使い、残り3体の結果を平均して有効曲げ剛性(EI₁)を求めた。

評価結果を表2に示す。

3.4 座屈フランジの有効幅 (b)

回転拘束(K)が存在しない状態のフランジに幅方向に曲げ応力 ($EI(\pi/B)^2 \text{Asin}(\pi y/B)$) を生じさせるような外力を、回転拘束(K)が存在する場合のフランジに作用させるとき、単位長さあたりに幅方向に生ずる曲げモーメントは(6)式となる。

$$M(y) = EI(\pi/B)^2 \text{Asin}(\pi y/B) - M_0 \quad (6)$$

A: sin 波成分の振幅、

$$M_0: \text{回転ばねの拘束モーメント、} M_0 = K \times dw(0)/dy \quad (7)$$

この時、フランジの曲げの釣り合い式は(8)式となる。

$$EI \frac{d^2 w(y)}{dy^2} = -M(y) = -EI(\pi/B)^2 \text{Asin}(\pi y/B) + M_0 \quad (8)$$

この2階微分方程式を、(7)式及び $w(0) = 0$ 、 $w(B) = 0$

の境界条件で解くと、変位解 ($w(y)$) が

$$w(y) = A(\sin(\pi y/B) + (y/B)(y/B - 1) \pi \alpha / (1 + \alpha)) \quad (9)$$

と求まり、これから曲げモーメントも

$$M(y) = EI(\pi/B)^2 A(\sin(\pi y/B) - (2/\pi)\alpha / (1 + \alpha)) \quad (10)$$

と求まる。ここに、 α は表記簡略化のための(11)式である。

$$\alpha = BK / (2EI) = B(2H + 3B) / (H(H + 2B)) \quad (11)$$

変曲点座標 y_0 は、(10)式で $M(y_0) = 0$ より

$$y_0 = (B/\pi) \times \sin^{-1}((2/\pi)\alpha / (1 + \alpha)) \quad (12)$$

で与えられるので、座屈有効幅 b は、変曲点間幅として

$$b = B - 2y_0 \quad (13)$$

となる。

4. 座屈荷重に関する実験結果と解析結果との比較

実験結果から求めた図1の座屈直前の荷重と、(1)式で与えられる座屈荷重評価式に角スタッド固有の状況を考慮したパラメータを用いて求められる座屈耐力とを、各1本分で比較して表3に示す。解析結果は、実験で得られた座屈耐力を約10%程度の誤差で良好に評価している。

5. おわりに

角スタッドを用いた乾式間仕切り壁を対象とした面外加力実験で圧縮側フランジの連続波状座屈現象が観測された。

この現象に対し、文献^{*1)}の評価式を基本として、これに角スタッド固有の条件として、

○両側ウェーブと引張り側フランジによる回転拘束効果

○フランジ長手方向の曲げ剛性に及ぼすリップ効果

を考慮して評価した結果、実験結果と良好な対応が得られた。

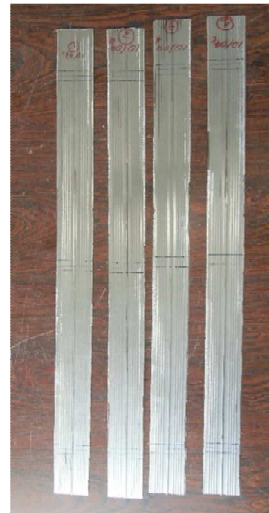


写真3 フランジ試験体

表2 有効曲げ剛性の評価

L =	400	
E =	205000	
h =	0.45	
B =	40	
K =	P/y = 48EI ₁ /L ³	
EI ₁ =	K*L ³ /48	
K	計測1	0.06268
	計測2	0.06004
	計測3	0.07173
	平均	0.06482
リップ付き	EI ₁ =	86422
平板	EI ₂ =	62269
倍率	r = EI ₁ / EI ₂ =	1.3879



写真4 フランジ試験体加力状況

表3 座屈荷重の実験結果と解析結果との比較

部材データ	使用部材	SQ4040	SQ4045	SQ4050	
	長さ L =		2400	2600	3200
ヤング率 E =		205000	205000	205000	
ポアソン比 ν =		0.30	0.30	0.30	
厚さ h =		0.45	0.45	0.45	
断面係数 z =		878.60	1022.00	1173.00	
実験結果 (高さ中央)	座屈モーメント	3本分	676799	806792	804032
	M =	1本分	225600	268931	268011
	測定平均座屈長 l =		34.00	30.68	30.83
解析結果 (高さ中央) (1本分)	理論座屈長 l =		29.58	30.04	30.45
	有効座屈幅 b =		29.58	30.04	30.45
	r (実測 EI / 平板 EI) =		1.39	1.39	1.39
	有効 D = 平板 D * r =		2374.24	2374.24	2374.24
	解析 Nx =		107.13	103.88	101.07
	座屈モーメント M =		209161	235923	263443
比較	解析 M / 実験 M =		0.93	0.88	0.98
			(平均) 0.93		

参考文献

- 1) S.Timoshenko, S.Woinowsky-Krieger : Theory of Plates and Shells, McGRAW-HILLS BOOK COMPANY, INC., 1959

*1 桐井製作所 工学博士