

偏心プレースの静的加力実験とその解析

(その2) 実験結果の解析

偏心プレース 静的加力実験 耐力
加力直交反力 回転

正会員 ○小林 俊夫*1
正会員 熊澤 高志*2
正会員 元村 浩士*3
正会員 奥村 彰啓*4
正会員 吉光 智哉*5

1はじめに

本報では、前報で報告した実験結果に基づき、プレースが偏心することによる

- (1) 水平耐力に及ぼす影響
- (2) 加力と直交する反力

に関し、特に試験体と実装状態の違いを考慮した検討を加えた。

2 試験体固有の現象

試験体では加力直交反力を測定するため加力直交プレースは設置しなかった。従って吊りボルトを強制的に曲げると天井面に並進及び回転変形が生じた。

ロックウール工業会の内規ではグリッドシステム天井の耐震対策としてすべての吊りボルト構面に支配面積に応じてプレースを設置するよう定められている（文献¹⁾）。従って実装状態では吊りボルトを強制的に曲げても試験体で生じたような初期変位は生じない。

加力前の試験体の状況の概略を図1に示す。

$$a = u - L\theta \quad b = u + L\theta$$

$$u = \frac{a+b}{2} \quad \theta = \frac{b-a}{2L}$$

$$R = b + r \quad \rightarrow \quad r = R - b$$

吊りボルトのメインバー方向の水平剛性 k

吊りボルトのメインクロスバー方向の水平剛性 αk

ここに α はハンガーが吊りボルト下端の回転拘束効果の方向性の差を表すパラメーターである。

並進の釣り合い（図1参照）

偏心吊りボルトから天井に作用する水平力を F_1 (右向き) とする。

$$F_1 = rk = (R - b)k$$

他の8本の吊りボルトから天井に作用する水平反力を F_2 (左向き) とする。

$$\begin{aligned} F_2 &= (3a + 3u - 2b)k = (3(a + b) + 3u - b)k \\ &= (6u + 3u - b)k = (9u - b)k \end{aligned}$$

$F_1 = F_2$ より、

$$R - b = 9u - b \quad \rightarrow \quad u = R/9 = 150/9 = 16.66$$

回転モーメントの釣り合い（図1参照）

偏心吊りボルトから天井のO点回りに作用する回転モーメントを M_1 (左回り) とする。

Static Loading Test for Oblique Brace in Aseismic Ceiling
(Part 2) Discussions on Aseismic Capacity and Orthogonal Component of Reaction Force

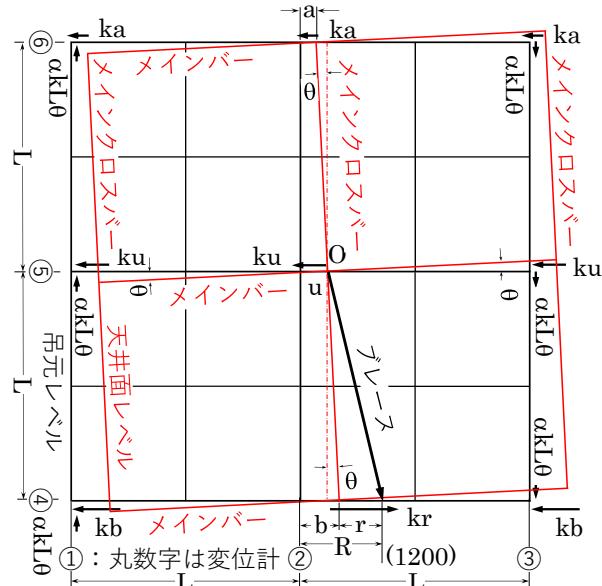


図1 加力前の変形と吊りボルト反力

表1 試験体作成各段階での変位測定値と予測値

測定位置		①	②	③	④	⑤	⑥				
施	プレース無し	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
工	プレース取付	0.3	-1.0	-3.3	-5.3	-2.3	-0.2				
測	Tハンガー偏心取付	11.1	-1.4	-16.6	-32.4	-15.4	-0.8				
定	増分	10.8	-0.4	-13.3	-27.1	-13.1	-0.6				
値	2Lθ	24.1		26.5							
の	2Lθ (平均)	25.30									
分	Lθ	12.65									
析	θ	0.010542									
	α	0.976									
施	変位予測値 ($\alpha = 1.000$)	12.5	0.0	-12.5	-29.2	-16.7	-4.2				
工	予測値と測定値の差	1.7	0.4	0.8	-2.1	-3.6	-3.6				
測	相対差 (差/増分)	15.7%	-100%	-6.0%	7.6%	27.2%	594%				
定	M1 = rkL = (R - b)kL = (R - u - Lθ)kL										
値	他の8本の吊りボルトから天井のO点回りに作用する回転モーメントを M_2 (右回り) とする。										
の	$M_2 = (-3a + 2b + 30L\alpha \times 2)kL$										
分	$= \{3(b - a) - b + 60L\alpha\} kL$										
析	$= (60L - u - \theta L + 60L\alpha)kL$										
	$= (50L - u + 60L\alpha)kL$										
施	$M_1 = M_2$ より、										
工	$R - u - L\theta = 50L - u + 60L\alpha \rightarrow R = 60L(1 + \alpha)$										
測	$0L = \frac{R}{6(1 + \alpha)} = \frac{150}{6(1 + \alpha)} = \frac{25}{1 + \alpha} \rightarrow \alpha = \frac{25}{0L} - 1$										

$$M_1 = rkL = (R - b)kL = (R - u - L\theta)kL$$

他の8本の吊りボルトから天井のO点回りに作用する回転モーメントを M_2 (右回り) とする。

$$M_2 = (-3a + 2b + 30L\alpha \times 2)kL$$

$$= \{3(b - a) - b + 60L\alpha\} kL$$

$$= (60L - u - \theta L + 60L\alpha)kL$$

$$= (50L - u + 60L\alpha)kL$$

$$M_1 = M_2$$

$$R - u - L\theta = 50L - u + 60L\alpha \rightarrow R = 60L(1 + \alpha)$$

$$0L = \frac{R}{6(1 + \alpha)} = \frac{150}{6(1 + \alpha)} = \frac{25}{1 + \alpha} \rightarrow \alpha = \frac{25}{0L} - 1$$

KOBAYASHI Toshio, KUMAZAWA Takashi,
MOTOMURA Hiroshi, OKUMURA Akihiro and
YOSHIMITSU Tomoya

試験体作成各段階での変位測定値の内、図1に対応する段階での測定値を用いて天井面の回転量と、ハンガーが吊りボルト下端の回転拘束効果の方向性の差を表すパラメーターである α を求めて表1の紫の欄に示す。 α はほぼ1.0であった。簡単のためこれを1.0として各測点の予測値を求めて表1の黄色の欄に併記した。測定された値自体が小さいので試験体毎のばらつきの影響により相対誤差は大きくなっている。

3 実装状態への展開

3.1 ブレースの偏心が座屈耐力に及ぼす影響

ブレースが偏心すると

○ブレース長が長くなり座屈耐力が下がる

○水平耐力は座屈耐力の加力方向分力になる

の二つの要因で水平耐力が低下することが予想される。

これらの要因を考慮して標準配置の場合と比較した解析結果を表2に示す。偏心ブレースの水平耐力は標準配置に対して1%程度低減することが予想される。

最大耐力の実験結果を表3に示す。偏心の影響が小さいため実験結果では試験体のバラツキの方が大きく、定量的に偏心の影響を測定することはできなかった。

3.2 ブレースの偏心による加力直交反力の発生

ジャッキ加力に対する加力直交反力の測定結果を図2に示す。同図にはブレース設置幅に対する偏心量から幾何学的関係で求まる計算値を併記した。さらに測定値に対する計算値の比を図3に示す。加力が増えると測定値は計算値の10%程度の誤差範囲に収まっている。

5 まとめ

ブレースが偏心することによる水平耐力への影響と加力直交反力の発生に関し実験結果を解析的に分析した。

その結果、以下のことが判明した。

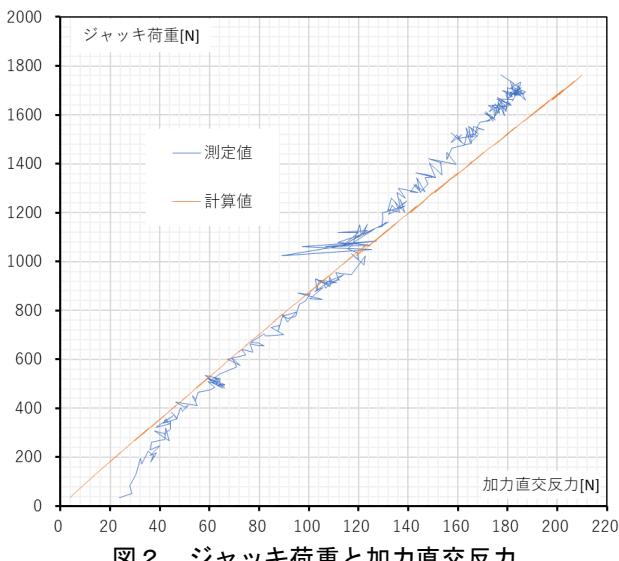


図2 ジャッキ荷重と加力直交反力

- (1) 実験に先立って実施した予測解析によると、偏心による水平耐力の低下は1%程度であった。
- (2) 加力直交反力は、ブレース設置幅に対する偏心量から幾何学的関係で求まる解析値により、誤差10%程度で予測することができる。
- (3) 吊りボルト下部とTバーとを接続する直吊ハンガーの吊りボルト下部に対する回転拘束効果には方向に差がない($\alpha \approx 1.0$)ことが副次的に判明した。

参考文献

- 1) ロックウール工業会 HP、「システム天井 グリッドタイプ 耐震基準(2020年版)」,「https://www.rwa.gr.jp/download/data/sistemutenjyo_2020_rev.1.pdf」(参照 2023.12.27)

表2 偏心ブレースと標準ブレースの耐力比較

ブレースタイプ	偏心	標準	単位
吊元偏心距離 D	150.0	0.0	mm
ブレース設置幅 B	1200.0	1200.0	mm
吊りボルト長さ H	1200.0	1200.0	mm
吊りボルト有効長さ H	1125.0	1125.0	mm
ブレース長さ L	1651.7	1644.9	mm
ヤング率 E	205000	205000	N/mm ²
ブレース材 C25-19-5-1.0 断面二次モーメント I	3159.0	3159.0	mm ⁴
ブレース座屈耐力 N ₁	2342.8	2362.3	N
圧縮単独水平耐力 H ₁	1702.1	1723.4	N
加力直交反力 S ₁	212.8	0.0	N
S ₁ /H ₁	12.5%	0.0%	%
H ₁ (D=150)/H ₁ (D=0)	98.8%		%

表3 各ケースの最大荷重

実験結果	ブレース形状	最大荷重(N)	比(偏心/標準)
	標準	1733	100.0%
偏心(捨てボルト)		1724	99.5%
偏心(曲げボルト)		1762	101.7%
解析	標準	1723	100.0%
	偏心	1704	98.9%

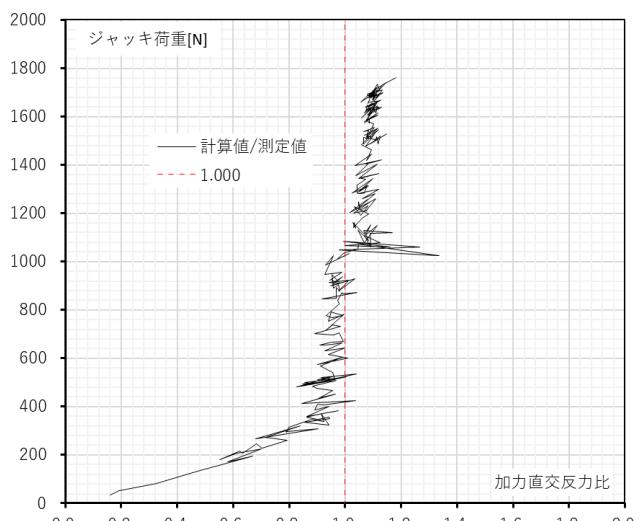


図3 ジャッキ荷重と加力直交反力比(計算値/実験)

*1) 桐井製作所 工学博士 *2) 和翔商事 *3) 野 *1) Kirii Construction Materials Co., Ltd., Dr. Eng. *2) Washo Shoji Co., Ltd. 原グループ *4) 奥村製作所 *5) 大建工業 *3) Nohara Group, Inc. *4) Okumura MFG. Co.,Ltd. *5) Daiken Corporation