

準構造天井の耐震性に関する研究

その4 静的加力実験における各部変形状の分析

耐震天井
ねじれ変形準構造
曲げ変形

C 型鋼

正会員 ○小林 俊夫*3
同上 間山 佳寿美*1正会員 下氏 亮介*1
同上 稲毛 康二郎*2

1. はじめに

本稿では、前稿その3に引き続き振動台実験の検証のために実施した静的加力実験の中から、比較的剛性が低かった水平天井下段の野縁受け方向加力の実験結果を対象として、各構成部材の変形特性を分析し、野縁受け位置の変位に対する寄与を求めた。

2. 各部の変形特性

(1) 固定アングル (図1の記号A)

固定アングルとしては L-130x130x12 を使用し、片持ち梁として曲げ変形とたわみ角を考慮した。

変位測定位置 (測点 a) は C 型鋼との接続位置よりさらに下にはねだしていたので、その間は直線で外挿した。

解析結果と測定結果を比較して図2に示す。

(2) 支持構造部材 (リップ溝形鋼 100x50x20x2.3 : C 型鋼)

支持構造部材として C 型鋼を用い、曲げ変形とねじれ変形を考慮した。

C 型鋼の曲げ変形としては単純梁に対する対称2点加力として評価した。

C 型鋼のねじれ角の測定値は図1の測点 c_1 と c_2 の変位の差を測点間距離 80mm で除して求めた。ねじれ角測定位置は接合部材の固定位置より固定アングル(A)とは反対側に若干離れた位置 (図1の記号C) にあるので、解析結果と測定結果を比較する際はその区間の捩れ効果も図3の解析モデルを用いて次のように評価^{文献1)}した。

$$\text{領域 I : } GJ_T \frac{d\theta}{dz} - EC_W \frac{d\theta^3}{dz^3} = M_T = PH$$

$$\theta(z) = C_1 + C_2 \exp(\alpha z) + C_3 \exp(-\alpha z) + ((M_T/(GJ_T))z$$

$$\text{領域 II : } GJ_T \frac{d\eta}{d\xi} - EC_W \frac{d\eta^3}{d\xi^3} = M_T = 0$$

$$\eta(\xi) = r_1 + r_2 \exp(\alpha \xi) + r_3 \exp(-\alpha \xi)$$

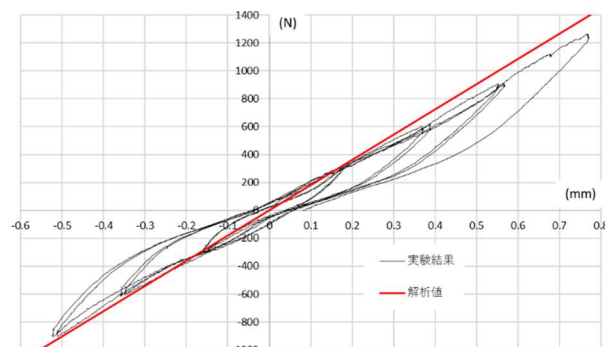


図2 固定アングル下部の変形 (測点 a)

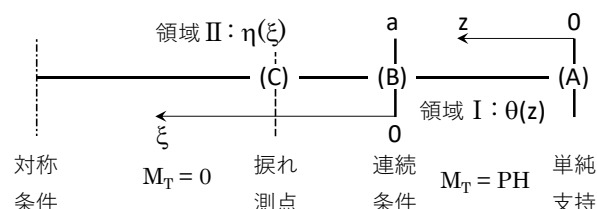


図3 C 型鋼のねじり解析モデル

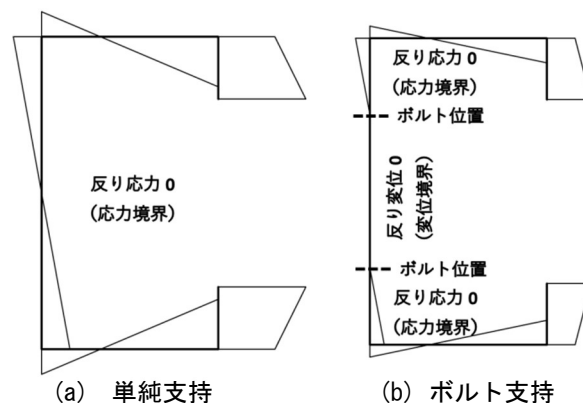


図4 C 型鋼の反り変形

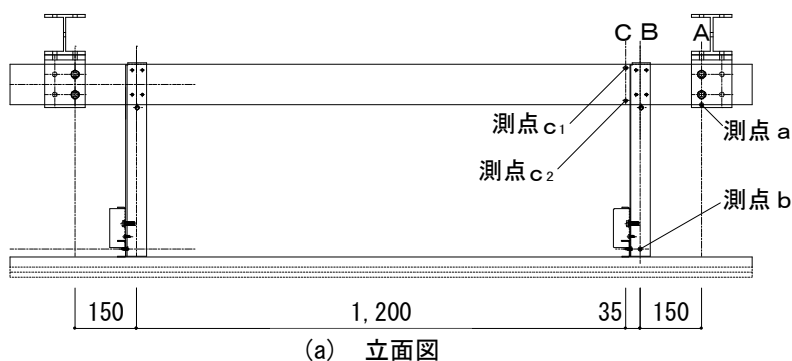


図1 解析対象とした変位の測点

ここに、 E ：ヤング率、 G ：せん断弾性率、

C_w 、 J_T ：それぞれ Wagner、Saint Venant のねじり定数

実験時の M_T に対し、境界条件と連続条件を満たすように各 C_i 、 r_i ($i=1\sim3$) を求めた。

ねじり解析における境界条件としては以下のように扱った。例えば H 型鋼は断面が 2 軸対称なのでねじり中心がウェッブ内に位置し単純支持ではウェッブに反り変形が生じない。これに対し C 型鋼はねじり中心がウェッブの断面外に位置し単純支持ではウェッブに反り変形が生じる。従ってウェッブを試験体のようにボルト 2 本で固定アングルに留め付けるとその区間は反り変形が拘束され単純支持とはならない。この状況を比較して図 4 に示す。このように試験体の場合は境界条件として変位境界と応力境界が混在する混合境界値問題となりねじり角を用いて断面内の応力度や変位の分布を表現することが前提となっている一般的なねじり理論^{例えば文献 1)}では扱えない。

ここでは簡単のために、まずは単純支持として解析し、ボルト 2 本の反り変形拘束効果を近似的にねじり区間の長さを短く評価することで代用した。実験結果と合うように実際のねじり区間長さは 150mm であるのに対しこれを 120mm とみなした。その結果、ねじり剛性は 1.52 倍となった。解析結果と測定結果を比較して図 5 に示す。

(3) 接合部材 (図 1 の記号 B)

接合部材としては L-50x50x3.2 を使用し、その曲げ変形を片持ち梁として考慮した。

接合部材は C 型鋼のウェッブにビス 4 本で留め付けた。加力中の目視によると C 型鋼と接合部材の固定部との間に写真 1 に示すような角度の差が観察された。これは C 型鋼ウェッブに留め付けられたビス穴近傍において、ビスから作用する面外力に対してウェッブにローカルな面外変形が生じたためであると思われる。この効果を表現するために、C 型鋼と接合部材との固定部に回転柔性を考慮し、その値を野縁受け位置における解析結果が測定変位と一致するように定めた。参考までに、求められた固定部の回転柔性は C 型鋼の振り柔性の 0.7 倍 (剛性では 1.43 倍) 程度であった。解析結果と測定結果を比較して図 6 に示す。

3. おわりに

表 1 に接合部材 1 組当たり 1000N 作用時の野縁受けの水平変位 (図 1 の測点 b) に対する各部材の変形成分の寄与を示す。C 鋼のねじれ成分と C 鋼・接合部材の固定部の柔性の成分が大きく、その合計で全体の 3/4 を占めている。

固定アングル材として厚さ 12mm を用いたが、たわみ角が発生し、野縁受け変位への影響が 13% 程度となった。

参考文献

- 1) 桑村仁: 建築の力学—弾性論とその応用—, 技報堂版, 2013.11.5, 1 版 4 刷

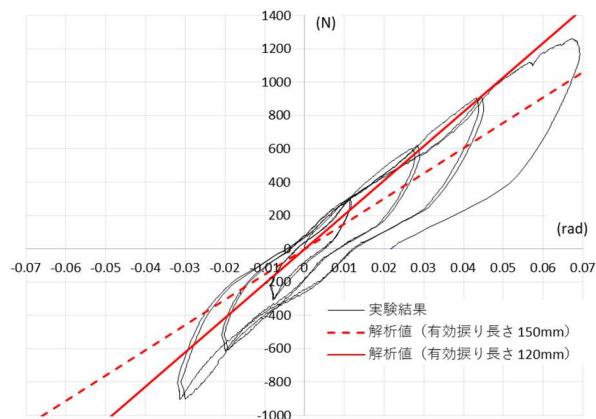


図 5 C 型鋼のねじれ (測点 c_1 , c_2)

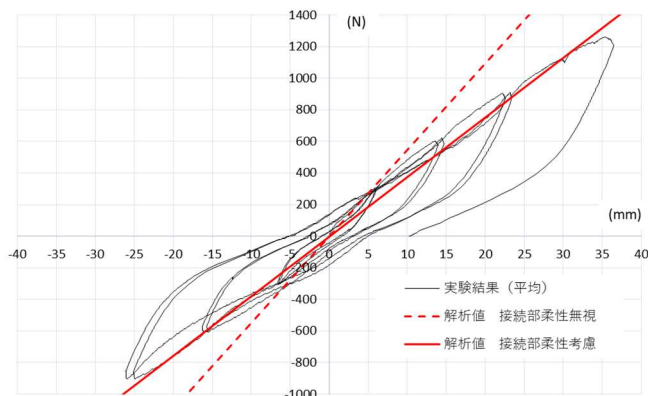


図 6 野縁受けの変位 (測点 b)



写真 1 C 型鋼と接合部材の固定部の状況

表 1 1 組当たり下部加力 1000N に対する変形状

部材	変形成分	変形 (mm)	累計 (mm)	割合 (%)
アングル	曲げ変形	0.40	0.40	1.5%
	たわみ角成分	3.51	3.91	13.2%
C 鋼	曲げ変形	0.38	4.29	1.4%
	ねじれ角成分	11.79	16.08	44.5%
C 鋼・接合部材	固定部剛性	8.26	24.34	31.1%
接合部材	曲げ変形	2.18	26.51	8.2%

*1 桐井製作所

*2 桐井製作所 修士 (工学)

*3 桐井製作所 工学博士

*1 Kirii Construction Materials Co., Ltd.

*2 Kirii Construction Materials Co., Ltd, M Eng.

*3 Kirii Construction Materials Co., Ltd, Dr.Eng.