

# 天井に生じる慣性力を負担する壁に関する研究

(その8) 静的試験と動的試験の比較

鋼製下地      間仕切り壁      振動台実験  
壁支持天井

## 1. はじめに

筆者らはこれまで、天井に生じる慣性力を周囲の間仕切り壁に負担させる工法の実現性について検討するため、鋼製下地壁の静的加力試験および振動台実験（動的試験）を実施してきた<sup>1,2)</sup>。本稿では、静的試験と動的試験における共通仕様の試験体について、結果を比較考察した。

## 2. 比較ケース

比較ケースはこれまで報告してきた Case3-3<sup>1)</sup>（静的試験）および Case4-1<sup>2)</sup>（動的試験、写真1）である。簡単のため、動的試験における2側面の壁をそれぞれ北壁・南壁と称す。

実験では、動的・静的ともに変形60mm（変形角約1/22）においてスタッドの天井高さ位置に局部座屈が生じた（写真2）。この結果について、次章以降に詳細に分析を行った。

## 3. 壁の等価集中質量モデルへの置換

実験結果を分析するにあたり、壁に支持された天井を1質点系にモデル化するため、まず壁の等分布質量を等価な天井位置集中質量に置換する。置換の考え方として2つの方法を考えた。

### ①等分布質量曲げ振動系の周期等価集中質量系への置換

まず、鋼製下地壁を図1(a)に示すような長さL、両端ピン、全質量mの部材と想定する。この部材の等分布質量曲げ振動系（図1(b)）の1次固有角振動数を $\omega_0$ とすると、

$$\omega_0 = (\pi/L)^2 \times \text{SQRT}(EI/(m/L)) \quad (1)$$

となる<sup>3)</sup>。一方、集中質量 $\alpha m$ を持つ曲げ振動系の固有角振動数を $\omega_1$ とすると、下記となる。

$$\omega_1 = \text{SQRT}(K/(\alpha m)) \text{、ここで } K = 3EIL/(a^2b^2) \quad (2)$$

ここで、 $a = \beta L$ 、 $b = (1-\beta)L$  とすると、 $\omega_0 = \omega_1$  のとき $\alpha$ は(3)式で表される。

$$\alpha = 3/(\pi^2\beta(1-\beta))^2 \quad (3)$$

### ②等分布質量と慣性力が等価な集中質量への置換

図1(c)に示すように、天井位置の移動量に対する重心の移動量の比を $\alpha$ とする。重心の移動量は、

$$\delta_g = PL^3\beta(1-\beta)(1+\beta-\beta^2)/(24EI) \quad (4)$$

となる。一方、天井位置の移動量は、

$$\delta_f = PL^3\beta^2(1-\beta)^2/(3EI) \quad (5)$$

となる。したがって $\alpha$ は(6)式で表される。

正会員 ○穂山 靖司<sup>\*1</sup> 正会員 引田 真規子<sup>\*1</sup>  
同上 刀禰 勇郎<sup>\*1</sup> 同上 梅野 友里<sup>\*2</sup>  
同上 下氏 亮介<sup>\*2</sup> 同上 小林 俊夫<sup>\*2</sup>

$$\alpha = (1+\beta-\beta^2)/(8\beta(1-\beta)) \quad (6)$$

本実験では、 $\beta = a/L = 1.3/4.0$  であり、 $\alpha = 0.640$  (①)、 $0.695$  (②)となる。

これらの集中質量( $\alpha m$ )は壁に支持された天井を集中質量系で表現するための壁部分の仮想の質量なので、この値の質量が実際に集中して存在するわけではない。

## 4. 壁に支持された天井の固有周期算定

動的試験 Case4-1において壁スタッドが降伏した、入力倍率3.5倍における、降伏発生を含む直前5秒間における天井と南北壁の変位時刻歴を図2に示す。これによると天井は北側・南側それぞれに変位したとき、それぞれの壁の曲げ剛性により中央側に押し戻される。従って常に片側壁の曲げ剛性で支持されていることになる。その状態の固有振動の試算を行う。

### [質量] :

天井質量  $M = 407.7\text{kg}$

壁の仮想質量 $\alpha m = 0.640 \times 309.2\text{kg} = 197.9\text{kg}$  (①)、  
 $0.695 \times 309.2\text{kg} = 214.9\text{kg}$  (②)

合計質量  $M_T = M + \alpha m = 605.6\text{kg}$  (①)、 $622.6\text{kg}$  (②)

### [剛性] :

降伏発生レベルの大振幅時には壁のボードは剛性には寄与しないものと仮定し、12本のスタッドの曲げ剛性のみを考慮する。

$$K = 3EIL/(a^2b^2) = 2.4272 \times 10^5 \text{ N/m} \quad (7)$$

ここで、 $E = 2.05 \times 10^{11}\text{N/m}^2$ 、 $L = 4\text{m}$ 、 $a = 1.3\text{m}$ 、 $b = 2.7\text{m}$ 、 $I = 1.013 \times 10^{-7}\text{m}^4 \times 12$ 本 =  $1.2156 \times 10^{-6}\text{m}^4$

### [固有值] :

$$\omega = \text{SQRT}(K/M_T) = 20.02 \text{ (①)}、19.74 \text{ (②)} \text{ (1/sec)}$$

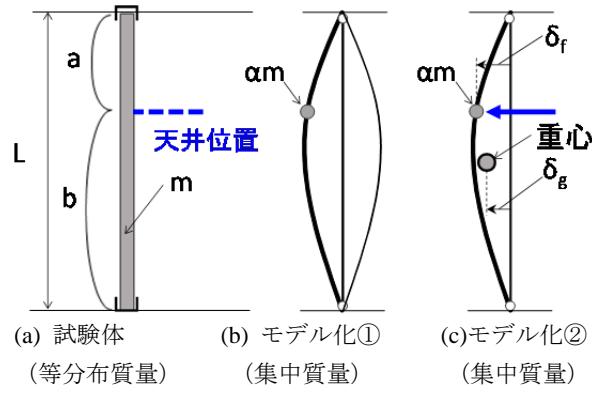


図1 鋼製下地壁のモデル図

$$f = \omega / (2\pi) = 3.19 \text{ (①)}、3.14 \text{ (②)} \text{ Hz}$$

$$T = 1/f = 0.314 \text{ (①)}、0.318 \text{ (②)} \text{ sec}$$

図2 中でピーク数を数えると5秒間で15ピーカー(3Hz)となり、上記とほぼ一致している。

## 5. 壁の耐力・剛性の算定

鋼製下地壁単体の静的加力試験におけるCase3-3の荷重-変形関係<sup>1)</sup>を図3に再録する。このケースはスタッドが8本で、変形57.55mmでスタッド降伏が確認された際の水平荷重は9.86kNであった。この耐力を今回の試験体のスタッド12本に換算すると下記となる。

$$9.86 \text{ kN} \times (12 \text{ 本}/8 \text{ 本}) = 14.79 \text{ kN} \quad (8)$$

動的試験でも降伏が発生するのは変形が約60mmのときであった。そのときの慣性力Fは

$$F = (2\pi f)^2 \times 60 \text{ mm} \times M_T = 14.60 \text{ kN} \quad (9)$$

となり、上記静的加力実験結果からの換算値である(8)式の14.79kNとよく一致している。

また剛性に関しても静的加力試験結果から終局直前の荷重レベルを想定したKcは

$$\begin{aligned} K_c &= 9.86 \text{ kN}/57.55 \text{ mm} \times (12 \text{ 本}/8 \text{ 本}) \\ &= 2.523 \times 10^5 \text{ N/m} \end{aligned} \quad (10)$$

となり、(7)式とよく対応している。

## 6. まとめ

天井に生じる慣性力を負担する鋼製下地壁の静的・動的試験の結果比較より、以下に示す知見を得た。

- ・壁の降伏耐力は静的加力実験結果と同等であった。
- ・地震時の天井の水平力を支える壁の曲げ剛性はスタッドのみの曲げ剛性で評価でき、ボードの寄与は無視できる。

## [参考文献]

- 1)引田真規子 他:天井に生じる慣性力を負担する壁に関する研究(その3)垂直施工した鋼製下地壁の水平加力試験、日本建築学会大会学術講演梗概集、2015年9月
- 2)刀禪勇郎 他:天井に生じる慣性力を負担する壁に関する研究(その5)～(その7)、日本建築学会大会学術講演梗概集、2016年8月
- 3)中川憲治、室津義定、岩壺卓三、「工業振動学 第2版」、森北出版株式会社、1998年3月5日、第2版第13刷 など

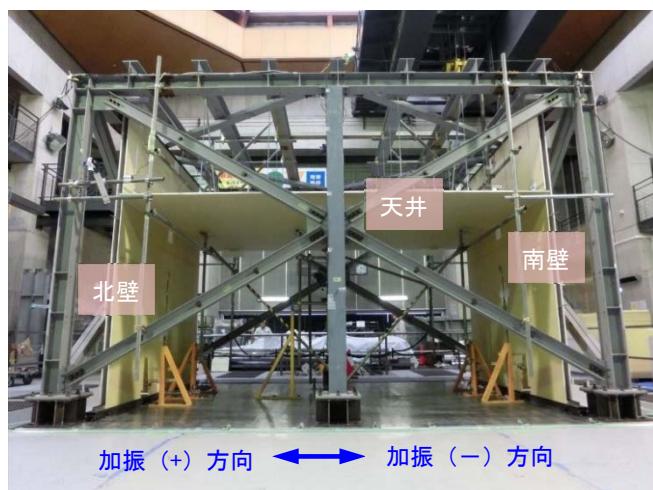


写真1 動的実験試験体設置状況

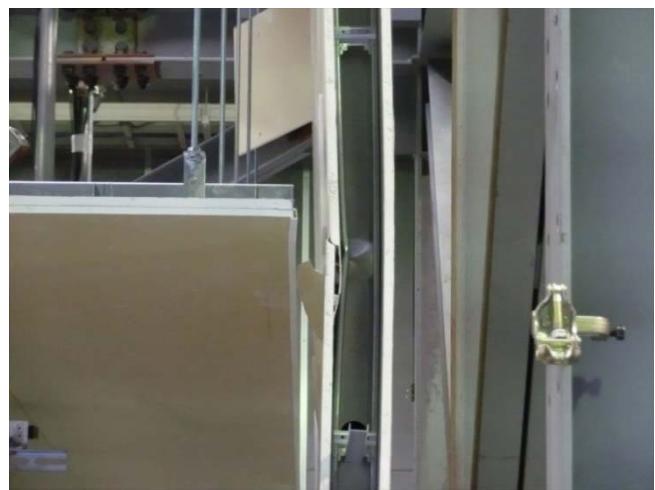


写真2 スタッドの局部座屈

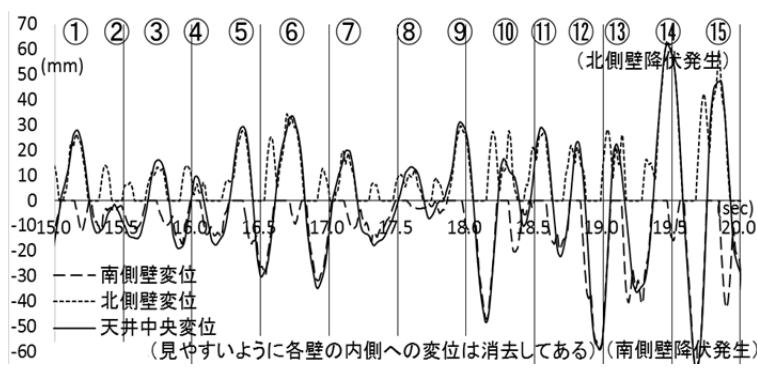


図2 天井と南北壁の変位時刻歴

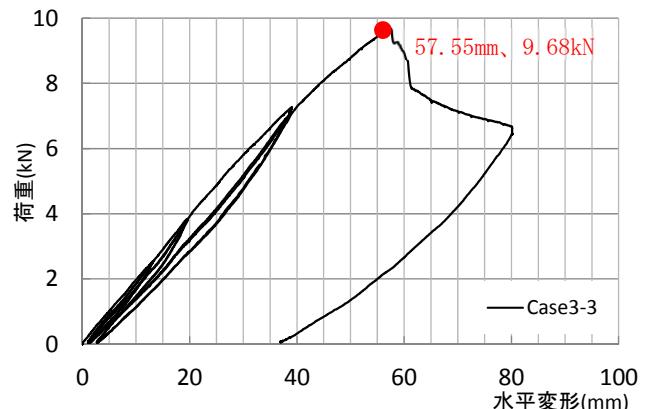


図3 静的加力試験 Case3-3 の荷重-変形関係

\*1 鹿島建設株式会社

\*2 桐井製作所

\*1 Kajima Corporation.

\*2 Kirii Construction Materials Co.,Ltd.