

無補強組積造壁を有する鉄筋コンクリート造架構の耐震性能評価  
- その4 コンクリートブロック造壁のひび割れ発生メカニズム -

正会員 崔 琥\* 同 中埜 良昭\*\*  
同 高橋 典之\*\*\*

無補強組積造壁 コンクリートブロック 韓国の学校建物  
ひび割れ幅 残存耐震性能

1. はじめに

無補強組積造壁を有する鉄筋コンクリート造建物の地震被災前・後の耐震性能評価手法の開発に関する研究において前報その3<sup>[1]</sup>までは、組積造壁が架構全体の耐震性能に与える影響やひび割れ幅の推移などについて検討した。

本報では、両柱に拘束されているコンクリートブロック(以下、ブロック)造壁のひび割れ発生メカニズムを明らかにするとともに、ひび割れ幅と残存耐震性能との関係について検討した結果を報告する。

2. ブロック造壁のひび割れの発生メカニズム

図1に1階を想定した1階壁試験体についてブロック造壁の正負方向加力の除荷時における縦目地に生じたひび割れ幅の合計値( $\Sigma_{\max} W_0$  (mm))を試験体全体の除荷時の水平変位( $\delta_0$  (mm))と比較して示した。ただし、X軸上の部材角はピーク時の部材角で整理し示した。なお本試験体の詳細は文献[1]を参照されたい。同図から、 $\Sigma_{\max} W_0$  および  $\delta_0$  は、破壊に至った部材角 1.5%を除いて、ピーク時の部材角とほぼ比例して増加する傾向が見られた。一方、 $\Sigma_{\max} W_0$  は  $\delta_0$  に比べ小さく、図2に示すように  $\Sigma_{\max} W_0 / \delta_0$  は 0.3 程度に留まり、1.0 を遙かに下回っている。純ブロック造壁では図3に示すように、水平変位がひび割れ幅の合計値により概ね評価できると考えられるが、本試験体のような側柱がある場合は、ブロック造壁のひび割れ幅は両柱の変形分布に大きく影響される可能性がある。そこで、本論文では図4のような幾何学的モデルを提案し、両柱の曲げ変形分布およびせん断変形分布からブロック造壁のひび割れ発生メカニズムの説明と、そのひび割れ幅の推定を試みた。手法の概略は以下のとおりである。

曲げ変形に起因するブロック造壁のひび割れ幅

両柱の曲げ変形は式(1)に示すように、柱の上下部の曲げひび割れ幅の合計の平均値に基づいて概ね算定できる<sup>[2]</sup>。

$$\begin{aligned} \delta_{f,i} R_f \cdot h_0 &= \frac{1}{D-x} \cdot \left( \frac{\Sigma_i W_{f,T} + \Sigma_i W_{f,B}}{2} \right) \cdot h_0 \\ \delta_{f,c} R_c \cdot h_0 &= \frac{1}{D-x} \cdot \left( \frac{\Sigma_c W_{f,T} + \Sigma_c W_{f,B}}{2} \right) \cdot h_0 \end{aligned} \quad (1)$$

- $\delta_{f,i}, \delta_{f,c}$  : 引張側および圧縮側柱の曲げ変形
- $R_f, R_c$  : 引張側および圧縮側柱の曲げ部材角
- $\Sigma_i W_{f,T}, \Sigma_i W_{f,B}$  : 引張側柱の上下部のひび割れ幅の合計
- $\Sigma_c W_{f,T}, \Sigma_c W_{f,B}$  : 圧縮側柱の上下部のひび割れ幅の合計
- $D$  : 柱せい (= 450 mm)
- $X$  : 圧縮縁から中立軸までの距離 (= 0.2D)
- $h_0$  : 柱内法高さ (= 2,400 mm)

両柱の曲げ変形分布の差がブロック造壁の縦目地のひび割れ幅として発生し、またその最大差は概ね柱高さの 1/2 で発生すると仮定すると、柱の曲げ変形に起因するブロック造壁のひび割れ幅の合計値は、柱の下から 1/2 までのひび割れ幅の合計値を用いて式(2)のように表せる。

$$\Sigma_{\max} W_f = \left( \frac{\Sigma_c W_{f,B} - \Sigma_i W_{f,B}}{D-x} \right) \cdot \frac{h_0}{2} \quad (2)$$

$\Sigma_{\max} W_f$  : 曲げ変形に起因するブロック造壁のひび割れ幅

せん断変形に起因するブロック造壁のひび割れ幅

両柱のせん断変形は式(3)に示すように、せん断ひび割れ幅の合計値で概ね算定できる<sup>[2]</sup>。

$$\delta_s = \Sigma_i W_s \cdot \cos \theta, \quad \delta_c = \Sigma_c W_s \cdot \cos \theta \quad (3)$$

- $\delta_s, \delta_c$  : 引張および圧縮側柱のせん断変形
- $\Sigma_i W_s, \Sigma_c W_s$  : 引張および圧縮側柱のせん断ひび割れ幅
- $\theta$  : せん断ひび割れと材軸とのなす角度

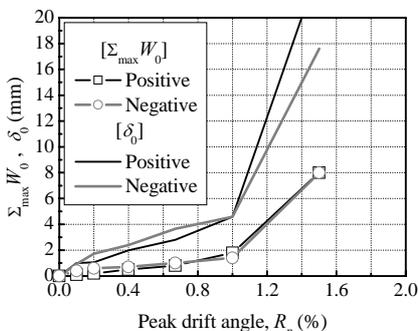


図1  $\delta_0$  および  $\Sigma_{\max} W_0$  (ブロック造壁)

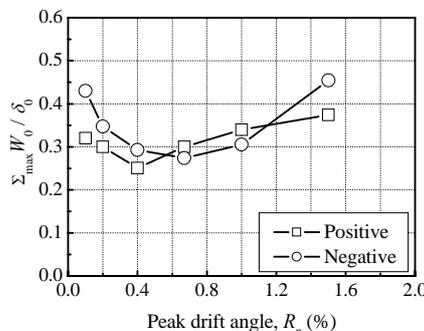


図2  $\Sigma_{\max} W_0 / \delta_0$

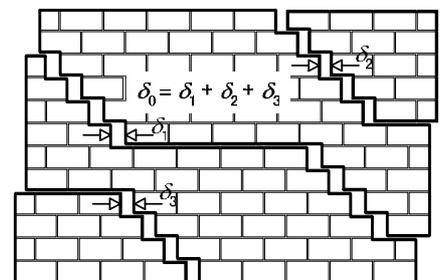


図3 純ブロック造壁のひび割れ幅

柱のせん断変形分布に起因するブロック造壁のひび割れ幅の合計値は、式(4)に示すように、両柱のせん断ひび割れ幅の合計の平均値で概ね評価できると仮定する。

$$\Sigma_{\max} W_s = \frac{(\Sigma_c W_s + \Sigma_l W_s) \cdot \cos \theta}{2} \quad (4)$$

$\Sigma_{\max} W_s$  : せん断変形に起因するブロック造壁のひび割れ幅

ブロック造壁のひび割れ幅の合計値

ブロック造壁のひび割れ幅の合計値を、式(3)と式(4)の合計で評価する。

$$\begin{aligned} \Sigma_{\max} W &= \Sigma_{\max} W_f + \Sigma_{\max} W_s \\ &= \left( \frac{\Sigma_c W_{f,B} - \Sigma_l W_{f,B}}{D-x} \right) \cdot \frac{h_0}{2} + \frac{(\Sigma_c W_s + \Sigma_l W_s) \cdot \cos \theta}{2} \quad (5) \end{aligned}$$

図5に本研究で提案したモデル化に基づいたブロック造壁のひび割れの合計値を計測結果と比較して示した。同図から、計算結果は計測結果を若干過大評価するものの、本研究で提案したブロック造壁のひび割れ発生メカニズムが妥当であることを示している。

### 3. エネルギー算定による残存耐震性能

被災度判定基準<sup>[3]</sup>では、部材の残存耐震性能を式(6)および図6に示すように、耐震性能低減係数 $\eta$ で評価している。

$$\eta = (E_{\max} - E_d) / E_{\max} = E_r / E_{\max} \quad (6)$$

$E_{\max}$  : 全エネルギー吸収能力

$E_d$  : 消費エネルギー

$E_r$  : 残存エネルギー吸収能力

本研究では、この手法を用いて1階壁試験体における正方

向加力時の第1サイクルの残存耐震性能を調べた。 $E_{\max}$ は図6に示すように、最大耐力の80%まで耐力が低下した部材角1.5%までの面積とした。また、実験結果と比較するため、本試験体の履歴特性を再現するモデルとしてTakedaモデルを選定し、履歴吸収面積が等価になるような履歴モデルを設定した(除荷時剛性低下指数 $\alpha$ は、一般的なRC部材より大きい0.7とした)。耐震性能低減係数 $\eta$ とブロック造壁のひび割れ幅の合計値 $\Sigma_{\max} W_0$ の関係を図7に示す。

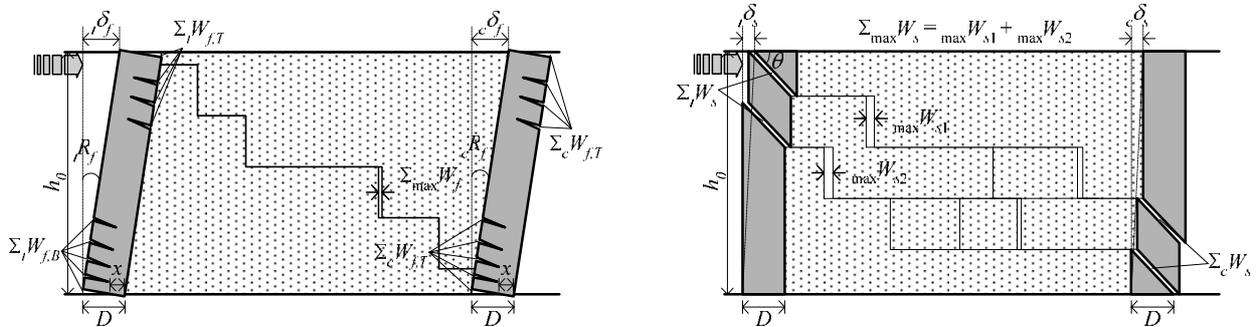
除荷時の履歴形状は設定したモデルと多少異なるものの、履歴面積は等価であるため、 $\eta$ と $\Sigma_{\max} W_0$ の関係は実験値と概ね一致している。

### 4. まとめ

本研究では、両柱に拘束されているブロック造壁のひび割れ発生メカニズムおよびブロック造壁のひび割れ幅と残存耐震性能との関係について検討した。その結果、本研究で提案した両柱の曲げ変形分布およびせん断変形分布に基づいたブロック造壁のひび割れ発生メカニズムが妥当であることを確認した。また、本研究で用いた履歴モデルによる解析結果は、履歴面積は等価であるため、 $\eta$ と $\Sigma_{\max} W_0$ の関係は実験値と概ね一致した。今後、ブロック造壁のひび割れ幅の最大値 $\Sigma_{\max} W_0$ から $\eta$ を推定する手法への展開を予定している。

### [参考文献]

- [1] 崔琥ほか「無補強組積造壁を有する鉄筋コンクリート造架構の耐震性能評価(その1~3)」, 日本建築学会学術講演梗概集, 2004年
- [2] 日本建築学会「鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針(案)・同解説」, 2004年
- [3] 日本建築防災協会「震災建築物の被災度区分判定基準および修復技術指針」, 2001年



(a) 曲げ変形

(b) せん断変形

図4 ブロック造壁および柱の幾何学的ひび割れ発生モデル

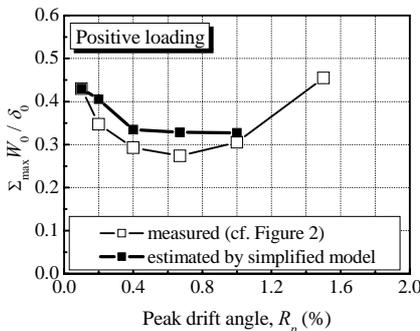


図5  $\Sigma_{\max} W_0 / \delta_0$  の比較

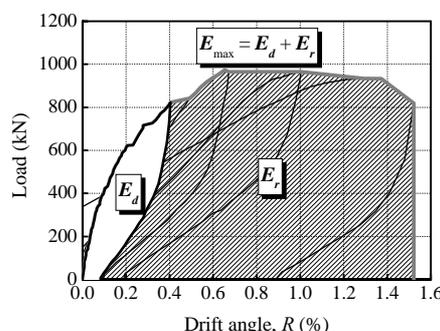


図6 エネルギー算定による残存耐震性能

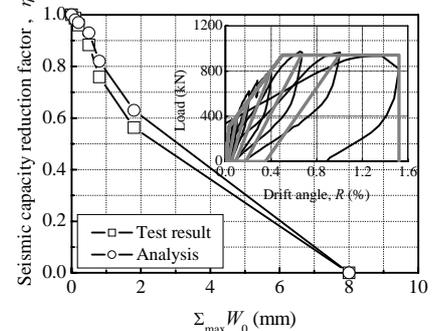


図7 残存耐震性能の計算結果

\* 東京大学 工学系研究科 大学院生  
 \*\* 東京大学生産技術研究所 助教授・工博  
 \*\*\* 東京大学生産技術研究所 助手・博士(工学)

\* Graduate Student, Graduate School of Engineering, University of Tokyo  
 \*\* Associate Prof., Institute of Industrial Science, University of Tokyo, Dr. Eng.  
 \*\*\* Research Associate, Institute of Industrial Science, University of Tokyo, Dr. Eng.