

ALCブロックを用いた組積体の材料特性と組積壁の面内せん断性状に関する実験的研究
その5：実験結果の理論的検討

正会員 ○角崎 康太*¹ 同 大楠 海加*²
同 諏訪 愛*² 同 田才 晃*³
同 高島 健史*⁴ 同 中村 亮太*⁵

組積造 ALC 曲げモーメント
せん断 剛性 変形

1. はじめに

本報では、その3、4の実験結果に対し、鉄筋コンクリート(RC)構造の曲げ、せん断の理論を用いて評価を行う。

2. 解析方法

2.1 解析時の仮定

本解析では、下記の仮定を設ける。

- 組積壁をその2で示した有効断面積を持つ片持ち梁にモデル化する(図1)。曲げ解析は平面保持を仮定する。
- ALCと充填材の部分は、簡単のために圧縮およびせん断性状について、その2で求めた有効強度、剛性を持つ等価な材料(以下組積体と呼ぶ)に置換する(図1)。引張は、圧縮と同じ剛性を持ち、ALCの引張強度 aF_t を持つものとする。
- 縦筋は壁端部に存在する鉄筋のみ考慮する。ただし、A37_w45_14のみ端部から2本目の鉄筋まで考慮し、2本の断面積の和を図心位置に置換する。
- 組積体は、曲げ解析では曲げひび割れ発生まで引張応力を負担するが、それ以降は全断面で負担しない。
- 組積体の応力度-ひずみ度関係は、曲げ降伏時までは直線とする。曲げ終局時は、ACI318基準¹⁾を参考に終局ひずみ度までの応力度-ひずみ度関係の面積が等価なストレスブロックに置換する。用いた数値を表1に示す。終局時は圧縮応力度が最大荷重の85%まで低下した時点とする。
- 縦筋の応力度-ひずみ度関係は降伏点で折れ曲がる完全弾塑性のバイリニア型とする。
- 縦筋の断面は、縦筋ネジ部の有効断面積と仮定する。

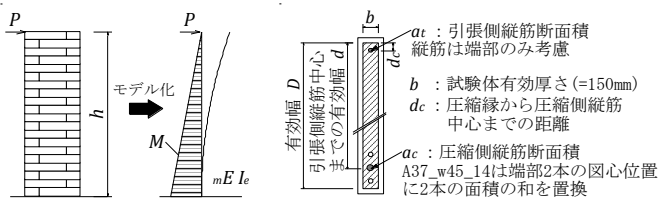


図1 試験体のモデル化

表1 ストレスブロックの形状係数

		A50_w10_13 A50_w15_13	A37_w15_14 A37_w45_14	A42_w15_14
ストレス ブロックの 形状係数	k_1	0.85	0.74	0.66
	k_2	0.425	0.37	0.33
	k_3	0.85	0.85	0.85

2.2 曲げ耐力と曲げ変形の算定

各曲げモーメント M 時の耐力 P は式(1)、曲げひび割れ時のモーメント M_c は式(2)、変形 δ_c は式(3)で求めた。降伏時のモーメント M_y は式(4)で、変形 δ_y は、部材の曲率分布がモーメントに比例すると仮定して式(5)で求めた。終局時のモーメント M_u は式(6)で求めた。終局時の曲げ変形 δ_u は、部材付根の塑性ヒンジ部の回転による変形と δ_y の和から式(7)で求めた。塑性ヒンジ領域の長さは、実験結果の破壊状況から試験体壁長さの0.6倍と仮定した。

$$P = M/h \tag{1}$$

$$M_c = aF_t \cdot Z_e \tag{2}$$

$$\delta_c = \frac{P_c h^3}{3mEI_e} \tag{3}$$

$$M_y = \frac{p_t \cdot s\sigma_y}{3(1-x_{n1})} \{ (1-x_{n1})(3-x_{n1}) - \gamma(x_{n1}-d_{c1})(3d_{c1}-x_{n1}) \} b \cdot d^2 \tag{4}$$

$$\delta_y = \frac{s\sigma_y \cdot h^2}{3E(d-x_n)} \tag{5}$$

$$M_u = b \cdot d^2 \cdot mF_c \cdot q \{ 1 - \gamma_e \cdot d_{c1} - (1 - \gamma_e) k_2 \cdot x_{nu1} \} \tag{6}$$

$$\delta_u = (\varphi_u - \varphi_y) \cdot h_d \cdot (h - h_d) + \delta_y \tag{7}$$

h : 試験体の高さ(=3m)
 P_c : M_c 時の耐力
 I_e : 等価断面2次モーメント
 $s\sigma_y$: 縦筋の降伏点
 x_n : 中立軸距離
 γ : 複筋比(= a_c/a_t)
 sE : 鉄筋のヤング係数
 γ_e : 有効複筋比
 x_{nu1} : 終局時の中立軸高さ
 h_d : 塑性ヒンジ領域の長さ

Z_e : 等価断面係数
 mE : 組積体のヤング係数
 P_t : 引張鉄筋比(= a_t/bd)
 x_{n1} : 中立軸高さ(= x_n/d)
 $d_{c1} = d_c/d$
 mF_c : 組積体の圧縮強度
 q : 鉄筋係数(= $p_t \cdot s\sigma_y/F_c$)
 k_2 : ストレスブロック形状係数
 φ_u : 塑性ヒンジ領域での曲率

2.3 せん断耐力とせん断変形の算定

せん断ひび割れ発生時の耐力 Q_{cr} は、部材の主応力度が aF_t に達した時とし、式(8)で求めた。せん断終局時の耐力 Q_u は、アーチ機構とトラス機構によるRC構造のせん断強度式²⁾から、式(9)~(14)で求めた。せん断変形 δ_{cr} は、終局時まで部材が弾性と仮定して式(15)で求めた。

$$Q_{cr} = \alpha \cdot \frac{2}{3} bD aF_t^2 \tag{8}$$

$$Q_u = V_t + V_a \tag{9}$$

$$V_t = p_w \cdot \sigma_{wy} \cdot b \cdot j_t \cdot \cot \varphi \tag{10}$$

$$V_a = b \frac{D}{2} (1 - \beta) \cdot \nu_0 \cdot aF_c \cdot \tan \theta \tag{11}$$

$$\tan \theta = \frac{\sqrt{h^2 + D^2} - h}{D} \tag{12}$$

$$\beta = \frac{p_w \sigma_{wy} (1 + \cot^2 \varphi)}{v_0 \cdot \alpha F_c} \quad (13)$$

$$\cot \varphi = \min \left(2, \frac{j_t}{D \tan \theta}, \sqrt{\frac{v_0 \alpha F_c}{p_w \sigma_{wy}} - 1} \right) \quad (14)$$

$$\delta_{cr} = \frac{6}{5} \cdot \frac{Q_{cr} \cdot h}{G \cdot bD} \quad (15)$$

α : 靱性指針による耐力係数 (=0.75) V_t : トラス機構の負担せん断力
 V_a : アーチ機構の負担せん断力 p_w : せん断補強筋比
 σ_{wy} : せん断補強筋の降伏強度 j_t : 主筋中心間距離
 v_0 : 組積体圧縮強度の有効係数 (=0.6) φ : トラスの角度
 θ : 圧縮ストラットの角度

4. 解析結果

実験結果と解析結果の比較を図3に示す。変形は曲げ変形とせん断変形の和とした。組積材にALC(50)を用いた試験体(以下A50、他の材料も同じ)の縦筋は、切削加工したネジ部にひずみが集中して軸部が降伏しなかったため、弾性限界点での耐力 P_c で評価した。 P_c は、式(4)中の $s\sigma_y$ を弾性限界点の応力度 $s\sigma_e$ に置き換えて求めた。

曲げひび割れ発生時について、耐力は荷重-変形関係の初期剛性低下時と同程度の値となったが、試験体にひび割れは発生しなかった。これは、試験体引張側の目地部の開きによりひずみが吸収され、ブロック部分にひずみが蓄積しなかったことが考えられる。剛性は、実験値と同程度からやや高い値が得られた。高い値が得られた理由として、ブロック表面に現れない試験体内部での充填材の損傷や、A42での1/1000rad付近で発生したブロック縦方向のひび割れを評価していないことが考えられる。

縦筋の降伏時について、耐力は低めの評価となった。これは、壁端部以外の縦筋や充填材を考慮していないためと考えられる。ひび割れ後の2次剛性は、A50_w15_13以外では実験値と同程度の値が得られた。

せん断ひび割れ発生時の耐力は、 α を材料強度の5%下限値となるように定めたが、高めの評価となった。また、せん断ひび割れ発生後の剛性低下は評価できなかった。

終局時の耐力は、全て曲げにより決定された。曲げ終局耐力は、降伏時と同様に低めの評価をしており、変形は試験体によりばらつきが大きい結果となった。

5. まとめ

充填材で一体化させたALCブロックを用いた組積壁に対し、RC構造の曲げおよびせん断理論を用いて、強度と剛性の評価を行った。試験体の形状や材料の違いではばらつきはあるが、RCと同様に評価できる可能性があることが分かった。今後、モデルの精度向上や、材料強度データの蓄積などにより、解析精度の向上を行う必要がある。

参考文献

- 1) American Concrete Institute : Building Code and Commentary, ACI318 M-02, 2002
- 2) 日本建築学会 : 鉄筋コンクリート造建築物の靱性保証型耐震設計指針・同解説, 1999

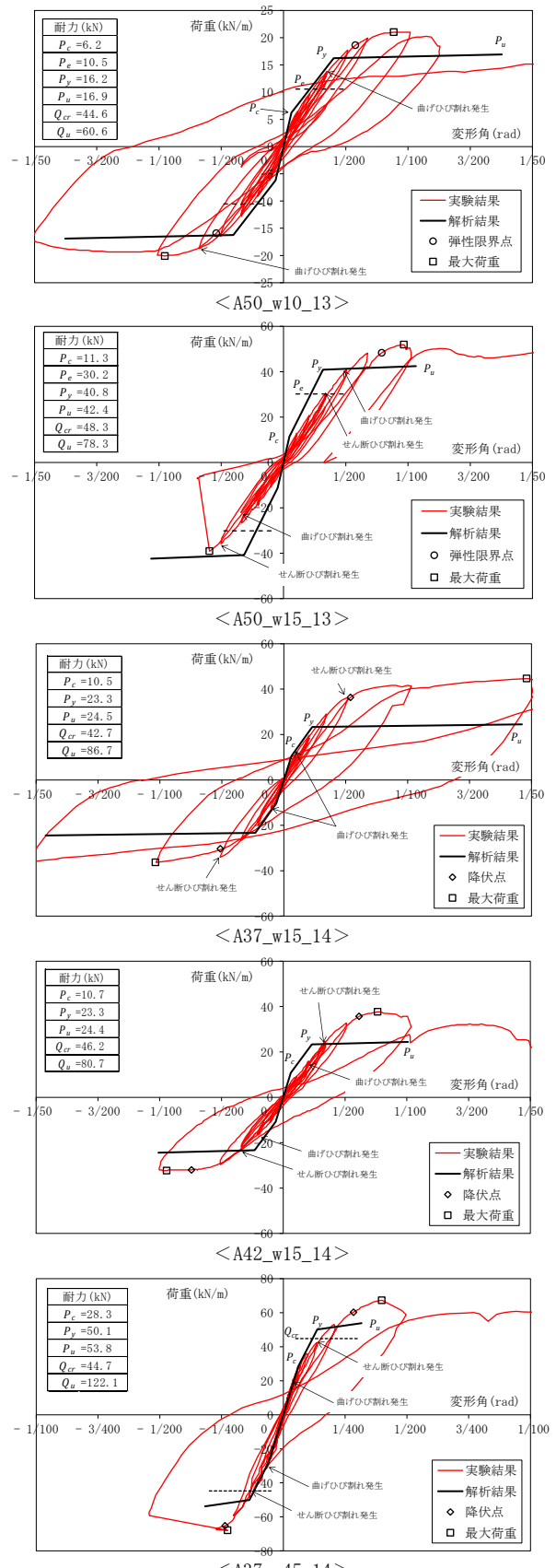


図3 実験結果と解析結果の比較

*1 日本設計 工修 (元横浜国立大学大学院)
 *2 横浜国立大学大学院 修士課程
 *3 横浜国立大学大学院 教授・工博
 *4 旭化成ホームズ 工修
 *5 えびす建築研究所

*1 Nihon Sekkei, Inc, M. Eng
 *2 Yokohama National University
 *3 Prof., Yokohama National University Dr. Eng
 *4 Asahi-kasei Homes Co., M. Eng
 *5 Ebisu Building Laboratory Co.