

既調合軽量モルタル塗り通気工法外壁の構造性能

(その4) 面内せん断試験

正会員 ○石井壮一郎*1 田原賢*2 宮村雅史*3
正会員 小野泰*4 中尾方人*5 山崎 肇*6

メタルラス 剥落安全性 軽量モルタル
通気工法 ラスモルタル 耐震性

1.はじめに

(その3)に示した各試験体の試験方法、試験結果(耐力および変形・破壊状況)を示す。

2.試験方法

試験方法は無載荷柱脚固定式とした。図1に示すような鋼製フレームに土台部分を固定し、桁材端部に油圧ジャッキを用いて加力をおこなった。桁材は、中間部に振れ止めを4箇所設け、横振れを防止している。

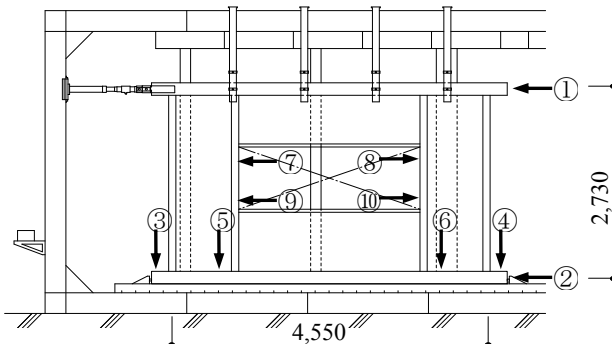


図1 試験体図

3.計測方法

変位の測定は、図1 ①~⑩に示す、桁・土台の水平変位、各柱脚の鉛直変位、まぐさ・窓台・柱の回転変位及び、試験体4隅・開口4隅計8箇所モルタル壁面の面外への変位を計測した。また、画像解析を行なうための測点を壁体及び桁・土台に設け、画像撮影をおこなった。

加力スケジュールは、土台-桁間の見かけのせん断変形角が 1/600, 1/450, 1/300, 1/200, 1/150, 1/100, 1/75, 1/50, 1/30rad まで正負交番3回繰り返し載荷、その後最大変形角 1/10 に至るまで単調加力とした。

4.試験結果

図2に荷重と見かけのせん断変形角、図3に脚部のせん断変形角(全体)の関係(法絡線)をそれぞれ示す。表1に

表1 軽量モルタル外壁の試験結果一覧

試験体記号	No.0 (平均値)	No.1	No.2	No.3 (標準仕様)	No.4	No.5	No.6	No.3-1 (標準仕様)	No.3-s (単層リプラス)	No.3-a4 (アラミド4軸)	No.3-h (高耐力仕様)
最大耐力 P _m (kN/4.55m)	42.83	36.20	26.90	17.20	44.50	37.20	28.80	17.20	11.00	15.50	19.70
最大耐力時変形角 δ _{pm} (10 ⁻³ rad)	19.354	19.509	19.502	32.143	19.810	32.985	19.377	32.143	10.777	19.916	19.601
2/3P _m 時変形角 δ _{2/3Pm} (10 ⁻³ rad)	6.918	6.923	6.796	8.961	8.558	6.863	5.339	8.961	5.108	3.686	6.396
見かけのせん断変形角(γ)一定変形時の耐力(kN/4.55m)											
1/300rad	18.34	15.62	11.36	5.70	16.98	16.77	15.05	5.70	5.15	10.15	8.28
1/200rad	23.69	20.37	14.56	7.92	22.28	20.40	18.63	7.92	7.10	11.00	11.32
1/150rad	28.16	23.86	17.62	9.42	25.98	24.42	21.69	9.42	9.03	11.85	13.36
1/120rad	30.87	26.43	19.27	11.00	29.32	27.33	23.73	11.00	9.97	12.96	14.94
1/60rad	39.79	34.06	24.47	15.70	39.79	34.21	28.02	15.70	10.60	14.74	18.82
1/30rad	35.59	35.13	24.22	16.46	31.14	36.80	24.05	16.46	10.20	14.61	16.73

最大耐力および特定変形時の耐力等の一覧、表2に破壊状況の一覧を示す。脚部のせん断変形角は最大時でも 1/500rad 以下であるが、これは柱脚・柱頭補強用引寄せ金物(HD15)の効果によるものである。そのため全体の真の変形角グラフも見かけとほとんどかわりないものであった。

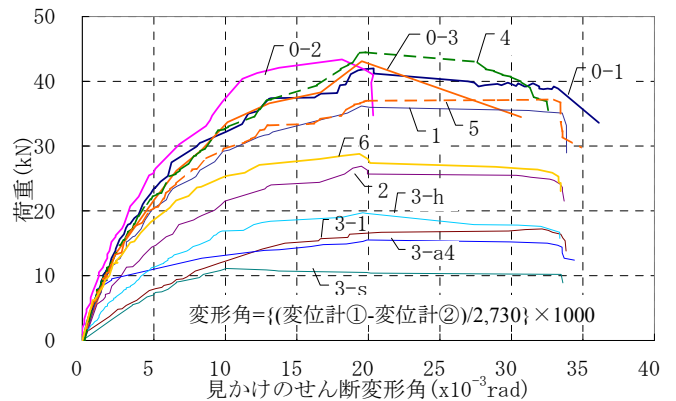


図2 荷重-見かけのせん断変形角

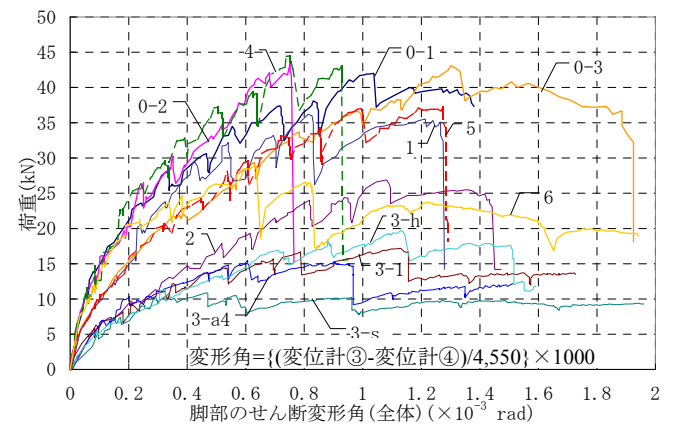


図3 荷重-柱脚部のせん断変形角(全体)

無開口の No.0 は、概ね 1/50rad で最大耐力となった。その後、モルタルにはひび割れ等の損傷や回転挙動はみられず、間柱上の胴縁が割裂して耐力が低下した。

掃き出し開口を有する No.1~No.3 は、1/50rad~1/30rad で最大耐力となった。No.1~No.3 の最大耐力は、No.0 の 85%、63%、40%であり、概ね、試験体の全長に対する全壁部分の壁長の比に比例している。最大耐力以降、開口部の隅角を起点とするひび割れが大きくなり、左右の全壁が別々に回転挙動をして、軸組との相対変位が大きい外側ではステーブルの抜けや破断が顕著にみられた。

窓開口を有する No.4~No.6 でも、1/50rad~1/30rad で最大耐力となり、その後、開口部の隅角を起点とするひび割れが大きくなり、No.5,6 については全壁部分と垂壁・腰壁部分とが分離(No.6 の腰壁側は壁が水平に破断)する様子が観察された。また、No.4 では胴縁の割裂も顕著であった。各試験体の最大耐力は、No.0 の 104%、87%、67% であり、掃き出し開口を有する No.1~No.3 と比較すると、垂壁だけではなく、腰壁の存在効果は大きく、モルタル壁の耐力に有効に寄与していることが分かる。

掃き出し開口の No.3 については、標準とは異なる仕様の 3 種類の試験体についても実験を行った。最大耐力に関して、単層仕様(3-s)の場合には標準仕様より 35%程度低く、高耐力仕様(3-h)の場合には 15%程度高い結果であった。また、アラミド 4 軸仕様の初期剛性はかなり高いが、1/100rad 付近より急速な低下を生じた。

図 4 には左側全壁(左壁)、中央開口部(中壁)それぞれの荷重と脚部の見かけの変形角の関係を示す。なお、左右全壁の変形性状は大差ないため、右側全壁は省略した。

左壁については、開口幅が同じであれば、窓型開口の方が変形角が小さく、垂壁・腰壁の効果が確認できる。

中壁のせん断変形角は各試験体が最大荷重に達するまでは、窓開口・掃き出し開口それぞれで同じ傾向を示し

ている。

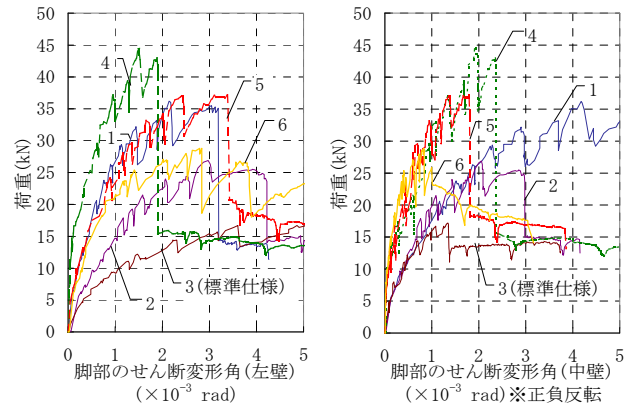


図 4 荷重一脚部のせん断変形角(左壁, 中壁)

$$\left[\begin{array}{l} \text{左壁変形角} = \{(\text{変位計③}-\text{変位計⑤})/\text{左壁巾}\} \times 1000 \\ \text{中壁変形角} = \{(\text{変位計⑤}-\text{変位計⑥})/\text{中壁巾}\} \times 1000 \end{array} \right]$$

モルタルの面外変位は、試験体・箇所により異なり、増大の傾向も異なる。目視では、開口隅部の部分的なモルタルの浮き上がり、割れ、乗り上げを確認した。

5.まとめ

- ・無開口・小開口壁は、木ずり・通気胴縁釘の抜け出し・割裂が変形の主体で、胴縁割裂時の耐力低下は大きい。
- ・有開口壁は、開口が小さいほど初期の剛性は高いが、モルタル亀裂の進展に伴い剛性が低下する。また、亀裂により左右壁が個別に回転する様になると、変形の主体はステーブルの抜け出しや破断によって生じる。
- ・モルタルの面外変位は、ステーブルのせん断変形に伴う抜け出しの影響の他に、開口隅部の局所的な座屈や、モルタル同士の乗り上げも影響していると思われる。

表 2 軽量モルタル外壁破壊状況一覧

全壁	No.0	1/30 程度より胴縁の抜け出し(一部割裂)が大きくなり、面外へも変位。1/20 で、間柱部分の胴縁の割裂が進行し耐力が低下する(特に No.0-2 で顕著)。モルタルの変形はほとんど見られず。回転中心は下寄りに片寄る。ステーブル抜け出しは部分的。
掃き出し開口	No.1	1/60 で開口下側はほぼ破断。1/30 で開口上隅亀裂が壁の上端に達し、開口際モルタルが剥離。木ずりとモルタルのずれが目立つ。1/20 でステーブル抜け・破断、左右壁の個別回転が健著。
	No.2	1/120 付近より徐々にひび割れが進行。1/60 で上隅垂壁側モルタル剥離が顕著。1/30 で開口下隅破断、上側も亀裂が上端に達する。個別回転が大きくなり、ステーブル抜け・面外変位。以後ステーブル抜け出しが顕著。
	No.3	1/100 で、開口上隅に亀裂、1/60 でモルタル表層が剥離。1/20 でほぼ破断。下隅は 1/60 で亀裂が生じ、1/20 でほぼ破断。1/30 以降は左右壁の個別回転が顕著、ステーブル抜け出し・切れ。まぐさの柱からの離れ。
	No.3-s	1/120 で開口隅にひび。1/60 でネット浮き。1/50 で、反加力側柱脚付近モルタル浮き。リブ部分破断。1/15 で、垂壁部分はほぼ破断、各壁回転大、ステーブル抜け、外周リブ破断。反加力側柱脚部のモルタル、架台に接触。
	No.3-a4	1/60 で、隅部重ね貼り補強ネットが剥離。1/30 で、開口上隅壁側モルタルの浮きが顕著となるが、ネットにより完全に分離せず。終局時には、垂壁上に耐力壁側のモルタルが乗り上げ。反加力側外柱柱脚部めりこみ圧壊。
	No.3-h	1/60 付近よりひび割れ進行、ネット浮き。垂壁部の通気胴縁のせん断変形、釘抜け出し顕著。1/30 で垂壁に耐力壁側が乗り上げる形でモルタルの浮き上がり、ステーブル抜け出し。
窓開口	No.4	1/60 まで、モルタル・木ずり・胴縁のずれが徐々に生じる。1/30 で開口 4 隅のひび割れが 30cm 程度まで進行。胴縁の釘の抜け出し、割裂が顕著となる。回転中心は下寄りに片寄る。
	No.5	1/30 で開口 4 隅の亀裂が進行、ネットの浮きが目立つ。壁の上下端にも亀裂が生じる。モルタル・木ずり・胴縁のずれが徐々に進行。1/10 で垂壁・腰壁はほぼ破断、ステーブル抜け顕著。まぐさ・窓台の離れも大。
	No.6	1/60 で壁左右両端及び上端からも亀裂。1/30 で開口下端より水平方向へ破断。1/20 で開口上隅から上端がほぼ破断。まぐさ離れ大。耐力壁上部の浮上り大。加力側・壁下部で胴縁割裂、反加力側はステーブル抜け。

*1 昭和電工建材, *2 木構造建築研究所 田原 *1 Showa Denko Kenzai, *2 Tahara architects of wooden structure laboratory
 *3 国土技術政策総合研究所 *3 National Institute for Land and Infrastructure Management
 *4 ものつくり大学, *5 横浜国立大学 *4 Institute of Technologists, *5 Yokohama National University
 *6 田島応用化工 *6 Tajima Ohyoh kakoh Co.