

大規模な間仕切壁の耐震性に関する振動台実験と 2次部材断面選定法の提案

建築生産研究グループ 主任研究員 石原直

I はじめに

東日本大震災では階高が高くスパンが大きい倉庫等において大規模な間仕切壁の脱落等の被害が生じた¹⁾。

本研究では振動台実験を行い、壁面外方向の地震時挙動を把握するとともに、損傷・破壊状況の検証を行う。また、実験結果を踏まえて構造2次部材（中間梁）の実用的選定法を検討する。

II 振動台実験²⁾

図1に試験体及び試験用フレームを示す。高さと幅が約6mの試験用フレームで構造躯体を模擬し、中間梁を挟んで長さ2.9mのALCパネルを2段積みとして間仕切壁を構成した。表1に試験体一覧を示す。中間梁は全試験体とも共通とし、断面は地震（余震）観測を行った被災建築物³⁾と同じH-194×150×6×9である。パラメータは中間梁の向き、ALCパネルの埋設アンカー、等とした。固有振動数は4.3～5.5Hzであった。

実験は、試験用フレームを振動台上に設置した上で、中間梁及びALCパネルを試験体ごとに施工し、壁の面外方向に水平1軸の加振を行った。

表2に加振の履歴と試験体の損傷・破壊状態を示す。一部を除き、表の番号順に加振を行った。表中には損傷状況とともに中間梁中央部での水平方向の最大絶対加速度(A14)と最大相対変位(D5)の値を示している。

加振[4]～[7]は、共振によって縦使いのNo.1(振動数4.3Hz)の応答を大きくし破壊状況を確認することを意図するとともに、被災建築物の高次振動数3.9Hz³⁾も念頭に置いて実施した。加振[4]ではNo.1とNo.3がパネル取付け部でALCのコーン破壊を生じた。このときの応答は約8Gと96～91mm(ALCパネルの変形角 $96/2900 \approx 1/30$)であり、ロッキング構法のALCパネルは大きな強度と面外方向の変形追従性を有することが分かる。加振[5]では縦使いのNo.1でパネルが脱落した(写真1)。No.3では上段パネルの上側の取付け部が破壊したが脱落は

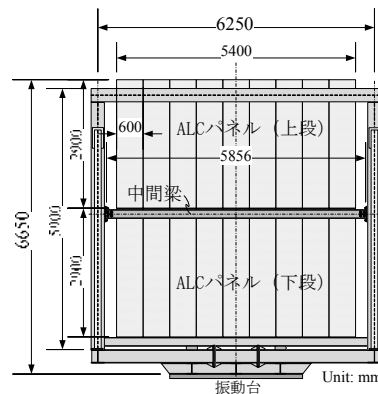


図1 試験体図

表1 試験体一覧

No.	中間梁		ALCパネル		固有振動数 (Hz)
	向き	端部	埋設アンカー	重量 (N/枚)	
1	縦	ピン	標準	1,343	4.3
2	横	ピン	標準	1,273	5.5
3	縦	剛	高荷重	1,277	4.5

表2 加振の履歴と損傷・破壊状態

加振ケース			試験体の損傷・破壊状況		
番号	周期 T(s)	倍率	No.1	No.2	No.3
[1]	0.4	40%	異常なし A14=1371cm/s/s, D5=22.1mm	異常なし A14=596cm/s/s, D5=5.1mm	異常なし A14=1271cm/s/s, D5=18.0mm
[2]		45%	異常なし A14=1460cm/s/s, D5=24.5mm	異常なし A14=687cm/s/s, D5=5.9mm	異常なし A14=1248cm/s/s, D5=19.7mm
[3]		100%	ひび・欠け（取付け部破壊なし） A14=3963cm/s/s, D5=45.5mm	異常なし A14=2804cm/s/s, D5=24.4mm	ひび・欠け（取付け部破壊なし） A14=4567cm/s/s, D5=51.5mm
[4]	0.25	35%	取付け部破壊 A14=7942cm/s/s, D5=96.0mm	異常なし ([3]の前に実施) A14=998cm/s/s, D5=8.3mm	取付け部破壊、縦目地欠け A14=7917cm/s/s, D5=91.0mm
[5]		50%	脱落 A14=8441cm/s/s	異常なし A14=1718cm/s/s, D5=13.1mm	上段パネル上側取付け部破壊 A14=11183cm/s/s
[6]		75%			上段パネル破壊 (中間梁付近) A14=10836cm/s/s
[7]		100%		パネル取付け部破壊 A14=4598cm/s/s, D5=25.9mm	
[8]	0.2	100%		脱落 A14=7470cm/s/s, D5=39.6mm	

していない。横使いのNo.2はこの加振でも異常はなかった。加振[6]でNo.3は中間梁への取付け部付近で上段パネルが破壊した。しかしNo.1のようにパネルが脱落することはなく、破壊したパネルは上側取付け部にぶら下がった状態となった。No.3では埋設アンカーが高荷重仕様であり、パネル脱落を抑える効果があると言える。

実験から、(1)中間梁は横使いとして地震時の面外変形を抑えるのが現実的かつ効果的であること、(2)ALCパネルについては埋設アンカーを高荷重仕様とすることで脱落を回避できること、が分かった。

Ⅲ 2次部材断面選定法⁴⁾

建築物との共振によって間仕切壁の応答が大きくなることは振動台実験でも確かめられたが、かなり詳細なモデル化等を行わない限り間仕切壁の固有振動数を予測することは困難であった⁵⁾。そこで、間仕切壁に一定以上の振動数を持たせることで地震時の面外振動を抑制することを目指し、実務上で活用できるような比較的簡易な方法を検討した。

図2のような中間梁の面外方向のたわみ形状を仮定して、固有振動数を略算する式を導出した。ここで横使いの中間梁の場合には実験結果を踏まえて、曲げ剛性を0.6倍に低減することとした。妥当性はFEM解析等との比較により確かめた⁴⁶⁾。固有振動数の略算式を基に、高振動数を確保するためのスパンの制限値を中間梁の部材断面ごとに整理した。例として、振動数を5Hzとし、横使いの場合のスパンの制限値 L は表3のようになる。スパンの制限値 L に対する階高 H の影響はあまり大きくない。試験体に用いたH-194×150×6×9で振動数5Hzとするにはスパンは5~6m程度に制限される。表に掲げた最も大きい断面のH-300×300でも5Hzを確保しようとする、スパンは10m程度までとする必要がある。

このような表は、日常的・感覚的には把握しにくい面外方向の振動数を高めるため、設計等における部材断面選定に活用されることが期待される。

謝辞 本研究は、弊所と戸田建設株式会社及びALC協会の共同研究として実施した。また実験には2013年度「鋼構造研究・教育助成事業」(一社)日本鉄鋼連盟)の助成を活用した。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 寺本隆幸：ALC間仕切の被害から見る今後の課題、建築技術、pp.156-159、2012.6
- 2) 石原直、ほか：中間梁のある大規模間仕切壁の地震時面外応答に関する振動台実験、鋼構造年次論文報告集、第22巻、pp.322-327、2014.11



写真1 試験体No.1のパネル脱落状況 (加振[5])
(落下防止ワイヤーにぶら下がって傾いた状態)

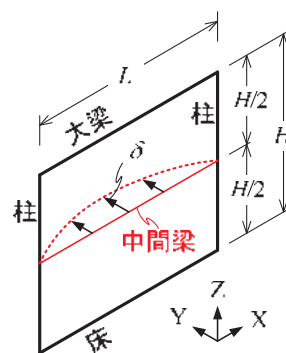


図2 中間梁のたわみ

表3 スパンの制限値(横使い、振動数5Hzの場合)

断面	スパン L(m) (左から階高H=6, 8, 10mの場合)			備考
	6m	8m	10m	
H-148x100x6x9	4.85	4.54	4.31	
H-150x150x7x10	5.41	5.08	4.83	
H-194x150x6x9	6.12	5.74	5.46	試験体
H-200x200x8x12	6.93	6.53	6.23	
H-250x125x6x9	6.78	6.36	6.05	
H-244x175x7x11	7.42	6.98	6.65	
H-250x250x9x14	8.32	7.88	7.54	
H-298x149x5.5x8	7.60	7.13	6.78	
H-300x150x6.5x9	7.81	7.34	6.99	
H-294x200x8x12	8.53	8.05	7.68	
H-300x300x10x15	9.57	9.10	8.72	

- 3) 石原直、ほか：大規模な間仕切壁を有する物流倉庫の地震観測、鋼構造年次論文報告集、第21巻、pp.725-730、2013.11
- 4) 田口尚、石原直、ほか：面外振動数に着目した2段積みALC間仕切壁の構造2次部材の選定について その1~その3、日本建築学会大会学術講演梗概集、材料施工、pp.901-906、2016.8
- 5) 石田琢志、石原直、ほか：中間梁のある大規模間仕切壁の面外振動特性に関する解析、鋼構造年次論文報告集、第22巻、pp.328-333、2014.11
- 6) 石田琢志、石原直、ほか：面外振動数に着目した2段積みALC間仕切壁の構造2次部材の断面選定法に関する解析的検討、日本地震工学会第12回年次大会梗概集、P1-22、2016.9