

(I - 48) 衝撃的鉛直方向入力による建物の中間階崩壊メカニズムの解明のための模型実験

防衛大学校 学生員 ○上田 東 防衛大学校 学生員 津田 和彦
防衛大学校 正 員 藤掛 一典 防衛大学校 正 員 大野 友則

1. はじめに

1995 年 1 月 17 日に発生した兵庫県南部地震では多くの構造物が崩壊した。その中には、中層 RC 建物の中間階が崩壊する特異な事例も見られた。本研究はこの崩壊現象に着目して、モルタル製の小型建物模型を用いた急速突き上げ載荷実験を行い、その崩壊メカニズムについて考察を行ったものである。

2. 急速突き上げ載荷実験の概要

実験では、最大速度 4m/s の載荷能力を有する高速載荷装置を用いた。突き上げ載荷速度は、兵庫県南部地震で計測された各地の地震記録を参照し、平均的な速度として 1 m/s を設定した。モルタル製建物模型は、5 階組と 8 階組の 2 種類の試験体である。実験室および載荷装置の規模の制約により、建物模型の柱は断面が最大 5×5cm で高さ 10cm の角柱とした。また、各階柱の間に挿入する重錘重量は 60kgf である。本実験で、モルタル柱に圧縮破壊が生じるためには、設計強度をできるだけ小さくする必要があった。このため、実際的ではないが、表-1 の配合に示すように水セメント比が大きい柱試験体を製作した。実験前の材料試験の結果、モルタルの圧縮強度は 150N/mm² であった。試験体の形状は、断面 d×d (cm) で高さ 10cm の角柱とした。建物模型試験体は、RC 建物の一部を取り出した形であり、厳密ではないが約 1/20 程度の RC 中層建物に相当するとみなせる。試験体の各階柱の間には重量 60kgf の鋼板 (44×44×4cm) を挿入し、モルタル柱と鋼板は高さ 2.5cm の L 形鋼を用い、板の中心位置で柱の上下端を両側から挟むように固定した。表-2 に、各建物試験体の柱断面を示す。建物模型全体の高さは、5 階組で 70cm、8 階組で 112cm である。載荷装置に設置した試験体の一例を、写真-1 に示す。実験では、各階柱の断面積または軸力比をパラメーターとした。初期軸力比は、各階重量の累積 $W = \sum (w_i)$ ($i=1, \dots, n$; n : 最上階から当該階までの階数) を、当該階の柱断面積 A

表-1 柱用モルタルの配合

水セメント比 (%)	単位量 (kg/m ³)		
	水	セメント	細骨材
94	328	349	1221

表-2 建物模型試験体の各階柱断面

階	試験体 No.					
	断面 d (cm)					
	1	2	3	4	5	6
8			2.5	3.0	2.5	2.5
7			3.0	3.0	2.5	3.0
6			3.5	3.0	3.0	3.0
5	4.0	2.5	4.0	3.5	3.0	3.5
4	4.5	2.5	4.0	3.5	3.5	3.5
3	4.5	2.5	4.0	4.0	4.0	4.0
2	5.0	2.5	4.5	4.5	4.5	4.5
1	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0

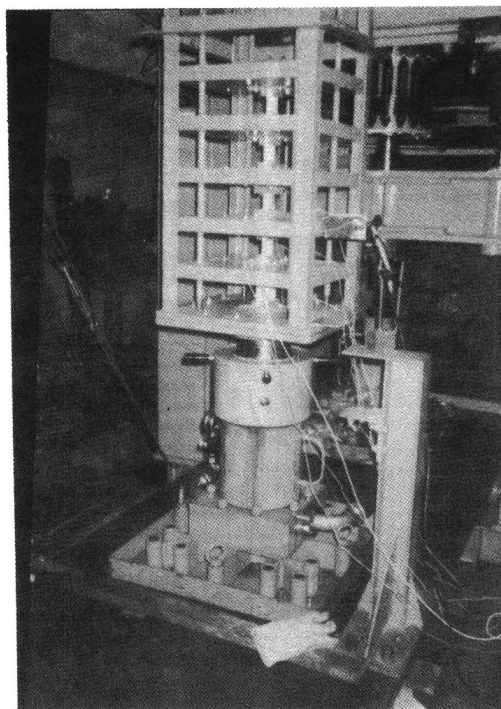


写真-1 載荷装置に対する建物模型試験体の設置概要

キーワード：衝撃的地震動、中間階崩壊、初期軸力比、急速載荷、突き上げ実験

連絡先：〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 Tel. 0468-41-3810 内 3521、Fax.0468-44-5913

で割った値 (W/A) で与えられる。試験体は 5 階組が 2 ケース、8 階組が 4 ケースの計 6 ケースである。各試験体において、1 階柱の初期軸力比を 1.0 としたときの各階柱における軸力比の値を、表-3 に示す。実験計測は、1 階基部と最上階の加速度、基部変位、崩壊が予想される階とその上・下階のひずみを計測している。

3. 実験結果および考察

表-3 中の各試験体で、初期軸力比が最も大きい値が崩壊すると予測される階柱である。表-4 には、各試験体に予想される柱崩壊の位置 (●印) と実験結果 (◎印) との対応を示している。試験体 No. 4 を除き、崩壊予想階と実験による崩壊結果は一致した。那谷¹⁾は、中間階崩壊のメカニズムについて衝撃応力伝播層インピーダンスという考え方をを用いることで、上下動による層崩壊階が予め特定できることを理論的な観点から示している。ここで、層インピーダンスは変位に関する強制力と媒質体 (建物柱) 内の応力伝播速度の比で表され、応力伝播速度は各階重量の総和 ($\sum W_i$) を柱断面積と軸剛性の積の総和 ($\sum E_i A_i$) で除した値 ($\sum W_i / \sum E_i A_i$: 初期層軸歪と定義されている) で与えられている。この初期層軸歪は、各階柱部材の材料が同じである場合 ($E_i = \text{一定}$)、本研究における初期軸力比 ($\sum W_i / \sum A_i$) と等価な意味を持っている。ただしこの考えは、伝播速度が極めて大きい衝撃応力波の概念に基づいている。本研究で行った実験は、急速载荷による鉛直方向入力であり、衝突現象において応力波の伝播が問題となる衝撃入力ではない。図-1 に、試験体基部と最上階の加速度応答の一例を示す。図から、基部の加速度が発生して最大値を示している時刻では、最上階では未だ発生していないことがわかる。すなわち、頭が押さえられた状態 (固定) であり、このため下部に圧縮力が作用する原因となっている。この衝撃的な軸圧縮力により、初期軸力比が最大となっている階柱に圧縮破壊が生じている。

4. まとめ

本研究で行った急速载荷突き上げ実験から、各階柱における初期軸力比の考え方をを用いることにより崩壊位置の予測を行うことの妥当性が確認できた。したがって、各階の柱部材が同一材料で構成されている場合、初期軸力比は中間階崩壊の位置を特定する上の指標として有用であると考えられる。

参考文献

- 1) 那谷晴一郎：阪神大震災にみる建造物の中間等任意階の層崩壊発生機構の解明、平成 7 年度日本建築学会近畿支部研究報告集、pp.245～248、1995

表-3 各階柱の初期軸力比

階	試験体 No.					
	軸力比 (W/A)					
	1	2	3	4	5	6
8			0.50	0.35	0.50	0.50
7			0.69	0.69	1.00	0.69
6			0.77	1.04	1.04	1.04
5	0.31	0.80	0.78	1.02	1.39	1.02
4	0.49	1.60	0.98	1.28	1.28	1.28
3	0.74	2.40	1.14	1.17	1.17	1.17
2	0.80	3.20	1.08	1.08	1.08	1.08
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

表-4 各階柱の崩壊予測と実験結果

階	試験体 No.					
	1	2	3	4	5	6
8						
7						
6				◎		
5					●◎	
4				●		●◎
3			●◎			
2		●◎		◎		
1	●◎					

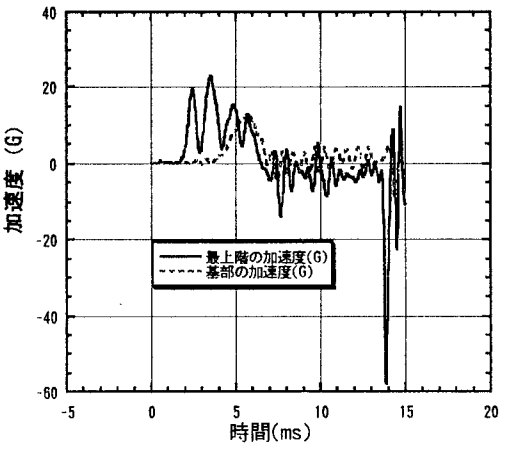


図-1 加速度応答の一例