

連層鉄骨ブレースで補強された下階壁抜け柱を含む鉄筋コンクリート立体建物の静的載荷解析

正会員 ○森山 健作\*1  
同 北山 和宏\*2  
同 李 康寧\*3

鉄筋コンクリート 連層鉄骨ブレース 下階壁抜け柱  
浮き上がり回転 立体骨組解析

1. はじめに

学校建物の耐震補強を行うとき、外周部の桁行方向に、連層鉄骨ブレースを配置することが多い。梁間方向には、教室間の隔壁となる連層耐震壁が設置されている。ただし、最下層で壁抜けとなっている場合、最下層に壁のないRC柱(下階壁抜け柱)に隣接して連層鉄骨ブレースを配置することが有効であると考えられている。しかし、二方向水平力の組み合わせにより、連層鉄骨ブレースの破壊モードは、様々に変化し、下階壁抜け柱は極めて過酷な応力状態になると考えられる。そこで、本研究では、連層鉄骨ブレースおよび直交耐震壁を有する立体建物の静的漸増載荷解析を行い、そのときの挙動を明らかにすることを目的とする。

2. 解析モデル

部材は剛域を有する線材に置換し、材のねじり剛性は無視した。床は剛と仮定し重量は床位置に集中させた。解析には非線形骨組解析プログラム「CANNY-E」を用い、解析骨組の基本モデルは、図-1に示すような桁行方向(連層ブレース方向)5スパン、梁間方向(直交方向)2スパンの3層鉄筋コンクリート造骨組とした。壁は厚さ150mm、配筋縦横9φ@200のダブルとし、X4通りの2,3層に配置した。この解析建物の部材の寸法および配筋を表-1に示す。材料強度は、コンクリート圧縮強度 $\sigma_B=20\text{ N/mm}^2$ 、鉄筋および鉄骨材の降伏強度 $\sigma_Y=235\text{ N/mm}^2$ とした。なお、基準座標系として、図-1に示すようにX, Y座標を定義した。解析は、X, Y方向それぞれ一方向加力と、二方向加力を行った。外力分布は逆三角形分布とした。加力方向を図-1に示す。

表-1 部材の断面と配筋

階数	基礎	2				3				R					
		断面	300×1100	300×600								H×B 200×200			
梁	方	上端	4-25φ	5-22φ	4-22φ	3-19φ	柱								
		下端	4-25φ	4-22φ	3-22φ	2-19φ	主筋 14-25φ								
直交方向	断面	上端	4-25φ	5-22φ	4-22φ	4-22φ	帯筋 9φ@250								
		下端	4-25φ	2-22φ	2-22φ	2-22φ	H×B 200×200								
		断面	300×1100	300×800								ブレース			
												t1	8		
												t2	12		
												断面積	6353		

(単位mm)

3. 部材モデル

柱、梁および鉄骨ブレースを含むフレームのモデルは、参考文献[1]より定めた。壁は壁谷澤モデルを用い、壁の面内方向は、両側の軸バネを有するトラス材と、中央の曲げ・せん断・軸剛性を有するビーム材にモデル化した。トラス材には側柱の軸剛性を持たせ、ビーム材には側柱を除いた壁パネル部分の曲げ・軸剛性を持たせた。ただし、トラス材のせん断剛性は、側柱のせん断剛性を付加して計算した。各部材のひび割れモーメント、ひび割れせん断力、曲げ耐力およびせん断耐力は、日本建築学会の鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説[2]により求めた。なお、接合部は材端の剛域としてモデル化し、ブレースを含むフレームでは剛域の長さをモルタルが充填された間接接合部までとした。また、地盤バネの履歴特性は、引張りには抵抗しないものとして連層ブレースの浮き上がり回転を考慮した。(詳細は参考文献[1])

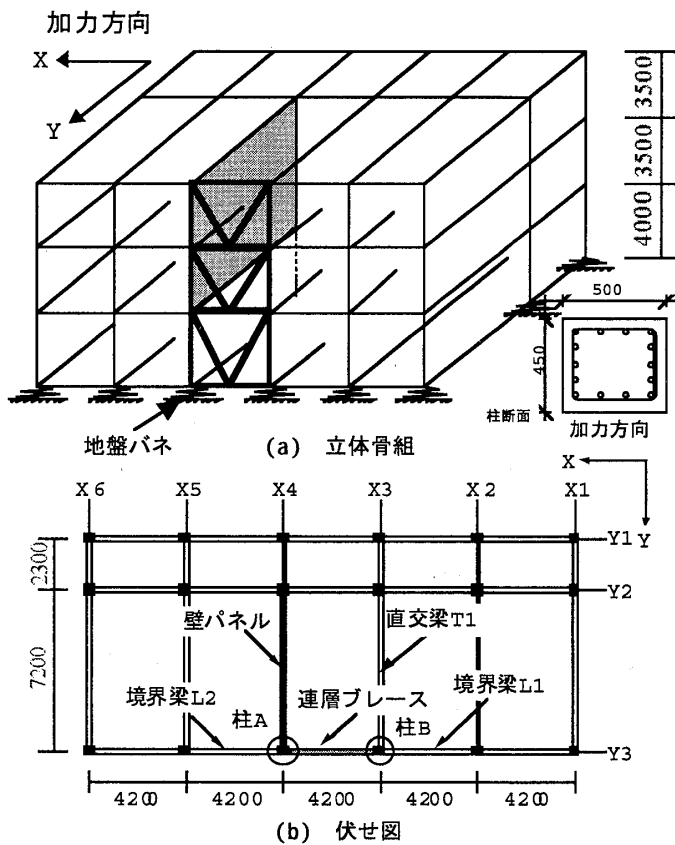


図-1 解析モデル

断耐力は、日本建築学会の鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説[2]により求めた。なお、接合部は材端の剛域としてモデル化し、ブレースを含むフレームでは剛域の長さをモルタルが充填された間接接合部までとした。また、地盤バネの履歴特性は、引張りには抵抗しないものとして連層ブレースの浮き上がり回転を考慮した。(詳細は参考文献[1])

4. 解析結果

4-1 層せん断力-層間変形角関係

X方向への一方向加力時および二方向加力時の層せん断力-層間変形角関係を図-2に示す。二方向加力時の変位および層せん断力は、X, Y方向のベクトル和とする。○はブレース基礎の浮き上がり点を示す。X方向への一方向加力時は、境界梁L1が降伏した直後に柱Bの基礎が浮き上がり、耐力が頭打ちとなった。浮き上がりの発生後、直交梁T1が降伏した。境界梁L2は降伏しなかったが、その耐力は曲げ降伏強度の83%に達した。基礎の浮き上がりが発生したのは柱Bの基礎だけで、基礎浮き上がり時の降伏状況は、梁降伏型であった。頂部変形角が1/55に達した時の基礎の浮き上がりは

2.1cm, 柱 A の沈下量は 2.3cm であった. Y 方向への一方向加力時は, 全ての基礎で浮き上がりは生じなかった. 崩壊形は 1 層の柱頭・柱脚の降伏による層崩壊となった. そのため, 1 層の変位が卓越し, 2, 3 層の変位は小さくなった. 2 層の耐震壁にはせん断ひび割れが発生し, 頂部変形角が 1/110 に達したときの柱 A の沈下量は 1.0cm であった.

二方向加力時は, 連層鉄骨ブレースで補強された柱 A および柱 B が 1 層において Y 方向に降伏することにより, 1 層の変位が卓越した. 境界梁 L2, 境界梁 L1 が降伏し, 基礎の浮き上がりが発生した. その後, 直交梁 T1 は降伏した. 二方向加力時も基礎の浮き上がりが発生したのは柱 B だけであった. 頂部変形角が, X, Y 方向共に 1/55 に達した時の基礎の浮き上がりは 5.39cm, 柱 A の沈下量は 1.24cm であった. また, 1 層の鉄骨ブレースの斜材は基礎の浮き上がり後に引張りおよび圧縮降伏した.

4-2 圧縮側になる柱 A に作用する軸力

圧縮側になる柱 A に作用する軸力変動の様子を図-3 に示す. ○はブレース基礎の浮き上がり, ◇は軸力の最大値を示す. 正の値は圧縮軸力, 負の値は引張り軸力である. X 方向への一方向加力時は, 下階壁抜け柱である 1 層の圧縮軸力の増加が大きく, 3 層の圧縮軸力は徐々に低下し, 最終的には引張り軸力となった. 1 層の柱の軸力比は 0.33 となった. Y 方向に一方向加力したときの柱 A の軸力変動は, 1, 2 層とも緩やかに上昇し, 3 層の圧縮軸力は徐々に低下した. 1 層の柱の軸力比は 0.24 となった.

二方向加力時には, 下階壁抜け柱である柱 A の 1 層の圧縮軸力は変形と共に増大し, 最大値は X 方向加力時より 30% 増加し, 軸力比は 0.43 となった. また, 直交梁 T1 が両端降伏した後, 軸力はほぼ一定となった.

4-3 圧縮側になる鉄骨縦柱に作用する軸力

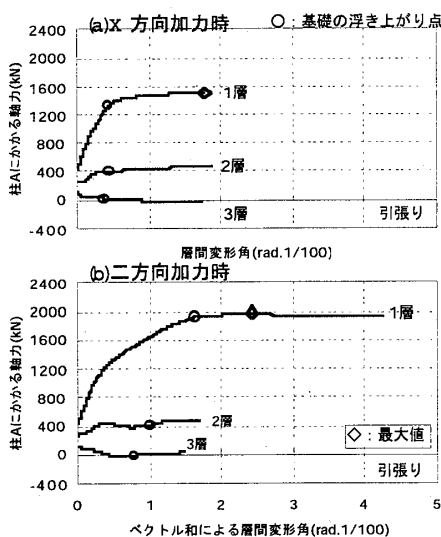


図-3 柱 A に作用する軸力

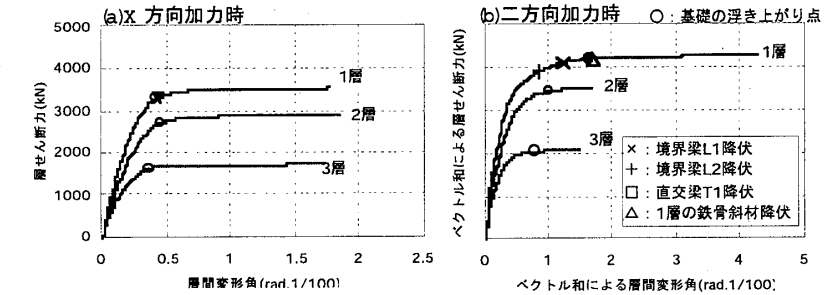


図-2 層せん断力-層間変形角関係

柱 A 脇の鉄骨縦柱に作用する軸力変動の様子を図-4 に示す. □は直交梁 T1 の両端が降伏したことを示す. X 方向への一方向加力時は, 鉄骨縦柱は圧縮軸力を負担せず, 引張り軸力となった.

二方向加力時には, 基礎の浮き上がりにより, 負担する圧縮軸力は頭打ちとなるが, 直交梁 T1 の両端が降伏した後, 再び増加した. 柱 A が負担する圧縮軸力はほぼ一定なので圧縮軸力増分は鉄骨縦柱が負担した. 柱 A および柱 A 脇の鉄骨縦柱が負担する軸力の合計は最大で 2482kN となり, 下階壁抜け柱に働く初期軸力と, 引張り側柱の降伏強度により求められる圧縮軸力略算値 (図-5 参照) 2609.2kN の 95% に達した.

5. まとめ

二方向加力することにより, 基礎の浮き上がり後 1 層に変形が集中した. 下階壁抜け柱に作用する圧縮軸力は増大して圧縮軸力比は 0.43 に達した. 今回の解析では, 下階壁抜け柱の圧縮軸力は Y 方向加力時の圧縮軸力略算値によって安全側に評価できた

参考文献

- [1]加藤弘行, 北山和宏, 李康寧: 連層鉄骨ブレースの浮き上がりを生じる鉄筋コンクリート立体建物の一方向静的漸増載荷解析, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp821-822, 2001.
- [2]日本建築学会: 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 1991.

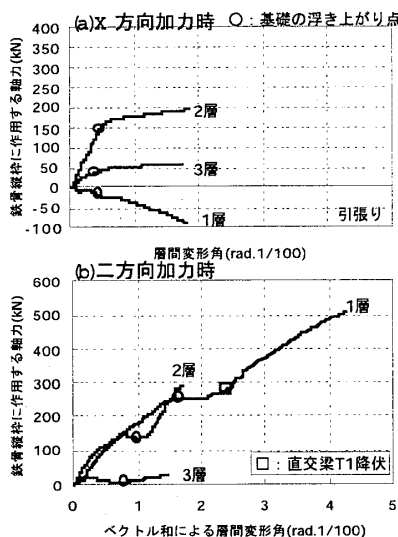


図-4 柱 A 脇の鉄骨縦柱に作用する軸力

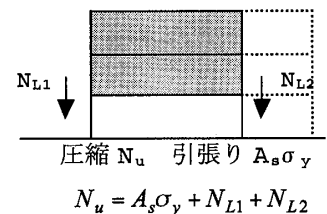


図-5 下階壁抜け柱に作用する圧縮軸力の略算値

\*1 東京都立大学大学院工学研究科  
 \*2 東京都立大学大学院工学研究科助教授 工博  
 \*3 CANNY コンサルタント 工博

\*1Graduate School of Engineering, Tokyo Metropolitan University  
 \*2Research Associate, Tokyo Metropolitan University, Dr.Eng.  
 \*3CANNY Consultants, Dr.Eng.