

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载荷解析

鉄筋コンクリート, 連層鉄骨ブレース, 浮き上がり, 直交梁

正会員 ○加藤弘行*1
同 北山和宏*2
同 李 康寧*3

1. はじめに

RC造建物の保有耐力が低い、または、靱性が乏しく耐震性能が劣るとき、鉄骨系のブレース（筋違い）やパネル（鉄板）を用いて補強するとその建物の耐震性能が著しく改善される。鉄骨系補強架構の抵抗形式のうち、基礎回転による変形で外力のエネルギーを吸収する靱性抵抗型がある。文献[1]（以降改修指針）ではこの破壊形式に高い変形性能があるとしているが、回転耐力の値は基礎や地盤の影響を強く受けるので、算定精度は高くない。また鉄骨ブレースの側柱に大きな軸力がかかることが予想される。連層ブレースとつながる直交梁には基礎の浮き上がりによって鉛直方向の変位差が生じ、連層ブレースに対する拘束作用が生ずる。又、連層ブレースが大きなせん断力を負担するため、基礎の浮き上がりが生ずると、骨組全体の挙動に大きな影響を与える。

そこで本研究では、連層ブレースを含む立体骨組における直交梁の拘束効果及び基礎の浮き上がりが建物の耐震性能に与える影響を明らかにすることを目的とした。

2. 解析モデルと解析方法

解析には、非線型骨組解析プログラム「CANNY-E」を用いた。解析骨組の基本モデルは、図1に示されるようなX方向（連層ブレース方向）5スパン、Y方向（直交梁方向）2スパンの3層鉄筋コンクリート造骨組とした。これをモデル1とする。また、連層ブレースとつながる直交梁の有無の影響を調べるため直交梁を除いた同じ骨組をモデル2として解析した。この解析建物の部材の寸法及び配筋を表1に示す。各層単位面積当りの重量は両モデルとも1.0t/m²である。材料強度はコンクリート20.6N/mm²、鉄筋235N/mm²、鉄骨材235N/mm²とした。本解析では、主として直交梁の拘束効果と連層ブレースの浮き上がりを検討の対象としたため、入力にはX方向のみの一方向静的漸増载荷とした。外力分布は逆三角形分布とし、RFの絶対水平変位20cm(変形角1/55)まで解析した。

表1 部材の断面と配筋

階数	基礎	2				3				R					
		断面		配筋		断面		配筋		断面		配筋			
梁	方向	上端	4-25φ	5-22φ	4-22φ	3-19φ	柱								
		下端	4-25φ	4-22φ	3-22φ	2-19φ	断面 450×500								
		断面	300×1100	300×600				主筋 14-25φ							
直交梁	方向	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				t1 8							
												t2 12		断面積 6353	

(単位 mm)

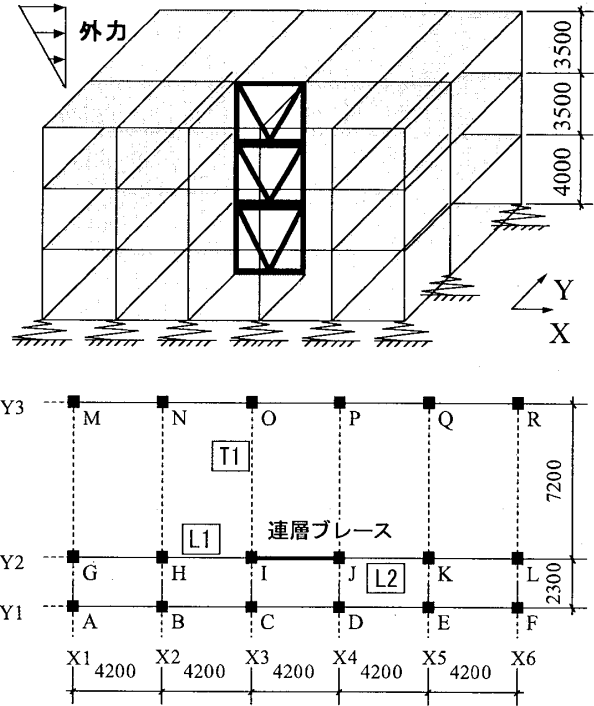


図1 解析モデル

3. 部材モデル

柱の部材モデルには、変動軸力の影響を表すため、材端に弾塑性軸方向バネを配置したマルチスプリングモデルを用い、梁には軸方向の変形を無視した材端弾塑性曲げバネモデルを用いた。部材の中央には弾塑性せん断特性を表すせん断バネを付けた。鉄骨ブレースを含むフレームのモデルはRC耐震壁モデルとは違い、柱、梁は通常のパネモデルで構成し、鉄骨斜材、縦材及び水平材は、全て軸バネのみのトラス部材にした。(詳細は文献[2])部材のひび割れモーメント、ひび割れせん断力、曲げ耐力及びせん断耐力は、日本建築学会の鉄筋コンクリート構造計算規準[3]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。

本解析では、独立フーチング基礎を想定して、底面積は全て1.4m×1.4mとし、地盤

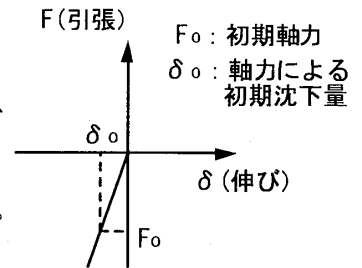


図2 地盤バネの履歴特性

係数には、関東ローム層の 39200KN/m^3 を適用した。その結果、基礎バネの剛性は 76832KN/m となった。地盤バネの復元力特性を図2に示す。

4. 解析結果

4-1 層間変形角と層せん断力の関係

図3に層せん断力-層間変形角の関係を示す。黒線はモデル1、点線はモデル2の結果である。黒丸はブレース基礎の浮き上がり点を示す。基礎の浮き上がり発生時の定義は地盤バネにかかる圧縮軸力が0に到達した時点とした。両モデルとも、境界梁L1が降伏した直後に基礎の浮き上がりが発生し、耐力が頭打ちとなった。モデル1では1層の層間変形角が $1/389$ で境界梁L1が降伏したのに対し、モデル2では1層の層間変形角が $1/465$ で境界梁L1が降伏した。連層ブレースにつながる直交梁の拘束によりモデル1の方が、直交梁を無視したモデル2よりも骨組全体としての耐力が上昇し、モデル1の最大1層せん断力はモデル2の1.2倍に達した。基礎浮き上がり時の降伏状況は、両モデルともほぼ梁降伏型であった。

4-2 連層ブレースを含む1スパンが負担するせん断力

改修指針が定める基礎浮き上がり時の回転耐力の略算式を用い計算された耐力は 1122KN である。モデル1における連層

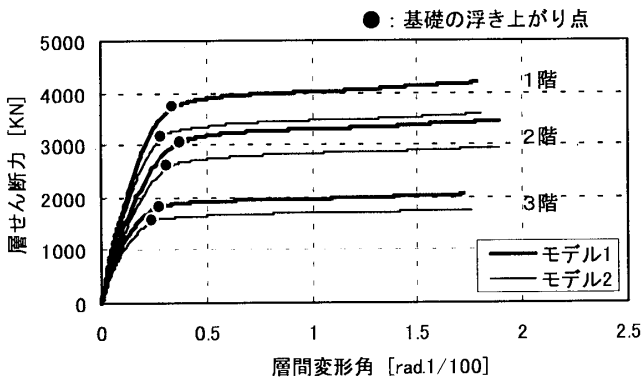


図3 層間変形角と層せん断力の関係

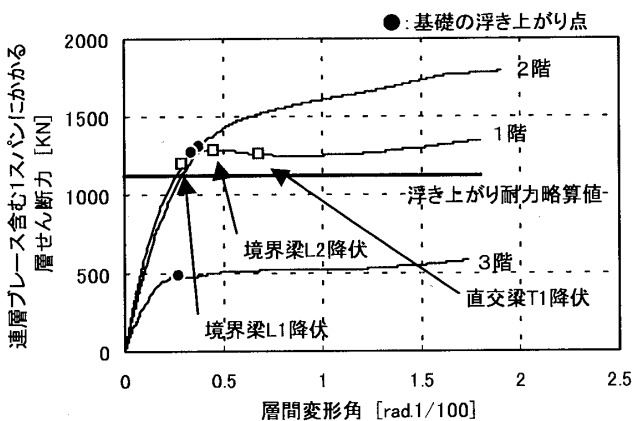


図4 連層ブレースを含む1スパンにかかる層せん断力

ブレースを含む1スパンの層せん断力-層間変形角の関係を図4に示す。黒丸はブレースの基礎の浮き上がり点を示す。基礎の浮き上がり耐力は 1262KN で略算値の1.12倍であった。浮き上がり後に境界梁L2が降伏し、続いて直交梁T1が降伏した。直交梁T1は基礎の浮き上がり時には降伏耐力の70%に達しており、1層の層間変形角が $1/170$ の時に基礎からRFまで降伏した。(図5参照)

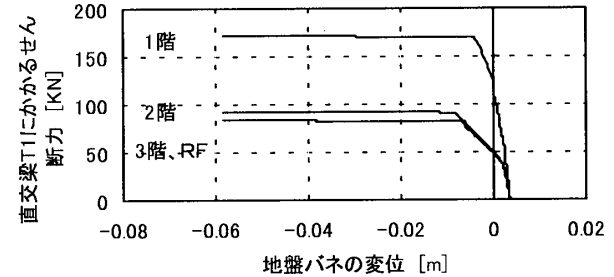


図5 直交梁T1にかかるせん断力と地盤バネの関係

4-3 柱にかかる軸力

連層ブレース側柱Iの引張軸力変動の様子を図6に示す。黒線はモデル1、グレイの線はモデル2の結果である。黒丸はブレース基礎の浮き上がり点を示す。RC柱の軸力変動は1層で最も大きく、モデル1の軸力は基礎の浮き上がりが生じるまでに全種筋降伏強度の37%に達したのに対し、モデル2では23%であった。

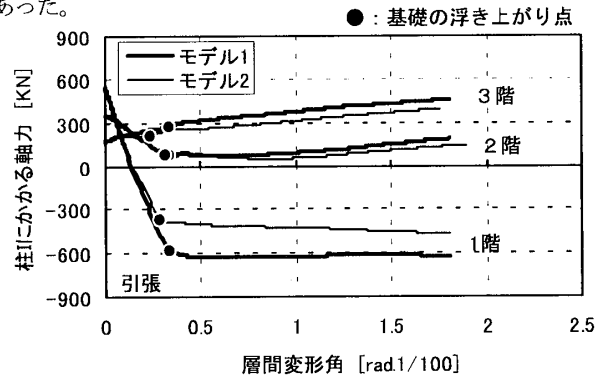


図6 柱Iにかかる軸力変動

5. まとめ

直交梁の拘束効果により、連層ブレースの負担せん断力は増加し、モデル1の最大1層せん断力はモデル2の1.2倍に達した。基礎の浮き上がりは、直交梁の有りに関らず、境界梁L1の降伏直後に起きた。この時直交梁T1は降伏強度の70%に達していた。連層ブレース側柱の1層部分には大きな引張軸力を呈したが3層部分では直交梁の抑え込みなどにより逆に圧縮力がかかった。

参考文献

- [1](財)日本建築防災協会編：既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計指針・同解説、1990
- [2]福島、北山、李：鉄骨ブレースで補強された鉄筋コンクリート骨組の全体曲げ破壊に関する解析研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造IV、pp.373-374、2000
- [3] 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説、1991

*1 東京都立大学大学院

*2 東京都立大学大学院工学研究科助教授・工博

*3 防災科学技術研究所地震防災フロンティア研究センター・工博

*1 Graduate Student, Tokyo Metropolitan University

*2 Associate Professor, Graduate School of Engineering, Tokyo Metropolitan University, Dr. Eng.

*3 EDM.NIED, Dr. Eng.