

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建物の地震応答解析

正会員 ○加藤 弘行*
同 北山 和宏**
同 李 康寧***

連層鉄骨ブレース 浮き上がり 立体骨組
地震応答解析 直交梁

1. はじめに

鉄筋コンクリート造の建物を連層鉄骨ブレースで補強した場合に基礎の浮き上がり回転が生じることがある。この時、鉄骨ブレースを含むフレームに取り付く直交梁及び境界梁には基礎の浮き上がりに対する拘束作用が生じる。本研究では、連層鉄骨ブレースを含む立体多層構造物に対して地震応答解析を行うことによって、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

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、張間方向(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。この解析建物の部材の寸法及び配筋を表1に示す。各節点に作用する初期軸力は柱の支配面積により計算した。材料強度はコンクリート圧縮強度 $\sigma_c = 20.6 \text{ N/mm}^2$ 、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。

3. 部材モデル

柱の部材モデルには、2方向加力および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置換した。既存RC柱と鉄骨縦材に作用する軸力を別々に評価するため両者の付着作用を無視した。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基準[1]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。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 $1.4 \text{ m} \times 1.4 \text{ m}$ とし地盤係数には関東ローム層の 39200 KN/m^3 を適用した。なお、各地盤バネの剛性は、連層鉄骨ブレースの側柱と沈下量がほぼ一致するように支配床面積に比例して設定した。地盤バネの履歴特性は図2に示すように引張りには抵抗しないものとした。

表1 部材の断面と配筋

階数	基礎	2				3				R				断面	450×500
		梁		柱		梁		柱		梁		柱			
ブレース方向	上	4-25φ		5-22φ		4-22φ		3-19φ		柱		主筋	14-25φ		
	下	4-25φ		4-22φ		3-22φ		2-19φ		柱		帯筋	9φ@250		
	断面	300×1100		300×600		300×600		300×600		柱		H×B	200×200		
直交方向	上	4-25φ		5-22φ		4-22φ		4-22φ		ブレース		t1	8		
	下	4-25φ		2-22φ		2-22φ		2-22φ		ブレース		t2	12		
	断面	300×1100		300×800		300×800		300×800		ブレース		断面積	6353		

(単位 mm)

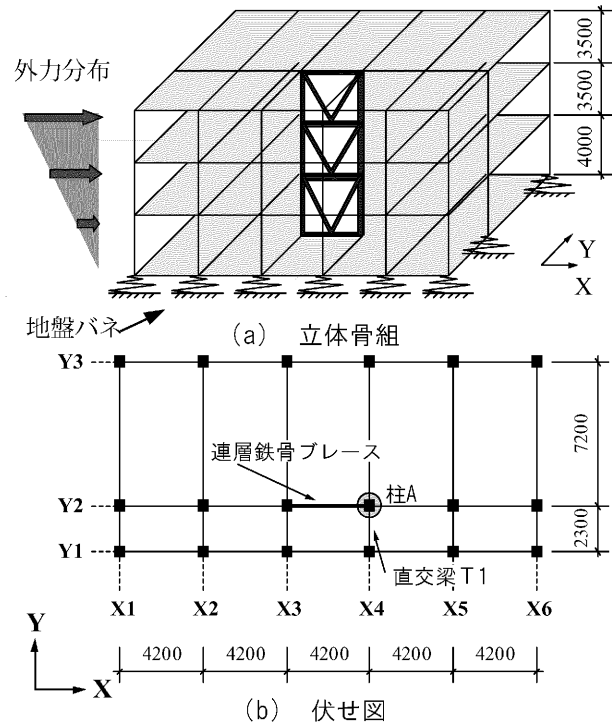


図1 解析モデル

4. 地震応答解析

4.1 载荷方法

入力地震動には兵庫県南部地震の神戸海洋気象台で観測された地震動(略称 Kobe)を用いた。解析ケースを表2に示す。数値計算にはNewmark-β法(β=0.25)を用い、0.01秒刻みで計算した。減衰は瞬間剛性比例型で、初期弾性時の1次モードの減衰定数を5%とした。

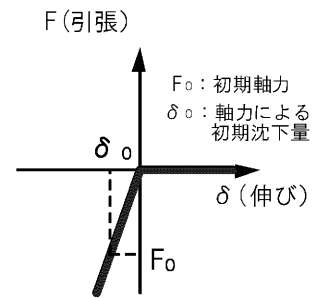


図2 地盤バネの履歴特性

表2 解析ケース

1方向加力	X方向にKobeEWを入力
水平2方向加力	X方向にKobeEW、Y方向にKobeNSを入力

4. 2 解析結果

(1) X方向の頂部変形 図3に1方向(X方向) および2方向地震応答解析のX方向の頂部変形の様子を示す。黒線は2方向、グレイの線は1方向地震応答解析の結果である。黒丸は連層鉄骨ブレースの側柱Aの基礎の浮き上がり点を示す。基礎の浮き上がり発生は地盤バネに作用する圧縮軸力が0に到達する時点とした。2方向加力では基礎の浮き上がり以後急激に変形が進み1方向加力の1.75倍(14cm)に達した。また、負側に残留変形が残った。

(2) 1層の層せん断力-層間変形角の関係 図4にX方向の1層部分の層せん断力-層間変形角の関係を示す。2方向加力では、Y方向にも地震動が作用するため柱Aの基礎が浮き上がる直前に直交梁T1の基礎梁が降伏し、剛性が47%低下した。また連層ブレースの基礎が浮き上がることによってさらに剛性が低下し1層の層間変形角が1/50に達した。1方向加力では、直交梁に作用するせん断力は全て基礎の浮き上がりの拘束に寄与するので、基礎の浮き上がりに対して安定した抑え込み効果が作用し、1層の層間変形角は1/100を超えることは無かった。

(3) 直交梁T1の基礎梁に作用するせん断力 図5に直交梁T1の基礎梁に作用するせん断力の時刻歴を示す。2方向加力では基礎の浮き上がりが発生する直前に直交梁T1の基礎梁が降伏値に達しているのが分かる。直交梁が降伏した場合基礎の浮き上がりに対する拘束作用が減少するため、基礎の浮き上がり高さは1方向加力の1.8倍(8mm)に達した。

(4) 連層ブレース脇の柱Aに作用する軸力 図6にRC柱Aの1層部分での軸力変動の様子を示す。1方向加力では最大引張り軸力が軸引張り耐力の37%(606kN)に達し最大圧縮軸力は軸力比0.25(1549kN)であった。2方向加力では1方向加力に比べて引張り軸力は小さく、最大で軸引張り耐力の18%(300kN)であったのに対し、圧縮軸力は最大で軸力比0.35(2130kN)と1方向加力時の1.4倍に達した。これは2方向加力では直交梁T1の基礎梁と2、3階の梁に作用するせん断力の向きが異なるためである。

5. まとめ

2方向地震応答解析では、直交梁T1が降伏するため基礎の浮き上がりに対する拘束作用が減少し、1層の層間変形角が1方向加力の2.4倍に達した。また2方向加力時の場合、直交梁T1に作用するせん断力の向きが基礎梁と2、3階の梁で異なるため、連層鉄骨ブレースの側柱Aに作用する軸力は1方向加力に比べて圧縮側に片寄り、最大で軸力比0.35の圧縮軸力が作用した。

参考文献

1) 日本建築学会:鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説1991

* 東京都立大学大学院

** 東京都立大学大学院工学研究科助教授・工博

***CANNY コンサルタント・工博

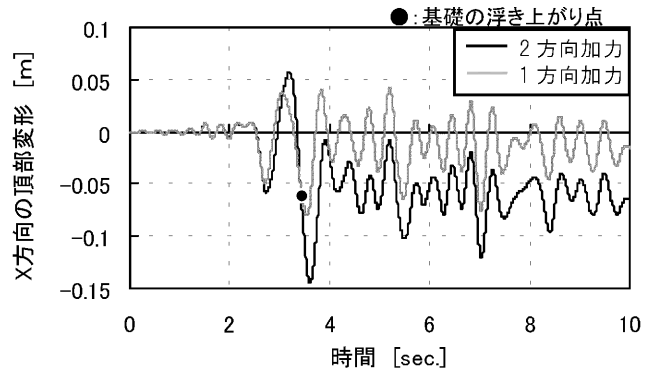


図3 X方向の頂部変形の時刻歴

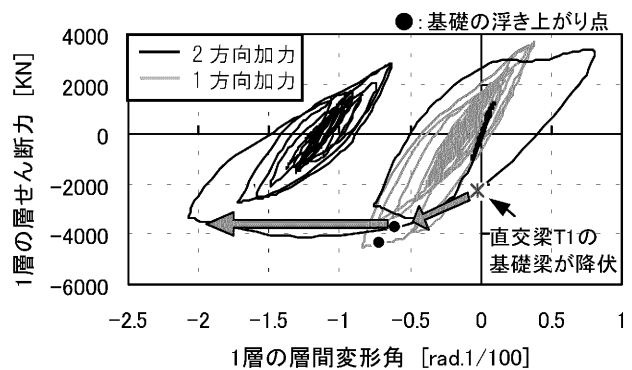


図4 1層の層せん断力と層間変形角の関係

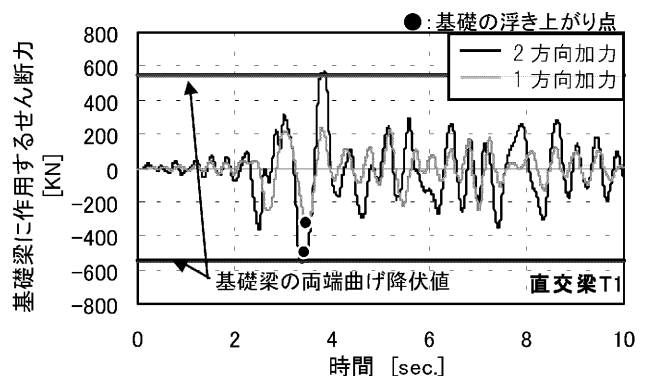


図5 直交梁T1に作用するせん断力の時刻歴

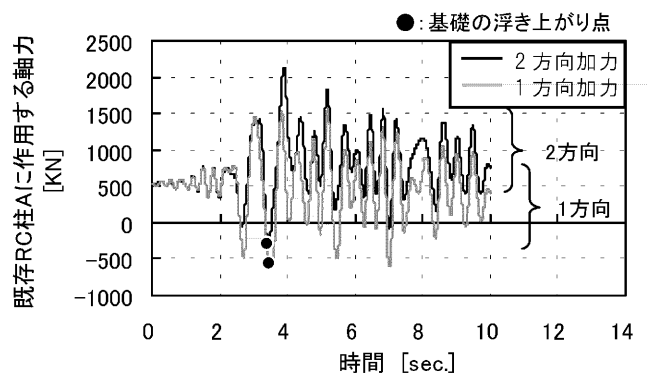


図6 柱Aの1層部分に作用する軸力

* Graduate Student, Tokyo Metropolitan University

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

***CANNY Consultants, Dr. Eng.