

(I -52) 斜角を有する鋼立体ラーメンの耐震性評価に関する基礎的研究

(株) 復建エンジニアリング ○正会員 西村 隆義
 (株) 復建エンジニアリング 正会員 窪 政樹

(株) 復建エンジニアリング 正会員 井口 光雄
 京浜急行電鉄株式会社 小林 壮至

1. はじめに

鋼ラーメン構造物に斜角がある場合、卓越振動モードにねじれ振動のような3次元的な挙動が存在することがある。ここでは、そのような構造物を対象として、モデル化、解析方法等が異なる場合の影響を見るため、構造物を2次元と3次元にモデル化し、線路方向の静的非線形解析と時刻歴応答解析を行い、違いを比較検討した。

2. 解析対象構造物

解析対象の3次元モデルを図1に示す。構造物は鉄道高架橋として使用されることを想定している。線路方向・直角方向共に2層2径間を有するラーメンであり、それぞれの通りをL1~3, C1~3とする。地中梁及び杭以外は鋼構造であり、上層、中層梁、及びL1, L3の柱は矩形断面、L2の柱は円形断面で構成されている。耐震標準から判定した対象地域の地盤種別はG4地盤¹⁾である。特徴として、C1からC3に向けて幅が広がる台形構造となっている。解析モデルは、骨組みモデルで地盤バネを考慮し、鉛直部体れにのみ非線形性²⁾及び軸力変動を考慮したモデルになっている。図1の3次元モデルから四角で囲った部分(L3通り)を取り出して2次元モデルとした。時刻歴応答解析の入力地震波形には、G4地盤用スペクトルⅡの地震波(図4を参照)を使用した。

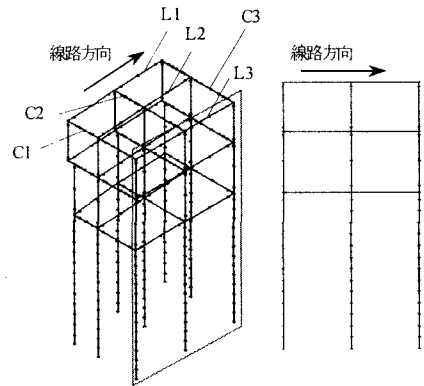


図1 解析モデル (左: 3次元モデル 右: 2次元モデル)

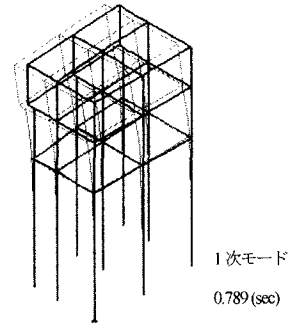


図2 固有値解析結果

3. 斜角を有する構造物の振動性状

図2に3次元モデルの固有値解析結果を示す。2次元モデルの固有周期は0.706(sec)であった。図2の固有値解析結果からも分かるように、斜角の影響で構造上偏りがあり、線路方向及び直角方向共に同程度動くような3次元的な挙動を示す。そこで、3次元解析モデルに対して線路方向の時刻歴応答解析を行い、直角方向への影響を見た結果を図3に示した。この結果によると、載荷方向である線路方向で最大約32cmの変位が発生しているのに対し、直角方向には最大でも約1.5cmとほとんど変位は発生していない。断面力に関しても、ほぼ同様の結果であった。従って、この解析モデルは、斜角を有しているものの、その影響はほとんどないものとみなせると考え、2次元モデルについても時刻歴応答解析及び静的非線形解析を行い、動的特性及び耐震性能についても比較した。

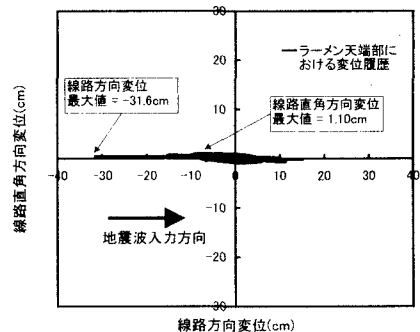


図3 3次元時刻歴応答解析での直角方向側への影響

4. 解析モデルの違いによる耐震性能の比較

図5及び6は、3次元モデル及び2次元モデルに対して、時刻歴応答解析を行った結果で、図5はラーメン天端部での変位を、図6は図7の説明図に示す、C柱(C3, L3)下端部の損傷レベルを示している。図6の損傷レベルの制限値に変動があるのは軸力が変動

キーワード：耐震設計、静的非線形解析、非線形時刻歴応答解析、入力地震動、鋼構造

連絡先：東京都中央区銀座1-1-2 株復建エンジニアリング第2技術部 Tel. 03-3563-3116 Fax. 03-3563-3127

するためである。

図5の結果では、3次元モデル及び2次元モデル共に最大変位は同程度であるが、残留変位については3次元モデルで約2.5cmであったのに対して、2次元モデルでは約6.3cmと2.5倍以上の差が生じている。図6の結果では、3次元モデルが損傷レベル2に収まっているのに対し、2次元モデルでは、損傷レベル3に達しており、大きく異なる結果となった。また、残留する応答回転角も残留変位同様、2次元モデルの方が大きい。図4に示した入力地震波形から、最大加速度が入力される11秒付近で大きな損傷を受けたと考えられるが、3次元モデルでは、2次元モデルで考慮していない部材でもエネルギーを吸収することができるため、同じ柱でも2次元モデルの方が、受け持つエネルギー量が大きくなったものと考えられる。

図7は、静的非線形解析の結果による荷重変位曲線を比較している。まず、初期剛性の初動部分では3次元モデル及び2次元モデル共に同程度であるが、3次元モデルは2次元モデルよりも抗等のコンクリート部材の非線形性による剛性低下が大きく、最初に柱が降伏する点を降伏点とすると、降伏震度は2次元モデルのほうが3次元モデルより約15%大きい結果となった。降伏変位はほぼ同程度であり、等価固有周期も2次元モデルのほうが小さくなっている。これは、時刻歴応答解析結果にもあったように、3次元モデルは部材の絶対数が多くエネルギーの分担量が異なること、また構造物の荷重を受ける上で中心となるL2通りの効果を、L3通りをモデル化した2次元モデルには考慮しないために、構造物全体系での剛性、等価固有周期に違いが表れたものと考えられる。しかし、降伏点以降でも震度のモデル間での比率は、最大点付近まで15%程度で推移している。それぞれの柱の破壊過程は同じであり、変位も同程度で生じていることから、構造物の全体の損傷過程には、モデル化の違いによる影響は、それほど見られなかったと考えられる。

5. おわりに

斜角を有する構造物に対して時刻歴応答解析及び静的非線形解析を行い、次の結果を得た。

- (1) 固有値解析結果において3次元的な挙動が確認されたが、この程度の斜角に対してはほぼ無視できる結果であった。
- (2) 2次元モデルで解析する場合は、構造上の特性を考慮できない場合があると考えられるので今後検討したい。

参考文献 1) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計編：1999.10

2) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼・合成構造物編：2000.7

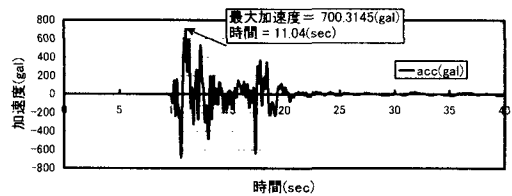


図4 G4地震用スペクトルⅡの地震波

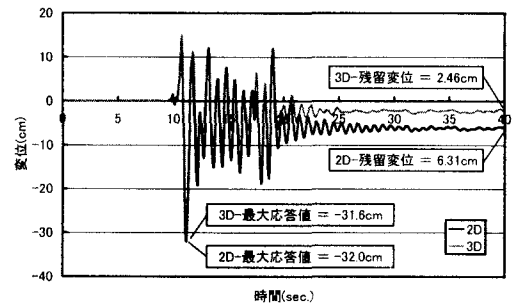


図5 2次元・3次元モデルの時刻歴応答解析結果(A柱天端部変位)

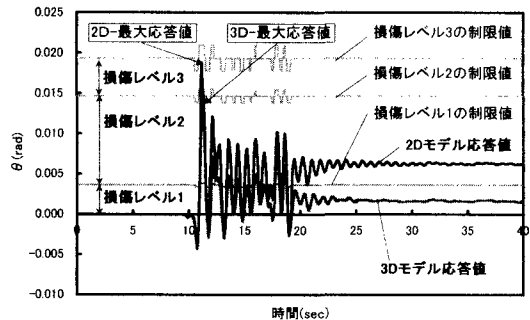


図6 2次元・3次元モデルの時刻歴応答解析結果(A柱下端部回転角)

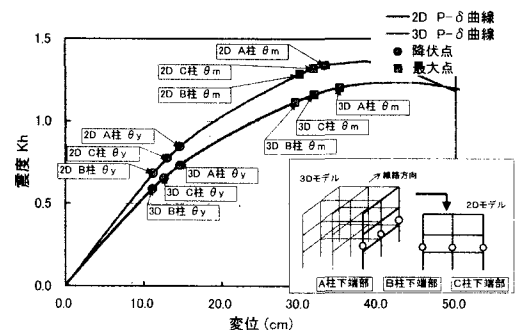


図7 2次元及び3次元モデルの静的非線形解析