

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（その2）

(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 井口 光雄
 (株)復建エンジニアリング 薄井 正幸 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、線路方向に着目して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（図中X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。構造物の概略は、地中梁及び杭以外は鋼構造で、また上層、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おり、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、C3に約23°の傾斜がついている台形構造となっている。また、2次元モデルとして、図1の右側に太線で示した断面（L1及びL3通り）を取り出して2つの解析モデルとした。解析モデルは、骨組みモデルで地盤バネを考慮し、鉛直部材にのみ軸力変動と非線形性²⁾を考慮したモデルになっている。時刻歴応答解析の入力地震波形には、鉄道構造物のG4地盤用スペクトル地震波を使用した。

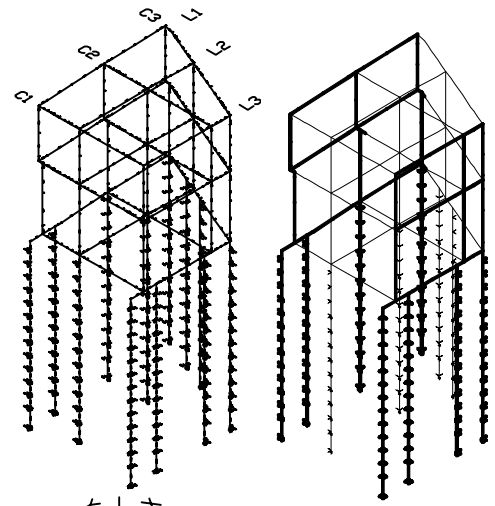


図1 3次元解析モデルと2次元解析着目断面(右)

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。固有周期は0.972(sec)であった。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るため、図手前のC1通りを中心に、斜角のあるC3通りが回転するような3次元な挙動を示す1次振動モードが卓越している。そこで直角方向への影響をみるため、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、図3に示した4点に着目した結果を図4に示す。この結果によると、固有値解析結果と同様に、C3通り側のC点で、載荷方向の線路方向に最大約29cmの変位が発生しているところ、直角方向でも12cmと大きな変位が発生しており、C3通りのD点でも多少小さいものの同様の結果が得られている。また固有値解析結果では軸のような挙動を示しているB点においても、最大で約5cmの変位が発生しているなど、C1通りでも直角方向に変位が発生しているが、これはC3通りの変位による影響が大きいものと考えられる。この結果から、全体の傾向としては固有値解析結果同様、C3通りに構造上の偏りの影響で直角方向に大きく振られるような挙動を示した。C1通りに変位が発生C点で特にその影響が顕著であるのは、斜角の形状がC点方向に向かうように傾斜をしているため、直角方向への力を受けやすい形状になっているものと考えられる。

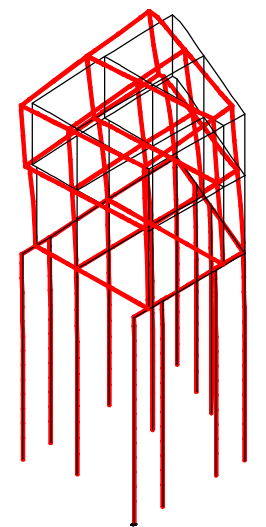


図2 固有値解析結果
(1次モード)

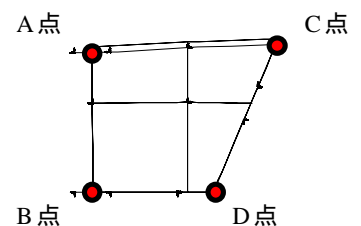


図3 平面変位着目点

4. 解析モデルの違いによる耐震性能の比較

次に、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、3次元モデルとの動的特性及び耐震性能のキーワード：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1-2-1 (株)復建エンジニアリング第2技術部 Tel.03-3563-3116 Fax.03-3563-3127

違いについて比較した。図5は、3次元モデル及び2つの2次元モデルに対して、静的非線形解析を行い、それぞれの荷重～変位曲線を示している。この結果では、3次元モデル及び2次元モデル(L3)はほぼ、同様の荷重～変位曲線であるのに対して、2次元モデル(L1)で、より剛度が高くなるという結果が得られた。2つの2次元モデルで異なる結果を得たのは、L3はC2、C3の柱が接近しているために、剛度が高くなり、C1の柱により大きな負担がかかるために、より塑性化しやすい構造であるためと考えられる。3次元モデルでは、2つの2次元モデルを含めた構造であるので、剛度の低いL3ラーメンに近い結果を示したと考えられる。

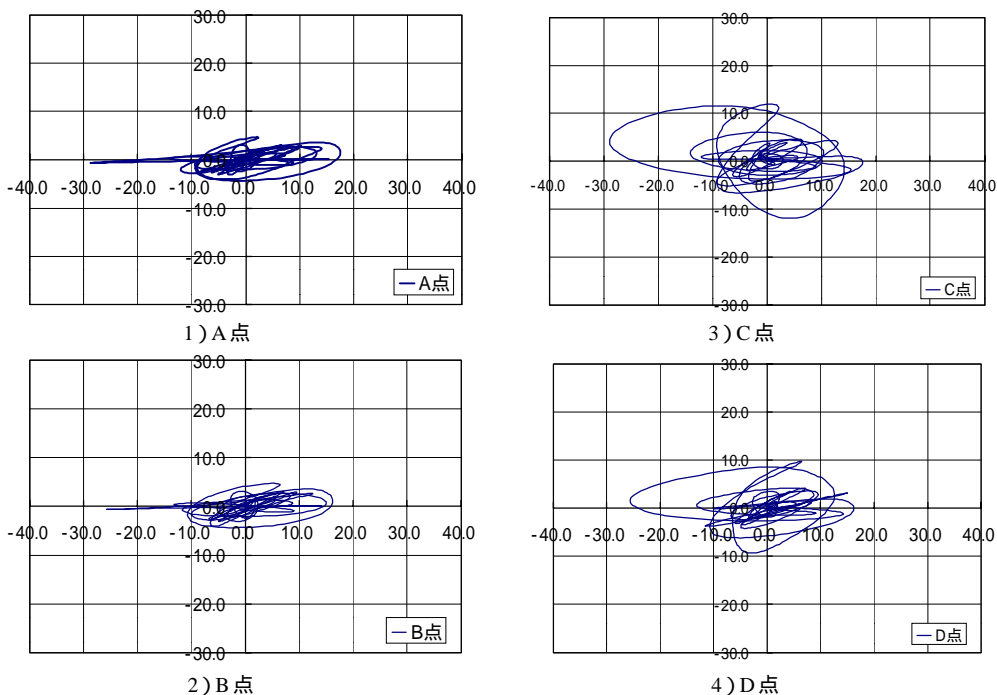


図4 各点での平面変位（横軸X方向：縦軸Y方向：単位cm）

次に、各モデルに対して、線路方向に時刻歴応答解析を行った結果を示す。ここで、図6は、それぞれの柱の応答回転角について、3次元モデルと2次元モデル間の差を比較した結果であり、中央の太線より上であれば、3次元モデルの方が大きな応答値であることを示している。この結果から、C2通り上にある柱で多少の違いがあるものの、全体的な傾向としてはL1通りで3次元モデルの方が2次元モデルよりも大きい応答を示し、特に図3のD点がある列の柱(L1,C3)では、応答値に最大で約40%程度の差が生じている。逆にL3通りでは2次元モデルの方が3次元モデルよりも大きい応答を示す結果となった。これは、変位の結果からも言えるように、3次元モデルでは、斜角のついたC3通りを介してL1通りの方に力が流れるためにL1通りの各柱に、より大きな力がかかるため、斜角の影響を考慮していない2次元モデルよりも大きい応答値を示した。同様にL3通りではC3通りを介して力が逃げるため、2次元モデルの方が大きな応答値を示したと考えられる。

5. おわりに

斜角が6°程度の解析³⁾では、直角方向の影響は無視できる程度であったが、斜角が20°を超える今回のモデルでは、直角方向への影響は大きく斜角の影響を無視できないと考えられる。したがって、この程度の斜角を有する構造物の場合は、3次元にモデル化して斜角の影響を考慮して解析すべきであると考えられる。

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 3) 西村他：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，第29回土木学会関東支部技術研究発表会概要集，pp.100-101，：2002.3

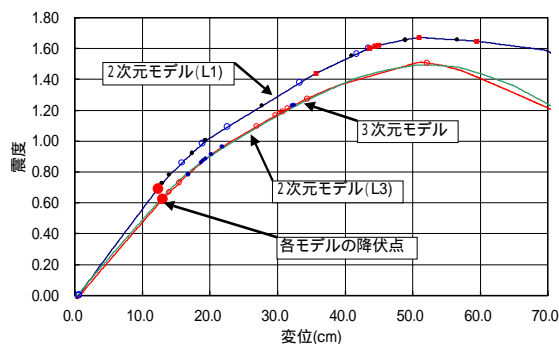


図5 静的非線形解析結果

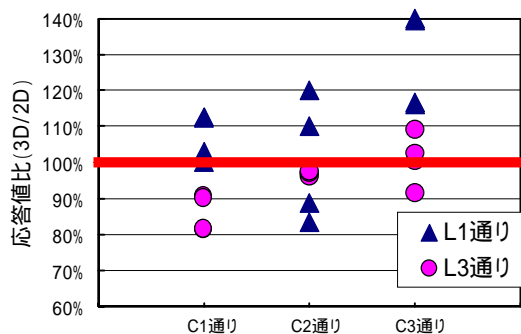


図6 時刻歴応答解析における各柱の応答値比 (3Dモデルと2Dモデルの比較)