

最大応答値を求めるための地震力作用方向の算定（その2）

（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 西村 隆義

（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

一般的に構造物の耐震設計を行う場合、橋軸方向とこれに直交する橋軸直角方向に地震波を入力して耐震計算を行うことが多い。しかし、構造物が斜角を有している場合には卓越震動モードにねじれモードのような3次元的な挙動が存在し、最大応答変位方向と地震力作用方向が一致しないことがある。ここでは、異なる斜角を有する構造物を対象として、地震波の入力方向を変えて時刻歴応答解析を行い、その影響について比較、検討を行った。

2. 解析対象構造物

解析対象モデルを図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を3本の桁を介して連結した構造物であり、起点側の高架橋をR1、終点側の高架橋をR2とする。地中梁及び杭以外の柱、梁は鋼構造である。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。構造的な特徴として、R1起点側からR2終点側に向かって幅員が狭くなっており、図2の平面図に示すようにそれぞれの高架橋は、幅員変化によりR1が3度、R2が8度と異なる斜角を有している。解析モデルは、骨組みモデルで地盤バネ²⁾を考慮し、鉛直部材にのみ非線形性³⁾及び軸力変動を考慮したモデルとした。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⁴⁾の地震波を使用した。

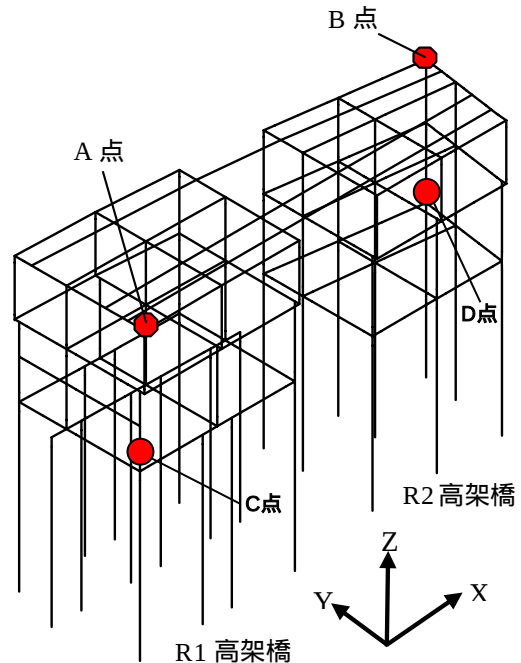


図1 解析対象モデル

3. 地震波入力方向による断面力の挙動

図2に示す平面図のようにX-Y平面上で地震力作用方向を10度ずつ変えて時刻歴応答解析を行った。そのときのR1高架橋起点側天端に設けた点をA点、R2高架橋終点側天端に設けた点をB点とし、その応答変位については、地震力作用方向と斜角により挙動が異なることを調べた⁴⁾。今回はA点及びB点の柱基部にC点及びD点を設け、地震力作用方向を変えて時刻歴応答解析を行った。

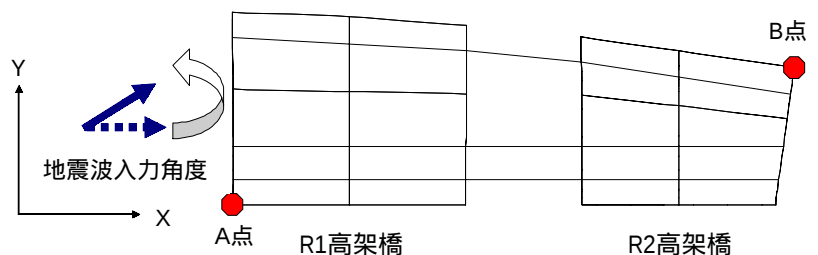


図2 平面図

C点及びD点のY軸回りモーメント(MY)とZ軸回りモーメント(MZ)をまとめたのが

図3及び図4である。この結果によると、C点では地震波入力方向をX軸方向からY軸方向に回転させるにつれてMYが減少しMZが増加しているのに対し、D点では地震波入力方向を80度から90度にしたときにMYとMZが両方とも増加しており、斜角の影響が表れているといえる。

軸方向と曲げモーメントを同時に受ける箱断面部材は次式により照査できる³⁾。

$$\gamma_a \cdot \gamma_b \cdot \gamma_i \left(\frac{P}{P_{cu}} + \frac{M_x}{M_{bux}} + \frac{M_y}{M_{buoy}} \right) \leq 1$$

キーワード：耐震設計，最大応答，非線形時刻歴応答解析，入力地震力，鋼構造

連絡先：東京都中央区日本橋堀留町1-11-12 （株）復建エンジニアリング第2技術部 Tel.03-5652-8563 Fax.03-3660-9374

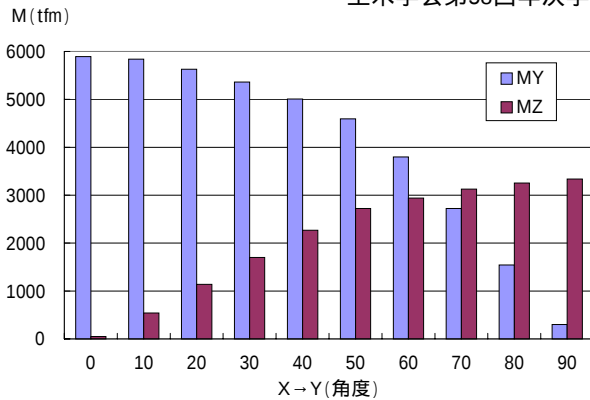


図3 C点応答モーメント

上式により照査した結果を図5に示す。C点の結果では10度から80度までの結果で1以上になっており、D点においては20度から50度において1以上の値を示しており、規定を満たしていないケースがある。この安定照査結果は限界状態レベルの照査であり、1以上を示したケースでは部材が三次元的に降伏し、L2レベルの領域に入っていると思われる。部材の応答モーメントとしてのMY及びMZはそれぞれの降伏モーメント以内の値となったが、強軸及び弱軸回りの二軸方向曲げに対しては降伏状態にあると考える。

4. 地震力作用方向による部材角の挙動

図6及び図7はC点とD点の部材角 θ_y 及び θ_z を地震力作用方向によりまとめた図である。応答モーメントの結果同様、図6に示すC点の結果では θ_y と θ_z が反比例する形で増加・減少する傾向にあるが、図7に示すD点の結果では入力方向が80度から90度になるところで θ_y 及び θ_z が増加する傾向にある。また、部材角 θ_y と θ_z が交差する地震波入力角度、C点においては45度付近、D点においては30度付近で、図5に示す断面の安定照査結果において最大値を示している。このことから、斜角を有する構造物の最大応答方向は、強軸方向と同時に弱軸方向にも断面力を受ける地震波作用方向が最大応答方向になるといえる。

5. まとめ

斜角を有する構造物に対して地震力作用方向を変えた時刻歴応答解析を行い、以下のような結果を得た。

- (1) 斜角を有する構造物において変位及び断面力の最大応答方向を得るには45度方向までは入力する方がよい。
- (2) 斜角を有する構造物においては入力地震波方向が応答断面力に大きく影響する。
- (3) 最大応答方向は構造物の特性により異なるため、不整形な構造物に対する解析例を増やし、今後検討を重ねたい。

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 基礎構造物・杭土圧構造物編：2000.7
- 3) 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
- 4) 窪他：最大応答値を求めるための地震力作用方向の算定（その1） 土木学会平成14年度全国大会概要集：2002.9

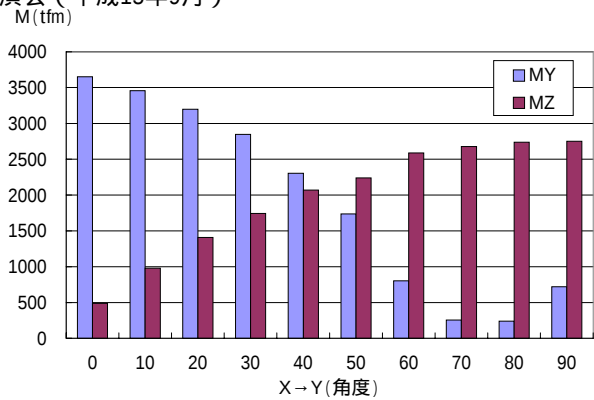


図4 D点応答モーメント

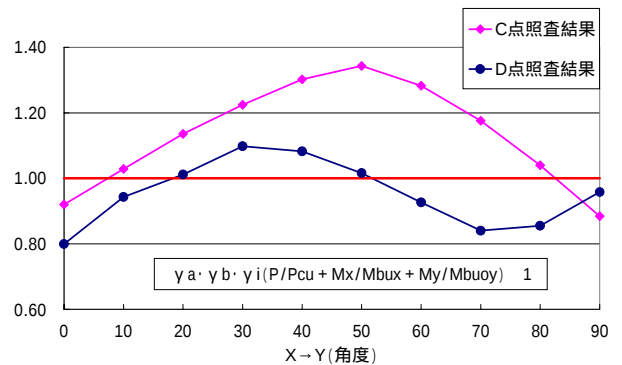


図5 安定照査結果

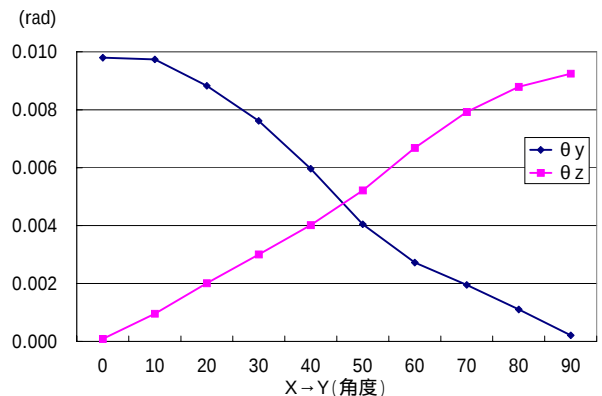


図6 C点部材角

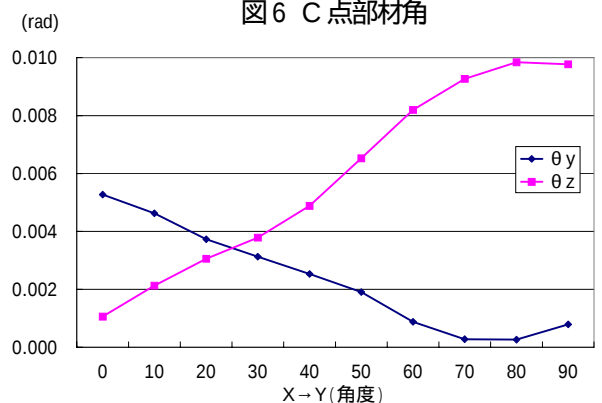


図7 D点部材角