

斜角を有する RC ラーメン高架橋の三次元動的応答に関する一考察

ジェイアール東日本コンサルタンツ(株)	正会員	○山口	健
ジェイアール東日本コンサルタンツ(株)	正会員	友竹	幸治
ジェイアール東日本コンサルタンツ(株)	正会員	関	貴志

1. はじめに

鉄道構造物で偏心や斜角を有する橋梁および高架橋の地震時応答値算定は、設計地震動に対しての挙動を適切に表現できる三次元モデルでの動的解析を原則としている。一方、振動モードが比較的単純で、かつ塑性ヒンジの発生箇所が明らかな場合は、二次元モデルでの静的解析法（プッシュ・オーバー解析と非線形応答スペクトル法を併せた手法）により応答値を算定することが多い。そこで、本稿では、斜角と荷重非対称性を有する RC ラーメン高架橋の三次元動的解析、三次元静的解析と二次元静的解析を実施し、二次元静的解析の適用範囲の検証を行った。

2. 検討概要

検討対象構造物は、図-1に示すような斜角を有する1層1径間のビームスラブ式 RC ラーメン高架橋(片ゲルバー)である。基礎構造は、地中梁を有した1柱1杭式である。斜角側はスパン約 20m、死荷重約 2200kN の SRC 単純桁を支持しており、質量の非対称性を有している。本検討では、基本モデルの斜角度を 60 度とし、斜角度が大きくなる 45 度モデルについても解析を実施した。解析モデルを図-2に示す。各モデルにおいて、支持している上部工の質量は同一とした。

部材のモデル化は、柱、梁、杭部材は曲げモーメント-部材角（曲率）関係にて考慮し、テトラリニア型のモデルとした。ただし、ねじりモーメントによる柱の非線形性は考慮していない。スラブは平面要素としてモデル化した。

解析は、【鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計 [平成 11 年版]】の L2 地震動スペクトルⅡ (G3 地盤) を単一入力した三次元時刻歴応答解析、プッシュ・オーバー解析と非線形応答スペクトル法による三次元静的解析および二次元静的解析とした。

3. 解析結果および考察

三次元モデルでの固有値解析による有効質量比の算出結果より、一次モードが卓越されていることが確認された。表-1に固有値解析結果を示す。

また、柱上端の端部節点（節点 101, 105, 301, 305）に着目し、二次元静的解析（ケース②）を基準として、各ケースでの応答変位の比較を行った。

表-2、表-3、図-3に各ケースの応答変位を示す

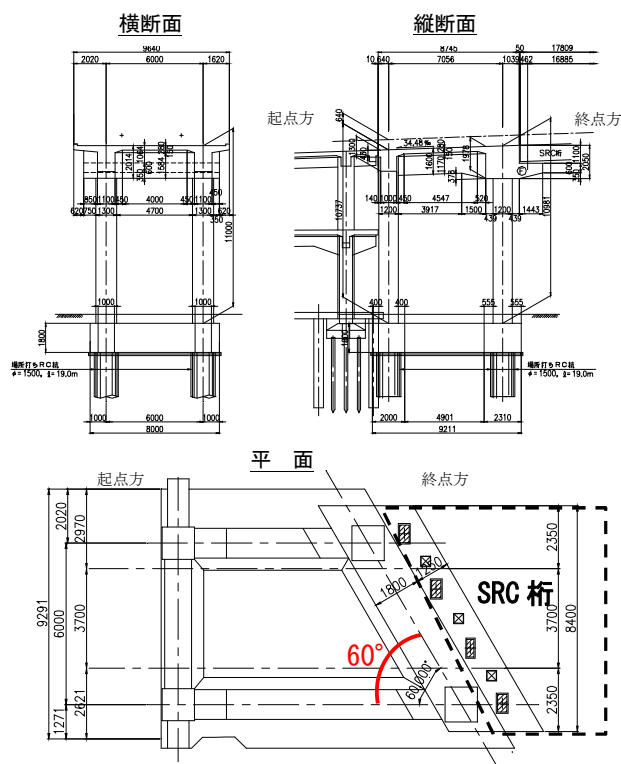


図-1 RC ラーメン高架橋一般図 (mm)

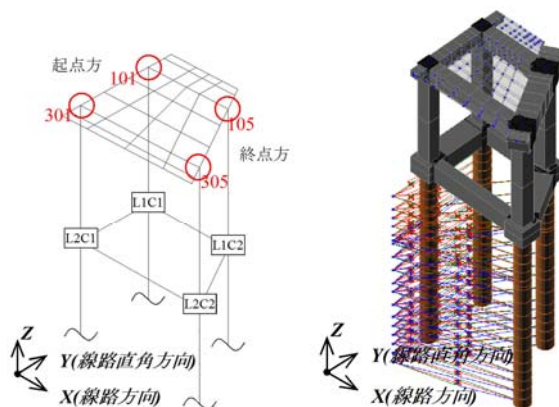


図-2 解析モデル（鳥瞰図）

キーワード 斜角, 荷重非対称, RC ラーメン高架橋, 三次元時刻歴応答解析

連絡先 〒171-0021 東京都豊島区西池袋 1-11-1 ジェイアール東日本コンサルタンツ(株) TEL 03-5396-7247

す。斜角度 60 度では、三次元静的解析（ケース③）および三次元動的解析（ケース①）による応答変位が、二次元静的解析（ケース②）と比較して同等もしくは小さくなることを確認した。斜角度 45 度の場合では、三次元動的解析（ケース①）の応答変位が二次元静的解析（ケース②）より大きくなるケースがあった。

三次元動的解析における線路直角方向の解析結果では、C1 ラーメンと C2 ラーメンとの応答変位に 100mm 程度の差が生じた。これは、斜角および質量非対称性により構造物全体系のねじりが発生したためであると考えられ、柱にねじりモーメントが発生していることを確認した。しかし、実構造物では支承構造を介して、上部構造と一連の構造系となることや隣接構造物との目違い防止工が設置されることから、本解析のような構造物全体系のねじりは生じないと考えられる。また、本解析では、柱部材のねじりモーメントに対する非線形性は考慮していないが、斜角度 60 度のケースにおいて柱部材の降伏時刻におけるねじりモーメントが設計純ねじり耐力には達していないことから、構造物全体の応答値には大きな影響はないと考えられる。

部材の損傷過程は、各検討モデルともにほぼ同一となり、塑性ヒンジの発生状況についても三次元解析と二次元解析とで同一となった。

5. まとめ

本検討では、荷重非対称性を有し、斜角度を変化させた RC ラーメン高架橋の三次元動的解析、三次元静的解析および二次元静的解析を行い、静的解析法と二次元モデルの適用範囲について検討を行った。その結果、本解析条件においては、以下のことが確認できた。

- ・ 斜角を有するラーメン高架橋において、斜角度が 60 度の場合は、既往の荷重分担計算を考慮した二次元モデルによる静的解析の応答値が最も大きくなった。
- ・ 斜角度が 45 度の場合は、二次元モデルによる静的解析の応答値よりも三次元モデルによる動的解析の応答値が大きくなるケースがあった。

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，1999.11
2) 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，2012.9

表－1 固有値解析結果

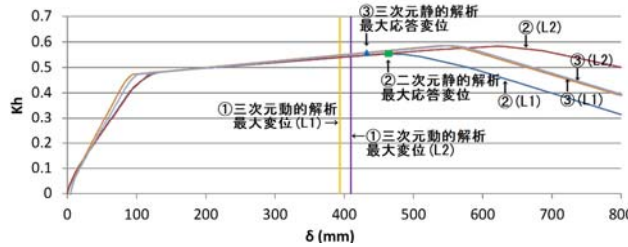
卓越方向		固有周期	固有振動数	有効質量比		
方向	モード	(sec)	(1/sec)	X	Y	Z
X(L方向)	1	0.551	1.816	59.63%	11.01%	0.00%
X(L方向)	2	0.131	7.645	8.46%	5.31%	0.00%
Y(C方向)	1	0.640	1.562	11.85%	51.82%	0.00%
Y(C方向)	2	0.128	7.836	4.43%	10.47%	0.00%
TZ(ねじり)	1	0.337	2.967	0.10%	3.72%	0.00%
TZ(ねじり)	2	0.114	8.745	0.34%	0.23%	0.00%

表－2 応答変位の比較（斜角度 60 度）

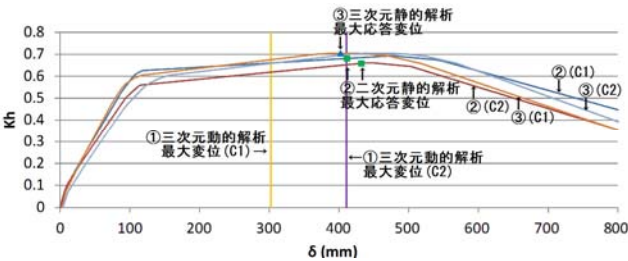
ケース番号		斜角 (度)	最大応答変位 δ_d (mm)	$\delta_d / \delta_{\text{②}}$
①	三次元動的	L1	393.5	0.85
		L2	409.4	0.88
②	二次元静的	L1	463.0	1.00
		L2	465.0	1.00
③	三次元静的	L1	432.5	0.93
		L2	432.5	0.93
①	三次元動的	C1	302.3	0.73
		C2	411.0	0.95
②	二次元静的	C1	411.5	1.00
		C2	432.0	1.00
③	三次元静的	C1	402.4	0.98
		C2	402.4	0.93

表－3 応答変位の比較（斜角度 45 度）

ケース番号		斜角 (度)	最大応答変位 δ_d (mm)	$\delta_d / \delta_{\text{②}}$
①	三次元動的	L1	401.0	0.86
		L2	421.7	0.85
②	二次元静的	L1	467.7	1.00
		L2	498.6	1.00
③	三次元静的	L1	440.1	0.94
		L2	440.1	0.88
①	三次元動的	C1	300.8	0.71
		C2	480.8	1.10
②	二次元静的	C1	421.6	1.00
		C2	436.9	1.00
③	三次元静的	C1	422.8	1.00
		C2	422.8	0.97



(a) 線路方向，斜角度 60 度



(b) 線路直角方向，斜角度 60 度

図－3 非線形応答スペクトル法
と時刻歴応答解析結果