

複数の曲線立体ラーメン橋からなる都市内高架橋の耐震設計

首都高速道路公団 正会員 ○津田 誠 正会員 田中 充夫
株式会社長大 正会員 熊木 幸 正会員 矢部 正明

1. はじめに

首都高速神奈川1号横羽線と川崎縦貫線を結ぶ大師ジャンクション（仮称、以下大師JCTとする）は、曲線箱桁を有する立体ラーメン構造である。このような構造物に地震動が作用すると、曲線桁と剛結合された橋脚には桁の鉛直変位に起因する軸力の変動や、曲線桁が法線方向に膨らむような変形をすることに起因する2軸曲げ状態が生じる。このように、地震の影響によって軸力が変動し、かつ2軸曲げ状態となる鋼部材に関する実証的な研究は少なく、これらの影響が鋼製橋脚の非線形応答にどのような影響を及ぼすかは不明である。大師JCTの耐震設計では、塑性理論に基づいたアナロジーモデルによる $N-M_y-M_z$ 相関モデルを用いた非線形動的解析を行い、軸力変動や2軸曲げの相互作用が鋼製橋脚の非線形応答に与える影響を検討する。

2. 解析モデルと大師JCTの地震時の挙動

対象とする立体ラーメン構造は、耐震設計上塑性化を許さない曲線桁は線形梁要素、フーチングは剛体、基礎構造～地盤系は等価線形ばねとし、橋脚は曲げモーメントと曲率の関係を非線形梁要素で表した。鋼製橋脚の非線形特性は、断面の降伏点と最大水平耐力に相当する許容限界点を結んだバイリニアモデルで表す。入力地震動は標準加速度波形Ⅱ-Ⅲ-1とし、これを全体座標系の水平2方向から同時に入力する。図-1は、軸力変動と2軸曲げの相互作用を考慮した非線形動的解析より得られた最大変形図（各軸とも負側の最大変形図）である。曲線桁は3次元の全ての方向に大きく変形しており、桁に剛結合されている橋脚は曲線桁の変形を拘束しているために、大きな軸力と2方向の曲げモーメントが作用することになる。

3. 軸力変動と2軸曲げの相互作用が非線形応答に与える影響

図-2と表-1は、曲線桁の中央支間付近に位置するPF3橋脚基部の曲線桁接線方向まわりの曲げモーメント M_z と、法線方向まわりの曲げモーメント M_y の関係を示したものである。図中に示す降伏曲げモーメントと許容曲げモーメントは、自重による軸力が作用しているときのものであり、軸力が変動する場合にはこの値も変化する。同図(1)は線形応答を示したものである。曲げモーメント M_z と M_y だけに着目すると、その値は許容曲げモーメントよりも小さいが、それらのベクトル和である最大曲げモーメントは許容曲げモーメントを超えていることがわかる。同図(2)は、軸力の変動を無視して2軸曲げの相互作用の影響を比較したものである。最大曲げモーメントが生じる方向はほぼ等しいが、2軸曲げの相互作用を考慮すると、許容曲げモーメント相当であった最大曲げモーメントは、降伏曲げモーメントをわずかに越える程度に小さくなっている。同図(3)は、2軸曲げの相互作用を考慮した上で軸力変動の影響を比較したものである。最大曲げモーメントの値とその方向はほぼ一致しており、軸力変動が橋脚の非線形応答に与える影響は小さいことがわかる。これは、PF3橋脚に生じる軸力の変動量が、降伏軸力比で7%と小さいからと考えられる。同図(4)は、軸力変動を考慮した上で2軸曲げの相互作用の影響を比較したものである。軸力変動を考慮した場合には、図の(2)に比較して、2軸曲げの相互作用の有無が非線形応答に与える影響が小さくなっていることがわかる。

4. おわりに

ここで対象としたPF3橋脚では軸力の変動量が小さかったが、軸力の変動量が大きい場合には、降伏曲げモーメントと許容曲げモーメントも大きく変化するため、このことを考慮して耐震設計をする必要がある。大師JCTは、現在概算設計が終了し、今後実施設計が進められる。実施設計では、ここでの結果を踏まえて、軸力変動や2軸曲げの相互作用の影響を反映した耐震設計法を提案する予定である。

キーワード：軸力変動，2軸曲げの相互作用，非線形応答，曲線立体ラーメン橋，耐震設計

連絡先：首都高速道路公団湾岸線建設局（東京都港区芝1-11-11, TEL 03-5232-1922, FAX 03-5232-6760）

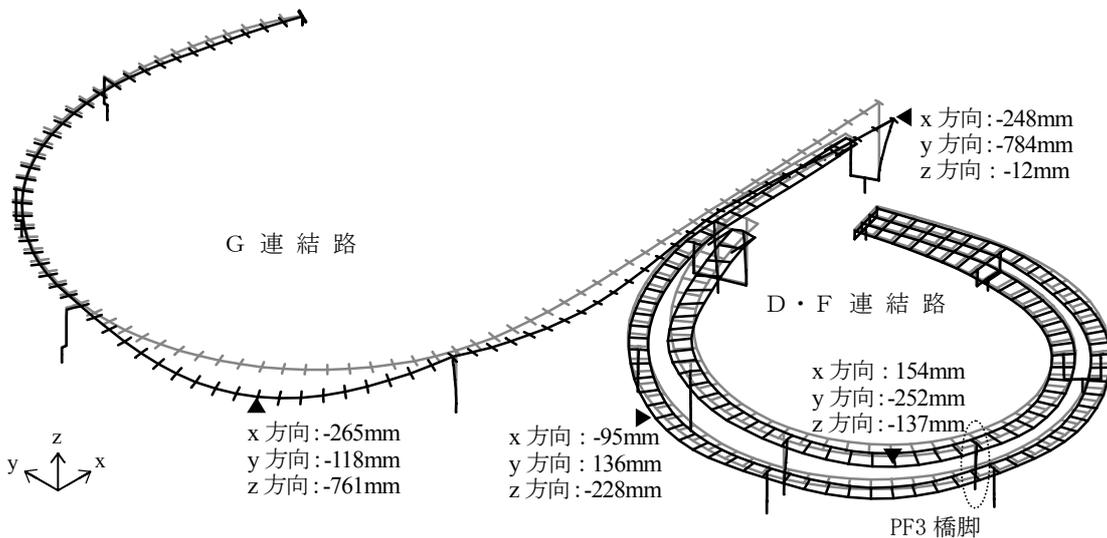


図-1 標準加速度波形 II-I-1 が作用したときの最大変形図 (軸力変動考慮, 2軸曲げ考慮)

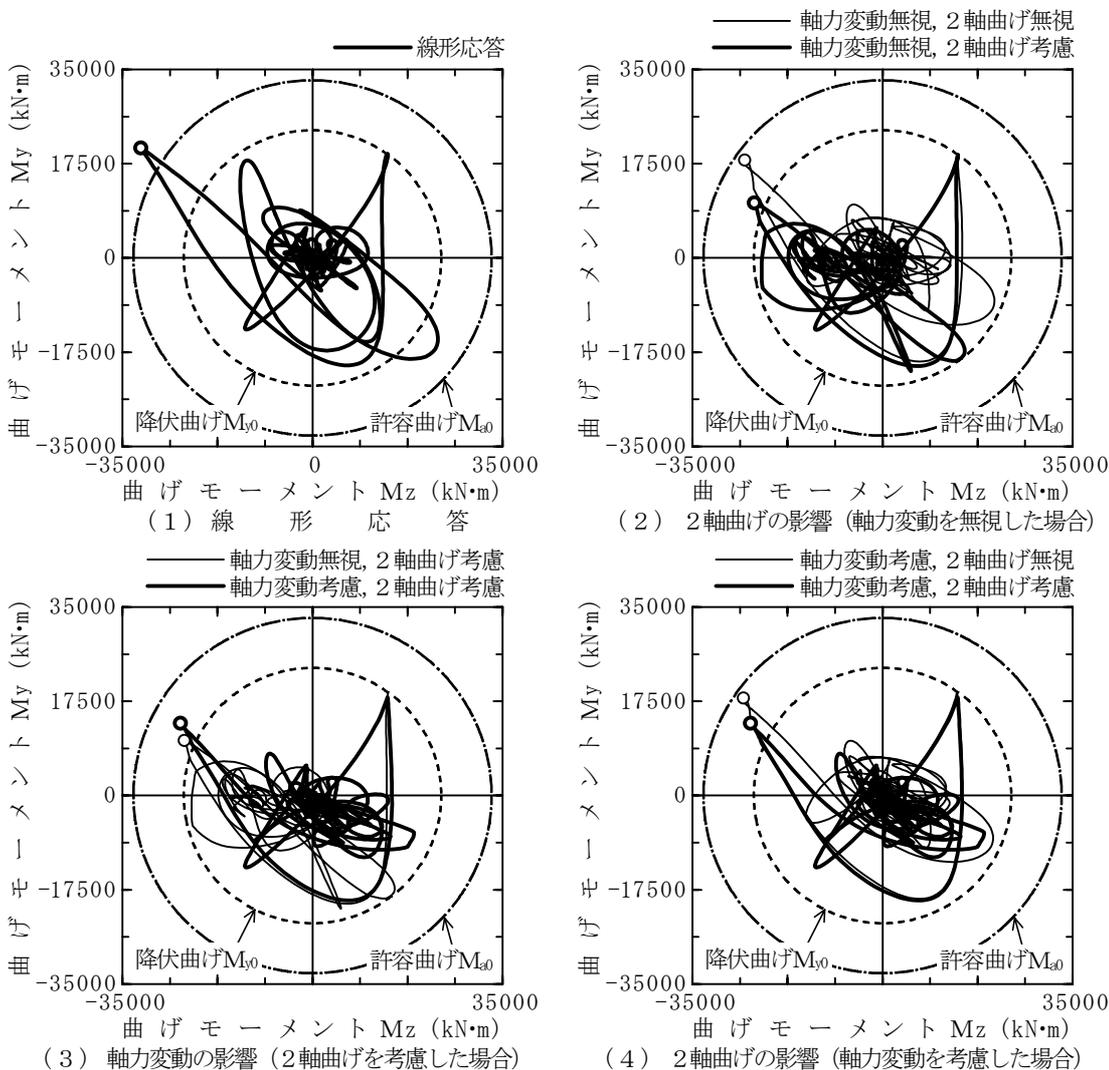


図-2 PF3 橋脚基部の曲げモーメントMz-My の関係

表-1 PF3 橋脚基部に生じる最大曲げモーメントとそのときの各方向の曲げモーメント

解析条件	線形応答		非線形応答			
	軸力変動	-	無視	無視	考慮	考慮
Mmax時の曲げモーメント Mz (kN・m)	2軸曲げの相関	-	無視	考慮	無視	考慮
Mmax時の曲げモーメント My (kN・m)		-31542	-25324	-23589	-25580	-24295
最大曲げモーメント Mmax (kN・m)		20327	18096	10150	18068	13340
		37525	31125	25680	31318	27716