

東急建設 正員○渡辺 泰介

京都大学防災研究所 正員 亀田 弘行

阪神高速道路公団 正員 南荘 淳

1.はじめに

都市高速道路は、(1)さまざまな種類の橋梁が寄り集まってできている、(2)直列構造に近く、どこか1ヶ所が壊れるとシステムとしての機能を失う、という特徴を持っている。また、都市高速道路のある大阪や東京などの大都市は、ここ数十年間大地震を経験していない。従って(3)都市高速道路は、いまだ本格的な地震の洗礼を受けておらずその弱点は充分には洗いだされていない、と言える。本研究では以上の3点に着目して、ライフライン地震工学の観点から、(I)都市高速道路をリンク*として解析する準備段階として、都市高速道路の橋梁群を簡単なモデル(1自由度系モデル)で解析する場合の適用範囲について探る、(II)異種橋梁間の動的相互作用によって現われてくる都市高速道路高架橋の弱点を探る、という2つの目的を設定し研究を行った。具体的には桁橋を対象として多自由度離散系モデルでモデル化を行ない、様々な橋梁を含む多径間橋梁モデルを構築し、橋軸直角方向に関しての固有値解析・周波数応答解析・時刻歴応答解析を行った。また目的(I)に関して、別途作成した1自由度系の橋梁モデルとの比較も行なった。

2.解析モデル

(*リンク:ネットワークの下位要素。節点と節点を結ぶもの。)

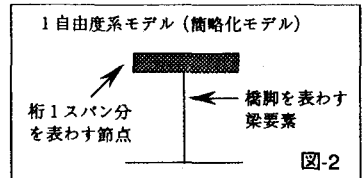
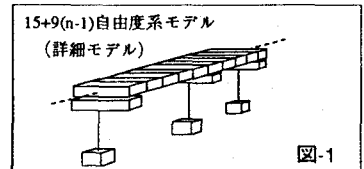
解析対象は桁橋とした。比較的高い頻度で現われかつ構造的に特徴あるものとして、2~4種類の桁・橋脚・基礎を選び、これらを組み合わせて表-1に挙げる8種類の橋梁を設定した。そしてそれぞれの橋梁を図-1のような多自由度系でモデル化した。このモデルを以下詳細モデルと呼ぶ。さらに同じ橋梁を1自由度系でもモデル化した(図-2)。このモデルを以下簡略化モデルと呼ぶ。

	橋梁A	橋梁B	橋梁C	橋梁D	橋梁E	橋梁F
桁	鋼合成I桁	鋼床版桁橋 (50m)	鋼床版桁橋 (100m)	PC桁	鋼合成I桁	鋼合成I桁
橋脚	RC単柱	RC単柱	RC単柱	RC単柱	鋼製 ラーメン	剛体橋脚
基礎	杭基礎	杭基礎	杭基礎	杭基礎	杭基礎 (2列)	ケーソン 基礎

表-1 基本単位となる8種類の橋梁

(3径間連続橋)

	橋梁G	橋梁H
側径間(左)	橋梁D	橋梁B
中央径間	橋梁D	橋梁C
側径間(右)	橋梁D	橋梁B



3.解析方法

詳細モデルについては表-1の橋梁9~12スパン分をつなげて橋梁群を作り、複素固有値解析・周波数応答解析・時刻歴応答解析を行なった。橋梁群は計11タイプを作ったが、ここではその内の2つのタイプを図-3に挙げる。断面力としては、橋脚下端曲げモーメント・橋脚ねじりモーメント・基礎底面せん断力・支承部せん断力の4つを取り上げて解析を行なった。簡略化モデルについては、詳細モデルに用いたのと同じ橋梁群に対して、橋脚下端曲げモーメント・基礎底面せん断力の時刻歴応答の最大応答値を算出した。この場合、注目する橋脚+右側の桁からなる簡略化モデルの応答と、注目する橋脚+左側の桁からなる簡略化モデルの応答の平均を、その橋脚における応答としている。

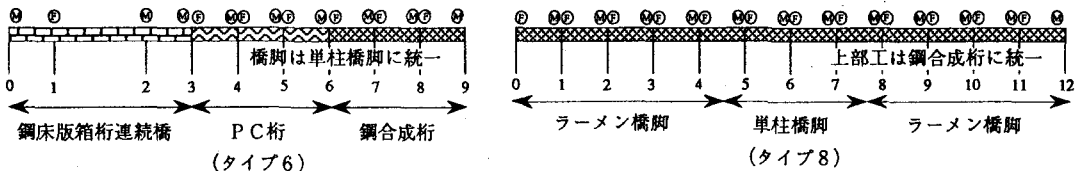


図-3 解析に用いた橋梁群

4. 解析結果

1. 異種橋梁が混在する橋梁群の応答の特徴として、次のようなものが明らかになった。

- 1) 振動モードにはどれか1種類の橋梁が主体となって振動するモードが現われ、主体となる橋梁の種類は各モードで変化する。(図-4)
- 2) 橋梁群が橋脚の剛性の大きく異なる橋梁で構成されている場合、柔らかい橋脚を持つ橋梁は剛い橋脚を持つ橋梁の影響を受け、振動周期が本来よりもかなり短周期になる(図-5)。
- 3) 各断面力は、次のような傾向を持つ(図-6)。橋脚下端曲げモーメント・基礎底面せん断力については、桁が橋脚の振動を拘束することにより各橋脚毎の応答のばらつきが低減され、応答が平均化される。橋脚ねじりモーメントについては、橋梁種が変化する境目において大きな値をとる傾向があり、単一種の橋梁からなる橋梁群の場合よりもかなり大きな値となる。また固定支承側の桁の回転変位の影響を強く受ける。

2. 異種橋梁が混在する橋梁群を1自由度系モデル(簡略化モデル)で置き換える場合の問題点として、次のようなものが明らかになった。

- 1) フラットな周期特性の入力に対しては、簡略化モデルによる値は詳細モデルによる値と比較的良好一致を示す。しかし詳細モデルの高次モードが励起されるような入力、または詳細モデル・簡略化モデルの1次周期付近が卓越する入力に対しては両者の応答に大きな差が生じる(図-6)。
- 2) 異種橋梁が混在することにより現われる性質として、橋梁種が変化する境目における橋脚ねじりモーメントの増大が挙げられるが、これを簡略化モデルで表すことは原理的に不可能である。
3. 異種橋梁間の動的相互作用による都市高速道路高架橋の弱点としては、次のようなものが考えられる。
 - 1) 橋梁によっては隣接橋梁の影響を受けて、単独の場合の固有周期から外れたところで大きな断面力を生じる場合がある(図-5)。
 - 2) 橋梁種が変化する境目において橋脚ねじりモーメントが増大することから考えて、この部分で支承部に大きな負担がかかることが予想される(図-6)。

5. 今後の展望

橋軸方向の解析・位相差入力を扱った解析を行なうことにより、また新たな特性が見出されるものと思われる。

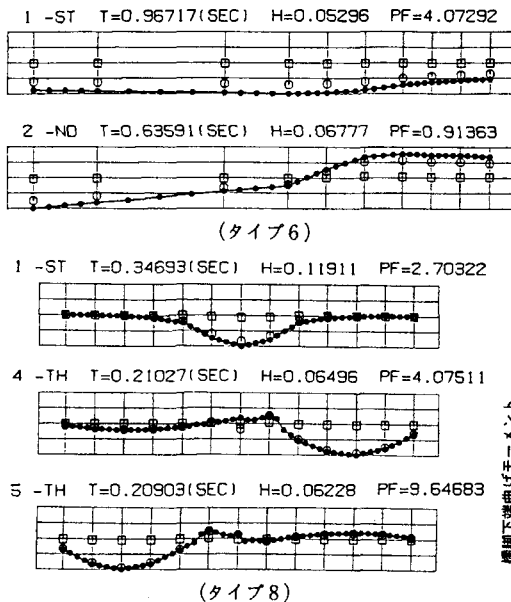


図-4 橋梁群のモード図 (●=桁, ○=橋梁, □=基礎)

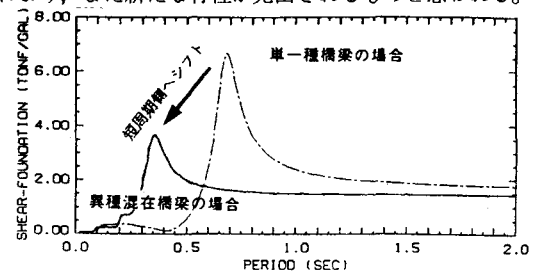


図-5 タイプ8橋梁群(橋脚番号6)の周波数応答関数と該当する部分の橋梁からなる単一種5径間橋梁の周波数応答関数の比較(基礎底面せん断力)

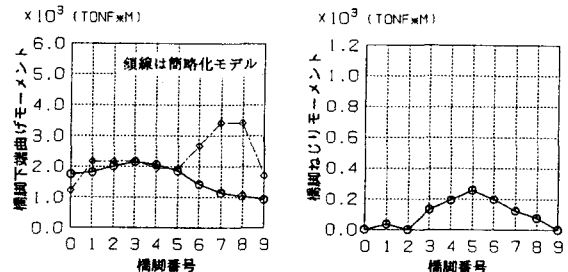


図-6 タイプ6橋梁群の橋脚下端曲げモーメント・橋脚ねじりモーメント(時刻歴応答の最大応答値)(入力:橋梁Aの1次周期付近が卓越する地震)