

I-526

淀川新橋斜張橋のケーブル連成系地震応答解析

大阪市建設局

○正会員 井下 泰具

三菱重工業(株)広島製作所

正会員 井上 幸一

三菱重工業(株)広島研究所

正会員 村瀬 良秀

1. まえがき

淀川の豊里大橋と長柄橋の間に「淀川新橋」が建設中である。この橋梁の全長は約 1.4km で主橋梁部の 478.8m は図-1 に示すように、3 径間連続の鋼斜張橋である。この斜張橋の構造的特徴としては、塔部支点が道路中心線に対し 70° の斜角を有していること、スリットを有する 1 本柱形式の塔を採用していること、また、斜張橋両端が隣接する PC ラーメン橋で弾性支持されていることなどが挙げられる。これらの点も考慮し、斜張橋の耐震安全性の確認のため、PC ラーメン橋も含めて上部、下部全体の動的解析を実施した。その際、桁および塔の振動と従来の解析では通常無視されているケーブル自身の振動との連成効果や地震波の進行による各支点への地動位相差の影響なども併せて検討した。

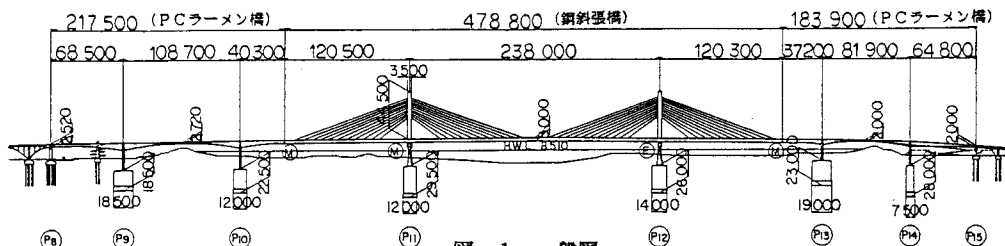


図-1 一般図

2. 解析の概要

解析モデルは、図-1 の $P_8 \sim P_{15}$ までを対象とし、上部工、下部工をビーム要素、また、支持地盤をばね要素とする有限要素モデルとした。ケーブルのモデル化については、ケーブルのばね効果のみを考慮し軸力部材にモデル化する従来の方法(ケーブル非連成モデル)とケーブルの弦振動の効果も考慮する多質点ばね・マス系にモデル化する方法(ケーブル連成モデル)の 2 ケースとした。基礎はケーソン基礎および杭基礎であるが、ケーソンは剛体として挙動するものとして剛ビーム、また、杭は全体を等価な 1 本のビームにモデル化し、地盤のばね定数は N 値分布をベースに道路橋示方書下部構造編に従って算出した。減衰定数は上部工(鋼、PC とも) $h=0.02$ 、橋脚 $h=0.05$ 、地盤 $h=0.10$ とし、各次モード毎のモーダル減衰定数を算定した。地震入力、建設地点を考慮し道路橋示方書に示される地盤種別平均応答スペクトル曲線(第3種地盤)を用い 200gal 入力とした。応答計算は各支持点同時入力でモード間の相関を考慮する CQC 法を基本とするが、地動位相差入力の影響解析では、地震波の伝播速度を 3.2km/sec とし¹⁾、その応答解析は文献 2) の応答スペクトルを利用する方法を適用した。

3. 解析結果

3.1 固有振動特性

代表的固有振動モード(非連成モデル)を図-2 に示す。

地震応答は、振動数 10Hz もしくは総有効質量 $Me=95\%$ までの振動モードを考慮するが、ケーブル非連成モデルでは面内・面外振動とも約 55 次で 10Hz ($Me=90\%$) となった。これに対しケーブル連成モデルでは面内は 184 次、

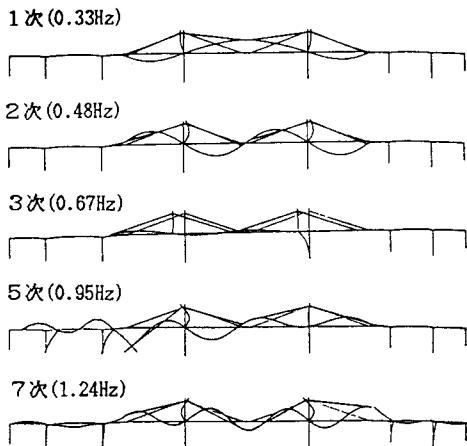


図-2 固有振動モード(面内振動)

面外 308 次で 10Hz となり、図-3に示した低振動数領域の固有値とその塔基部への応答寄与度の図からもケーブルの振動が多数発生していることをうかがわせる。特に、面内振動よりも面外振動の方が、ケーブル非連成時の振動と比べてモード数が増え、また、振動モードの対応性も少なく、全体応答に及ぼすケーブル連成の効果は強いことが特徴的である。これは全体の面内振動は本来ケーブルのばね効果が支配的であることによるものと考えられる。また、図-2に示すように隣接するPCラーメン橋については、面内振動では5次、7次モード、面外振動では2次モードにおいて斜張橋と連成したモードが現れ、その弾性支持の斜張橋への影響は無視できないことを示している。

3.2 地震応答特性

図-4に桁の応答断面力の例を示す。それらによればケーブル連成モデルでは、桁、塔とも全般に従来の非連成モデルの応答値よりも低下（10～25%）する傾向を示した。また、特に塔の面外振動では 50% 近い応答の低下が見られた（図-5）。これは、全体振動がその振動数付近で複数個のケーブル振動を伴い、いわゆるケーブルの吸振効果が生じているためと考えられる。なお、同じケーブル連成系モデルでの地動位相差入力への応答は、スパン長に比べ地震波速度が速いこともあり、多点同時入力と大差ないことを確認した。

4. 耐震安全性照査

耐震安全性の照査は、安全側の結果を与えるケーブル非連成モデルで、斜角も考慮した立体構造としての応答解析結果を用いて行なった。死荷重と重ね合せ常時荷重換算した地震時断面力にて各部を照査したが、図-6の桁の曲げモーメント分布の例からもわかるように、活荷重時の断面力をかなり下回り、耐震的には十分な余裕があることを確認した。なお、斜張橋とPCラーメン橋との連結部の設計にはPCラーメン橋も含めた本動的解析による反力を考慮した。

5. むすび

本橋の地震応答解析を行い、主橋梁部の斜張橋が耐震上十分安全であることを確認した。また、ケーブルの連成振動や地動位相差入力の影響を把握したが、本橋の場合、耐震上これらの影響は安全側の結果を与えていることがわかった。

（参考文献） 1）鳥海：大阪平野の地震動特性，災害科学研究所，昭59， 2）小坪，他：進行地震波による橋梁応答解析への応答スペクトルの利用，土木学会論文報告集，第270号，1978年2月

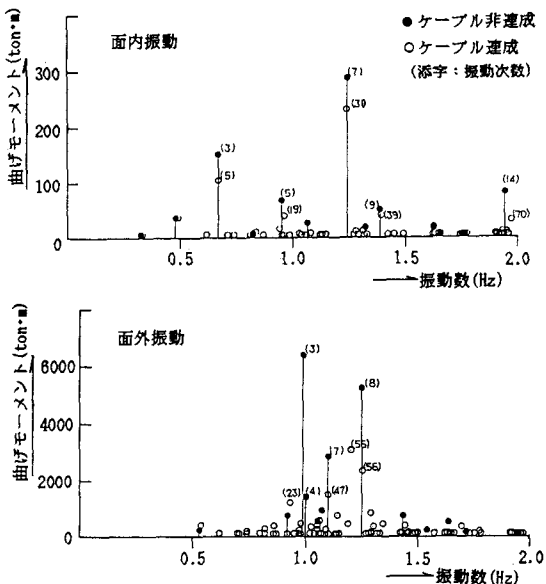


図-3 固有値と塔基部応答寄与度

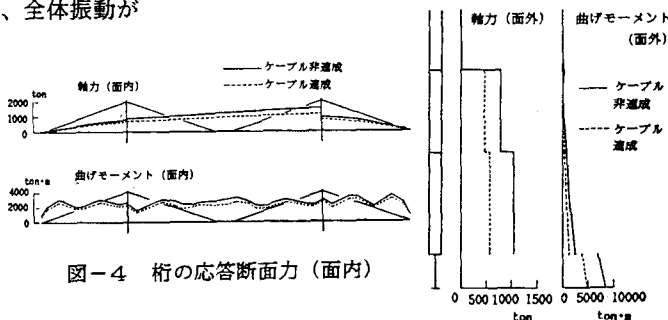


図-4 桁の応答断面力（面内）

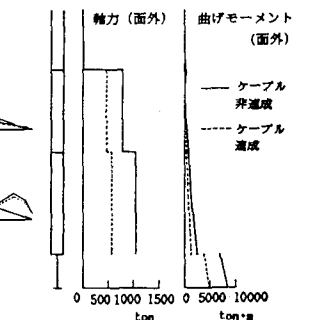


図-5 塔の応答断面力（面外）

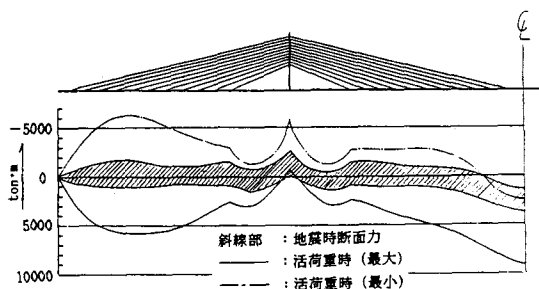


図-6 桁の面内曲げモーメント