

鹿島建設技術研究所 正員 O竹田 哲夫

" " 三村 長二郎

" " 森光 豊夫

1. はじめに 最近、世界各国で鋼製斜張橋が数多く建設されているが、プレストレストコンクリート製の斜張橋（PC斜張橋）も西ドイツ等の西欧諸国ではかなり建設されている。このPC斜張橋は、従来のPC斜張橋よりも更に長い経間が可能であるなど、種々の利点があるために、日本でも建設しようとする動きが見られるが、我が國のような地震国では、まず耐震性を十分に検討する必要がある。その場合、PC斜張橋の地震時の応答特性としては、その振動系が塔や桁などの部分振動要素からなる連成振動系であることから、特にPC斜張橋としての連成振動がもたらす応答特性に留意する必要があると考えられる。そこで本研究では、道路橋として適用法に基づいて設計されたPC斜張橋をモデルにして、塔と桁との連成振動の性状を調べ、またその影響が実際の設計領域ではどのものかどうかを調べてみた。

2. 解析モデルと解析方法 ここでは、図-1に示すモデルを対象としたが、これは実際的な断面を有する4車線道路橋を、本研究のために若干簡略化したものである。解析モデル（図-2）としては、地震動の構成方向成分に対する面内振動系と、同直角水平方向成分に対する面外振動系に分けて考え、また振動系は左右対称として、全橋のうち当側半分を対象にした。面外振動系については、部分振動要素とレスナーの影響を省略した部分構造も付け加えた。

解析にあたり、2. ここでは連成振動の性状を調べることから各次の固有振動とその応答に着目し、固有振動解析では工部工における振動減衰の影響を微少とみて非減衰系で解析し、応答は入力地震波の特性による影響を避けるため、平均応答スペクトル（本田指針、 $\beta = 0.02$ ）を用いて求めた。

3. 解析結果および考察 連成振動の性状を特徴づけるものは、塔や桁などの部分振動系の固有振動特性であるが、耐震設計の面からパラメータとなるものは、桁よりむしろ塔の特性であることから、ここでは塔の固有振動数を種々変化させた場合の結果を示す。

まず面外振動系の場合、固有振動数曲線（図-3、(2)）で、連成系の固有振動数が非常に接近する場合がある。このような場合は応答倍数および部材力（図-4）も、部分構造から求めたものと較べて異なりくる。これ

塔下端の断面定数	
断面積 A.	20.0 m ²
断面2次モーメント I _{0zz}	69.7 m ⁴
" I _{0xx}	15.1 m ⁴
ねじれ定数	825 m ⁴

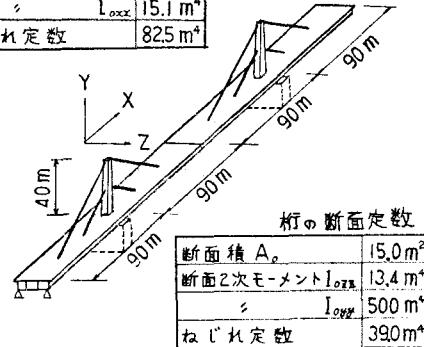


図-1 PC斜張橋モデル(基本系)

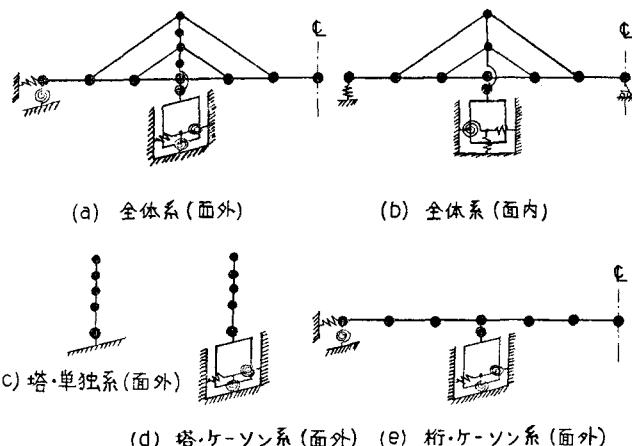


図-2 解析モデル

は塔と軒の振動面がいずれもステーによる拘束力の作用面と直交してしまい、ステーの拘束力がほとんど効かないので、塔と軒が弱い連成系を形成することから生じてくる応答特性である。すなわち、ここで検討の対象にしたようなモデルであると、このような応答特性の影響を受け、震度法による適用法では不十分になる。各次固有振動の応答の位相が考慮された応答解析を行って検討する必要がある。あるいは構造配置や断面の設定にあたって、結果に大きな影響を及ぼす1次および2次固有振動数の接近する領域を避けるよう配慮が必要となる。

なお、上記の解析結果は塔の剛性のみを変えて、塔と軒との固有振動数比が応答特性に及ぼす影響を示したものであるが、塔の質量を変えても両者の質量比が応答特性に影響する。また軒の支承条件あるいは基礎の支持条件、さらには強震時に考えられる部材の非弾性化も影響する。

一方、面内振動系の場合、図の振動曲線(図-3,⑤)において、連成系の固有振動数が上の場合のように、塔の剛性の変化に伴って互いに接近するような場合はみられない。これはステーが自重の大きい軒を支持するのに十分な剛性を有し、その拘束力の作用面が塔と軒の振動面に一致して、両者の連成効果を強くしているためである。したがって耐震設計にあたって、上に述べたような配慮の必要性は一般的に少ないものとみられる。ただし、軒の鉛直方向の振動が地盤運動の水平成分のみでも発起されるため、この面からの配慮は必要となる。

4.まとめ a)PC斜張橋の耐震設計にあたって、面外振動系の応答性状については、塔と軒の連成振動の面からも検討する必要がある。特に塔および軒の基本固有振動数が接近して、弱連成系を形成する場合に重要であるが、これは実際的付設計範囲の中に存在しうるものである。
b)面内振動系については、このように面から配慮すべき必要性は少しあが、軒の鉛直方向の振動の面からの配慮は必要である。

なお、PC斜張橋は、構造的には面から鋼斜張橋と較べてみると、まず軒の自重が大きいこと、またステー、塔それに千脚工もそれに応じて構造特性を有すること、あるいはコンクリートのクリアーアなどの影響を少なくてすむために構造系は低不静定化がはかられることなど種々の特徴があるため、上記の応答特性も具体的にはこのようない特徴に応じたものとなる点に留意する必要がある。

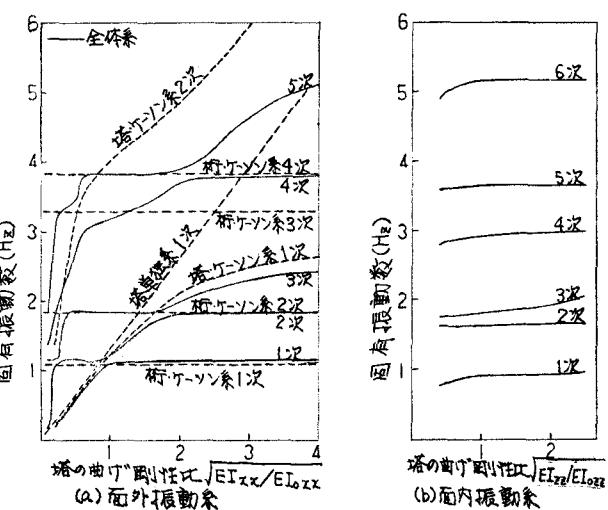


図-3 塔の曲げ剛性比と固有振動数

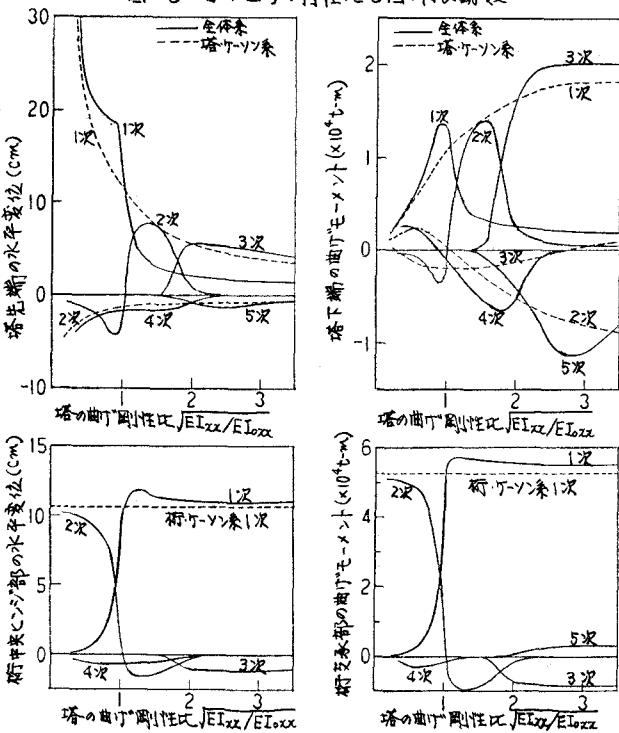


図-4 塔の曲げ剛性比と応答の変化(面外振動系)

図-4 塔の曲げ剛性比と応答の変化(面外振動系)