

## I-483

## 2 主桁合成構造斜張橋のねじり振動解析

(株)長大

日本大学理工学部

北海道開発コンサルタント(株)

正員 松野貴洋

正員 星 堃 正 明

正員 中山 喜 行

## 1 はじめに

近年橋梁は飛躍的な進歩を遂げ、支間の長大化は目覚ましいものがある。特に斜張橋はその柔軟な適用性から有力な形式として検討される事が多く、経済性、合理性および施工性を高めることは重要である。これらに応えるものとして、コンクリート(RC)床版と鋼エッジガーターから成る開断面合成桁を有する斜張橋が、北米及び中国でいくつか建設されている。しかし、開断面桁は閉断面桁に比べねじり剛性が低いという欠点を有している。そのため、ねじり振動特性を正確に評価することが、特に耐風安定性との関連で重要である。そこで、そりねじりが主体である開断面桁を有する斜張橋のねじり振動を的確に求める解析プログラムを作成した。ある具体的な斜張橋を対象としてねじり固有振動解析を行い、いくらかの考察を行った。

## 2 そりねじりを考慮した立体骨組振動解析

考慮する変形状態は、橋軸を含む鉛直面に関して逆対称であり、桁でいえばねじり変形あるいは水平たわみ(橋軸直角方向のたわみ)等のことである。本研究では桁の変位量として図-1に示す4つのものを考慮した。通常、桁の逆対称変形はこれらで十分正確に表すことができる。ねじりの他に水平たわみも考慮したのは、以下の理由によりこれらが互いに連成するからである。

- ① ケーブルの存在
- ② 支点の拘束
- ③ セン断中心と質量中心の不一致

そりねじりを考慮した桁部材の剛性方程式は文献1)になって作成した。桁とケーブルあるいは桁と塔の結合条件及び支持条件については文献2)と同様にして処理した。

## 3 解析の対象とした斜張橋

図-2に示す斜張橋を具体例として取り上げ、振動解析を行った。支間長は190m+400m+190mの橋である。桁は図-3に示すようにRC床版と鋼エッジガーターの開断面合成桁である。塔は図-4に示すように、鉄筋コンクリート製のH型形式である。

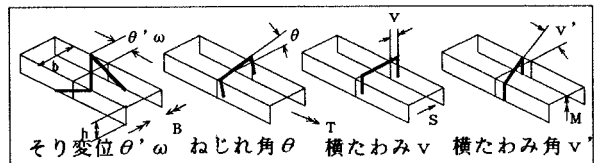


図-1 桁の変位量と断面力

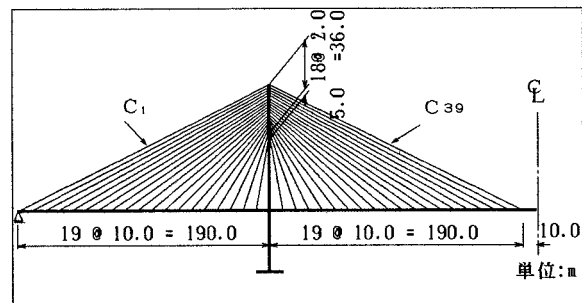


図-2 解析の対象とした斜張橋

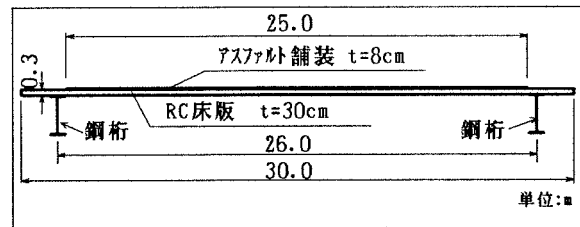


図-3 桁断面

振動解析は系が対称であるため全体の1/2のみを扱い、中央線に関して対称な振動モードのみを対象とした。質量の連成項や塔の横ばりの影響を見るために4つのケースについて解析した。ケースAでは全てを考慮した。ケースBではケースAに対して、回転慣性質量と水平方向質量の連成項を抜いた。ケースCはケースBに対して、塔の横ばり部材と水平方向の質量を抜いたものである。ケースDは桁のねじり振動を桁のた

わみ振動に置き換えて解析したものであり、ケースCと比較する目的で行った。ケースAとケースBでは塔と桁は橋軸直角方向に対して結合されている。

#### 4 解析結果

振動解析によって求めた振動モードの一例を図-5に示す。振動モードは桁の水平たわみ、ねじり、塔の面内、面外のたわみが合わさり、複雑な様相を示している。しかし、いずれの振動が卓越しているかはモード図から判断がつく。表-1は固有周期の計算結果をまとめたものである。ケースにより得られない振動モードがあるためその場合は空白で表示した。

#### 5 考察

ケースAをケースBと比較すると桁の回転慣性質量と水平方向質量の連成項は、最低次のねじり振動と水平たわみ振動の固有周期を近づける効果を有していることが分かる。しかしながら、この例ではその効果は余り大きくない。一方ケースBとケースCの比較より、塔の横ばりによりねじり振動の固有周期はかなり短くなることが分かる。ねじり振動を桁のたわみ振動に置き換え、平面骨組構造として解析することは（ケースD）今の場合ケースCと同等であり、ケースAと比較して不正確な結果となる。

斜張橋の桁のフラッターについては横たわみとねじりの連成が関係しており<sup>3)</sup>、2主桁合成構造斜張橋ではここで提案したような桁のそりねじり、質量の連成項、塔の立体的挙動を考慮した精度の高いねじり振動解析が必要と言える。

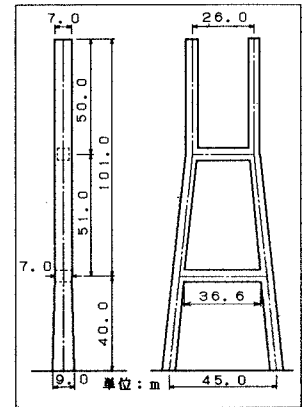


図-4 主塔

表-1 固有周期の計算結果 (単位: s)

| 立体骨組振動解析 |       |       |       |       |       |       | 平面骨組解析 |       |       |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| ケース A    |       |       | ケース B |       |       | ケース C |        | ケース D |       |
| モード      | 水平たわみ | ねじり   | モード   | 水平たわみ | ねじり   | モード   | ねじり    | モード   | ねじり   |
| 1        | -     | 2.648 | 1     | -     | 2.677 | 1     | 3.459  | 1     | 3.507 |
| 2        | 2.478 | -     | 2     | 2.460 | -     | -     | -      | -     | -     |
| 3        | 1.484 | -     | 3     | 1.482 | -     | -     | -      | -     | -     |
| 4        | -     | 1.361 | 4     | -     | 1.361 | 2     | 1.433  | 2     | 1.446 |
| 5        | -     | 1.148 | 5     | -     | 1.144 | 3     | 1.190  | 3     | 1.188 |
| 6        | -     | 0.934 | 6     | -     | 0.936 | 4     | 0.983  | 4     | 0.990 |
| 7        | 0.880 | -     | 7     | 0.878 | -     | -     | -      | -     | -     |
| 8        | -     | 0.825 | 8     | -     | 0.829 | 5     | 0.856  | 5     | 0.857 |
| 9        | -     | 0.701 | 9     | -     | 0.701 | 6     | 0.756  | 6     | 0.763 |
| 10       | -     | 0.641 | 10    | -     | 0.642 | 7     | 0.661  | 7     | 0.667 |

注：斜線は図-5のモードを表している。

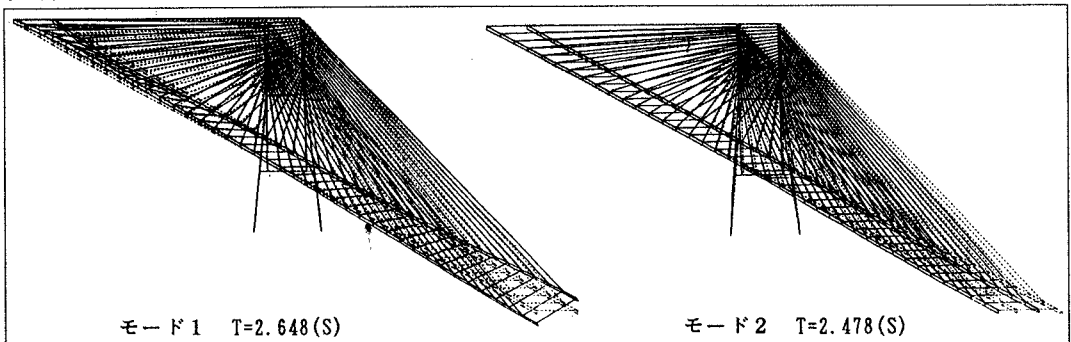


図-5 振動モード図（ケースA）

#### 参考文献

- 1) 藤谷義信：薄肉はり構造解析、培風館、pp.1-27、1990年 6月
- 2) 星埜正明：橋梁と基礎 第17巻第 5号、建設図書、pp.44-49、昭和58年 5月
- 3) 荒居、宮田、星埜、山田：1000m 級斜張橋の耐風問題に関する考察、第44回土木学会年次学術講演会