

I-244 二主桁斜張橋の設計および耐風性に関する一考察

建設省土木研究所	正員 関谷 光昭
〃	正員 横山 功一
〃	正員 日下部 毅明
(株)大林組	正員 大場 誠道

1. まえがき

従来わが国の長大斜張橋には逆台形断面の橋桁が用いられることが多かった。しかし近年、より経済的な設計として二主桁断面の橋桁を有する斜張橋が注目されており、カナダではAlex-Frazer橋がこの形式で建設された。この形式の橋梁は従来の逆台形断面斜張橋に比べてねじれ剛性が小さく形状的にも耐風性に問題が生じる可能性がある。また、その実績の乏しさのために、設計、施工に関しても不明な点が多い。本報告は土木研究所で実施された二主桁斜張橋に関する一連の調査より、耐風性に主眼を置いて、二主桁斜張橋の実用性を考察するものである。

2. 調査方法

本調査においては、まず二主桁斜張橋の最大の長所である経済性が達成されるような設計を検討した。次にこれに対して耐風性を向上させる方法を研究した。

設計は、床版、主塔における橋桁の支持方法を主に検討した。耐風性調査として、パネ支持実験、タウト模型実験および煙風洞実験を実施した。

3. 調査結果

3.1 設計手法に関する調査結果

設計結果として図-1に一般図を示す。設計は、床版および塔における桁の支持条件を主に調査した。床版に関してはコンクリート強度、横桁間隔を主に検討した。床版は桁自重のかなりの部分を占め、床版厚を小さくすることが塔および主桁の鋼重を小さくし、経済性を高めることと密接に関連することが明かとなった。床版の最小厚は耐久性も重視し道路橋示方書に従ったが、コンクリートの圧縮強度は少なくとも $500\text{kg}/\text{cm}^2$ 必要と考えられた。横桁間隔は4mが最適値であった。

塔に関しては、鋼製で検討する方針としたが、鉛直方向自由、水平方向剛結合あるいは弾性結合が望ましかった。なお、コンクリートの塔を用いた場合は水平方向も自由とするのが、最も設計が合理的になると考えられた。

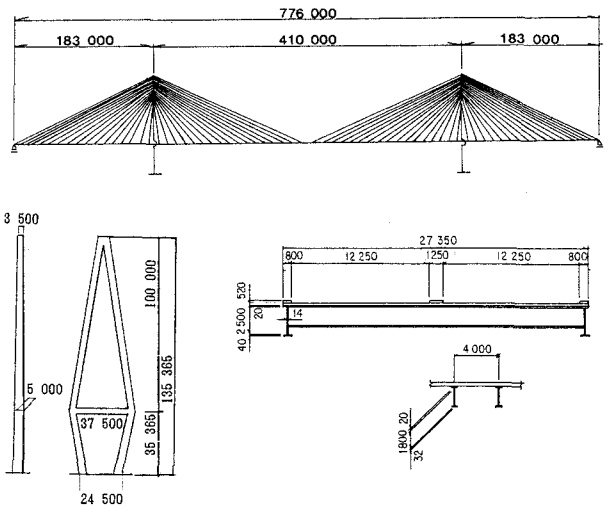


図-1 二主桁斜張橋一般図

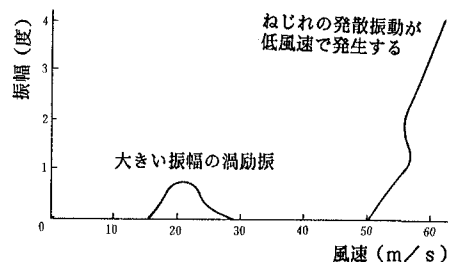


図-2 無対策の二主桁斜張橋の耐風性

3.2 耐風性調査

3.2.1 無対策断面の耐風性

二主桁斜張橋は、①桁のねじれ剛性が低いために固有振動数が低い、②主桁が大きな剝離せん断層を作る、という理由から耐風性は風洞実験を実施する前からかなり低いことが予想された。風洞実験を実施したところ、図-2に示すようにかなり大きい振幅の渦励振が発現する、ねじれの発散的な振動であるフラッターが低風速で発現する等、既存形式の斜張橋に比べ耐風性がかなり劣ることが明らかになった。

3.2.2 有効な制振対策について

耐風性は -3° ～ $+3^{\circ}$ の範囲で迎角の変動を考えた。 0° 以下の迎角に対する耐風安定性の向上は比較的容易で、橋桁端部に張り出しあるいはフェアリングを設けることで耐風安定性は十分となる。しかしこのような制振対策も $+3^{\circ}$ の迎角に対しては効果を失い、十分な効果を発揮したのは図-3に示すように、張り出し部材の先端にエッジプレートを設置し、さらに路面下に鉛直スタビライザーを設置することであった。この対策により、概略設計で得られた橋梁案は、風の条件が厳しい場合でもフラッターに対する十分な安定性を確保することができると考えられた。この制振対策が効果を発揮するのは、二主桁によって発生する大きな剝離せん断層との関連が強いと考えられ、煙風洞実験によってメカニズムを考察したところ、エッジプレート、主桁、鉛直スタビライザーが剝離せん断層を4つに分割し、床版下面の空気力の規則性を低くするためと予想された。

ただし渦励振に関しては、吹き上げの風に対して有効な対策は明らかにすることができなかった。

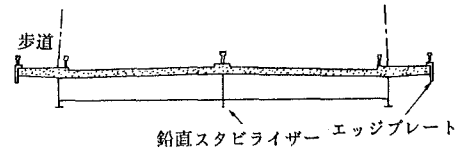


図-3 有効な制振対策

3.2.3 自然風の乱れの効果

自然風の乱れが渦励振振幅に与える効果を図-4に示す。渦励振は気流が10.6%の乱れ強さを有する場合に完全に抑えられることがわかる。この乱れ強さは、架設地点が外洋に面する海上等の特殊な条件である場合を除くと、自然風の乱れ強さとしては下限値に近いため、パネ支持実験の範囲では問題として残された渦励振が実橋では発生する可能性が低いことを示唆する。ただし、自然風の乱れは、不規則振動であるガスト応答振幅を増大させ、概略設計における設計風速54m/sで振幅を評価すると活荷重たわみをかなり超える振幅の振動が発生することが示された。乱れがさらに強い場合には、振幅もさらに大きくなることも考慮すると、ガスト応答は設計において重要な課題となる可能性がある。

なお、フラッターに対しては、今回用いた気流に関する限りは、気流の乱れが発現風速にほとんど影響を与えないことが明かとなり、実橋を検討する際には一様流中で十分な耐風安定性が得られるような制振対策を明らかにすることの重要性が確認された。

4. まとめ

概略設計を通じ、二主桁斜張橋の経済性が確認された。耐風性に関しては、耐風対策をさらに小規模なものにする努力の必要性は残されたものの、所要の耐風性を確保する可能性は十分に示されたといえる。施工面、維持管理面を含めて今後詳細な検討が必要なものの、本検討によって二主桁斜張橋の国内での実現性が十分に高いことは示されたと考える。

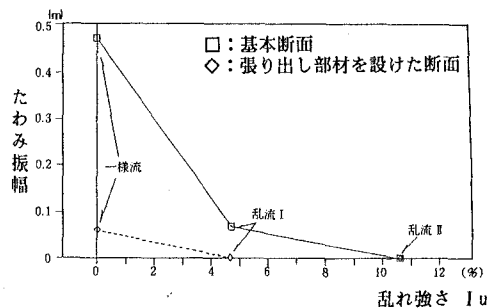


図-4 自然風の乱れが渦励振に及ぼす効果