

【学位論文審査の要旨】

世界各地で支間長 2000~3000m 級の吊橋の架橋構想が計画され、超長大吊橋の必要性が高まっている。近年、より経済的な構造形式として、多径間吊橋が実用化されている。多径間吊橋は、従来の 3 径間吊橋の重連形式と比べて、中間アンカレイジを必要としないため、下部構造の費用の削減が可能となる。しかし、従来の 3 径間吊橋に比べ、たわみやすい構造特性を有することから、中間塔の合理的な設計と死活荷重に対する静的耐荷力を検討する必要がある。一方、地震時の長大橋特有の問題として、規模が大きくなるほど、各基礎に地震波が到達する時刻の差異（位相差）が大きくなることが挙げられる。超長大多径間吊橋の地震応答特性については未解明な点が多く、3 方向同時加振の動的特性を含めて、地震波の位相差が及ぼす影響を明らかにする必要がある。さらに、超長大橋では、動的耐風安定性の確保が、その実現性の可否を大きく左右する。多径間吊橋のたわみやすい特性は、耐風安定性の低下につながるという指摘もあり、空力特性に優れた桁断面の適用や、ケーブルシステムによる耐風安定化策を含め、耐フラッター特性の検討が不可欠である。

そこで本研究では、支間長 3000m を有する超長大多径間吊橋の実現可能性を明らかにすることを目的として、中間塔の合理化に着目した試設計を行い、静的耐荷力、地震応答特性および耐風安定性について、解析的な検討を行った。

本研究で得られた主要な成果は、以下の通りである。

(1) 中央径間長 3000m を有する 3, 4, 5 径間吊橋を想定し、サグ比を 1/8, 1/10, 1/12 と変化させた多径間吊橋の試設計を行い、死活荷重に対する静的耐荷力を、複合非線形を考慮した解析により検討した。試設計の結果からは、径間数によらず中間塔は側塔に比べて基部の断面積が約 2 倍となり、高い剛性が必要となるものの、ケーブルスリップの問題はなく、中間塔の設計は合理的であるといえた。また、合計鋼重の比較から、多径間吊橋では、径間数によらず、サグ比の変化が経済性に及ぼす影響は小さいこと、全体重量の比較からは、下部構造の影響が小さくなるため、径間数が多いほど、経済的に優位となることを定量的に示した。一方、静的耐荷力は、試設計した、全ての多径間吊橋モデルで、死活荷重に対して 2.2 倍以上となり、3 径間吊橋と同等の安全性を有することが確かめられた。

(2) レベル 2 地震動（タイプ I, II）の位相差、3 方向同時加振を考慮した、弾性時刻歴応答解析を実施して、地震応答特性を検討した。その結果、タイプ I 地震動では、補剛桁の振幅は最大 3m となり、継続時間は数分間に及ぶこと、また、タイプ II 地震動では、塔基部および塔水平材隅角部に降伏に近い応力が生じ、特に、中間塔では側塔に比べて、変位や基部軸力変動が増加すること、さらに、地震動の位相差の影響については、地震波の伝播速度 1.2~1.5km/sec 付近で、塔の応力の応答値がピークとなることがわかった。いずれも塔の限定的な断面補強で対処可能であることから、強震時における塔の試設計の妥当性が示された。

(3) 基本となる一箱桁形式の多径間吊橋を対象に、耐フラッター特性を、マルチモード連成フラッター解析を適用して検討するとともに、主ケーブルと補剛桁を X 字型のフレ

ームで連結する，クロスステイと呼ばれる耐風安定化策の適用を試みた．その結果，フラッター限界風速 U_{cr} は，クロスステイの設置前で 51m/sec となるのに対し，その最適位置では 67m/sec に改善されること，さらに，本試設計では，径間数によらず同等の耐風安定性を有することを明らかにした．したがって，従来の一箱桁形式にクロスステイを併用すれば，照査風速が 65m/sec 以下の地域での適用性は十分にあるといえた．

(4) 空力特性に優れる二箱桁形式を多径間吊橋に適用することで，耐フラッター特性の向上の可能性を検討した．二箱桁形式の非定常空気力については，既往の風洞試験の結果を参照し，それを考慮できる解析プログラムを開発した．加えて，センターステイおよびクロスステイによる耐風安定化策の適用を検討した．その結果，フラッター限界風速 U_{cr} は，二箱桁形式のみの場合，径間数によらず， 64m/sec となるのに対し，センターステイの適用で， 74m/sec ，クロスステイの最適位置で， 93m/sec となり，耐風安定性が飛躍的に向上することを示した．以上より，二箱桁形式にクロスステイを併用すれば，我が国の厳しい照査風速 (80m/sec) を満足する耐風安定性を確保できることから，実現性は十分にあるといえた．

以上要するに，本論文は，中央支間長 3000m を有する超長大多径間吊橋の径間数，サグ比，補剛桁形式を変えた試設計を行って，静的・動的構造特性の比較から設計の妥当性を示すとともに，耐震・耐風設計における必要な対策を提案して，その実現可能性を論じたものであり，橋梁工学分野における貢献は極めて大きい．よって，本論文は，博士（工学）の学位を授与するに十分な価値を有するものと認められる．