

博士論文の審査結果の要旨

氏名 吉田好孝

近年我が国では鋼箱桁橋においても大規模化が目覚ましく、風洞実験の上で耐風上の問題が出てきている事例も多い。本論文は、東京湾アクアライン（旧名：東京湾横断道路）橋梁部（全長約4.4km）における10径間連続鋼床版箱桁部（桁長1,630m）における事前の風洞実験の結果、振動実験ならびに実橋での渦励振の測定とその分析、並行して行われた空力的制振策、機械的対策について述べ、最後にそれらの効果を実橋において確認した結果を述べている。

まず、第一章では、本論文に関係する長大橋、とくに鋼箱桁橋の過去の風洞実験事例、対策事例、動特性、機械的制振であるTMDの研究開発及び適用例などを述べている。

第二章では、本論文が対象とする東京アクアライン鋼連続箱桁橋の構造概要・特徴を上部工、下部工、支承にわけて述べている。また、設計検討時での耐風設計の概要と方針についてもその概要を記している。

第三章では、事前に行われた風洞実験結果について述べている。本橋では、変断面構造のため、最初に行われた二次元部分模型実験では、最大支間部（スパン $L=240\text{m}$ ）の中央部、2/6部の2つが一樣流中、ならびに乱流中において行われた。渦励振のほかに発散振巾であるギャロッピング振動の発生も設計風速以下で認められた。それをふまえて、三次元弾性模型による実験が行われ、その特性は二次元模型実験のと大幅に異なること、実橋風速で発現する $16\sim 17\text{m/s}$ 、たわみ、渦励振のみが問題となりうることを明らかにした。

さらに、渦励振を抑えるための種々の空力的対策についての効果が実験的に示された。しかし、大幅な低減は難しく、許容振幅以下にすることが極めて困難であることを明らかにした。

なお、本橋は東京湾アクアライントンネル部への工事用アクセスとしても用いられるため、開通に1年以上先立って供用される。また、実際の構造減衰は実験値（ $\delta=0.02$ ）よりもかなり高い可能性が強いこと、実橋での風の特性は実験に用いた乱流特性とは異なる可能性が強い事を考えに入れ、特に空力的対策は施さず、実橋で発生した場合にはTMD（同調質量ダンパー）を設置するという設計方針に至った。この経緯についても詳細に記述している。

第四章では、実橋における鉛直たわみモードを対象にした起振機振巾実験の結果を述べている。渦励振上、最も問題となる鉛直たわみ一次振動の減衰は風洞実験よりは高いものの、それほど高くなく、従来からの予測値をかなり下回ることを実証的に示した。固有振動数については、高次モードにおいても解析値と予測値が整合的である。

第五章では、実橋で観測された渦励振について論じている。1994年秋の閉合から、しばらくして橋軸直角方向の風で渦励振が発現することが分かり、渦励振の特性を把握するために行われた動態観測の結果を示している。その結果、(1)たわみ一次モードの渦励振は風速 $16\text{m/s}\pm 2\text{m/s}$ の範囲で生じ、振幅は 50cm 程度に達すること、(2)橋軸直角 $\pm 20^\circ$ の風に対しての渦励振が発現すること、(3)高風速では、鉛直たわみ2次モードが発生しうること、(4)風の乱れの強さは5%内外であり一樣流に近いこと、などを明らかにした。

第六章では、本橋の鉛直渦励振を抑えるための制振設計とTMDについて述べている。走行使用性の面から許容振幅を10cmとした背景を述べ、一次、二次モードについては供用下で生じ得るため、この規準を適用すること。次に三次から十次までのモード（いずれも設計風速以下で発生が予想）については、鋼桁の部分降伏から許容振幅が決定されたこと、が述べられている。一次、二次モードに対してはTMDで、三次以上のモードに対しては空力的対策で臨むこととしている。TMDは桁内に収めるために、新たに開発されたパンタグラフ形のTMDについて述べている。空力的対策については改めて風洞実験が行われ、橋面端に置く鉛直板（高さ37cm）の効果が大きいことを見出し、この策が採用されている実橋においてともに設置（TMDは一次、二次モード用に各々8個）され、TMDにおいては実橋において制振効果を確認している。すなわち、渦励振振幅が数分の一に低減していることを実データの上から示している。

第七章においては、本論文のまとめを述べている。

本論文は、東京湾アクアライン橋梁部に発現した、振幅50cmを超える渦励振を主題に、事前に行われた風洞実験との整合性、実橋の渦励振の特性、制振対策の開発について体系的に述べている。風洞実験と実橋との渦励振には高い整合性があったことを学術的なアプローチにより明らかにした点は、今後の長大橋の耐風設計に大きな貢献をするものと考えられる。風洞実験における部分模型と三次元弾性模型との関連性などについては、今後詰めるべき課題も多々残しているが、工学上多大な知見を呈示していると判断される。よって、博士（工学）の学位請求論文として合格と認める。