



長大橋主桁の耐風安定性評価の試み ～大阪湾岸道路西伸部の 連続斜張橋を対象として～

研究・開発機関 : 阪神高速道路株式会社、近畿大学、株式会社風工学研究所、名古屋工業大学、株式会社地震工学研究開発センター
 利用施設 : スーパーコンピュータ「富岳」
 計算規模 : 解析格子数約5900万、計算時間360時間
 利用ソフトウェア : OpenFOAM(数値流体計算コード)、SeanFEM(構造解析コード)

Before

- これまでは長大橋の耐風安定性を検証するために風洞試験を実施する必要がありました。
- 風洞試験を実施しても長大橋が振動するメカニズムまで特定することが困難でした。

After

- 風洞試験を実施しなくてもスーパーコンピュータを用いた数値解析で長大橋の耐風安定性の検証ができるようになります。
- 数値解析を行うことで長大橋が振動するメカニズムを特定しやすくなり、迅速に対策を検討することができるようになります。

背景と目的

現在、阪神高速道路湾岸線の延伸である大阪湾岸道路西伸部建設事業(神戸市東灘区から長田区)を行っています(図1)。当該路線では、六甲アイランドとポートアイランド間に世界最大規模の斜張橋(全長約2700m)を計画しています(図2)。

この7径間連続斜張橋は、長大な塔(主塔)から斜めに張ったケーブルを橋桁に直接つなぐ構造的な特徴から振動が生じやすくなります。また、主塔本数が多くなると振動モードがより複雑となり、多様な振動モードに対する風を要因とする振動が生じ、金属疲労の原因や利用者への不快感や不安感、さらには、構造部材の破壊や発散振動による橋の崩壊が生じる恐れがあります。よって、それらに対して安全、安心な構造とすることが耐風設計上、極めて重要な課題となります。

従来、橋の耐風設計では主桁や主塔のそれぞれに対して、部分模型による風洞試験を実施して耐風安定性を確認してきました。しかしながら、風の流れ場の可視化や風圧等の計測に手間を要するほか、風洞試験において振動するメカニズムを特定することは困難でした。また、振動を抑える対策方法はトライ&エラーによる試験を重ねるため、模型の製作や実験ケース数が膨大となる傾向にあります。

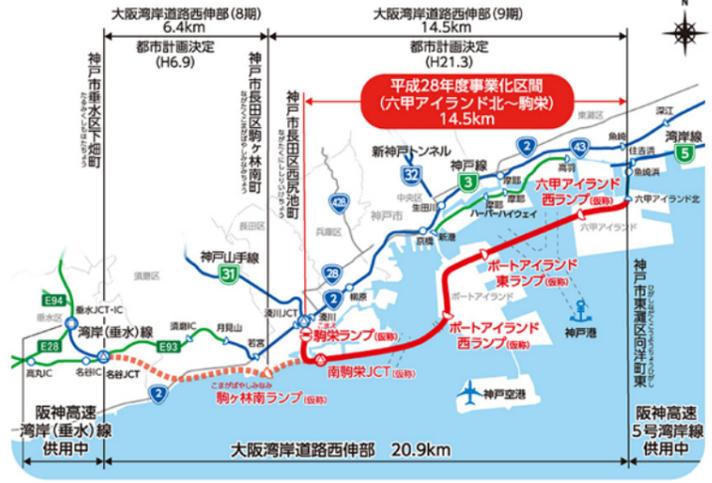


図1 大阪湾岸道路西伸部

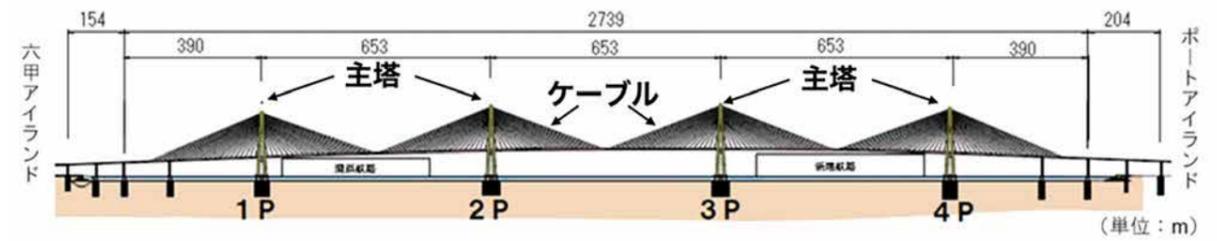


図2 六甲アイランドとポートアイランド間に計画されている連続斜張橋

さらに、長大橋の場合、大型風洞施設が必要となり、国内での試験の実施が困難になる場合もあります。

そこで、本研究では流体と構造物の連成解析による長大橋の耐風安定性の評価を実現することを目的とし、部分模型試験結果の再現解析や風の流れの可視化による振動メカニズムの解明を試みています。

利用成果

ここでは主桁の風洞試験模型(図3)を対象に数値流体解析を実施した事例について紹介します。流体と構造物の連成計算は、数値流体解析コード(OpenFOAM-V2106)と弾塑性有限変位解析コード(SeanFEM)を連成させて行いました。解析領域と解析モデルの概要を図4に示します。

解析モデルには風洞模型と同様、車両用防護柵や管理用高欄、検査車レール等の付属物も再現しました。計算格子は対象構造物に近づくに従って4段階の8分木法により細分化し、主桁周りの格子解像度は2mm(桁高Dに対し20分割)に設定しました。高欄等の付属物周りには更にもう1段階細分化し、付属物周りの格子解像度は1mmとした結果、解析格子数は約5900万となりました。時間刻みは 1.0×10^{-4} 秒とし、初期振幅として与えた3mmの振動振幅が収束するまで自由振動計算を実施しました。

計算の結果、主桁の部分模型試験(風洞試験)において風速1.6m/sで発生した渦励振による振動を数値解析でも再現することができました。図5に主桁周りの圧力係数コンターを示します。主桁周りの圧力場の可視化より、上流側箱桁の内側端部から生じた渦は下流側箱桁の内側端部に衝突し、下流側箱桁上面に強い負圧を引き起こすというメカニズムを明らかにできました。今後は、長大橋全体を対象とした流体-構造物連成解析にも取り組んでいく予定です。

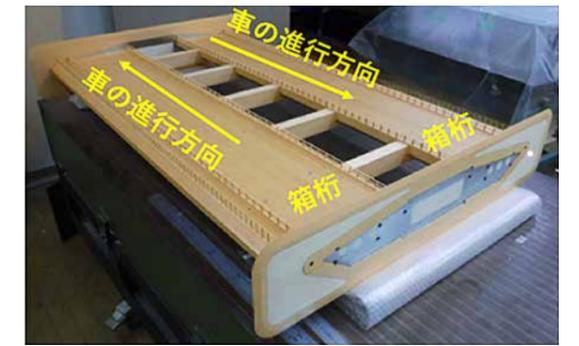


図3 主桁の風洞試験模型(スケール:1/60)

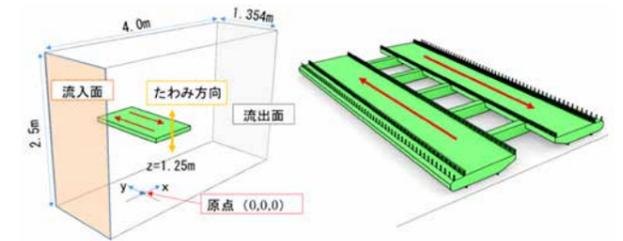


図4 解析領域と主桁の解析モデル

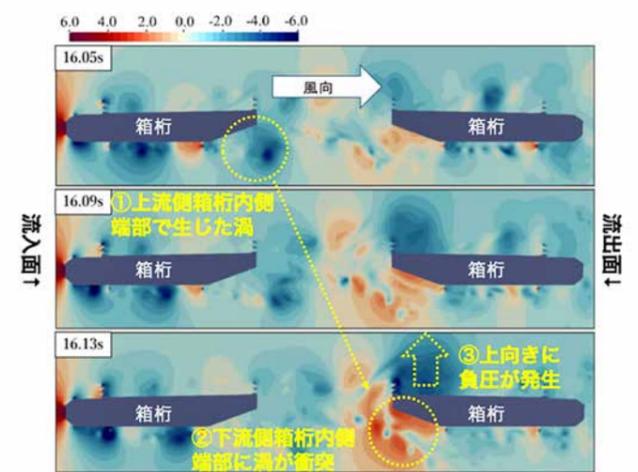


図5 主桁周りの圧力係数コンター