

大型アーチ橋の計測データと3次元有限要素解析に基づく風作用の同定

早稲田大学 学生会員 ○佐藤将敬 早稲田大学 正会員 佐藤靖彦
KSK 正会員 山下英俊 KSK 正会員 峯岸淳一 KSK 正会員 石沢 孝

1. はじめに

土木構造物の設計における荷重などの作用モデルは実際の作用と必ずしも一致せず、設計後の橋梁が実際の作用によってどのように挙動するか不明である。それゆえ、設計と維持管理における評価に大きなギャップがある。構造に作用する様々な荷重のうち風荷重に注目し、構造物にひずみセンサをはじめとする多種の計測機器を設置することで、経時計測データから風による橋梁の挙動と風の作用モデルを検討した。

2. 対象橋梁と計測値観察および3次元有限要素モデルの作成

対象構造物は2018年供用開始の気仙沼大島大橋である。本構造物は橋長397mの鋼中路式大型アーチ橋であり、補剛桁はボックス形状である。補剛桁のウェブ部材にFBGひずみセンサを設置し橋軸方向ひずみを測定した。また橋梁付近に風速計を設置した。橋軸方向ひずみは風発生時に図2に示すように1～2秒程度の周期を持つ継続的な振動波形が観察された。これらの作用は荷重値や作用形態が不明なため、有限要素解析で本橋梁の全体3次元モデルを作成し、風荷重を再現する作用モデルを検討する。作成した橋梁全体の3次元有限要素モデルを図3に示す。本解析は図2にもあるようにひずみの値が小さいため、部材が弾性の範囲内で変形すると考えられることから解析は線形解析とした。

以上の工程により各種計測データのひずみ変動の波形から風の作用を検討できるが、実際は複数荷重が同時発生し判定困難となるため本研究では風荷重のみ作用したと見られるひずみ変動のみを扱い、風による橋梁の挙動推定と作用モデルの検討を試みた。

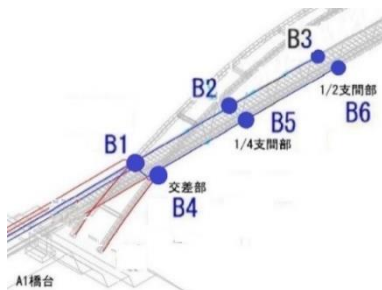


図1 ひずみセンサ設置箇所と名称

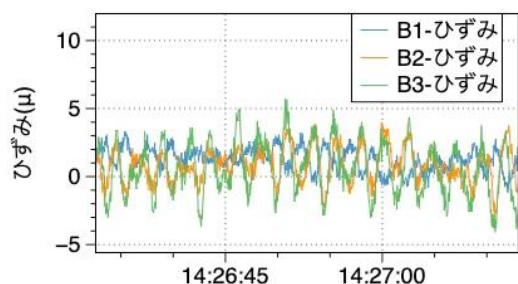
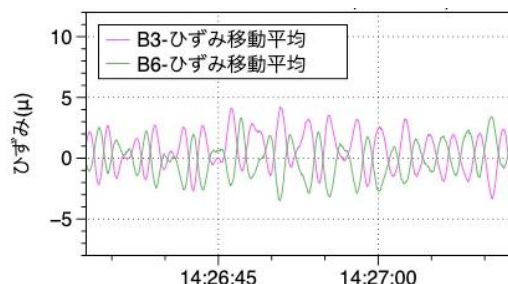


図2 風発生時のひずみ変動



図3 橋梁全体の3次元有限要素解析モデル



3. 風荷重の作用モデルの検討と評価

図2によれば、B3, B2, B1の順にひずみ振幅が大きく、B3, B6ひずみ値がおおよそ反転することから橋梁全体が橋軸直角水平方向に振動していると予想した。これは風速が時間的かつ空間的に不均一であることから生じるガスト応答によるものと考え、次のように作用モデルを設定した。道路橋示方書の静的風荷重を参考に風上

キーワード：FBG センサ、有限要素解析、風作用、作用同定、作用モデル

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保3丁目4-1 TEL 03-5286-3852

と風下部材に表 1 に示す値の一樣な分布荷重を橋軸直角水平方向に静的荷重として与えた(図 4)．この一樣な静的風荷重の強弱によってガスト応答が発生するものとし、観測されるひずみ振動の波 1 つ 1 つを荷重値-ひずみ間の線形則を用いて風速変動値に変換することで、作用モデルの妥当性を検討した．

風速 10m/s時のひずみ解析結果を表 2 に示す．ひずみの絶対値が橋梁中央ほど大きく、ひずみ値が東西で正負逆転することから、解析結果が実測ひずみ振幅値の傾向をおよそ再現できている．続いて、大きな風速が観測された 2019 年 10 月 25 日 19 時～20 時のひずみ振動について、波 1 つ 1 つの振幅を風速変動値に変換することで、該当 1 時間内の風速変動とその発生回数を判定した．

表 1 風荷重の作用値

風荷重 (kN/m^2)	
風上側部材	風下側部材
$3.0(V/40)^2$	$1.5(V/40)^2$

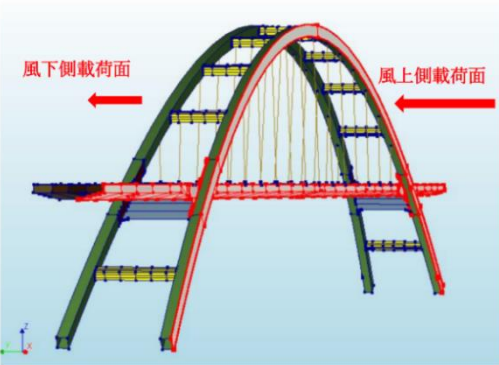


図 4 風荷重の載荷位置

表 2 風速 10m/s時の解析結果

ひずみ値(μ)					
B1	B2	B3	B4	B5	B6
3.39	-11.10	-16.32	-3.35	11.19	16.59

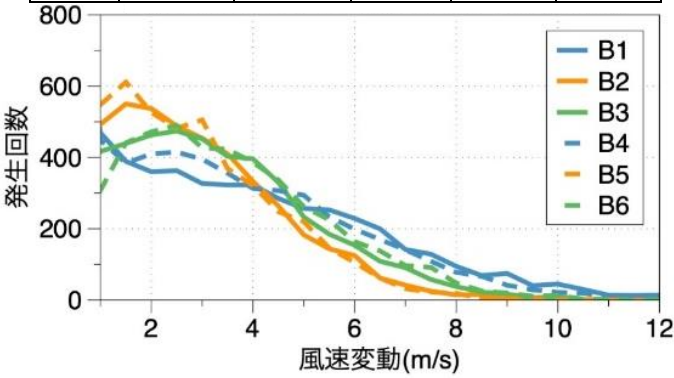


図 5 風速変動と発生回数の分布

各センサのグラフが完全に同一線上にあったとすれば実際の挙動と解析が全く同じであると言えるが、今回の結果においてはおよそ同一線上にあることから、本解析モデルは実際の挙動をおよそ再現しているとされる．風の作用を一樣な風荷重の強弱を用いることである程度橋梁の挙動を再現できることがわかったが、今後更なる作用モデルの模索によってより正確な橋梁の挙動を明らかにする予定である．

今後の展開として、有限要素解析によって橋梁内のあらゆる要素の応答を明らかにできるため、蓄積されていく計測データの継続的な処理により部材ごとの応力履歴が明らかになり疲労度判定が可能となる．このために作用モデルの改善に併せて膨大な計測データおよび有限要素解析結果を処理するためデータの処理の自動化を予定している．

4. まとめ

本研究によって得られた知見および今後の展開を以下に示す．

- (1) 橋梁に取り付けた計測機器と有限要素解析の連携により、風荷重のみが載荷した際の計測データから風作用による橋梁全体の挙動を推定し、解析における風荷重の作用モデルを提案した．より正確な橋梁の挙動を明らかにするため、今後継続して作用モデルの検討を行う．
- (2) 計測により構造全体の挙動を明らかにでき応力評価が可能であることがわかったが、今後の更なる作用モデルの改善とデータの自動処理化が必要である．

参考文献

1) 幹千尋, 古東祐介, 佐々木栄一, 斎藤一成, 石川裕治: 光ファイバセンサシステムを用いた都市高速道路橋の長期継続モニタリング, 土木学会論文集, Vol71, No.3, pp416-428, 2015

2) 日本道路協会, 道路橋示方書・同解説, I 共通編, 2017

3) 日本道路協会, 道路橋耐風設計便覧, 1991