

光ファイバセンサによる鋼・コンクリート合成床版のモニタリングに関する基礎的研究

芝浦工業大学 学生会員 ○大熊 将史
 芝浦工業大学院 学生会員 山下 大道
 IHI インフラシステム 正会員 鈴木 統
 芝浦工業大学 正会員 勝木 太

1 研究背景と目的

近年、耐久性に対して優れていることから、鋼・コンクリート合成床版が多く使われており、一般のコンクリート構造物と同様に維持管理の重要性も高まっている。しかし、鋼・コンクリート合成床版は、一般のコンクリート構造物とは異なり、コンクリートが鋼板に覆われているためコンクリートひび割れを目視で確認できないといった維持管理上の問題がある。そのためセンサなどを取り付け、劣化損傷に伴う構造性能の低下をモニタリングする手法の提案が望まれている。そこで本研究では、コンクリート内部に光ファイバセンサを埋設し、コンクリートの劣化損傷による鋼・コンクリート合成床版の変位増加、および固有振動数の低下をモニタリングできないか、曲げ試験によって確認するとともに、3次元 FEM 弾性解析を実施した。また2次元 FEM 弾性解析も実施し、3次元 FEM 弾性解析の解析値と比較し、より簡単な解析手法である2次元 FEM 解析の実用性の検討も行った。

2 供試体概要

図-1(a), (b)に供試体概要を示すが、合成床版は、主鉄筋、配力筋および厚さ 8mm の底鋼板上に溝形鋼が配置されており、コンクリートの厚さ 252mm、断面幅 1200mm である。曲げ試験は、支間長を 3000mm とし、2点载荷（载荷点間隔 400mm）で行った。

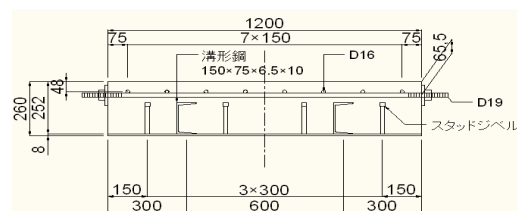
3 計測概要

3.1 計測機器と設置箇所

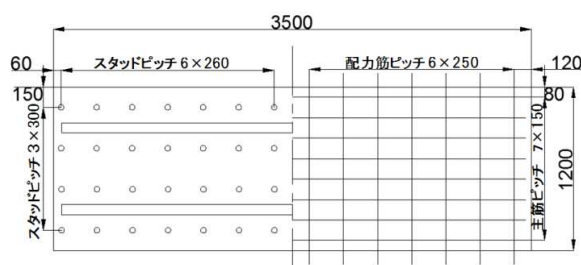
光ファイバセンサ（SOFO センサ）を供試体断面中央の底鋼板上と圧縮主鉄筋に、接触式変位計をスパン中央と支点近傍に設置した。

3.2 荷重条件

図-2 に荷重載荷過程を示すが、载荷方法は漸増繰返し载荷とし、固有振動数の測定は設定荷重除荷時に行った。



(a) 供試体断面図



(b) 供試体平面図

図-1 供試体概要

4 解析概要

解析は3次元 FEM 汎用解析ソフトを用いて行った。解析で用いた材料特性値を表-1 に示すが、メッシュ割において溝形鋼のモデルが複雑となってしまう。そこで3次元 FEM 解析においては、溝形鋼をそれと等価な断面2次元モーメントを有する長方形鋼材を配置して解析を行うこととし、鋼材の総重量が同じになるように重量密度の補正を行った。また2次元 FEM 解析では、溝形鋼は断面積を等しくするため剛性が等しくなるようにヤング係数値を補正した。また本解析ソフトは弾性解析のため、ひび割れ発生後の解析ができない。そのため、かなり簡易的ではあるが、ひび割れが発生した位置の要素の弾性係数を 1N/mm^2 とし解析を実施した。なお、3次元 FEM 解析では各荷重段階で計測された平均ひび割れ間隔をスパン中央域にひび割れ要素として設け、その高さは各荷重段階における平均ひび割れ高さとした。2次元 FEM 解析では各荷重段階で発生したひび割れ位置にひび割れ要素を設け、計測されたひび割れ高さを各要素に反映させた。

図-3, 4 にそれぞれの解析モデルを示す。

キーワード 合成床版, 固有振動数, 光ファイバセンサ, モニタリング

連絡先 〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学コンクリート構造研究室 Email:h07025@shibaura-it.ac.jp

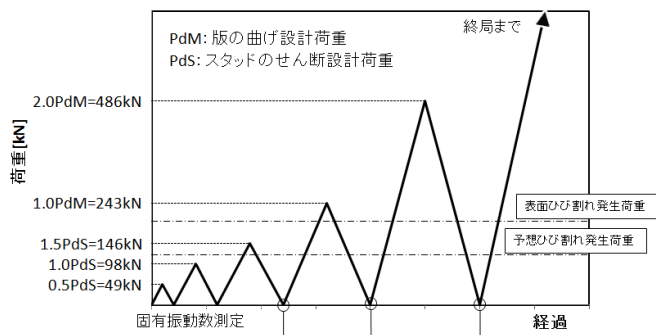


図-2 荷重載荷過程

表-1 解析に用いた材料特性

	コンクリート	鋼材	リブ		
			理論値	3次元	2次元
ヤング係数 [kN/mm ²]	22	200	200	200	540000
ポアソン比	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3
重量密度 [kN/m ³]	23	77	77	41	77

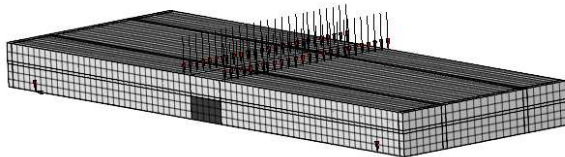


図-3 3次元 FEM モデル

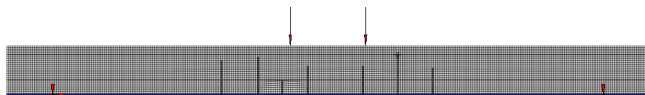


図-4 2次元 FEM モデル

5 結果

図-5 には、各荷重段階におけるたわみの解析値と変位計による実測値を示す。なお図中には、圧縮域および引張域に設置された光ファイバセンサで計測されるひずみから曲率をもとめ、たわみに換算したものも付記した。

図より荷重 146kN（ひび割れが発生する以前）までは実測値、解析値ともにほぼ同じ値となった。しかし、荷重 243kN（ひび割れ発生直後）においては、多少ではあるが 2 次元の解析値は実測値とかい離する傾向になることが分かる。また光ファイバセンサによって評価されたたわみは、比較の実測値を評価できることが確認された。

荷重 486kN（鋼板は降伏していないがひび割れの発生が顕著な状態）においては、実測値と解析値に大きな差が生じ、ひび割れ部分の要素のヤング係数を低下させる方法では評価できないことが分かった。そのため、ひび割れ損傷が大きくなる場合については、非線形解析による評価が必要になると考えられる。

また、光ファイバセンサによるたわみ評価については、解析結果ほど実測値とかい離しておらず、約 1mm 程度の誤差があることが確認された。

次に図-6 には、各荷重段階における固有振動数の解析値と光ファイバセンサによって得られる実測値を示す。図より解析値は実測値に比べ全体的に高い値となったが、ひび割れ損傷による低下の挙動を比べると、荷重 486kN において実測値では 1.3Hz の低下、3 次元 FEM 解析では 1.5Hz の低下となり、振動特性の変化を再現できる可能性を示唆した。

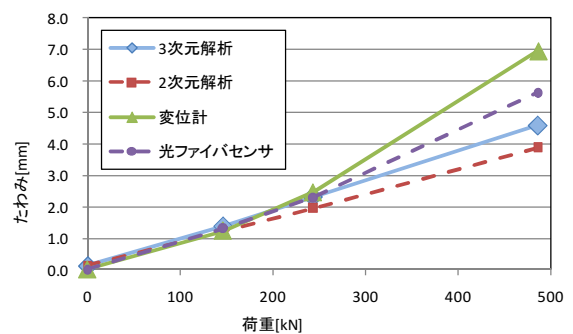


図-5 解析値と実測値のたわみ

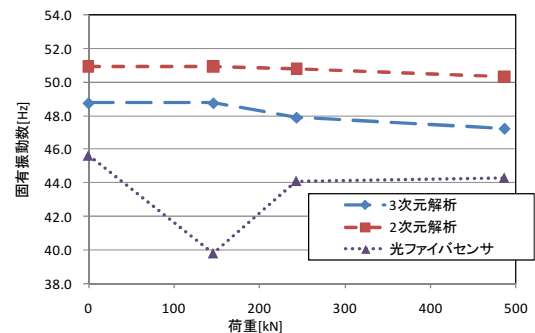


図-6 解析値と実測値の固有振動数

6 まとめ

- 1) 光ファイバセンサによるたわみのモニタリングについては、ひび割れが顕著な場合においても比較的精度よくモニターできることが分かった。ただし、解析については非線形解析による評価が必要である。
- 2) 固有振動数評価については、解析結果の絶対値は異なるものの、ひび割れ発生に伴う固有振動数の低下は評価できる可能性があることが分かった。

謝辞

本研究は芝浦工業大学と株式会社 IHI インフラシステムとの共同研究であることをここに付記する。また研究にご協力いただいた株式会社 IHI 検査計測 河野豊氏、芝浦工業大学 井村竜也氏に感謝の意を表す。