

## RC橋桁端部の塩害複合劣化モニタリング技術の検討

前田建設工業株式会社	正会員	○小原 孝之
前田建設工業株式会社	正会員	米田 大樹
株式会社コムスエンジニアリング	正会員	土屋 智史
鹿島建設株式会社	フェロー会員	古市 耕輔

## 1. はじめに

冬季に積雪を伴う道路においては、路面の凍結を防止するために塩化ナトリウムを散布するため、凍結防止剤が橋梁の連結ジョイント部などを経路として主桁に流れ込むことによる塩害が問題となっている。さらに、桁端部に疲労荷重が複合的に作用する場合に、急激な変状を伴う場合がある。桁端部はアクセスが困難である場合も多く、目視点検や診断を補助する効果的なモニタリング技術が求められる。そこで、本検討では、コンクリート桁橋の桁端部の塩害に伴う複合劣化の監視や診断に有効なモニタリング手法について検討する。

本検討では、塩害による劣化と荷重の作用による構造性能の低下を複合的に再現できる有限要素解析を用いて桁端部の複合劣化をシミュレートし、その劣化の監視や診断に用いることができる効果的なモニタリング手法を検討する。モニタリング手法としては、①画像処理による変状のモニタリングと、②動画画像処理によるひび割れ挙動のモニタリング、③たわみのモニタリングの3種類を取り上げて適用性を検討する。

## 2. 複合劣化有限要素解析の概要

対象とする橋梁は、市町村道にみられる一般的なRCT桁橋とし、桁高1.32m、支間長10m、主鉄筋比2.1%とした。桁端部の複合劣化の解析には、DuCOM-COM3を用いた<sup>1)</sup>。初めに、水和の進行に加え、経年的な塩分浸透とひび割れを伴う鋼材腐食を再現し、続いて、塩害劣化を生じた部材の両端を単純支持した状態で支間中央に集中荷重を作用させることで、塩害の影響が異なる桁端部に生じる剛性や耐荷力の変化を連成解析により再現した。表1、図1に検討ケースと解析モデル図を示す。環境条件としては、桁端部から2mの範囲<sup>2)</sup>において、湿度80%、表面塩分濃度10%<sup>3)</sup>を設定し、経過年数としては、5年(経年劣化なし)、5年経過、20年経過の3水準に異ならせた。条件の異なる3ケースそれぞれにおいて経過年数後に、支間中央に静的載荷を行った。

表1 解析ケース

ケース	経年劣化	構造解析
1	経年劣化なし 5年経過	支間中央に 静的集中載荷
2	塩分浸透・鉄筋腐食あり 5年経過	
3	塩分浸透・鉄筋腐食あり 20年経過	

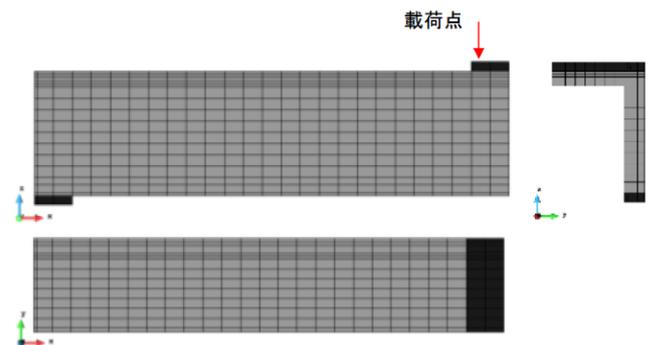


図1 解析モデルの概要(1/4モデル)

## 3. 解析結果

経年劣化解析結果として、塩化物イオン濃度分布とコンクリートの主ひずみ分布を図2に示す。これによると、ケース2と3ともに桁端部で $14\text{kg/m}^3$ に至る高い塩化物イオン濃度に達している。さらに、コンクリートの主ひずみ分布は、ケース2においては桁端部の曲げ主鉄筋の位置に $8,000\mu$ に達している。ケース3においては桁妻部及び端部下面のコンクリートにひずみの大きな箇所がさらに広がり分布的に見受けられ、塩害によるコンクリートの損傷が経年劣化により進行し、ケース2よりも劣化がさらに甚大になっていることが分かる。

キーワード 塩害, 複合劣化, RC桁端部, 有限要素解析, モニタリング

連絡先 〒302-0021 茨城県取手市寺田5270 前田建設工業株式会社 ICI 総合センター TEL0297-85-6171

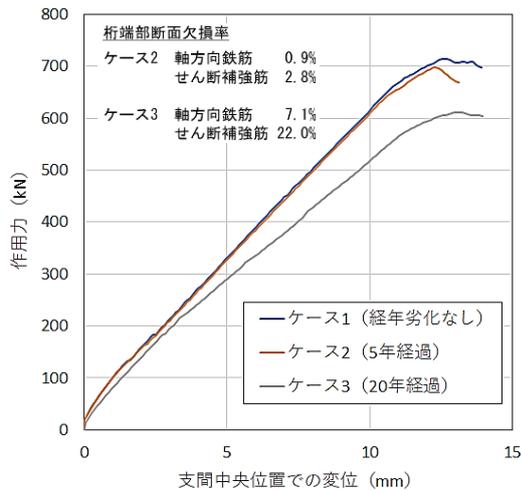
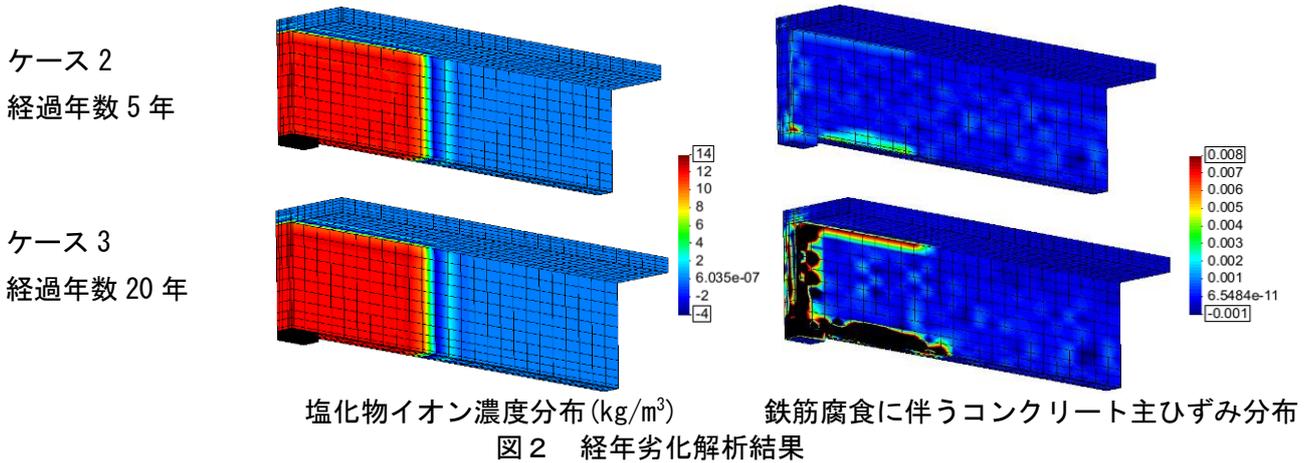


図 3 静的載荷解析結果

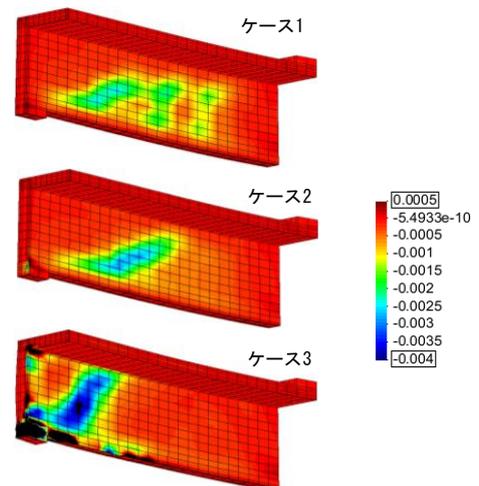


図 4 せん断ひずみ分布図

構造解析結果を図3と図4に示す。図3の作用力と支間中央位置での変位の関係によると、ケース1とケース2では大きな差異は見られないが、ケース3においては、200kNあたりから他の2ケースと比較して大きな変位が生じた。終局耐力も他の2ケースと比較して、ケース3は100kN程度低い結果となった。さらに、図4の主せん断ひずみ分布図によると、経過年の増大に伴ってせん断ひび割れの位置が桁端部妻側にシフトしており、せん断ひずみの値も大きくなっている。このことより、軸方向鉄筋とせん断補強鉄筋の腐食劣化によるひび割れと断面減少が、桁端部のせん断耐荷力を低下させたと考えられる。

#### 4. モニタリング技術の検討

以上のことから、桁端部の劣化監視、診断には、斜めひび割れが大きく開口する現象を監視、検出するモニタリング手法が有効であると考えられる。①画像処理による変状のモニタリングは、定期的に桁端部の静止画像をカメラにより取得し、せん断ひび割れの有無やその位置を把握することに有効である。②動画画像処理によるひび割れ挙動のモニタリングは、検出されたせん断ひび割れが有害であるか否かの評価、診断に有効である。③たわみのモニタリングは、定期或いは常時計測することにより、重篤な劣化を検出することは可能であると考えられるが、計測誤差を含んでしまうことが多いため、たわみ値を精度よく計測できるモニタリングシステムを採用する必要があると考えられる。

#### 参考文献

- 1) 前川宏一, 石田哲也, 土屋智史: 非線形解析技術 — ナノからマクロへの連携 —, プレストレストコンクリート — PC とコンクリート構造 —, Vol. 43, No. 2, pp. 43-49, プレストレストコンクリート技術協会, 2001. 3
- 2) 熊谷和夫ほか: 北陸地方の橋梁けた端部のコンクリート部材の損傷特性と劣化推移, 土木学会論文集, Vol. 798/IV-68, pp. 31-39, 2005.
- 3) 国土交通省 国土技術政策総合研究所: 凍結防止剤散布と沿道環境, 国総研 資料, 第 412 号, 2007. 7