

鉄道構造物へのヘルスマonitoring手法導入に向けた研究

JR 東日本 正会員 ○小林 亮司

JR 東日本 正会員 下山 貴史

JR 東日本 正会員 長澤 徹

1. はじめに

鋼鉄道橋りょうは、50 年以上経年の進んだものが数多くを占めている。また、橋りょうを維持管理していく土木社員数の減少も見込まれている。このため、検査精度の向上と効率的な維持管理が求められている。そこで、本研究においては橋りょう維持管理にヘルスマonitoringを導入するための方法について検証を行なった。まず、過去の検査データを使用し、変状内容の分析を行った。分析の目的は、重大な変状の一つである疲労き裂を早期に発見することとした。分析を行った橋りょう形式は下路鉸桁とし、き裂の発生が多い部材や年代についての絞り込みを行った。そして、具体的なモニタリング方法として、変状の可視化と数値化といった二つの観点からの検証を行なった。

2. 目的

本研究では、き裂の発生を早期に捉えるにはどのような部位をどのような方法でモニタリングを行えば効果的であるかを検証することとした。ヘルスマonitoringとは各構造物に設置したセンサにより常態監視を行い、構造物の変状を捉えようとする手法である（図-1）。土木構造物は多

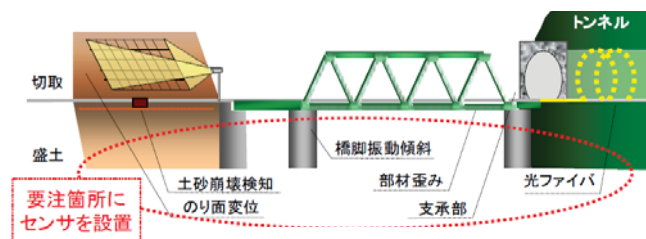


図-1 ヘルスマonitoringイメージ

種多様であるため、ヘルスマonitoringを行うことの目的を明確化することが大切である。今回、研究対象とした鋼橋りょうにおいても形式や部材、変状種類は多岐に渡る。鋼橋りょうで考えられる列車運行の安全に影響を与える変状は、き裂、腐食による断面欠損、接合部の不良である。この中で、き裂は進行により脆性破壊に移行し、最悪の場合、橋りょうの崩壊につながる恐れがある。そこで、橋りょうに発生する重大な変状（き裂）の発生を早期の段階で捉えるための、ヘルスマonitoring手法導入に向けた研究を行うこととした。

3. 研究内容

過去の検査データの分析によるモニタリング対象の絞り込みと、変状の可視化、数値化による具体的なモニタリング方法の検証を行った。

3-1. 検査データ分析

過去の検査データを分析し、変状が多く発生している製作年代や部材など調査した。そして、効果的にヘルスマonitoringを行うための橋りょうの絞り込みを行った。

データ分析した橋りょう形式は、構造が複雑で、過去に疲労き裂発生により列車抑止の経験がある下路鉸桁について実施した。き裂が多く見られる部材は、縦桁、横桁であった（図-2）。縦桁と横桁は複雑に結合されているため、き裂の発生が多いと考えられる。列車の支持に直接与える影響と、き裂の進展を考慮すると横桁と縦桁に注目すべきと考える。

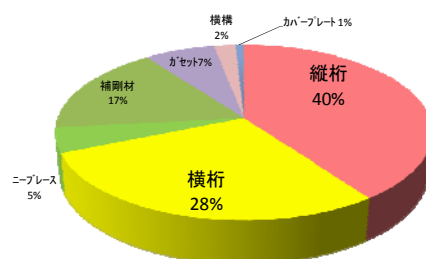


図-2 き裂発生部材

キーワード 橋りょう維持管理、ヘルスマonitoring

連絡先 〒260-8551 千葉県千葉市中央区新千葉1丁目3番24号 Tel 043-225-9153

また、製作年により、き裂発生数に違いがあるのか分析したところ、1940年代以前の橋りょうのき裂が多いことが分かった。経年による累積疲労損傷度の増加や、使用している鋼材などの影響があると考えられる。桁角度別では、直桁よりも斜角桁の方が多く結果となった。き裂が発生した部材の存在する線路等級は、主に1級・2級線であったため、列車の通トン数の影響が大きいと考えられる。これらの分析の結果、下路鉸桁においては1940年代以前に製作された1、2級線の斜角桁、部材としては横桁と縦桁に絞って優先的にヘルスマニタリングを行うことが効果的であると考えられる。

3-2. ヘルスマニタリング方法の検証

き裂の発生と進展をモニタリングする方法として、き裂の可視化と数値化という二つの観点から検証を行った。

変状を可視化するための方法として、応力発光材料¹⁾ というものに着目した。応力発光材料は、圧縮や引張等の応力変化により発光する材料である。橋りょうに塗付した応力発光材料で、応力集中箇所を検知できるかを検証をした。発光する応力状態を確認するため、試験体に応力発光材料を塗付し引張試験を実施した(写真-1)。試験体が破断する直前に発光を確認できたが、ひずみ変化量がある程度の速度と大きさにならないと発光強度が強くなると考えられる。通常状態の橋りょうでは、目視できる発光域のひずみ変化量まで応力が増大することはないため、現状においては、鉄道橋りょうでの応力集中箇所の検知は難しいと考えられる。

変状を数値化する方法としては、クラックゲージを使用したき裂の発生と進展を捉える方法を検証した。クラックゲージは、き裂が発生すると0.5mm間隔のグリッド線が断線し電気抵抗値の変化によりき裂を感知する仕組みになっている(図-3)。試験体を作成し、繰返し載荷疲労試験により疲労き裂を発生させ、クラックゲージで検知が可能であるか確認を行った。塗装、無塗装によりき裂の検知に違いがあるかを見るために、試験体の半分を塗装、もう半分を無塗装とした。無塗装部においては、き裂の発生と進展に伴いグリッド線が断線していくことを確認できた(図-4、5)。その後、磁粉探傷試験を行い、クラックゲージが確実にき裂を捉えているかの確認を行った(写真-2)。クラックゲージをき裂発生予測箇所に設置できれば効果的だと考えられる。

4. まとめ

鉄道橋りょうに、ヘルスマニタリング手法を導入するためには課題が多く存在している。今回行ったデータ分析後においても、モニタリング対象箇所は多数存在し絞り切れていない。今後も更に分析を進め、モニタリング対象部位を絞り込む必要があると考えられる。また、データからだけでなくレール継目部付近や構造上の応力集中箇所等、実際の現場を踏まえた分析を行うことも大切である。

ヘルスマニタリング方法については、他業種での研究なども参考とし、橋りょうへの効果的な導入方法について検証を続けていく必要がある。

【参考文献】

1) 今井祐介ほか「応力発光材料を用いた応力分布の可視化」第2回学際領域における分子イメージングフォーラム 2006.11



写真-1 引張試験体

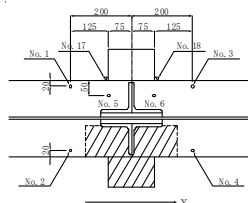


図-3 ゲージ貼付図

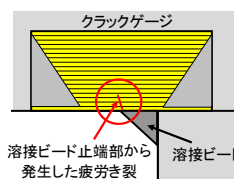


図-5 クラックゲージ

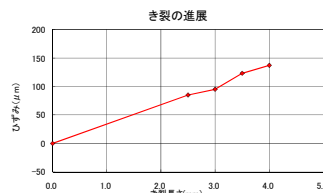


図-4 き裂進展状況

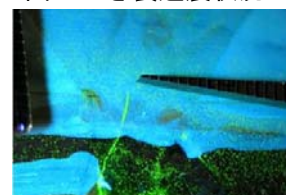


写真-2 磁粉探傷試験