

PC 鋼材の腐食破断を再現した PC 桁のモニタリング手法の検討

(株) 高速道路総合技術研究所 正会員 ○岩生 知樹 正会員 長谷 俊彦 正会員 萩原 裕樹

1. はじめに

現在、PC 橋の健全度調査手法として、荷重載荷や加振によって得られる応答に着目する手法は存在するが、PC 鋼材破断検知による PC 橋の健全度評価方法は確立されていない。特に、PC 橋の維持管理においては、PC 鋼材の健全性を把握することが重要となるため、本研究では実橋から撤去したプレテンション PC 桁を用いて PC 鋼材の腐食破断試験を行い、広帯域 AE センサ¹⁾によって PC 橋の健全度評価を目的とした PC 鋼材破断検知モニタリング手法について検討を行ったものである。

2. 試験体概要および PC 鋼材の腐食促進方法

対象とした PC 橋は、支間 13m のプレテンション方式 PC 単純 I 桁橋であり、架け替えに伴い撤去した PC 桁である。本検討では、外観目視などにより比較的健全と推定した 2 本の PC 桁（以下、「G11 桁」、「G12 桁」とする）を使用し、PC 鋼線（SWPR2）の腐食を促進させた。腐食促進は桁下フランジの PC 鋼線を 2 段程度はつり出し、水槽を設置、直流電源により電氣的に腐食を促進させた。なお、かぶりが薄く雨水等による腐食の影響を受けやすい桁下フランジ外側の PC 鋼線から段階的に腐食させた。また、促進腐食は 100kN の一定荷重を載荷した状態で行い、はつり出した PC 鋼線が全て破断した後に静的載荷試験を行った。腐食促進方法について図 1 に示す。

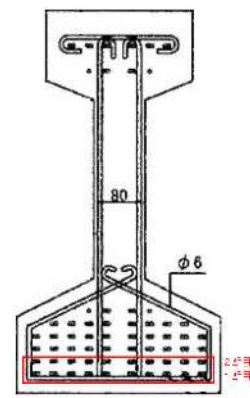


図 1 腐食促進方法

3. 計測方法

PC 鋼線の腐食破断試験では、広帯域 AE センサを 2m 間隔で設置し AE 計測システムを用いて、PC 鋼線が破断する時に発生する AE の測定を行った。計測概要およびセンサの取付位置を図 2 に示す。AE 法におけるモニタリング手法について、主な検討の内容は、①AE の発生状況、②AE 波形の分類、実橋モニタリング時に取得した波形との比較、③AE センサの設置位置とした。

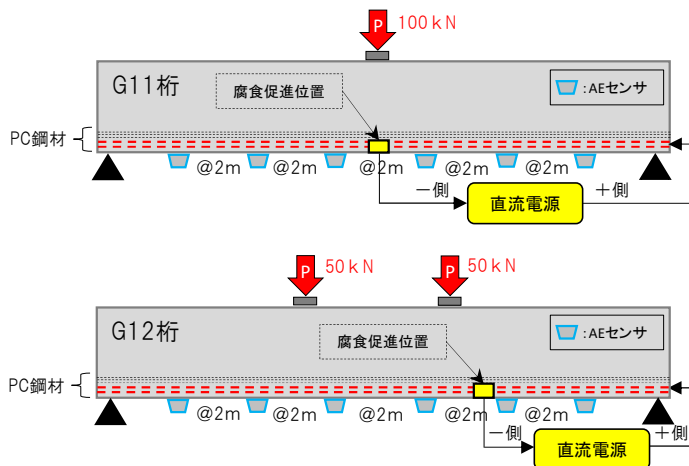
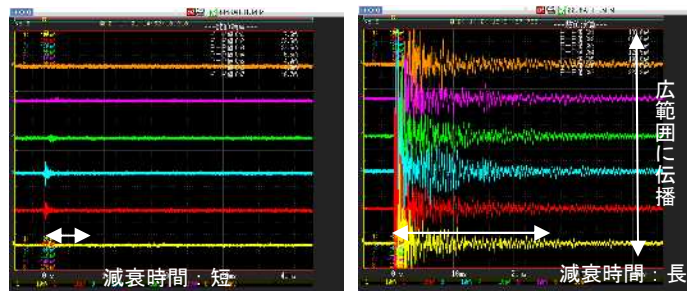


図 2 計測概要およびセンサの取付位置

4. 試験結果

4.1 AE の発生状況

腐食破断試験時に検出した AE のうち、G12 桁は腐食破断試験の期間中に、コンクリートのひび割れによると考えられる AE は計 3 回、PC 鋼線の破断による AE は計 39 回の累計 42 回の AE が検出された。この AE は試験中に聴覚で確認した PC 鋼線の破断のタイミングと一致することを確認している。G11 桁は腐食破断試験の期間中に、コンクリートのひび割れによると考えられる AE は計 7 回、PC 鋼線の破断による AE は計 36 回の累計 43 回の AE が検出された。主な AE 波形の例を図 3 に示す。



(a) ひび割れ (b) PC 鋼材破断

図 3 主な AE 波形の例 (G12 桁)

キーワード PC 桁、鋼材腐食破断、モニタリング、広帯域 AE センサ

連絡先 〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1 (株) 高速道路総合技術研究所 TEL042-791-1943

4.2 AE 波形の分類

腐食破断試験時の载荷中に検出したコンクリートの割れおよび PC 鋼線破断による AE 波形の例を図 4 に示す。

また、供用時の実橋モニタリング時に取得した AE 波形と撤去後の腐食破断試験で取得した信号について FFT 解析を行った結果を図 5 に示す。PC 桁のコンクリート表面で検出する弾性波の周波数としては 1kHz～35kHz となり、供用時と撤去後ではほぼ同じ結果となったが、AE 波形の減衰状況や伝播距離に着目することで、ひび割れ発生から PC 鋼線の破断を区分することは可能である。一方で、AE 波形の卓越周波数については、供用時と撤去後に関連性は見受けられなかった。これは、間詰コンクリートや横締め PC 鋼材の有無など、測定対象条件の差異が影響しているものと推察される。

4.3 AE センサの設置位置の検証

AE センサ設置位置については、設置間隔が狭いほど位置標定の精度が向上するが、コンクリート部材が健全な場合は、最小限 PC 桁端部に各 1 箇所とし、計 2 箇所の設置でも計測可能である。また、AE 法が適用できる支間は実験的検討により 17m まで問題なく計測できることが確認されている。

5. おわりに

本検討では、PC 鋼材の腐食破断の影響を考慮した PC 桁のモニタリング手法について、AE センサを用いて PC 鋼線の破断信号を検知し、実橋モニタリングにおける計測結果と比較することで、その再現性を確認したものであるが、変状に伴う AE 波形の周波数帯域が概ね判明し、ひび割れ発生から PC 鋼線の破断まで測定することが可能であった。また、PC 鋼線の腐食促進後に実施した静的载荷試験時の PC 鋼線の破断検知状況を図 6 に示す。破断検知の状況は大きく 3 つに区分され、PC 鋼線の破断が集中した②以降では急激に変位量が増加し、曲げ破壊に至っている。現地でのモニタリングに活用する際には、残存プレストレス力との関連性や何らかの評価手法により、PC 鋼材の連続的な破断の予兆を捉えることで PC 桁の健全度の評価が可能になると考える。

今後、実橋で適用するにあたっての現場条件や維持管理手法や閾値の明確化など、実用化に向けた課題解決に取り組んでいきたい。

参考文献

- 1) 榎園, 谷倉, 萩原, 豊田: 広帯域 AE センサを用いた衝撃弾性波法による健全性調査システムの開発, 日本非破壊検査協会平成 29 年秋季講演大会講演概要集, pp.57-60, 2017.10

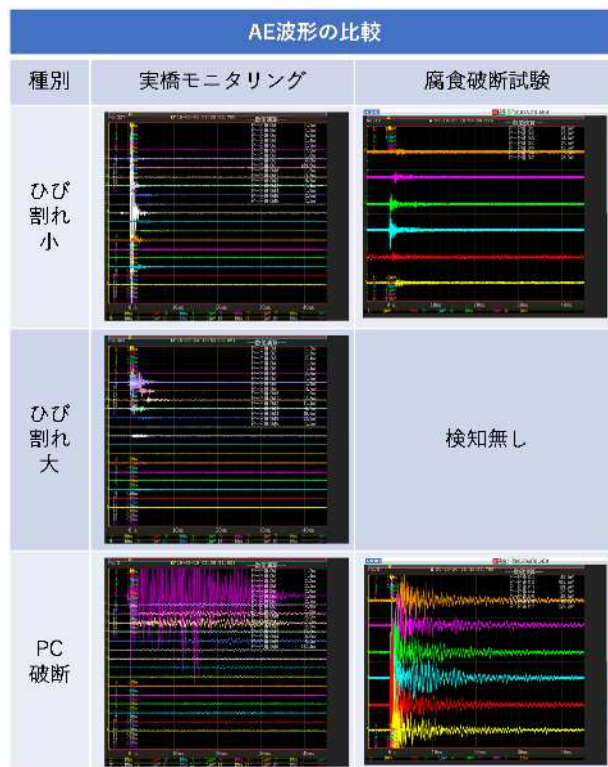


図 4 PC 鋼線破断などによる AE 波形の例

周波数帯域の比較		
種別	実橋モニタリング	腐食破断試験
ひび割れ小	【卓越周波数】 7.5kHz 【周波数帯域】 5kHz～35kHz	【卓越周波数】 13kHz 【周波数帯域】 6kHz～35kHz
ひび割れ大	【卓越周波数】 11.8kHz 【周波数帯域】 3kHz～30kHz	検知無し
PC 破断	【卓越周波数】 5.8kHz 【周波数帯域】 1kHz～33kHz	【卓越周波数】 2.6kHz 【周波数帯域】 1kHz～33kHz

図 5 PC 鋼線破断などによる周波数帯域

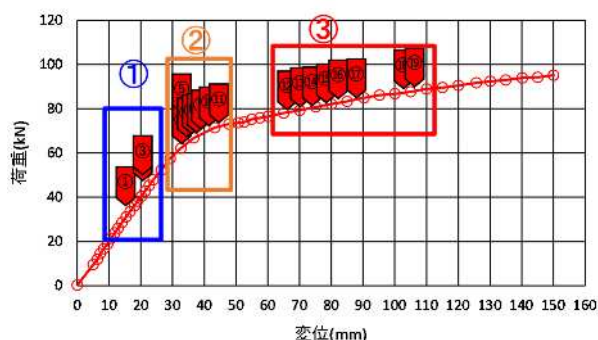


図 6 静的载荷試験時の PC 鋼線の破断検知状況