

AE法のPCグラウト注入モニタリングへの適用

熊本大学大学院			○川崎裕太郎
(株)富士ピー・エス	正会員	博(工)	山田 雅彦
熊本大学工学部		博(工)	友田 祐一
熊本大学大学院		工博	大津 政康

Abstract : The presence of ungrouted tendons draws a great attention in prestressed concrete (PC) structures. Thus, monitoring techniques for grouting procedure are extensively under development. For continuous monitoring of equipments, acoustic emission (AE) techniques have been applied to detecting friction noises. Therefore, an applicability of AE technique to monitoring grouting procedure is attempted in a construction site of a PC bridge. It is found that AE activities are actively observed in the grouting procedure and AE parameter analysis is useful for estimating grouting performance.

Key words : Acoustic emission, monitoring of grouting procedure, PC bridge under construction.

1. はじめに

PCグラウトの未充填はPC構造における主要な欠陥部として問題となっており、グラウト注入施工にあたっては、様々なモニタリング手法が提案されて評価が試みられている。グラウト注入時にはシース管内を粘性体が通過するためニュートン摩擦による接触音が発生する。このような接触音の常時監視に関しては、旋盤などの回転工作機具において、AEモニタリングの有効性が知られている¹⁾。そこで、グラウト注入モニタリングへのその適用性を検討するために、建設中のPC橋においてグラウト注入時のAEモニタリングを実施した。

2. 実験概要

2.1 実験対象橋梁

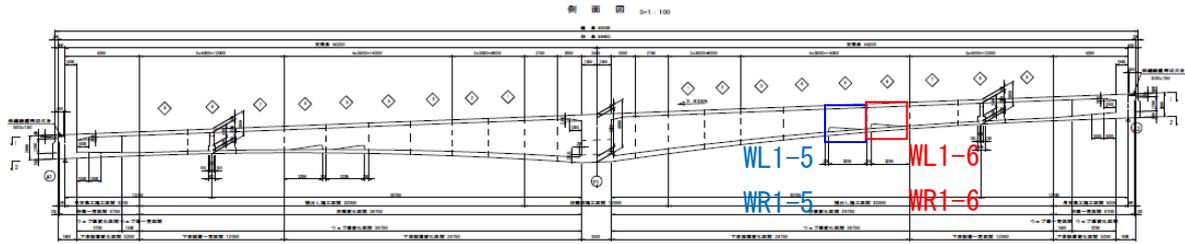
本実験の対象橋梁は、熊本県上益城郡御船町で建設中のボックスガーダー形式のPC橋である(写真-1)。実験は、ウェブ内主ケーブルを対象としwl1-5, wl1-6, wr1-5, wr1-6の4箇所計測を行い、グラウト注入過程をAE法にて把握することを目的としている。図-1(a)～(c)にそれぞれAE計測位置、橋梁全体と測定位置の関係、ウェブ断面と測定位置との関係について示す。



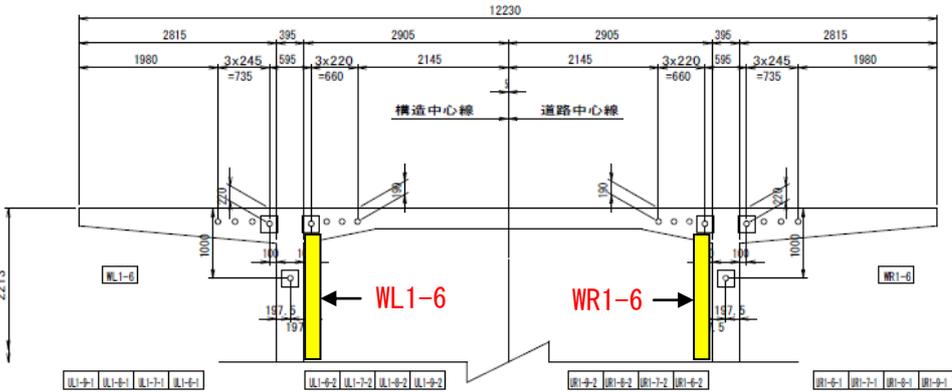
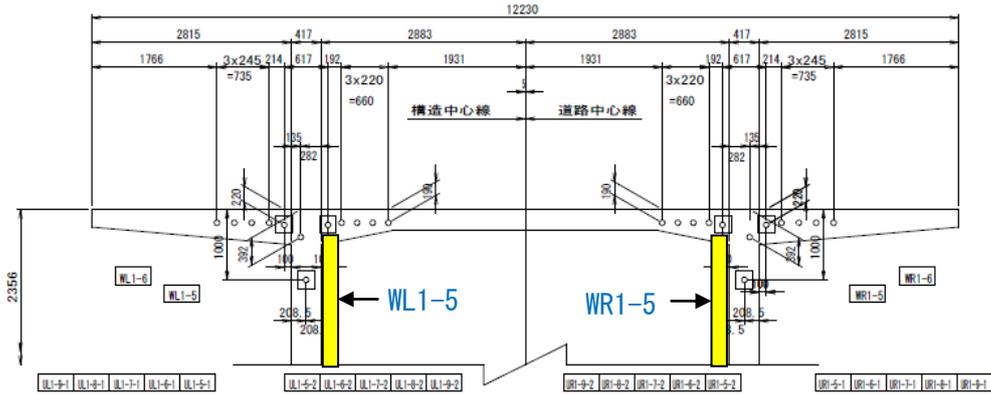
写真-1 対象橋梁の外観



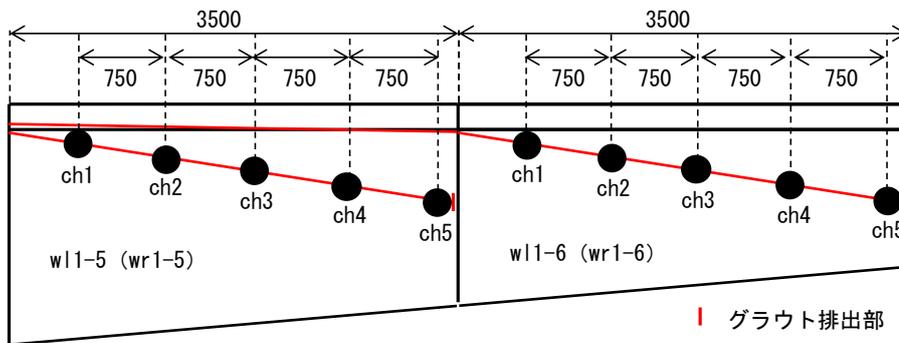
写真-2 AE計測試験状況



(a) 橋梁全体と測定位置の関係



(b) ウェブ断面と測定位置の関係



(c) AE 計測位置 (mm)

┆ グラウト排出部
● AEセンサ

図-1 試験体概要

2.2 AE計測試験

AE計測は、ウェブ部主ケーブルのグラウト注入時に、コンクリート表面（ウェブ側面）にAEセンサを図-1に示すように750mm間隔で計5個設置し、排出側3000mmでの注入状況をモニタリングした（写真-2）。実験に用いたシースは鋼製シースφ77mm、鋼材はPC鋼より線（12S12.7）、グラウトは超低粘性型PCグラウトノンブリージングタイプのものを使用した。

AE計測条件として、AEセンサはR-15（共振周波数150kHz）を使用し、周波数帯域は1kHz～200kHz、検出されたAE信号は、プリアンプ40dB、メインアンプ20dBの計60dB、しきい値は44dBとした。また、サンプリング周波数を1MHzとして信号波形をA/D変換し、1波形を1024個の振幅値のデータとして記録した。なお、注入作業等による外部音（ノイズ）は確認されなかった。

3. 結果及び考察

3.1 AE発生挙動

AE計測試験により得られた各測定箇所におけるAE発生挙動を図-2に、グラウト注入過程を表-1に示す。表-1に示す注入過程1/3終了時について、1/3終了時の確認を計測位置w11-6から行ったため計測位置w11-5では空欄としている。

図-2より、全ての計測位置において、グラウト注入開始時からAEヒットが確認された。計測位置w11-5では、グラウト注入開始時に活発なAE現象が確認され、その後は停滞している。しかし、グラウトがシース管の2/3の位置を通過した360秒以降再度AEヒットの増加が確認され、特にch5では、450秒経過時にAEヒットの顕著な増加が確認された。この結果より、計測位置w11-5ではグラウト注入開始360秒から480秒の間にセンサ下をグラウトが通過したと推測される。また、計測位置w11-6では、継続的にAE現象は確認されたが、センサ下をグラウトが通過したと判断する明確な現象は認められなかった。

計測位置wr1-5、wr1-6ではch5において、AE現象の頻出期が確認されたがch1～ch4では確認されなかった。しかし、w1側においてAE現象の頻出期や推移を評価することができ、グラウト注入モニタリングへの有効性が認められた。

表-1 グラウト注入過程

	グラウト注入過程 (sec)							
	真空 start	注入 開始	1/5 終了	1/3 終了	1/2 終了	2/3 終了	4/5 終了	注入 停止
w11-5	0	60	180	-	300	360	480	540
w11-6	0	60	240	300	360	420	540	660
wr1-5	0	60	240	270	300	420	480	540
wr1-6	0	60	180	300	360	420	480	660

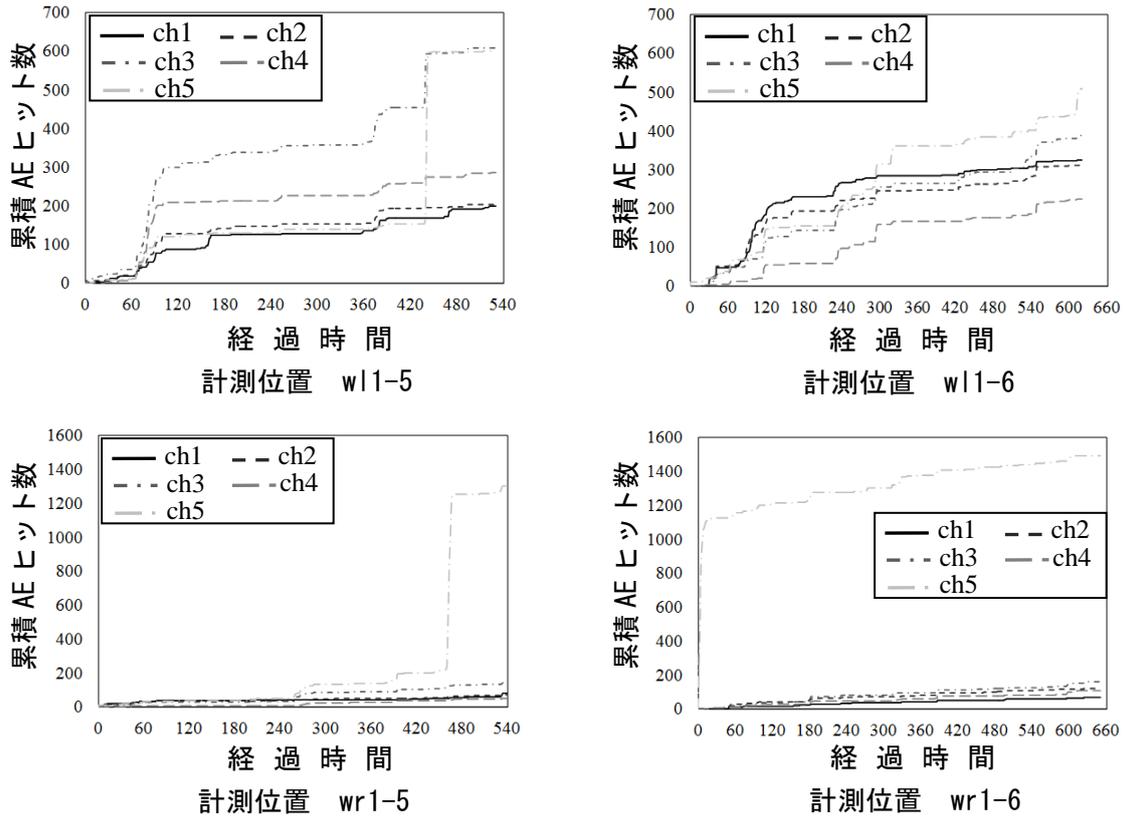


図-2 AE発生挙動

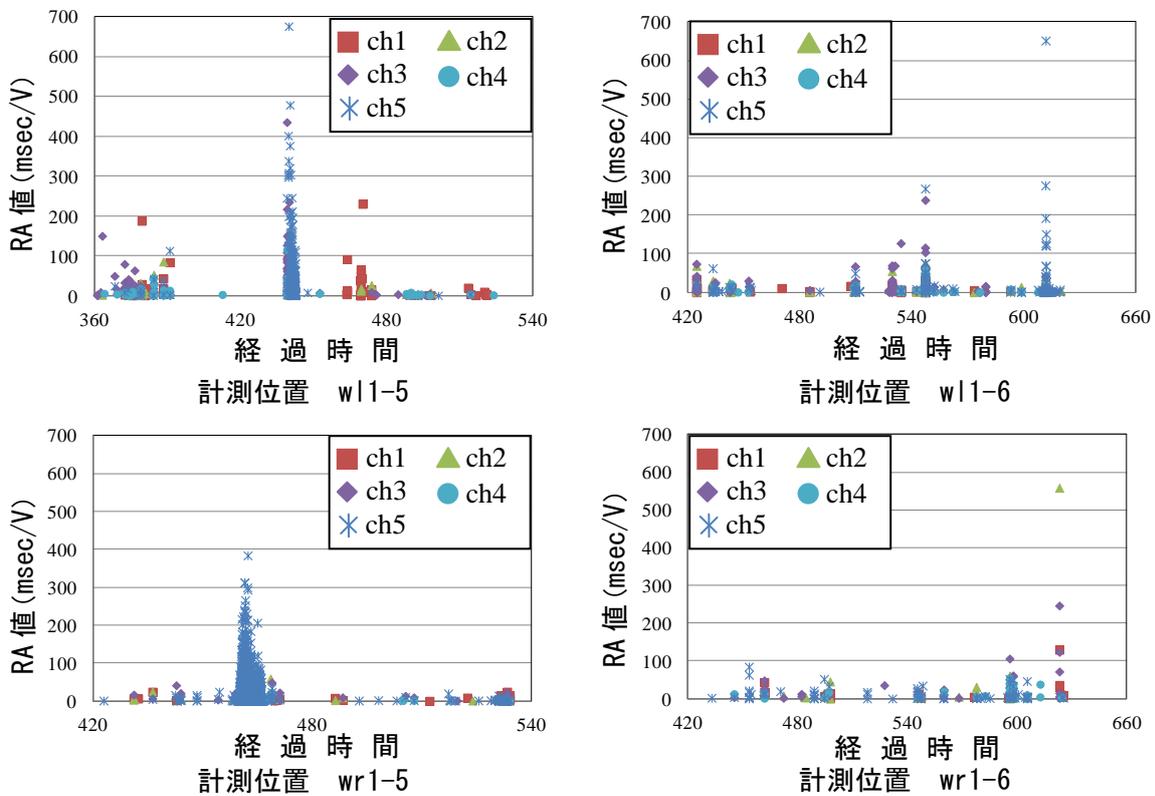


図-3 RA値の時間移動

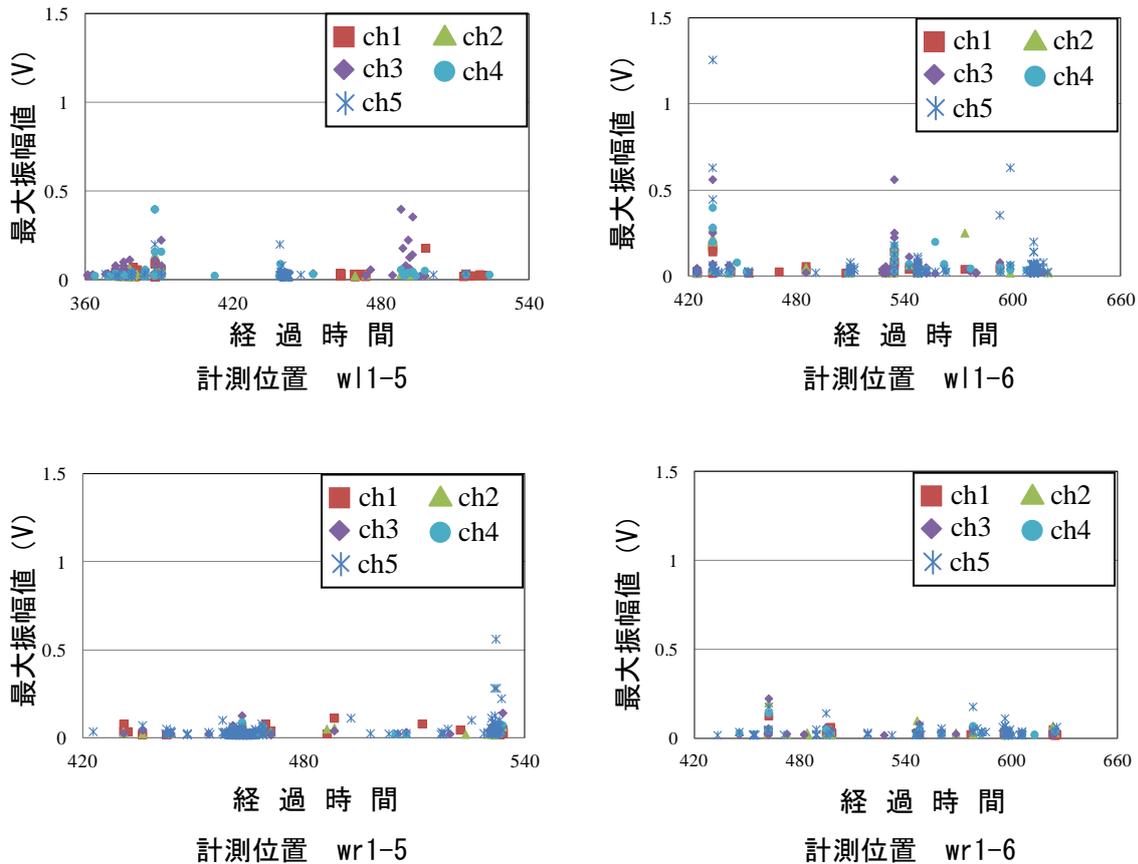


図-4 最大振幅値の時間移動

3.2 AEパラメータ解析

本研究では、AEパラメータに差が見られたRA値と最大振幅値に着目し、それぞれの解析値と経過時間との関係を図-3、図-4に示す。なお、図-3、図-4に示す時間軸は、グラウト注入過程よりセンサ下をグラウトが通過したと推測される時間域を考慮している。図-3、図-4の経過時間は表-1の赤字に示す結果により決定した。また、図-3に示すRA値は波形の立ち上りの強さを表している。

図-3より、計測位置w11-5では、360秒経過付近でch1～ch4のRA値のプロット数が多く確認され、450秒経過時にはch5でプロット数の増加が確認された。これは、図-2のAE発生挙動と一致している。計測位置w11-6では、経過時間に伴いRA値がch1～ch5へと推移しており、図-4においても同様の傾向が確認された。また、計測位置wr1-5では、w11-5と同様に450秒経過時にch5でプロット数の増加が確認され、図-2のAE発生挙動との一致が確認された。

この結果より、w1側の方が、wr側よりAE振幅、RA値ともに大きく、また後半にグラウト注入が終了しているch1で頻発していることから、シース内の空気泡の移動などを推測されるが、これは今後検証を行っていく。

4. 結論

本実験により，以下のような結果が得られた。

- (1) 建設中のボックスガーダー形式のPC橋において，ウェブ部のシース直上にAEセンサを設置することにより，AE現象が検出可能なことが明らかになった。
- (2) AE事象は，シース管の真空作業時から発生し，グラウト注入直後から発生することが明らかになった。そして，センサ下をグラウトが通過する際に大きなAE事象が観察された。
- (3) グラウト先端部の通過によるAE事象の発生とパラメータ解析による注入状態の評価の可能性が認められた。

参考文献

- 1) 大津政康，アコースティック・エミッションの特性と理論 第2版，森北出版（2005）