

PCグラウトに関する非破壊調査システムの開発

(株)国際建設技術研究所	○川谷 泰山
(株)国際建設技術研究所 正会員	西 弘
(株)国際建設技術研究所	上仁 健一郎
(株)国際建設技術研究所	西谷 慶彦

1. はじめに

コンクリート構造物は社会基盤施設として市民社会を支え、丈夫で長持ちするコンクリート構造物によって、はじめて社会は健全な姿を保ってきたと言える。しかし、これらのコンクリート構造物や、その代表的な形式であるプレストレストコンクリート（以下、PCと称す）構造物が、材料や施工、環境、供用条件等の変化を受けて劣化し、適切な維持管理無しにその寿命を全うすることが難しくなっている。このように、今後はますます適切な維持管理を行って構造物を長寿命化させることが重要になっている。これらの背景から本稿ではPC構造物を維持管理する上で問題となることが多い「グラウト不良に起因する劣化」を対象とした調査・診断技術について報告する。

2. コンクリート構造物の変状

コンクリート構造物の変状のパターンを図-1に示す。代表的な変状には、中性化、塩害、凍害、アルカリ骨材反応、化学的浸食、疲労、施工による初期欠陥がある。PC構造物特有の劣化現象はグラウト充てん不良による鋼材腐食（写真-1）、PC鋼材の突出（写真-2）が挙げられる。最近ではPCグラウトにノンブリーディングタイプのものが使用されるようになったが、ブリーディングが生じるグラウト材を使用していた頃に建設された一部のPC構造物は、適切に施工されていてもグラウト充てん不良が生じる場合がある。この

ように、PCケーブルのシース内にグラウト未充てん部分が存在すると、その部分へ雨水や海水あるいは凍結防止剤を含んだ水の浸入により、PC鋼材が腐食し最終的に破断に至ることがある。PC鋼材の破断は、破断時の衝撃によりコンクリート片が落下し、重大な第三者災害を引き起こす可能性があるばかりでなく、部材の耐荷性能の低下にも繋がる。これらのことからPCグラウトの充てん度の把握は、PC構造物の維持管理を行う上で重要項目の一つであると言える。

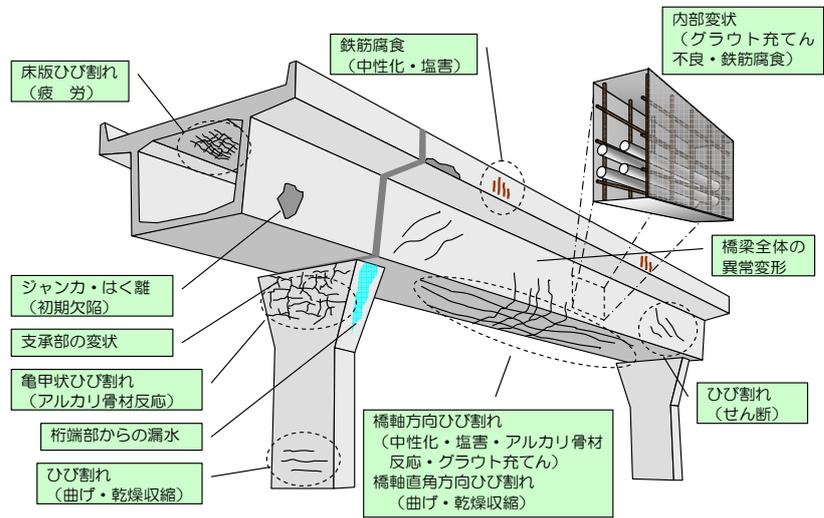


図-1 コンクリート構造物の変状

3. PCグラウトの重要性

PCグラウトはPC鋼材の腐食の防止および部材コンクリートとPC鋼材を一体化させることが目的であり、PC鋼材とシースの空隙にPCグラウトを完全に充てんされることが要求されている。しかし、グラウト充てん不良によりPC鋼材が腐食し、破断すると、急激に構造物の耐荷性能が低下し、落橋に至ったケースがある。落橋の事例は、1985年に英国 Ynys-y-Gwas 橋、1989年に長野県新菅橋な

ど、国内外で報告されている。以上からPCグラウトの充てん度の把握はPC構造物の維持管理を行う上での重要項目として認識されており、各機関でPCグラウト充てん度調査に関する研究が行われている。

PCグラウト充てん不良に起因していると考えられる典型的な外観変状はPCケーブルに沿ったひび割れであり、遊離石灰を伴うものが多い。写真-3 はポストテンションT桁橋の主桁下フランジにおけるPCケーブルに沿ったひび割れ事例であり、写真-4 はプ

レテンションT桁橋の間詰め床版下面における横締めPCケーブルに沿ったひび割れ事例である。このような外観変状がある場合はグラウト充てん度調査を行う必要がある。PCグラウト充てん度の調査方法および対策工検討に関するフローを図-2 に示す。

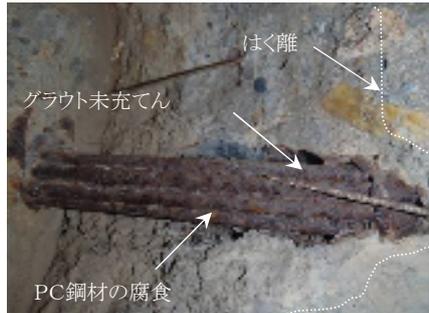


写真-1 PC鋼材の腐食事例



写真-2 横締めPC鋼材の突出



写真-3 PC主桁のグラウト不良によるひび割れ発生事例



写真-4 間詰め床版下面に発生したひび割れ事例

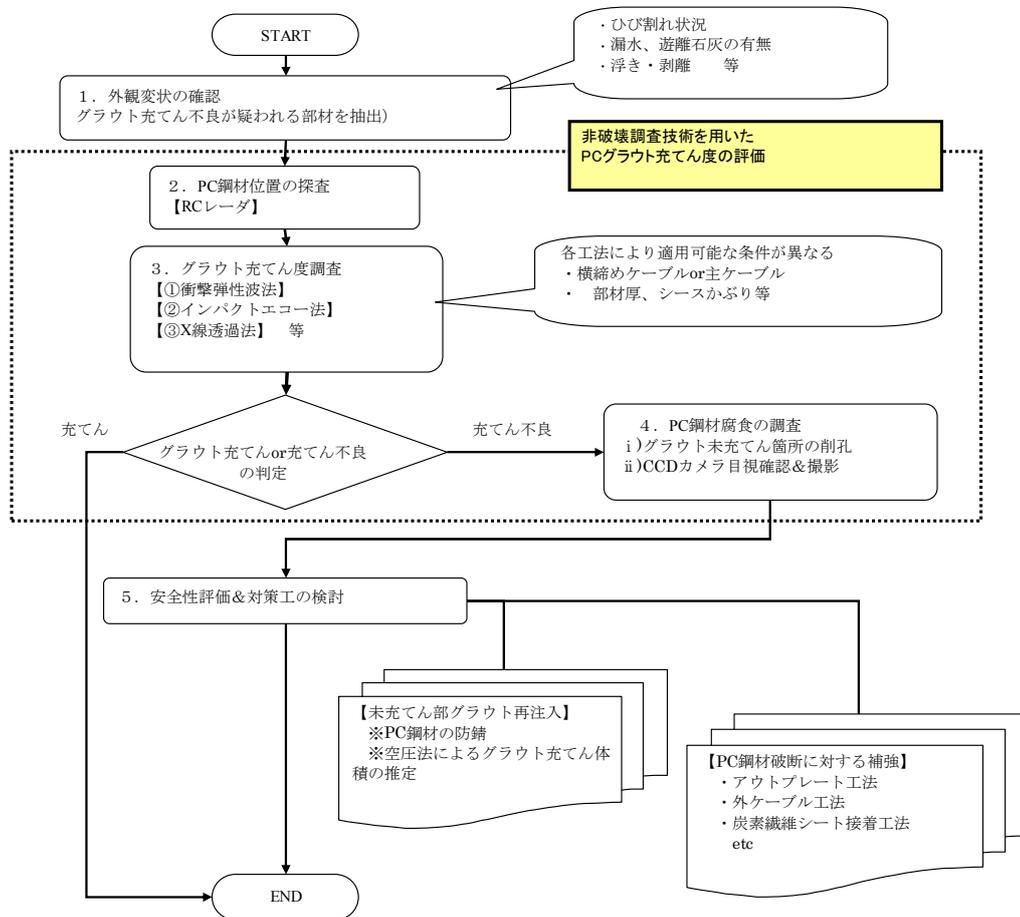


図-2 PCグラウト充てん度調査方法および対策検討フロー

4. PCグラウト充てん度調査¹⁾

4.1 PCグラウト充てん度調査方法

コンクリート内部にPCケーブルが配置されている内ケーブル方式のグラウト充てん度を調査する場合、従来ではドリル等でPCケーブル付近を削孔し、目視にてグラウト充てん度を確認していた(以下、削孔法と称す)。この方法は手探りに近い作業となるため作業効率が悪く、また、PC構造物を傷つけることや、場合によってはPC鋼材自体に損傷を与える可能性がある。そのため、PC構造物を傷つけることのない非破壊技術を用いることが望ましい。

4.2 衝撃弾性波法

衝撃弾性波法は、弾性波の一種類であり、主に床版や横桁に配置された横締めPCケーブルに対して適用され、ケーブル全体のグラウトの充てん度の判定に用いる。調査方法の概要を図-3に示す。測定方法はコンクリート部材に鋼球やハンマー等で衝撃波を発生させ、コンクリート中を伝播した弾性波を対象物に接触させたAEセンサー等で受信する方法である。PC鋼材の定着部付近のコンクリート表面をハンマーやバネポインターなどで打撃して衝撃弾性波を入力し、その近傍の入力信号と伝播した弾性波を反対側の定着部付近で出力信号としてAEセンサーを用いて受信する方法である。

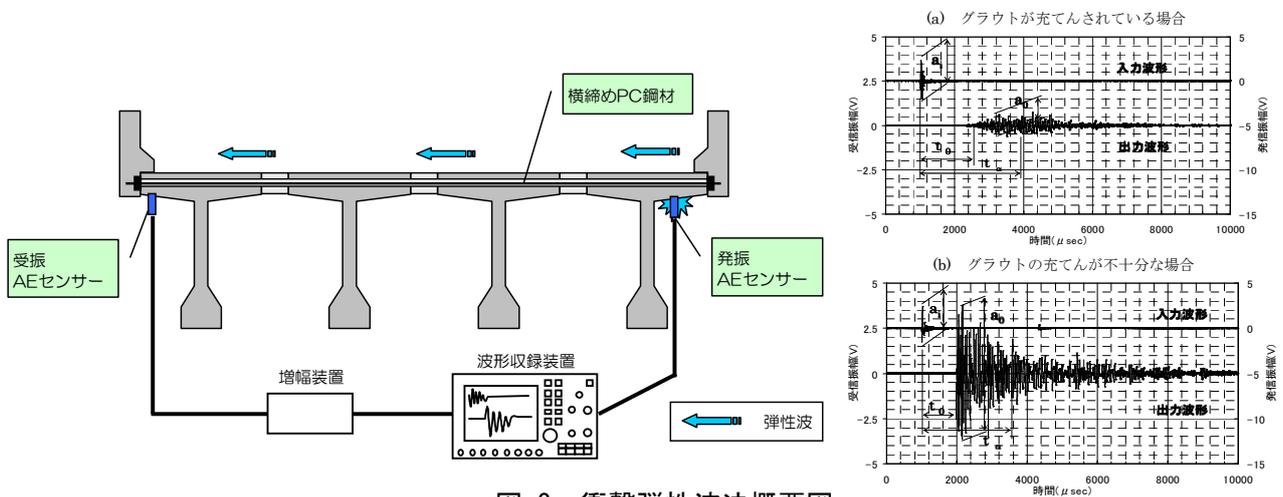


図-3 衝撃弾性波法概要図

4.3 インパクトエコー法

インパクトエコー法は部分的なグラウトの充てん度を判断するものであり、主桁ウェブや床版に配置されたPCケーブルに対して測定ポイントにおける判定に用いる。調査方法の概要を図-4に示す。コンクリート表面に打撃などにより弾性波が入力された場合、弾性波の縦波成分は、コンクリート内部の欠陥あるいは異なる材料の境界面において反射を起こし、コンクリート表面と欠陥あるいは異なる材料の境界面との間に往復する定常な波が生じる(縦波共振現象)。インパクトエコー法は、この現象を利用して入力点付近で計測された波形の周波数スペクトルのピーク位置からコンクリートの内部状況を推定する方法である。

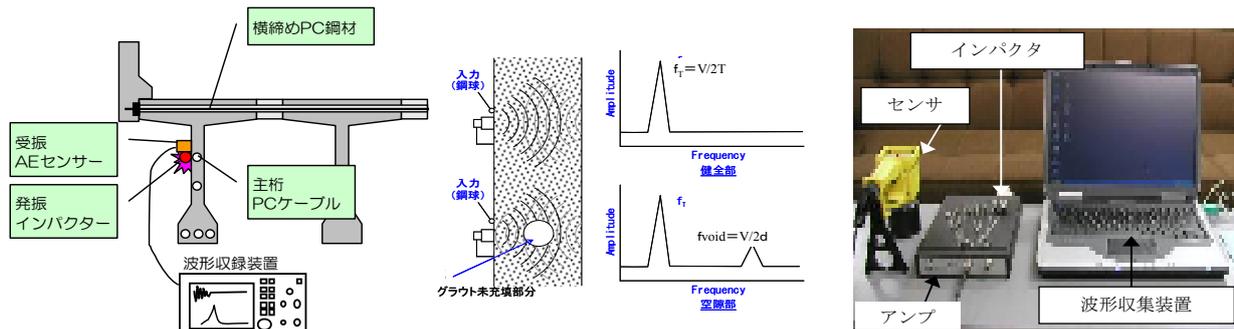


図-4 インパクトエコー法概要図

4. 4 空圧法

各非破壊調査手法によりグラウト不良が疑われるPCケーブルは、シース内のPC鋼材の腐食状態を把握する必要がある。現在のところ非破壊調査手法としては確立されたものはなく、削孔法を行うとともにCCDカメラを挿入し、撮影・記録を行う手法が一般的である。CCDカメラによる撮影事例として写真-5にグラウト未充てんで、PC鋼材が腐食している状況を示す。写真-5のようにグラウト未充てんを有するケーブルにはグラウト再注入を実施することになる。既設ケーブルには充てんされている区間と未充てん区間があり、未充てん区間を予め測定する必要がある。グラウト未充てん範囲を特定する方法として空圧法があり、前述したCCDカメラで確認したドリル穴を利用し、空隙部分の体積を特定する手法である。空圧法は体積が同一である閉じた空間へ圧力を送り込み、その圧力の変化から閉じた空間の体積を推定する手法である。空圧法の測定概要を図-5に示す。空圧法を適用することによりグラウト未充てん部分を特定するための新たな追加検査の必要はなく、また、空圧法により推定された体積からおおよそのグラウト未充てん長が計算することができるため、その成果は診断および補修・補強設計へ有効に活用することができる。



写真-5 シース内の未充てん状況

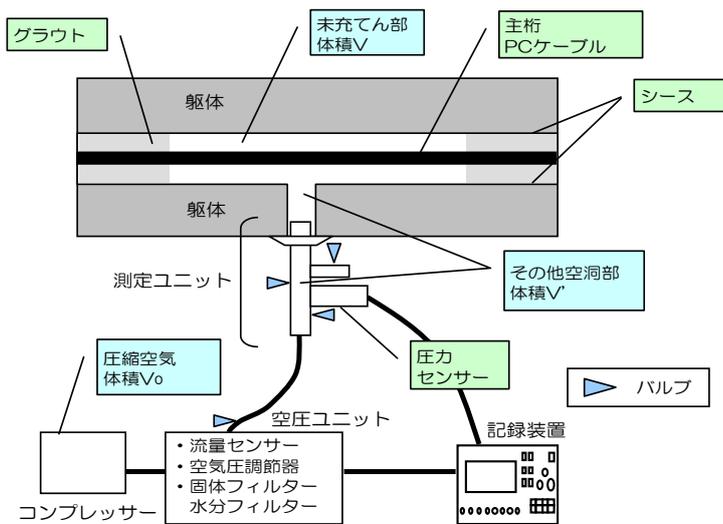
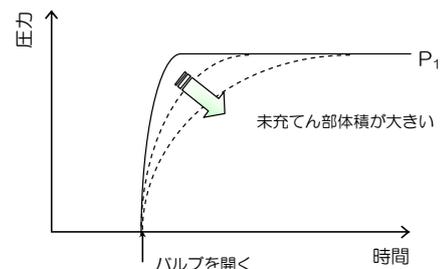


図-5 空圧法概要図



5. まとめ

PC構造物は、橋梁を代表とする主要な社会基盤構造物に多く用いられており、健全な社会を保つためには、適切な維持管理が必要である。これまで述べたように、PC構造物の生命線であるPC鋼材の健全性を維持するためには、グラウト充てん度を調査しPC鋼材の腐食状況を把握した上で対策を講じる必要がある。PC構造物の詳細調査においては、安易にコンクリートを破壊する削孔、はつり、コア採取等を伴う手法はできる限り避けるべきであり、非破壊検査手法を基本とすることが望ましい。PCグラウトの非破壊調査技術は種々の手法が提案されているが、それぞれの手法に特徴があり、調査精度や適用範囲も異なるため適用には十分な検討が必要である。

(参考文献)

- 1) 真鍋英規、葛目和宏、鎌田敏郎、木村嘉富：非破壊調査技術を用いたPCグラウト充てん度の評価、コンクリート工学、Vol. 49 No. 6、2011年6月