

PC グラウトの検査方法の一例

中 原 繁 則*
 長 田 晴 道**
 高 田 三 郎***

1. はじめに

コンクリート構造物を非破壊で検査する方法は、構造物自体、コンクリートと鋼材の複合体であるのと、品質が多様にわたっているため、金属材料の検査に比べて立ち遅れていた。しかし昨今、コンクリート構造物の耐久性に疑問が投げかけられていることを考えると、早期に構造物の材質変化を構造物自体にあまり影響を与えずに確認する方法の確立が必要である。構造物の使用性能を維持するための構造系としての検査および目視できるひびわれについては、その性状を正確に把握することが重要である。

一般に PC 桁の変状のひとつであるひびわれは、曲げ、せん断等の応力に起因するものと、かぶり不足、PC グラウトの充填不良といった施工に起因するものがある。ひびわれは目視検査により確認できるが、その原因となると種々の要因が組み合わされている場合が多く、耐久性を診断するためには変状の原因の究明が必要と考えられている。

国鉄では『土木建造物取替の考え方』¹⁾等により、日常、構造物の検査を行い、健全度を判定している。構造物全体の全般広域検査として「一次検査」を行っている。一次検査は既存の資料、目視検査により早期に変状または欠陥を発見することを目的として、定期的に、そして降雨時の特殊条件下で臨時に実施している。一次検査に基づき健全度の判定を行い、一次検査の結果だけでは判定できない構造物に対しては、個別検査として「二次検

表—1 健全度の判定区分¹⁾

判定区分	運転保安等に対する影響	変状の程度	措置
AA	危 険	重 大	直ちに措置
A ₁	早晚脅かす 異常外力の 作用時危険	変状が進行し 機能低下も進行	早急に措置
A ₂	将来脅かす	変状が進行し 機能低下の恐れ	必要な時期に措置
B	進行すればAランクになる	進行すればAランクになる	監視(必要に応じて措置)
C	現状では影響なし	軽 微	重点的に検査
S	影 響 な し	な し	—

査」をして、変状の原因を追求し適切な措置をとるために必要な情報を得ている。表—1 に示すように、運転保安等に対する影響、変状の程度、そして措置の必要性および緊急性について、構造物の健全度を6つのランクに分け判定を下し、必要な措置を施している。PC 桁についてのその主な検査項目は、一次検査としては、ひびわれ、コンクリートのはく落の確認、鋼材の露出、クリープによる桁のそり上り状態の確認等である。

二次検査としては、構造物の材料試験、応力度、たわみ、振動試験等である。以上のような検査を実施し、構造物の健全度を判定している。ここでは、PC 桁の耐久性に大きく影響する PC グラウトについての検査の一例を報告する。

2. 変状の特徴

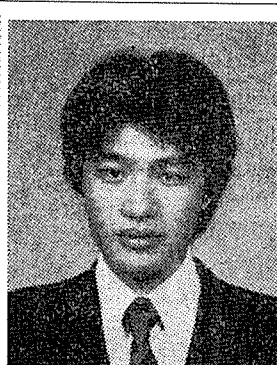
PC グラウトは PC 鋼材とコンクリートとの間に付着を起こさせるとともに、PC 鋼材の発錆を防ぐことを目的として施工されている。注入されるグラウトは、水・セメント比をなるべく小さくして、ブリージングによるシース内の空隙を小さくするよう配合、施工されているはずである。曲げ上げ角度の大きい PC ケーブルの端部付近や曲線部は、グラウトが十分に充填されにくい箇所であるた



* Shigenori NAKAHARA
国鉄構造物設計事務所



** Harumichi NAGATA
国鉄構造物設計事務所



*** Saburo TAKADA
国鉄構造物設計事務所

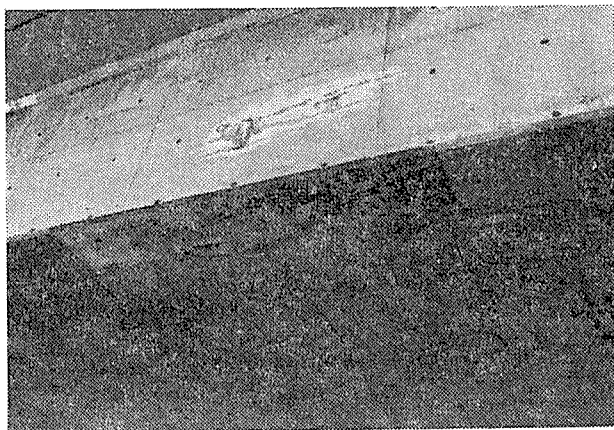


写真-1 PC グラウト不良による変状 (桁側面)

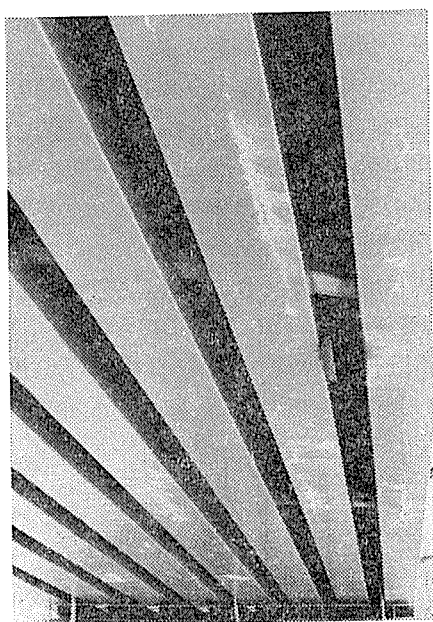


写真-2 PC グラウト不良による変状 (桁下面)

め、施工には十分な注意を払わなければならない。

PC グラウトが十分に充填されていない場合、PC 鋼材定着部の後埋め不良等により、桁内部に水みちができ、特に寒冷地においては、水の凍結膨張が PC 桁にひびわれをおこすことがあるといわれている。一般に PC グラウトの充填不良による変状は写真-1, 2 のように PC 桁の下面に水によるシミ、およびシースに沿ったひびわれとそのひびわれからのエフロレッセンスの析出するのが特徴である。このような変状を外観検査で早期に発見し、PC グラウトの充填状況を検査して、PC 桁の耐久性を確認するのが重要である。

3. PC グラウトの検査

PC グラウトの確認には X線、 γ -グラフィックによる方法もあるが、40×30 cm 程度の領域しか正確でないこと、透過時間が長いことおよび検査場所を遮断する必要があるため装置が大型化し、費用も高くなるといわれている²⁾。今回の調査では、ファイバースコープを用いてシース内を観察するという直接的な方法を行った。この調査は、設計図より PC ケーブルの位置をすみ出して、 ϕ 30 mm 程度の小孔を削孔して、位置を確認するとともにグラウトの充填状況を確認するものである。

る²⁾。今回の調査では、ファイバースコープを用いてシース内を観察するという直接的な方法を行った。この調査は、設計図より PC ケーブルの位置をすみ出して、 ϕ 30 mm 程度の小孔を削孔して、位置を確認するとともにグラウトの充填状況を確認するものである。

3.1 ファイバースコープによる検査

ファイバースコープは、グラスファイバーを利用しており、図-1 のような構造で、外径は 6~11 mm、挿入部は柔軟性に富み、最長は 6 m で、付属機器の光源を利用してすることにより、暗い箇所でも目視観察が可能である。検査手順は次のとおりである。

- ① 確認したシース位置について、図-2 のように、1 ケーブル当り 4 か所程度、ハンマードリル等により、PC 桁に ϕ 30 mm 程度の穴 (観察孔) をあける。
- ② 観察孔より、ファイバースコープの先端を挿入し、目視にて、グラウトの充填不足が局部的あるいは全体的なのか、および PC 鋼材の発錆状況を確認する。

写真-3, 4 に示すように、ファイバースコープ等によって PC グラウトの充填状況の確認を行い、グラウトの充填が不十分な箇所は観察孔を利用して、無収縮モルタルによる再注入を行った。注入手順は図-3 に示すよ

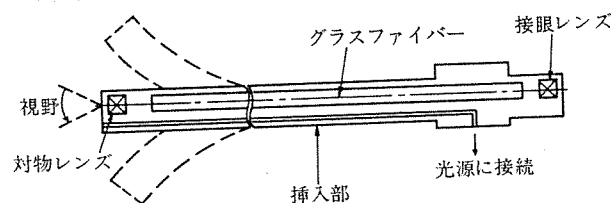


図-1 ファイバースコープの構造³⁾

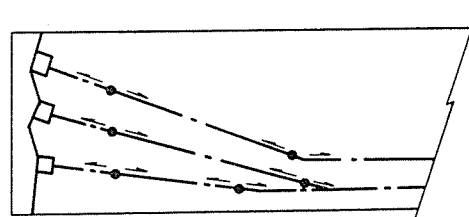


図-2 PC グラウトの観察孔

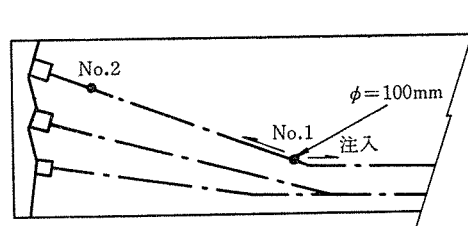
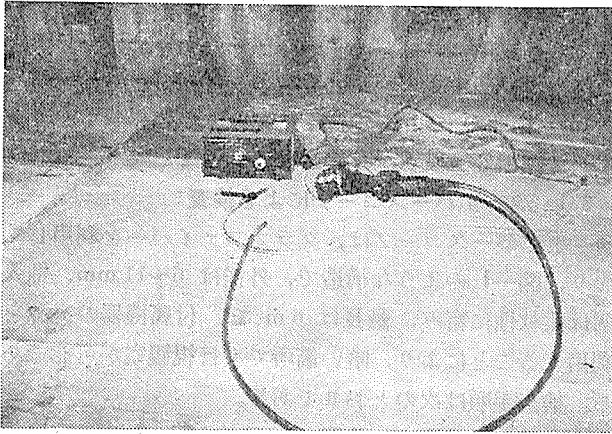
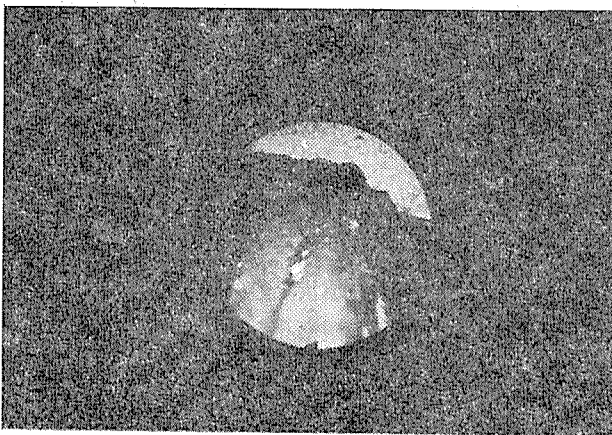


図-3 PC グラウトの再注入



写真—3

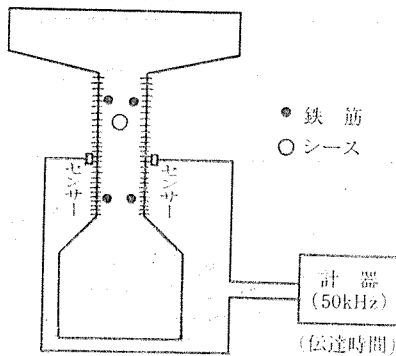


写真—4 シース内の観察状況

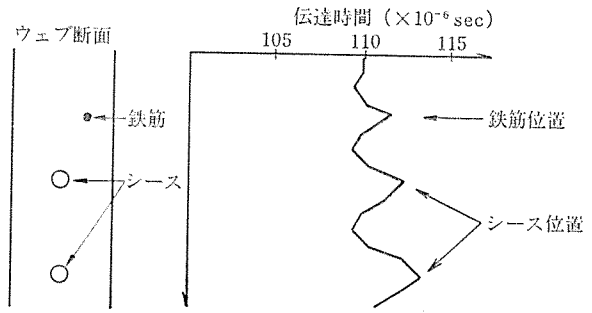
うに観察孔を $\phi 100$ mm 程度に大きくし、片おしで、No. 1 の観察孔より無収縮モルタルを $1\sim 2$ kg/cm² の圧力で再注入する。なお観察孔の削孔に際しては、PC ケーブルに損傷を与えないよう細心の注意を払わなければならない。

次に、PC ケーブルの位置を確認するために超音波 (50 kHz) を利用した一例を示す。確認手順は次のとおりである (図—4)。

- ① 設計図より、ケーブルの位置のすみ出しをする。
- ② 2 cm ピッチに桁両側に目盛を印す。



図—4 超音波によるシース位置の確認



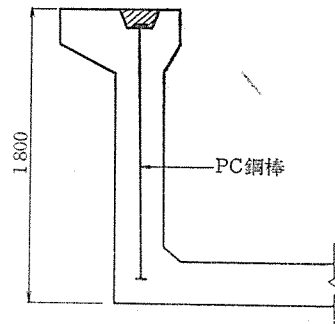
図—5 伝達時間の変化

- ③ センサーを取り付ける目盛付近のコンクリート表面を不陸がないようにする。
- ④ 超音波非破壊試験器を用い、透過法により、2 cm ピッチで伝達時間を測定する。

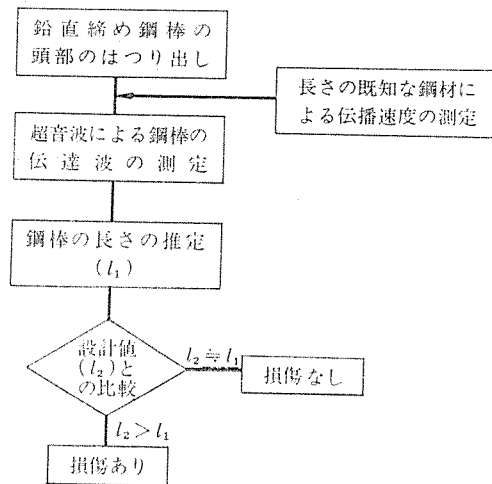
コンクリート中に鉄筋やシース等がある箇所では、コンクリートだけの断面に比べて、伝達時間に差が生じる。図—5 のように測定位置と伝達時間の関係を示すと、シースのある箇所では幅の広いピークが生じ、鉄筋のある箇所では鋭いピークが生じるため、シースの位置がかなりの精度で確認できると考えられている。

3.2 超音波による PC 鋼棒の長さ検査

PC 下路桁等に用いられている鉛直締め PC 鋼棒の長さおよび損傷の有無について超音波を利用して検査を



図—6 PC 下路桁の鉛直締め



図—7 PC 鋼棒の検査手順

行った。検査した PC 鋼棒は 図-6 に示すような PC 下路桁 ($l=19.0\text{ m}$) の鉛直締めである。検査手順は 図-7 に示すように、まず使用する超音波の周波数における鋼材中の伝播速度を長さの既知な鋼材を用いて測定する。次に、はつり出した鋼棒の頭部よりセンサーにて、高周波の音波 (1 MHz 程度) を流し、反射波の波形をオシロスコープより読み取り、伝達時間を測定する。鋼材とコンクリートまたは空隙といった異なった材質の境界では、音波の一部 (50% 程度) は反射し、特に高い周波数を持つ音波は、反射の影響が誇張され、オシロスコープに明確にあらわれる。あらかじめ検証した鋼材の長さや時間との関連により鉛直締めの長さを算出した。測定結果は、設計値 1.75 m に対して 1.74 m であり、鋼棒の材質不良および損傷は検出されなかった。また超音波による検査を行った PC 鋼棒をセンターホールジャッキにより 5 t で緊張することによりナットの緩みを調べ、PC 鋼棒の損傷の有無を確認したが、超音波による方法と同様の結果が得られた。

4. おわりに

重要構造物として用いられているコンクリート構造物の耐久性を、構造物に傷をつけない非破壊で検査する方法は、種々の問題点があり、まだ確立されていないのが現状である。特に PC 桁においては、PC グラウトは桁の耐久性に大きく影響するので、早期に耐久性診断を行う必要がある。今後は、超音波および弾性波等を利用することにより簡易に、そして明確に外部より空隙の有無等を確認するといった耐久性検査手法の確立が必要と考えられる。

参 考 文 献

- 1) 日本国有鉄道施設局土木課：「土木建造物取替の考え方」昭和 49 年 3 月
- 2) 成井, 上阪, 小川：「PC 橋の損傷と補修および今後の対応策」橋梁と基礎, 1982-5.6
- 3) ファイバースコープ技術資料

◀刊行物案内▶

プレストレストコンクリート技術の現況

本書は全国七都市で行った第 10 回 PC 技術講習会のテキストとして編纂したもので、PC 技術の現況と題し、下記に示すとおり内容も豊富なものとなりました。地区によってはテキストの不足を生じた会場もあり、大変な盛況でした。その内容は大きく 4 項目からなっており、すなわち PC の設計に関する各国の規定、PC 鋼材について、建築に関する PC 部材の接合法、さらに今度の編纂に最も力点を置いた PC 橋の架設工法総覧であります。

特に最後の項は、PC 橋梁関係者にとっては、最近の新しい工法も採りいれられていることにもより、大変よくまとまった格好の資料になることと思います。掲載資料を欲ばり、頁数が多くなり過ぎた嫌いがありましたが、ご自身の勉強のためもさることながら社員教育用にも最適かと存じます。ご希望の方は代金を添えて (社) プレストレストコンクリート技術協会 (電 03-261-9151) 宛お申し込みください。

体 裁：A 4 判 216 頁

定 価：5,000 円 送 料：800 円

内 容：(A) プレストレストコンクリートの設計に関する各国の規定 (主としてひびわれ発生許容プレストレストコンクリートについて)。(B) PC 鋼材について。(C) PC 部材の接合法 (その力学的基本特性)。(D) プレストレストコンクリート橋の架設工法総覧, 1) 概説, 2) PC 桁の移動架設工法, 3) 場所打ち工法 (支保工), 4) プレキャストブロック工法, 5) カンチレバー工法, 6) 移動支保工, 7) 押出し工法, 8) PC 鉄道橋の架設。