

非破壊検査（電磁波レーダ探査法）による内ケーブルPCグラウトの充填検査

○ ㈱日本ピーエス 技術管理部 正会員 原 幹夫
 日本道路公団 静岡建設局 本間 淳史
 日本道路公団 静岡建設局 正会員 青木 圭一

1. はじめに

PCケーブルのグラウトの信頼度を確保する検討が継続して行われており、材料の物性、品質管理方法、施工方法等それぞれの角度から改良が進んでいる。しかし検査方法という点では、内ケーブルがコンクリートに覆われていることから、容易ではない状況にあった。現在、新設時の充填確認の方法として、透明のシースを用いた目視、ファイバースコープによる観測や、シースに取り付けたセンサーによる充填検査を実施している状態にある。しかし、これらの方法では精度は比較的高いが、検査箇所が限定されることからケーブル全体におよぶ検査とは言い難く、少なくとも任意の箇所を確認できる非破壊検査方法が望まれている。

任意の箇所での検査方法にX線撮影、超音波、電磁波レーダや衝撃弾性波等を使用した非破壊検査手法が考えられる。その内、本報告では電磁波レーダを利用したコンクリート内部探査法を用いた手法を、第二東名高速道路朝比奈川橋（PC上部工）上り線工事の床版ケーブルで実際に適用した結果を考察した。使用した電磁波レーダは、三井造船社製のマルチパスアレイレーダで、従来の地中探査機の画像処理能力を向上させ、シース内の空洞をより明確に表示できる解像度を有するものを使用した。また、検査は充填作業状況に応じてグラウト充填前、充填作業中及びグラウト硬化後の各段階で行うとともに、シース内にグラウトセンサーが取り付けられている箇所での照合を行った。

2. マルチパスアレイレーダ法の原理と使用器材

(1) 原理

マルチパスアレイレーダ法は、電磁波レーダ法を利用したもので、アンテナから発信された電磁波が電気的特性の異なる物質の境界面で反射されて戻ってくる性質を利用して、コンクリート内部の状況を推定する手法である。

マルチパスアレイレーダ法の概要を図-1に示す。これは、電磁波レーダ法の送信アンテナをアレイ状に複数配置し、送信された電磁波がコンクリート内を透過し、その反射した電磁波を複数のアンテナで受信するものである。この受信信号（反射波）を解析・画像処理し、3次元化画像として出力し、内ケーブルグラウトの充填状況の検査を行う。

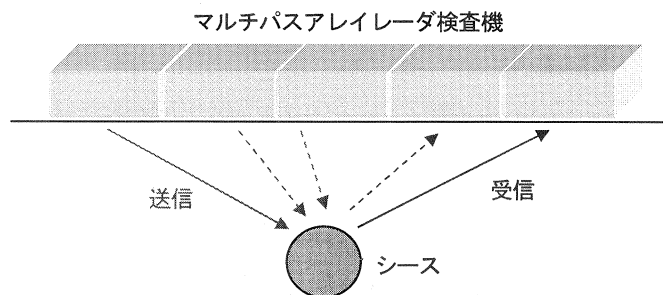


図-1 マルチパスアレイレーダ法の概要

(2) 使用器材

マルチパスアレイレーダ法は写真-1 に示す検査機を用いて行う。計測は、検査機をシース上に走査させ、取得した反射波データをパソコンで解析・画像処理して行う。写真-2 に検査状況を示す。

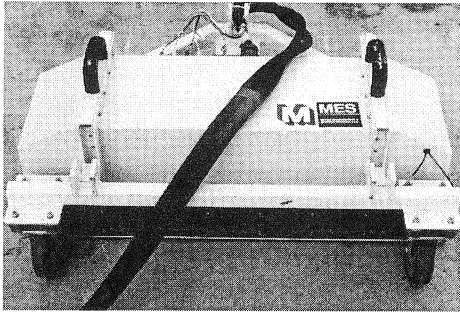


写真-1 マルチパスアレイレーダ検査機

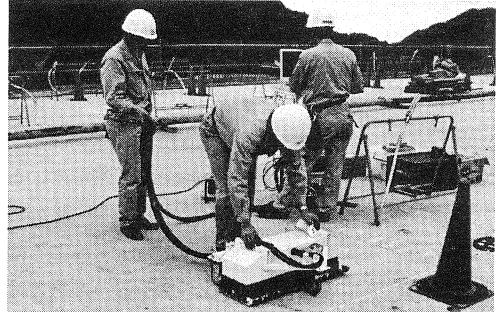


写真-2 検査状況

3. 検査対象の概要

(1) 朝比奈川橋の概要

内ケーブルグラウトの充填検査は、第二東名高速道路朝比奈川橋（PC上部工）上り線工事で行った。朝比奈川橋は橋長 655.0m、有効幅員 16.5mのPC 7径間連続ラーメン橋であり、内外ケーブルを併用構造としている。表-1 に朝比奈川橋の橋梁概要を示す。

表-1 朝比奈川橋の橋梁概要

橋長	655.000m	桁長	654.600m
道路規格	第1種1級A規格	荷重	B活荷重
有効幅員	16.500m	斜角	90° 00' 00"
形式	PC7径間連続ラーメン橋		
支間	88.5+150.0+88.0+76.5+90.0+90.0+70.0m		

(2) 検査対象ケーブル

充填検査はP1 橋脚ケーブルNo. 13011~13081（床版内ケーブル）を対象とし、検査位置はP1 橋脚 12BL（P2側）とした。充填検査は2回行い、9月10日はグラウト充填後の検査を、9月16日はグラウト充填中の検査を行った。図-2 に充填検査位置を、表-2 に対象ケーブルの一覧を示す。

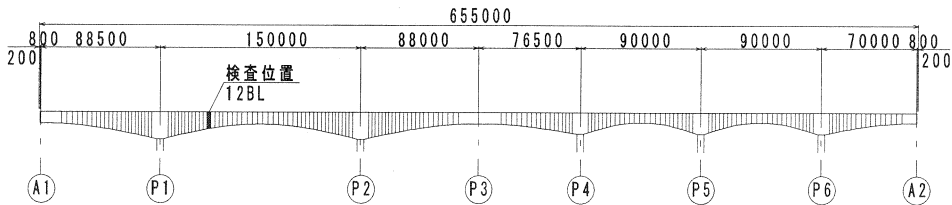


図-2 充填検査位置図

表-2 検査対象ケーブル一覧

探査位置	対象ケーブル	探査日時
P1橋脚 12BL	ケーブルNo. 13011L~13081L	平成15年 9月10日（水）
P1橋脚 12BL	ケーブルNo. 13011L~13081L(13061L)	平成15年 9月16日（火）

4. 充填検査結果

(1) ケーブル位置及び走査線位置

図-3 に対象ケーブル位置を、図-4 にマルチパスアレイレーダ検査機の走査線位置を示す。グラウト充填後の検査は図-4 中のNo. 1～No. 5の走査線上を測定し、充填作業時の検査ではNo. 1の走査線上を測定した。

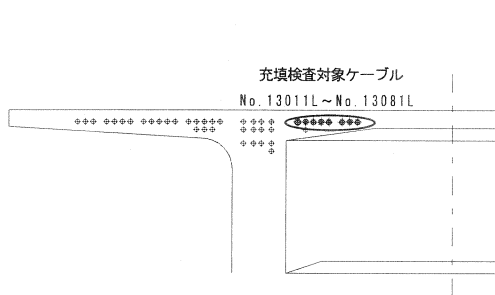


図-3 対象ケーブル位置図

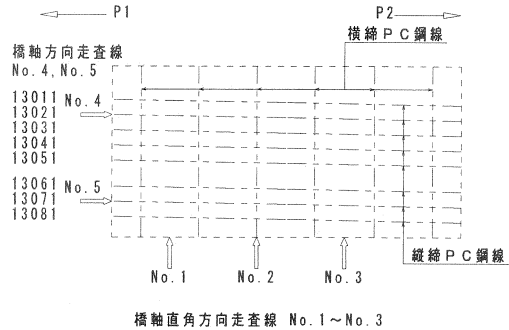


図-4 走査線位置図

(2) グラウト充填後の検査

ケーブル横断方向検査結果を図-5に、ケーブル方向検査結果を図-6に示す。

電磁波レーダによる検査では、グラウト充填前は空隙があるため電磁波の反射が大きく画像として表示されるが、充填後は空隙がなくなることにより反射が小さくなり画像表示は小さく(淡く)なる。

図-5(a)～(c)では、どの走査線位置でもケーブル No. 13011～No. 13051 は画像に空隙が確認できず、グラウトが充填されていることがわかる。それに対し、ケーブル No. 13061～No. 13081 は画像で空隙が確認でき、グラウトの充填前であることが分かる。ケーブル方向検査結果も同様に、図-6(a)では空隙が確認できないが、図-6(b)ではケーブル方向に連続した空隙が確認できる。

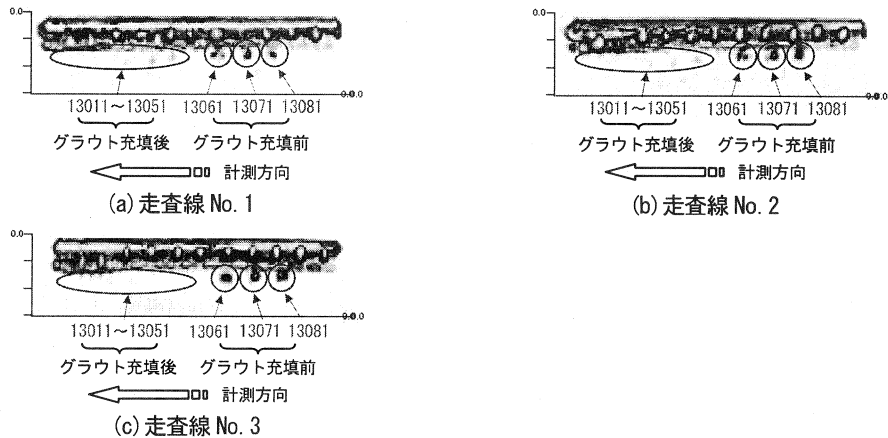


図-5 ケーブル横断方向の検査結果

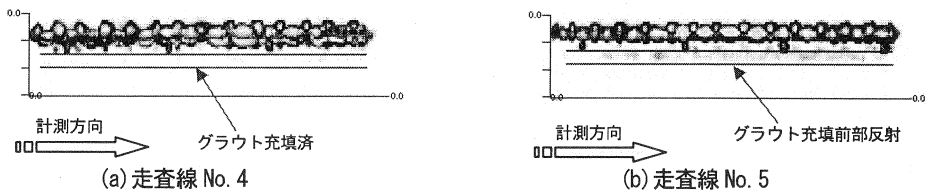


図-6 ケーブル方向の検査結果

(3) グラウト充填作業時の検査

9月16日に行ったグラウト充填検査の結果を図-7に示す。図-7(a)グラウト充填前では、ケーブルNo. 13061の空隙が確認できるが、図-7(b)充填後では、空隙の表示が薄れており、グラウトが充填されたことを確認できる。

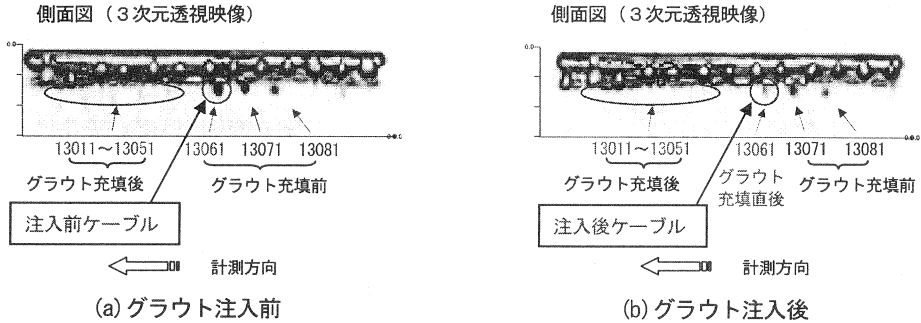


図-7 グラウト充填作業時の検査結果

(4) グラウトセンサーとの照合

9月16日に行ったグラウト充填検査時に、グラウトセンサー (MSセンサー¹⁾) との照合を行った。測定対象ケーブルはケーブルNo. 13061とした。

照合は通常作業時に充填確認に使用しているセンサー位置でレーダ検査を行い、それぞれの結果を比較する方法で行った。

図-8にMSセンサーの計測結果を示す。計測ではグラウト通過後のセンサー出力値が5mV以下であり、充填が確認された。一方、マルチパスアレイレーダによる測定結果もセンサーと同様に、図-5に示すようにグラウトは充填されたと判断できるものであった。

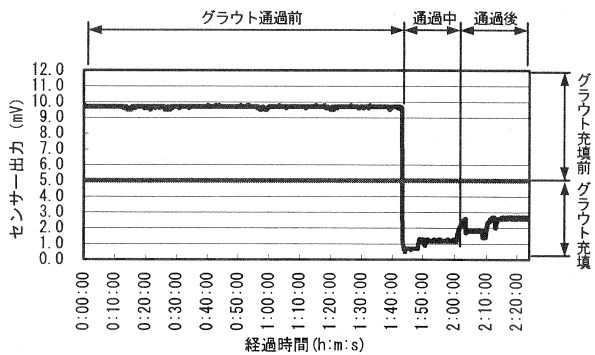


図-8 MSセンサー計測結果

5. おわりに

マルチパスアレイレーダを用いて内ケーブルのグラウト検査の適用を検討した結果、シースを横断する測定方法で充填前の状況が表示することができ、グラウト注入前及び硬化後の判定ができた。シースに沿って計測する方法では、画像処理する際の解像能の容量不足から、若干表示の鮮明度が低下し判断しづらい状況であった。計測時間は1走行計測当たりの所要時間は約20分程度であり、1日当たり約30~40箇所の測定が可能と推定できる。

一般的にコンクリート構造物を対象とした非破壊検査手法は、適用性や精度の点で難易度が高いとされている。しかし、今回報告する電磁波レーダ法はシース内の空隙を探索する技術であり、グラウトの充填判定を行う方法としては実用レベルにあると思われ、今後有望な検査手法の一つとなると考えられる。

参考文献

1) 正司明夫, 青木圭一, 大城社司, 細野宏巳: センサーによるグラウト充填の確認方法に関する検討, 第12回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp49-52, 2003