

3. グラウト充填不良箇所の調査

本工事では、Ⅱ期線 22 径間、Ⅰ期線 6 径間全 140 本の PCT 桁の内ケーブル上縁定着部付近を対象にグラウト充填不良調査を行った。調査フローを図-2に示す。



図-2 調査フロー

3. 1 鋼材探査

調査に際し、まず PC ケーブルや鉄筋位置を特定する必要がある。本工事では、RC レーダを使用しこれら位置を探査した。また、後に行う微破壊調査への利用を目的に、削孔位置のかぶり深さをあわせて調査した (写真-1, 2)。



写真-1 鋼材探査



写真-2 PC ケーブル・鉄筋位置の特定

3. 2 非破壊調査 (インパクトエコー法によるグラウト充填度調査)

上縁定着されている PC ケーブルを対象に、インパクトエコー法によるグラウト充填度調査を行った。図-3に示すように、調査箇所はグラウトがブリーディングや収縮、残留空気の影響により最も充填不良を生じやすい定着具付近のケーブル曲げ上げ部とし、T 桁のハンチつけ根から 300mm 下がった位置を基準に 500mm 間隔で下方に向かって合計 3 箇所行った。調査状況を写真-3に示す。

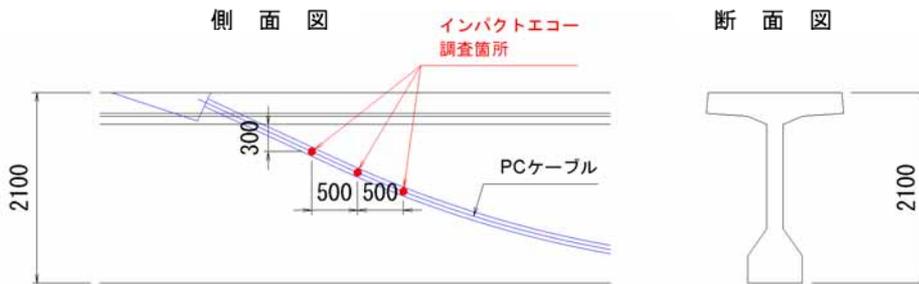


図-3 非破壊調査箇所



写真-3 インパクトエコー法によるグラウト充填度調査

インパクトエコー法は、測定箇所の直上で打撃などにより弾性波を入力し、表面と反射面 (表面と対向する自由振動面) で発生する多重反射を振動センサで測定する手法である。グラウト充填度調査の場合、グラウトが充填されていれば周波数のピークは板厚でしか現れない。一方、充填不良箇所があれば図-4に示すように、シース中の空気層との界面で弾性波が反射され、板厚以外 (シース位置) で別途ピークが現れる。

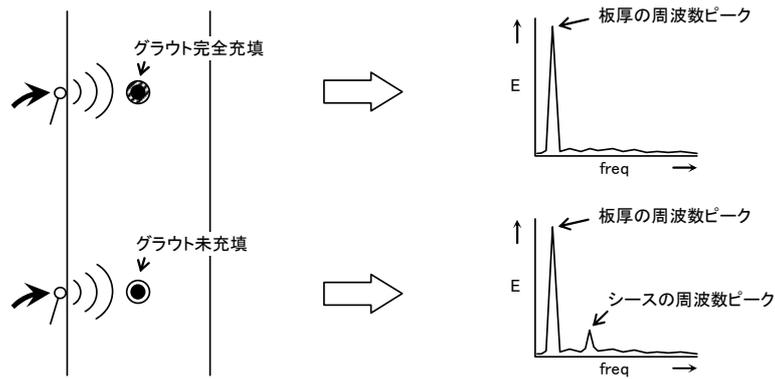


図-4 インパクトエコー法の概念

3. 3 微破壊調査 (φ25ドリルによる先行削孔)

非破壊調査の結果に基づき、グラウト充填不良が判定された箇所について微破壊調査を行った。

微破壊調査はφ25mmドリルにより削孔し、CCDカメラによりシース内部を観察する方法を採用した。ドリルによる削孔は、あらかじめ鋼材探査時に調査したかぶり深さを基準に、PCケーブルに損傷を与えない位置(シースから4~5mm)まで行った。その後、孔内にマグネットロッドを挿入し、磁力の作用により孔底がシース近傍であることを確認したうえで、最終的に長尺マイナスドライバーを使用し慎重にシース内側まで削孔した(図-5)。削孔後 CCDカメラをシース内部に挿入し、グラウトの充填状況を直接確認した(写真-4)。なお本工事では、CCDカメラによる目視確認とインパクトエコー法の調査結果は概ね整合しており、インパクトエコー法による調査の妥当性が確認できた。

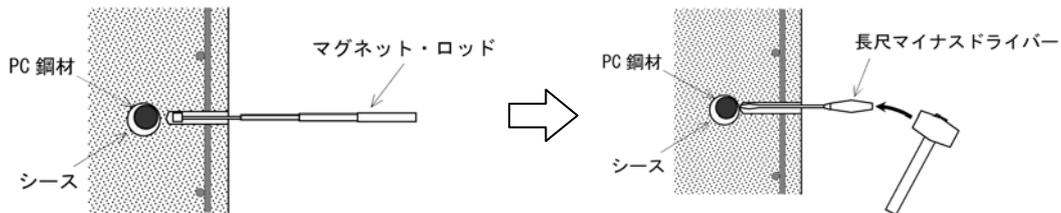


図-5 削孔概念図



写真-4 CCDカメラによるシース内部の確認

4. グラウト充填不良区間の特定

4. 1 グラウト再注入用削孔

グラウト再注入に先立ちφ65mmのコアドリルによる削孔を行った。

削孔後のシース内部の状況を写真-5に示す。PCケーブルの腐食はほとんど認められなかった。これはシース内部がコンクリートにより密封された状態であり、PCケーブルに酸素の供給がなかったためと推察される。



写真-5 シース内部

4. 2 ワイヤー挿入調査

グラウト充填不良区間の特定方法として、シース内部に直径2mm程度のワイヤーを挿入し、グラウト

ト充填部までの挿入長を測定した(写真-6, 図-6)。この時のワイヤー挿入長がグラウト充填不良区間であり, グラウトの再注入区間となる。なおワイヤー挿入調査は, 不可視部分であるシース内部の状況を手元の感覚で判断するものであり, 非常に根気と労力を要する作業であった。



写真-6 ワイヤ挿入調査

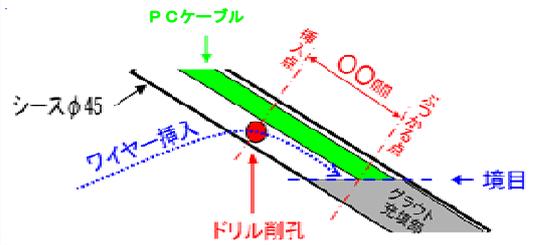


図-6 概念図

ワイヤー挿入調査の結果を表-1に示す。調査範囲全体に占めるグラウト充填不良の割合はI期線では箇所数で17%, PCケーブルの延長比率で1.0%。II期線では箇所数で10%, PCケーブルの延長比率で0.6%であった。

表-1 調査結果集計表

		I期線	II期線
箇所数	調査対象PCケーブル(箇所)	204	880
	グラウト充填不良(箇所)	34	87
		比率(%)	比率(%)
		16.7	9.9
延長	調査対象PCケーブル(m)	3424.3	13392.1
	グラウト充填不良(m)	33.3	73.8
			比率(%)
		1.0	0.6

5. グラウトの再注入

5.1 グラウトの配合

配合は, 狭い空隙に対する充填性確保に配慮し, 低粘性型セメント系グラウト材を採用した。また一部のPCケーブルでは, 現在までに腐食が進行していることが懸念されたため, 腐食したPCケーブルの不動体被膜の再構築を目的に, 亜硝酸カルシウム水溶液を混入した。なお亜硝酸カルシウムの添加量は, 内在する塩化物イオン量に対してモル比1:1で混入した(表-2)。

表-2 グラウトの配合

	水材料比 (%)	ブレックス型グラウト材 C (kg)	水 W (kg)	亜硝酸カルシウム水溶液 (kg)	総重量 (kg)
1m ³ あたり	33.5	1491.3	480.6	19.0	1990.8
1バッチ (13.4ℓ)あたり	33.5	20.0	6.45	0.255	26.7

<使用材料>

低粘性型グラウト材: エスエイ-PC
亜硝酸カルシウム水溶液: コンプラストNC

5.2 注入作業

注入作業には手動ポンプを使用した。手動ポンプは, 手元感覚で注入圧力が調整でき, 緩やかに圧入することが可能であるため, グラウトの再注入作業に適していたと考える(写真-7)。



写真-7 注入作業

6. おわりに

内ケーブルのグラウト再注入は, 充填不良箇所の調査・判定や充填不良区間の特定に時間や労力, 技量が要求されるものであった。今後の同様な工事に本報告が参考になれば幸いである。