

PC箱桁橋におけるケーブル形状別グラウト充填調査結果と評価

西日本高速道路エンジニアリング中国(株) 正会員 ○上原 玲士, 正会員 植戸 健司, 正会員 山内 健利
西日本高速道路(株) 坂東 誉浩

1. はじめに

現在供用されているPC橋で1960年代から1980年代にかけて架設されたものの中には、グラウト充填に関する材料や設計・施工技術の未熟による充填不足も確認されているが、充填不足の主な要因は下り勾配ケーブルにおけるグラウトの先流れによると考えられている。本報告は、中国地方の高速道路におけるポストテンション方式PC箱桁橋のグラウト充填状況及びPC鋼材腐食度調査結果を報告するとともに、上り勾配ケーブルにもグラウト充填不足が発生する可能性を示すことにより、点検着目点の検討を行ったものである。

2. 調査対象橋梁の概要

調査対象橋梁の概要を表-1、広帯域超音波法(以下、WUT)測定装置を写真-1に示す。本調査ではウェブ内に配置された主ケーブル(PC鋼棒)を対象とし、WUTを用いた非破壊検査によるスクリーニング後、各橋梁で数箇所を削孔し、目視による充填状況およびPC鋼材の腐食状況を確認した。

表-1 調査対象橋梁概要

調査年度	平成27年度～平成31年度
開始供用年	1983年～1997年
構造形式	PC箱桁橋
配置鋼材	PC鋼棒φ32mm (鋼製シース径φ38mm)
調査橋梁数	16橋(30連)
調査箇所数	広帯域超音波法 537箇所 削孔調査 150箇所

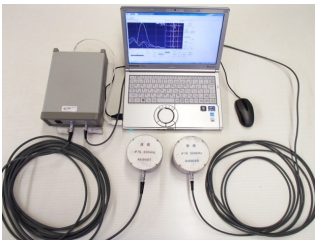


写真-1 WUT測定装置

3. 調査概要および調査結果(WUT, 削孔調査)

WUTは超音波を用いた非破壊検査によるグラウト充填調査手法の一つである。シース反射波が低い周波数帯域(40kHz 付近)なら充填「○」、高い周波数帯域(80kHz 付近)なら充填不足「×」、どちらも見受けられないような場合は充填不足の可能性「△」の判定を行う。調査箇所は、図-1に示すようにPC箱桁橋の主桁内面における、グラウト充填不足発生の可能性のある上縁定着近傍(A, C)、連続およびスパンケーブル曲げ上げ下げ部を対象とした(B1, B2)1)。

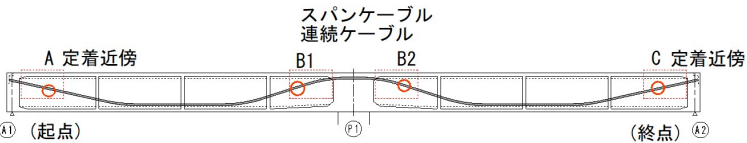


図-1 調査箇所図

削孔調査は、WUTにより充填不足「×」および充填不足の可能性「△」の波形が得られた場合、超音波ドリル(φ30mm)を用いて削孔し、グラウト充填状況、PC鋼材腐食度(「I」～「IV」)2)および滞水の有無等を目視確認した。

WUTによる調査は、全537箇所で行った(表-2)。全調査箇所の内、充填不足「×」と判定されたものは5%であり、79%は充填されていると考えられる。しかし、どちらも判定できない充填不足の可能性「△」が16%も生じているため、今後はさらなる精度向上が必要である。

表-2 充填調査結果(WUT)

充填状況	箇所数	(%)
充填「○」	424	79
充填不足の可能性「△」	86	16
充填不足「×」	27	5
計	537	100

削孔調査は、全150箇所で行った(表-3)。グラウト充填度について、「1」：完全充填、「2」：充填あり、「3」：充填不足、「4」：未充填の4段階で判定した。PC鋼材の腐食度は、「I」～「II」と比較的軽微なものであった。

表-3 充填度および腐食度(削孔調査)

充填度	箇所数	(%)	腐食度	箇所数	(%)
1	130	87	I	130	87
2	0	0	II	20	13
3	6	4	III	0	0
4	14	9	IV	0	0
計	150	100	計	150	100

4. ケーブル形状別のグラウト充填状況

4.1 調査箇所とケーブル形状

これまでの調査で蓄積した調査結果データを、ケーブル形状別に集計し評価を行った。図-1に示すように、ケーブル形状について調査起点側から、A(定着近傍、端部・上縁)、B1(連続およびスパンケーブル曲げ上げ部)、

キーワード グラウト充填調査, 非破壊検査, 広帯域超音波法, 削孔調査, ケーブル形状別
連絡先〒731-0103 広島市安佐南区緑井 2-19-1 西日本高速道路エンジニアリング中国(株) TEL082-962-5240

B2（連続およびスパンケーブル曲げ下げ部）、C（定着近傍、端部・上縁）の4区分に区分別けを行った。また、注入方向は建設時のデータが不明なため不明確ではあるが、充填不足箇所が確認された対象橋梁の内、起点側に縦断勾配が低いものが約6割を占めており、一般にグラウト注入は低い方から注入することを考えると、ほとんどの橋梁の注入方向は起点側（A：定着近傍）より終点側（C：定着近傍）と思われる。

4.2 充填状況の評価結果

WUTの調査箇所毎の充填不足「×」の割合を図-2に、削孔調査の調査箇所毎の「4」：未充填または「3」：充填不足における2区分を充填不足とした場合の割合を図-3に示す。WUTおよび削孔調査の結果は、ケーブル形状Cの充填不足の割合が約6割と最も多く、次いでA、B2、B1の順となった。また、グラウト充填不足の発生箇所は、ケーブル形状AおよびCに偏在する結果となった。

これまでに既往の研究等からグラウト充填不足の発生要因は、主に下り勾配ケーブルの先流れおよび定着部背面のブリーディングによるものとの報告³⁾がある。しかし、ブリーディングの範囲は定着部背面0.5m程度との報告⁴⁾があり、今回の調査箇所が、定着部付近から3m程度離れているためブリーディングや空気溜りによるとは考えにくい。したがって、WUTおよび削孔調査の評価結果から、上り勾配ケーブルにおいても、縦断勾配の高低に関係なく充填不足が発生する可能性があると考えられる。また、平成30年度に調査した2橋（A橋、B橋）の評価結果について着目したところ、図-4に示すように、上り勾配および下り勾配ケーブルの両方に充填不足の発生を確認した。

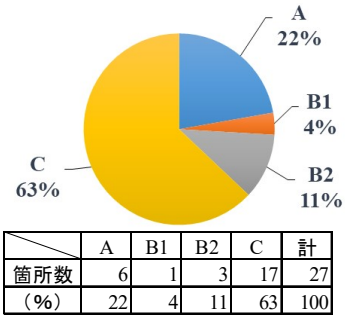


図-2 充填不足割合 (WUT)

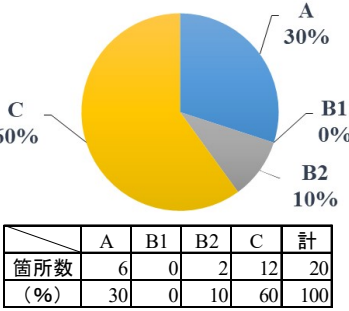


図-3 充填不足割合 (削孔)



図-4 グラウト充填不足箇所 (A 橋, B 橋)

5. まとめ

- (1) WUTの充填率は79%、削孔調査の充填率は87%であった。また、PC鋼材の腐食度は「I」～「II」と軽微であり、シース管内に滞水は見受けられず健全であった。
- (2) 上り勾配ケーブルに充填不足が発生する要因は、PC鋼棒使用のため空隙率が小さいこと、緊張作業等による鋼棒の片寄り、グラウト注入圧力不足等が考えられる。
- (3) ケーブル形状別の評価結果は、下り勾配ケーブルにおけるグラウト注入時の先流れによるものの他に、上り勾配ケーブルにおいても充填不足が発生する可能性が確認された。今後の調査や維持管理にあたっては、これらを着目点とすることにより更なる維持管理の効率化が図れると考えられる。
- (4) 今後の課題としては、WUTの精度向上、削孔調査との併用方法等による評価、カップラーシース前後の閉塞の影響を検討する必要がある。しかし、調査データ数が少ないことから、今後も調査実績を積み重ねるとともにデータ蓄積を行い、維持管理の更なる効率化に取り組んでいきたい。

参考文献

1) 西日本高速道路株式会社：調査要領 平成29年7月
2) 公益社団法人土木学会：コンクリート標準示方書〔維持管理編〕2018年制定
3) 寺田典生,青木圭一,野島昭二,宮永憲一,徳光卓：PCグラウトの充填特性を考慮した点検着目点の検討,コンクリート構造物の補修,補強,アップグレード論文報告集第12巻,pp.237-242,2012.11
4) 半澤功祐,蒲和也,御嶽讓,青木聡：旧仕様PCグラウトの充填特性確認実験,プレストレストコンクリート工学会第26回シンポジウム論文集,pp.307-310,2017.10