

PCグラウト再注入用補修材の体積抵抗率に関する基礎的検討

(株)ピーエス三菱		○武智	愛
(株)ピーエス三菱	正会員	工修	山村 智
(株)ピーエス三菱	正会員	工博	鴨谷 知繁

Abstract : In recent years, Re-grouting is conducted on existing PC bridges. In condition chloride ion entered insufficient grouting area, it is considered that macro-cell corrosion is increased after re-grouting using normal grout material. LiNO_2 is well known as inhibitor for corrosion by chloride ion, so materials containing it are often used for re-grouting. On the other side, using high-resistance material is well known as a method to inhibit macro-cell corrosion, but influence of LiNO_2 addition to them is unknown. This paper is basic study about relationship between LiNO_2 and volume resistivity in existing grout material of two category.

Key words : Re-grouting , Macro-cell corrosion , Volume resistivity

1. はじめに

近年、既設のポストテンション方式PC橋において、凍結防止剤等に含まれる劣化因子がグラウト未充填部へ侵入することによるPC鋼材の著しい腐食や破断が報告されている。「既設ポストテンション橋のPC鋼材調査および補修・補強指針」¹⁾では、既設PC橋の耐久性確保の観点からPCグラウトの充填不足部においてグラウト再注入、防水対策を施すことが基本とされている。しかし、既設グラウト部は劣化因子の侵入により塩化物イオンを含んでいることが確認されており²⁾、グラウト再注入を施すことによって既設グラウト部をアノード、補修部をカソードとするマクロセル腐食の発生が懸念される。マクロセル腐食を抑制する方法の一つとして、体積抵抗率の高い再注入材の使用が挙げられる。そこで本稿では、グラウト再注入に用いられる材料の体積抵抗率に関する基礎的検討を行った。

2. 試験概要

本検討は、JSCE-K 562-2013「四電極法による断面修復材の体積抵抗率測定方法(案)」³⁾に準拠し行った。試験体は40×40×160(mm)の角柱供試体を各配合で3本ずつ製作した。養生方法は23℃の恒温恒湿室にて封緘養生を行い、材齢28日で試験を実施した。

2.1 材料

試験要因を表-1に示す。体積抵抗率に影響する要因である主材の抵抗、既設グラウト部における塩化物の侵入、補修部における LiNO_2 (以下LNとする) の添加を考慮し²⁾、以下の試験要因とした。

①～③は、過去文献²⁾において体積抵抗率が低いと確認されたものと同等の材料を使用した硬化体であり(以下low-Rシリーズとする)、単味配合を①、練混ぜ時にNaClを添加したものを②、LNを 55kg/m^3 添加したものを③とする。④～⑥は、PCグラウト再注入用に開発された、高炉セメントを主材とする硬化体であり(以下high-Rシリーズとする)、単味配合を④、練混ぜ時に 55kg/m^3 のLNを添加したものを⑤、 47kg/m^3 のLNを添加したものを⑥とする。low-Rシリーズは添加材が流動性に及ぼす影響を考慮しないものとし、水結合材比を44%に調整することで体積抵抗率への影響を除外した。一方でhigh-Rシリーズは、実橋での施工実績がある配合であり、添加材が流動性に及ぼす影響を考慮しているため、水結合材比が異なっている。

表-1 試験要因

	試験体名称	主材の 体積抵抗率	LNの添加	水結合材比 (%)	NaClの添加
①	low-R noLN	低	無	44	無
②	low-R Cl	低	無	44	15kg/m ³
③	low-R 55LN	低	有 (55kg/m ³)	44	無
④	high-R noLN	高	無	31	無
⑤	high-R 55LN	高	有 (55kg/m ³)	42	無
⑥	high-R 47LN	高	有 (47kg/m ³)	42	無

※ ①～③をlow-Rシリーズ, ④～⑥をhigh-Rシリーズとする。

2.2 測定方法

測定方法を図-1, 試験状況を写真-1, 写真-2に示す。本試験では電圧30V, 70Hzでの条件下で測定した。容積基準質量含水率は, JIS A 1476⁴⁾に準拠し, 式-1によって算出した。

$$w = \frac{m - m_0}{V_0} \quad \text{—— 式 (1)}$$

w : 容積基準質量含水率(kg/m³)

m : 乾燥前の試験体の質量(kg)

m₀ : 乾燥後の試験体の質量(kg)

V₀ : 形状寸法から求められる乾燥した試料の容積(m³)

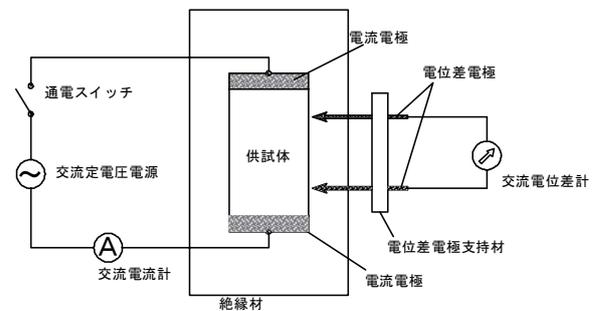


図-1 測定方法

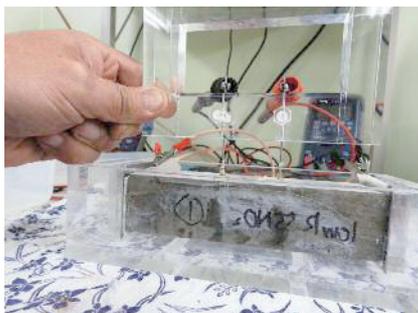


写真-1 体積抵抗率の測定状況



写真-2 容積基準質量含水率の試験状況

3. 試験結果

体積抵抗率および容積基準質量含水率の測定結果を表-2に示す。また, 各試験体の体積抵抗率を比較したものを図-2, 容積基準質量含水率を比較したものを図-3に示す。

表-2および図-2より, low-Rシリーズとhigh-Rシリーズの体積抵抗率を比較すると, low-Rシリーズが11.2~15.3(Ω・m)に対してhigh-Rシリーズは69.2~90.0(Ω・m)となり, 値が大きく異なる結果となった。LNを同程度添加している③と⑤を比較すると, 水結合材比の差に比べて体積抵抗率の差が大きく, また一般的には硬化体の含水率が高いほど体積抵抗率は低くなるが⁵⁾, 本試験では逆の傾向がみられた。このことから, 主材自体の抵抗率が硬化体の体積抵抗率に影響していると推測した。

以上より、マクロセル腐食の抑制を目的とした場合、PCグラウト再注入用に開発された、高炉セメントを主材とするhigh-Rシリーズの補修材が有効と考えられる。

表-2 測定結果

シリーズ		試験体名	体積抵抗率 ($\Omega \cdot m$)	容積基準質量含水率 (kg/m^3)
low-R	①	low-R noLN	11.2	367.8
	②	low-R Cl	12.4	308.1
	③	low-R 55LN	15.3	382.1
high-R	④	high-R noLN	90.0	333.8
	⑤	high-R 55LN	69.2	428.2
	⑥	high-R 47LN	75.6	440.4

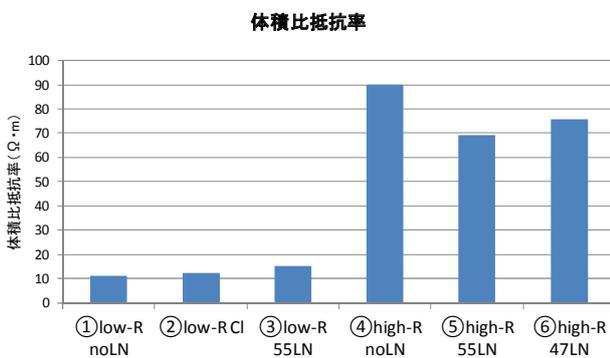


図-2 各試験体の体積抵抗率の比較

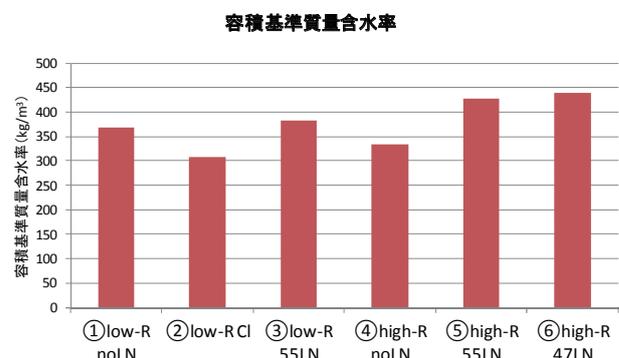


図-3 各試験体の容積基準質量含水率の比較

3.1 low-Rシリーズ

表-2および図-2より、low-Rシリーズの体積抵抗率は同程度であるが、数値としては大きい方からLNを添加した③、NaClを添加した②、単味配合の①の順になった。

既往研究では、練混ぜ時にNaClを添加したセメント硬化体は高湿環境下において、単味配合の硬化体に比べて体積抵抗率が低下することが報告されているが⁶⁾、本試験では逆の結果となった。これは、セメント硬化体にNaClを添加することで硬化反応が促進するという過去の研究結果⁷⁾から、硬化反応の促進に伴い含水率が低下したため、体積抵抗率が向上したと考えられる。

また、既往研究では、練混ぜ時にLNを添加した場合、セメント硬化体の保水性が向上したため⁸⁾、硬化体の含水率の向上により体積抵抗率が低くなると考えられたが、本試験では容積基準質量含水率、体積抵抗率ともに③がもっとも高い値となった。これは、練混ぜ時にLNを添加した場合はセメント硬化体の空隙構造が複雑になりイオンの移動が抑制されるとの報告より⁹⁾、本試験ではLNの空隙構造の複雑化がより影響し、③は容積基準質量含水率が高いにも関わらず体積抵抗率が高くなったと推測できる。

3.2 high-Rシリーズ

表-2および図-2より、体積抵抗率は⑤<⑥<④となり、単味配合である④がもっとも高くなった。その理由としては、水結合材比が⑤や⑥に比べて低いため、容積基準質量含水率も低くなり、イオンの移動を抑制したことが挙げられる。同じ水結合材比である⑤と⑥を比較すると、LN添加量が多いほど体積抵抗率は低くなっておりlow-Rシリーズと異なる結果となったが、⑤と⑥のLN添加量および体積抵抗率の数値に有意な差が見られないことから、本試験ではLN添加量と体積抵抗率との関係につい

ては明確に示すための十分な知見は得られなかった。

なお、図-2、図-3より⑤、⑥の容積基準質量含水率および体積抵抗率がlow-Rシリーズの③より高い。これは、上記よりhigh-Rシリーズに用いた高炉セメントによって硬化体が緻密になっているため、添加材であるLNの空隙構造の複雑化特性の影響がlow-Rに比べて小さくなったと推測できる。

4. まとめ

本稿では、PCグラウト再注入によって発生が懸念される、マクロセル腐食を抑制するための要因となるPCグラウト再注入用補修材の体積抵抗率について基礎的検討を行った。以下に本試験で得られた知見をまとめる。

- 1) 主材の抵抗率によってセメント硬化体の体積抵抗率は大きく異なり、マクロセル腐食の抑制を目的とした場合、PCグラウト再注入用に開発された、高炉セメントを主材としたhigh-Rシリーズが有効と推測される。
- 2) low-Rシリーズでは、練混ぜ時にLNを添加することでセメント硬化体の空隙構造が複雑になり、体積抵抗率を向上させることが分かった。
- 3) high-Rシリーズでは、LNの添加量が多いほど体積抵抗率が低下する結果となったが、有意差がないため、本試験ではその根拠を示すための十分な知見は得られなかった。

参考文献

- 1) プレストレストコンクリート工学会，既設ポストテンション橋のPC鋼材調査および補修・補強指針，2016
- 2) 宮永憲一，青木圭一，横山貴士，渡邊晋也：PCグラウト再注入による鋼材腐食の影響検討，第23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，pp.451-456，2014
- 3) 土木学会，コンクリート標準示方書 規準編 土木学会規準および関連規準，pp.406-411，2013
- 4) 日本工業規格，JIS A 1476 建築材料の含水率測定方法，2016
- 5) 日本コンクリート工学会，物理化学的解釈に基づく電気化学的計測手法の体系化に関する研究委員会，pp.170-175，2015
- 6) 山本佳城，衣笠秀行，古賀一八，梶田佳寛：コンクリートの含水状態が鉄筋腐食に及ぼす影響に関する基礎的実験，コンクリート工学年次論文集，Vo.l23，No.2，pp.535-540，2001
- 7) 酒井貴洋，田中亮一，山路徹，馬場勇介 他：海水練りセメント硬化体の初期強度増進効果に関する実験的検討，土木学会第70回年次学術講演会，pp.1067-1068，2015
- 8) 堀孝廣，北川明雄，中村雄二：亜硝酸塩含有モルタルの中性化抑制効果，セメント・コンクリート論文集，No. 45，pp.550-555，1991
- 9) 行徳圭洋，櫛原弘貴，添田政司，大和竹史：亜硝酸塩がポリマーセメントモルタルに与える影響に関する研究，コンクリート工学会年次論文集，Vol.34，No. 1，pp. 1684-1689，2012