

旧仕様PCグラウトの充填特性確認実験

首都高速道路(株)	○半澤 功祐
首都高速道路(株)	蒲 和也
首都高速道路(株) 正会員	御嶽 譲
(一財)首都高速道路技術センター	青木 聡

キーワード：PC橋，PCグラウト，点検

1. はじめに

PC グラウトの目的には，PC 鋼材を腐食から保護すること，緊張材と部材コンクリートに付着を与え一体化することの2つがあるとされている¹⁾。しかし，建設時期が古いものは，PC グラウト技術が未熟であったために，完全な PC グラウト充填ができていない可能性が高いとされており²⁾，その目的を果たせていない場合も考えられる。実際，首都高速道路から撤去された PC 桁において，シース内に空隙があることが確認されている（写真－1）³⁾。

このような背景を踏まえると，ポストテンション方式 PC 橋（以下，ポステン橋）を永く使用するためには，既設 PC グラウトの充填度合いを適切に診断して，必要に応じて対策を講じることが重要といえる。つまり，既設 PC グラウトが要求性能を水準以上保持しているかの確に評価する必要がある。しかし，現在確立されている点検手法（非破壊検査や微破壊を伴う直接目視等）は，適用可能範囲が限られることから，全区間を点検することが困難となっている。つまり，サンプリング調査となることから，全区間の充填度合いを的確に評価することが難しい場合がある。また，首都高速道路に約 1600 径間あるポステン橋を適切に維持管理するには，効率的に点検を進めることが求められる。

そこで，点検の効率化に資する知見を得ることを目的として，旧仕様の PC グラウトを透明シース管に注入し，目視により充填特性を確認する実験を実施した。



全景



全面未充填（C4 近景）

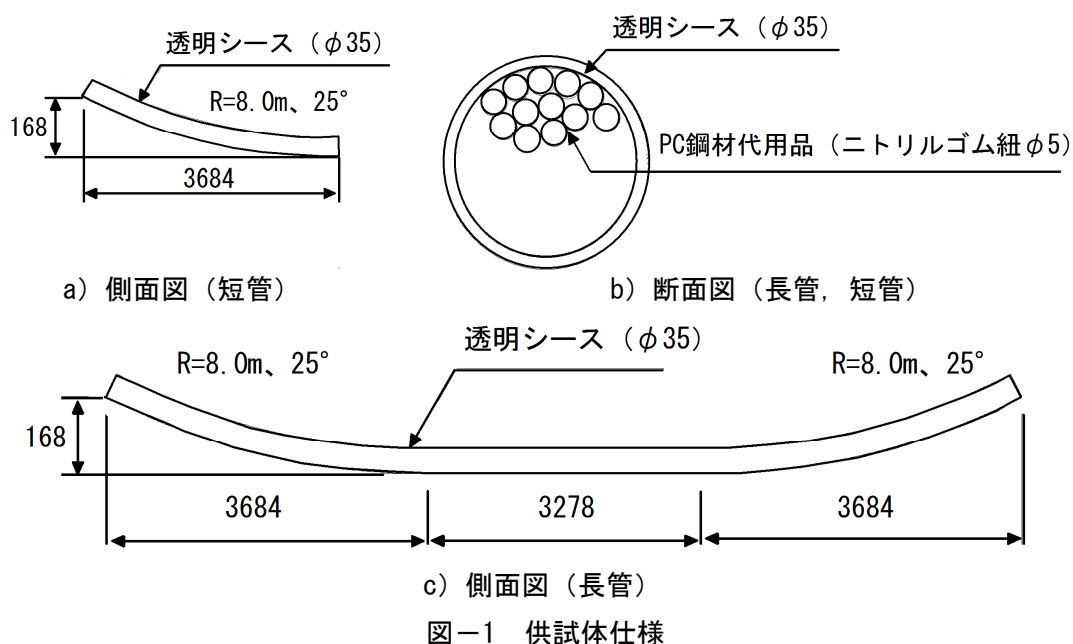


わずかな隙間（C5 近景）



半面未充填（C6 近景）

写真－1 生麦撤去桁 PC グラウト充填状況



表－1 PC グラウト配合

セメントの種類	水セメント比 (%)	混和剤ボゾリス№8 (C × %)	膨張材アルミ粉 (C × %)
普通ポルトランドセメント	42	0.25	0.01
	52		
	62		

2. 実験方法

2. 1 供試体

供試体の仕様を図－1に示す。供試体はシース内に空隙が確認された前述したPC桁³⁾の上縁定着ケーブルを模擬した。シース管は曲げ上げ区間のみを再現した短管と，全区間を再現した長管の2種類を用意し，どちらもPCグラウト充填状況を確認しやすいよう透明シース管を用いた。また，PC鋼材（12φ5）の代用品としてφ5mmのニトリルゴム紐（以下，ゴム紐）を採用し，PC鋼材緊張状態を再現するために，シース管上縁に接触するよう配置した。

2. 2 PCグラウト配合

実験に使用したPCグラウトの配合を表－1に示す。旧施工要領⁴⁾に示された配合例を模擬し，材料は当時一般的に用いられた材料を使用した。また，充填不良が生じる要因の1つにブリーディングに起因する空隙があげられる。これは，建設初期の使用材料（概ね1990年以前はブリーディングの発生を許容）や施工管理の不備が，ブリーディングの発生傾向を助長した可能性があるとの推察される。そこで，水セメント比は，当時の配合例42%に加えて，ブリーディングをより多く発生させることを求めた52%と62%の3種類とした。

2. 3 実験手順

(1) ブリーディング発生傾向確認（STEP1）

水セメント比3種類（W/C=42，52，62%）のPCグラウトとゴム紐有無を組み合わせた4種類の短管供試体を作製し，ブリーディングの発生傾向を確認した。

(2) 充填不足発生傾向確認 (STEP2)

STEP1の実験結果に鑑みて選定したW/C=62%のPCグラウトを長管に注入して注入量を変えた3種類の供試体 (図-2a～c) を作製。ブリーディングによる影響に加えて、注入量の違いによる空隙等の発生傾向を確認した。さらに、表面に凹みを設けた長管にPCグラウトを注入した供試体 (図-2d) を作製。シース管表面の損傷による影響を確認した。注入方法は次の2通りとした。供試体A, Dは、シース管容量を超えるまでグラウトポンプを用いて注入、供試体B, Cは、それぞれの計画量を自然流下で注入した。

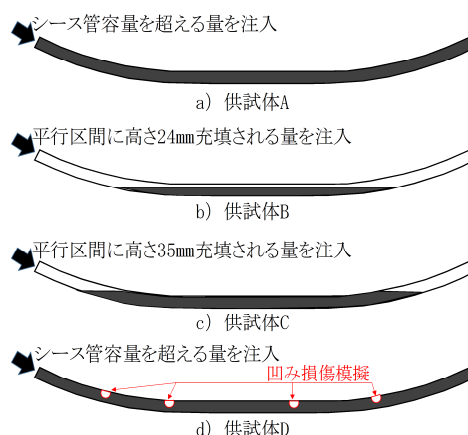


図-2 PC グラウト注入量

表-2 ブリーディング発生傾向確認結果 (STEP1)

供試体 No	ゴム紐 (PC鋼材 模擬) 有無	水セメ ント比 (%)	品質管理試験 ⁵⁾		外観目視		切断面目視	
			J漏斗 流下時間 (秒)	ブリー ディング率 (%)	ブリーディング発生範囲 (cm)		PCグラウト充填率 (%)	
1	無	42	20	0.00	10	写真-2 a)	99.5	—
2		62	13	4.58	50	写真-2 b)	97.6	—
3	有	62	13	6.91	50	写真-2 c)	77.4	写真-3 a)
4		52	14	0.40	10	写真-2 d)	100.0	写真-3 b)

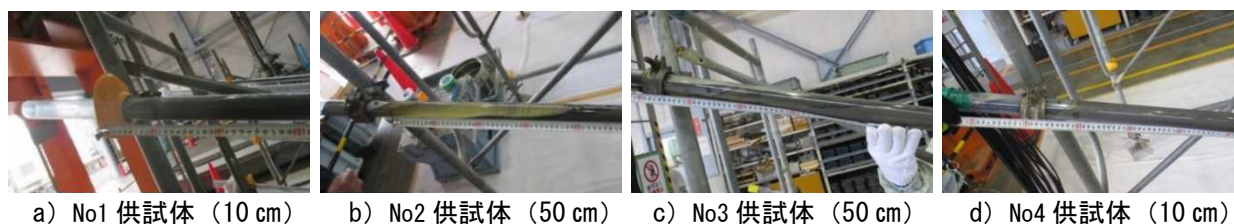


写真-2 ブリーディング発生状況 (ブリーディング発生範囲)

3. 実験結果と考察

3.1 ブリーディング発生傾向確認 (STEP1)

品質管理試験結果、短管上方に生じたブリーディング発生範囲および切断面のPCグラウト充填率を表-2、写真-2に示す。PCグラウト充填率は、硬化後の供試体を長さ50cm間隔で切断して、各切断面の充填率（密に充填されている範囲と充填必要範囲の面積比）を平均した値である。これらの結果、水セメント比42%と52% (No1とNo4) では、ブリーディングの影響がほとんどみられなかった。一方で、水セメント比62% (No2とNo3) では、ブリーディング率が旧規格値 (3%以下)⁵⁾ を超え、ブリーディング発生範囲も50cmに至った。水セメント比が異なる供試体 (No3とNo4) のブリーディング発生状況を写真-3に示す。また、ゴム紐を配置したNo3においてはPCグラウト充填率が77.4%となり著しく低い値を示した。これは、配置されたPC鋼材（ここではゴム紐）が充填不足を促進する可能性があることを示唆していると推察される。これらの結果に鑑みてSTEP2では水セメント比62%のPCグラウトを用いることとした。



a) No3 供試体



b) No4 供試体

写真-3 切断面
(注入口から 2m 離れた位置)

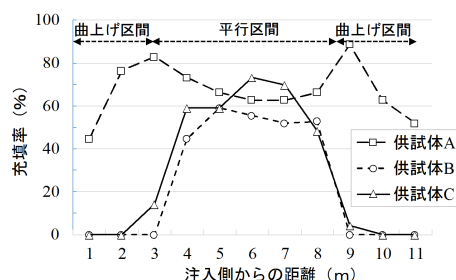


図-3 PC グラウト充填率 (STEP2 供試体 A, B, C)

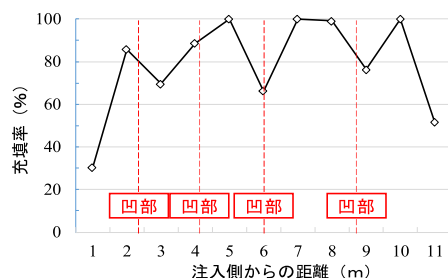


図-4 PC グラウト充填率 (STEP2 供試体 D)



写真-4 切断面（注入口から 5m 離れた位置）



写真-5 供試体 D の切断面

3. 2 充填不足発生傾向確認 (STEP2)

供試体A～Dいずれも、注入後15分程度までに注入範囲全域に渡ってシース断面上側にブリーディング水が確認され、それ以降は大きく変化することは無かった。供試体A, B, Cの硬化後の切断面観察結果を図-3, 写真-4に示す。供試体Aは、シース管容量を超えるPCグラウトを注入したが、全区間に渡りシース断面上方にPCグラウトが粗い状態の充填範囲がみられ、PCグラウト充填率は70%程度であった。供試体B, Cは、注入量を変えて平行区間の充填を試みたが、どちらも空隙が多くみられ、PCグラウト充填率は50～70%であった。また、写真-4に示す切断面の状態は供試体A, B, Cいずれも実構造物で確認された状態（写真-1の半面未充填）と似ている。つまり、充填不良の要因として、建設当時の標準仕様よりも水セメント比が高いPCグラウトを注入された可能性があるかと推察される。

供試体Dの硬化後の切断面観察結果を図-4, 写真-5に示す。供試体Dは、シース表面に深さ10mm程度の凹部を4箇所設けて、供試体Aと同様の仕様でPCグラウトを注入した。その結果、PCグラウト充填率は80%程度と供試体Aよりやや高い傾向を示したが、凹部近傍においてPCグラウトの状態が粗い状態の充填範囲が多くみられた。

4. まとめ

本実験では、PC橋点検の効率化に資する知見を得ることを目的として、昭和40年代に一般的に使用されていたPCグラウトを透明シース管に注入し、充填特性を確認した。得られた結果を要約すると以下のとおりである。

- (1) 水セメント比42%および52%の旧仕様PCグラウトは、ブリーディングの影響が小さかった。
- (2) 水セメント比62%の旧仕様PCグラウトは、注入量の多少にかかわらず、ブリーディングによる充填不足が発生した。
- (3) シース管の損傷（凹み）部が充填不足を促進する可能性があることが示唆された。

参考文献：1) 土木学会：コンクリート標準示方書施工編，p327,2012 2) 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，p.9,2016.9 3) 蒲，増井，秋元：44年供用したPC桁の載荷試験報告（その2），PCシンポジウム論文集，pp.239-242，2014.10 4) 首都高速道路公団：監督必携，pp451-454，1970 5) 土木学会：プレストレストコンクリート標準示方書，1979