

PCグラウトの充填性に関する一考察

一 緊張されたPC鋼材への充填度確認実験と充填確認用孔付シースの開発 一

三井住友建設㈱ 静岡支店 正会員 ○ 奥村 一彦
 三井住友建設㈱ 土木技術部 正会員 細野 宏巳
 三井住友建設㈱ 土木技術部 正会員 川浦 順一
 三井住友建設㈱ 土木技術部 正会員 博士(工学) 新井 英雄

1. はじめに

プレストレストコンクリート(PC)橋のグラウトは、PC鋼材の防錆およびコンクリートとPC鋼材の一体性を確保するために重要な要素である。しかし、グラウトの充填性に関しては、我が国のみならず、世界的に課題となっているのが現状であるが、系統立てた詳細な検討が行われていない。

そこで、緊張されたPC鋼材の素線間へのグラウト充填状況と、リップ形状が大きく、リップピッチが細かいポリエチレンシースのリップ内へのグラウト充填状況に着目し、小型供試体を用いた充填度確認実験を実施した。両実験では、充填状況改善のための1方法として、真空ポンプを併用したバキュームグラウト注入方法と注入完了後の加圧の有効性を確認した。また、本実験と並行して、注入時および硬化後のグラウト充填状況を目視により確認できる充填確認用孔付シースを開発した。

本報告では、充填度確認実験で得られた知見と開発した充填確認用孔付シースの特徴を報告するものである。なお、今回の実験では、直線配置されたケーブルを対象としてモデル化している。

2. 緊張されたPC鋼材への充填度確認実験

2.1 実験概要

試験体種別を表-1に、試験体形状を図-1に示す。試験体は、直線配置されたケーブルを対象としてモデル化し、緊張力：0.6σpuを導入したシングルストランド：φ12.7mmを1本配置した。注入方法は、通常注入（一般的な注入方法で、注入口からグラウトポンプにより注入する方法）と、真空併用（真空ポンプを併用したバキュームグラウト注入方法で、あらかじめ試験体を減圧した状態に保ち、排気口から真空ポンプで空気を排出しながら、注入口からグラウトポンプにより注入する方法）を採用した。さらに、注入完了後、注入時圧力：0.2MPaを保持したものと、加圧：0.4MPa（注入時圧力：0.2MPa+加圧分：0.2MPa）したものを製作した。また、材料には、高粘性タイプ：GF-1720を使用し、注入には、手動式ポンプを使用した。試験体設置状況を写真-1に、真空ポンプ設置状況を写真-2に示す。

表-1 試験体種別

種別	シース長 (mm)	透明パイプ径 内・外径 (mm)	数量	備考
T1	4,000	44/48	2	通常注入、0.2Mpa
T2	4,000	44/48	1	通常注入、0.4Mpa加圧
T3	4,000	44/48	2	真空併用、0.2Mpa
T4	4,000	44/48	1	真空併用、0.4Mpa加圧

側面図

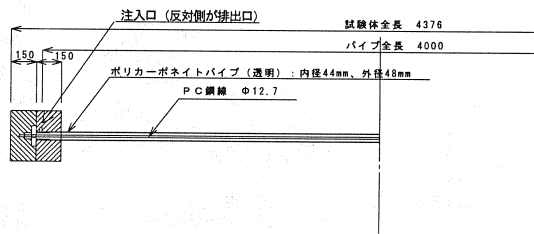


図-1 試験体形状

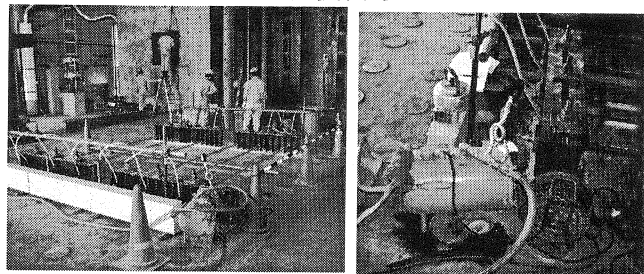


写真-1 試験体設置状況

写真-2 真空ポンプ設置状況

2.2 実験結果

充填度確認結果一覧表を表-2 に、試験体切出し部の素線間グラウト充填状況 (種別 T1-1, T4) を写真-3, 4 に示す。グラウト硬化後、試験体を解体し、PC鋼材に付着しているグラウトを取り除いた結果、すべての試験体で、PC鋼材の素線間空隙部にグラウトの存在が確認された。また、この状態では、真空併用+0.4MPa 加圧の試験体の充填状況が最も優れているように観察された。

次に、PC鋼材内側の素線間空隙部を確認するため、注入距離が同じ位置となる部分 (500mm) を切出し、その部分の素線を解いて、充填されているグラウト重量を測定した。その結果、通常注入 (Ave : 1.41 g/m) と真空併用 (Ave : 2.26 g/m) を比較すると、明らかに真空併用の充填量が多いことが確認された。しかし、PC鋼材外側の素線間空隙部を観察したときのように、0.4MPa 加圧したものは、通常注入グループと真空併用グループの各グループ内で比較しても、充填量は変わらない結果となった。

表-2 充填度確認結果一覧表

種別	ポンプ種類	気圧確認	加圧	鋼線内部のグラウト充填状況	素線間空隙内のグラウト量	備考
T1-1	手動ポンプ注入	0.0MPa	0.2MPa	鋼線内側の素線間への充填が確認された。	1.34g/m	注入時間:2分34秒
T1-2	手動ポンプ注入	0.0MPa	0.2MPa	鋼線内側の素線間への充填が確認された。	1.44g/m	注入時間:2分21秒
T2	手動ポンプ注入	0.0MPa	0.4MPa	鋼線内側の素線間への充填が確認された。	1.46g/m	注入時間:2分43秒
T3-1	手動ポンプ注入	-0.095MPa	0.2MPa	鋼線内側の素線間への充填が確認された。 T1,2よりも充填されたグラウト量が多い。	2.35g/m	
T3-2	手動ポンプ注入	-0.095MPa	0.2MPa	鋼線内側の素線間への充填が確認された。 T1,2よりも充填されたグラウト量が多い。	2.24g/m	注入時間:2分9秒
T4	手動ポンプ注入	-0.095MPa	0.4MPa	鋼線内側の素線間への充填が確認された。 T1,2よりも充填されたグラウト量が多い。	2.20g/m	注入時間:2分14秒

※気圧確認の数値は、圧力計の値を示している。(圧力計指示: 0.0MPa →実気圧: 1.0MPa)

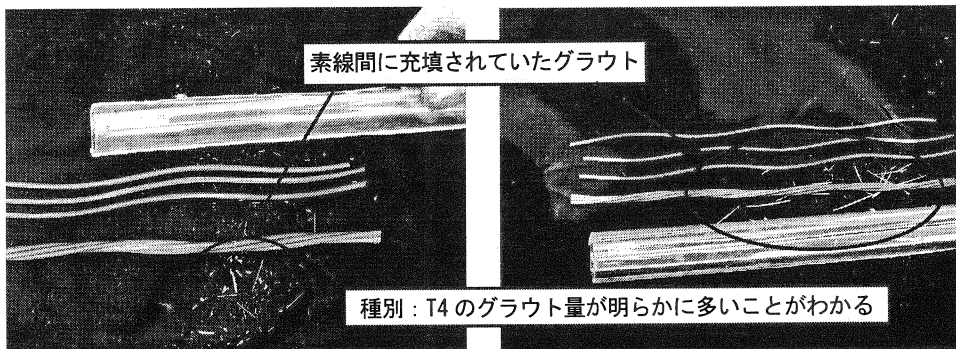


写真-3, 4 試験体切出し部の素線間グラウト充填状況

写真-3 T1-1: 通常注入

写真-4 T4: 真空併用+加圧

3. ポリエチレンシースへの充填度確認実験

3.1 実験概要

試験体種別を表-3 に、試験体形状を図-2 に示す。試験体は、直線配置されたケーブルをモデル化し、シース内径: 75mm のポリエチレンシースの中に、12S12.7 を配置した。また、供試体両端部に定着体を配置し、通常のグラウト施工と同様に、注

表-3 試験体種別

種別	シース長 (mm)	シース径、色 内・外径 (mm)	数量	備考
T1	5,500	75/88、半濁	1	手動、通常、0.2Mpa
T2	5,500	75/88、黒	1	手動、通常、0.2Mpa
T3	5,500	75/88、半濁	1	手動、真空、0.2Mpa
T4	5,500	75/88、黒	1	電動、通常、0.2Mpa
T5	5,500	75/88、半濁	1	電動、真空、0.2Mpa
T6	5,500	75/88、半濁	1	電動、真空、0.4Mpa加圧

入口は定着具前面に、排出口は、排出側定着具前面およびグラウトキャップ部に設けた。注入方法は、通常注入と真空併用を採用し、グラウトポンプには、手動式ポンプと電動式ポンプを使用した。さらに、注入完了後、注入時圧力:0.2MPaを保持したものと、加圧:0.4MPaしたものを製作した。グラウト材料には、高粘性タイプ:GF-1720を使用し、シースは、グラウト注入状況が確認可能な半濁色のものと通常使用する黒色のものを使用した。また、一部の試験体には今回開発した充填確認用孔付シースを設置し、グラウト充填状況の確認および製品の耐圧性能試験を並行して実施した。

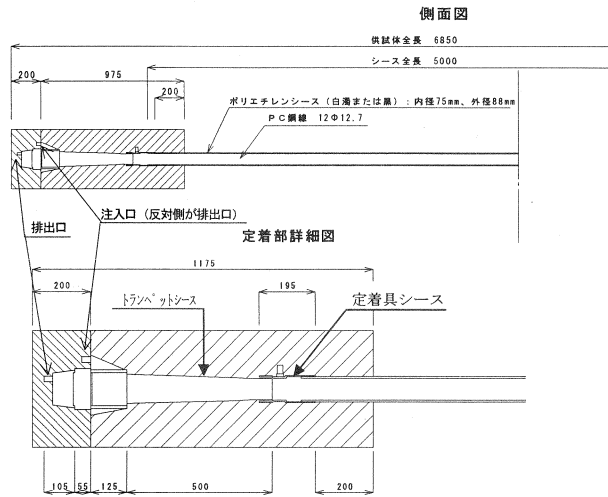


図-2 試験体形状

3.2 実験結果

充填度確認結果を表-4に、試験体切出し部のリブ内グラウト充填状況を写真-5, 6, 7に示す。すべての通常注入試験体(T1,2,3)は、リブ頂部に空隙が確認された。ただし、この空隙高さは、リブ高さ以内かつシース径の5%以内¹⁾(TR47規格値)に収まっている。次に、通常注入と真空併用を比較すると、明らかに真空併用の充填度が高いことが確認された。真空併用の注入時圧力:0.2MPa(T4)では、完全に充填されているように見えたが、リブ頂部部分を軽く叩くと空隙が確認された。ただし、この空隙部分の大きさは、通常注入と比較して明らかに小さかった。また、同様な真空併用の試験体(T5)が、通常注入と同程度の充填度しか確保できなかったが、これは、減圧時にシースが破損したことにより、減圧状態が保持できなかったことが原因であると考えられる。さらに、真空併用の加圧:0.4MPa(T6)では、リブ頂部まで完全に充填されており、真空併用+加圧方法は、充填度向上に大きく寄与する方法であることが確認できた。

表-4 充填度確認結果一覧表

種別	シース色	試験体・ポンプ仕様	気圧確認	加圧	シース内部のグラウト充填状況	素線間空隙内のグラウト量
T1	半濁	手動ポンプ注入 確認用孔付シース	0.0MPa	0.2MPa	シース上部に空隙あり(空隙高さは、リブ高さ以内かつシース径の5%以内)	試験片長さ500mm 2.61g 2.95g 3.02g 2.86 g/m
T2	黒	手動ポンプ注入 確認用孔付シース	0.0MPa	0.2MPa	シース上部に空隙あり(空隙高さは、リブ高さ以内かつシース径の5%以内)	試験片長さ499mm 2.84g 3.43g 3.86g 3.38 g/m
T3	黒	電動ポンプ注入 確認用孔付シース	0.0MPa	0.2MPa	シース上部に空隙あり(空隙高さは、リブ高さ以内かつシース径の5%以内)	試験片長さ500mm 3.43g 3.43g 3.65g 3.50 g/m
T4	半濁	手動ポンプ注入 確認用孔付シース	-0.095MPa	0.2MPa	シース上部に空隙あり	試験片長さ494mm 4.21g 3.90g 3.92g 4.06 g/m
T5	半濁	電動ポンプ注入	-0.095MPa	0.2MPa	完全充填されたように見えたが、リブ内頂部を軽く叩くと空隙を確認。	試験片長さ502mm 4.45g 3.83g 4.20g 4.14 g/m
T6	半濁	電動ポンプ注入	-0.095MPa	0.4MPa	完全充填	試験片長さ505mm 4.28g 3.98g 4.21g 4.12 g/m

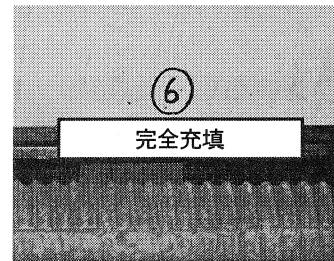
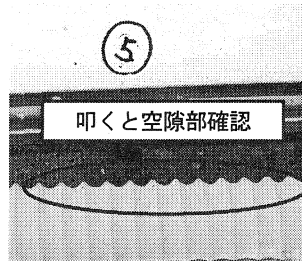
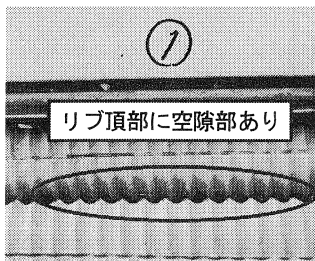


写真-5, 6, 7 試験体切出し部のリブ内グラウト充填状況

写真-5 T1: 通常注入

写真-6 T5: 真空併用

写真-7 T6: 真空併用+加圧

4. 充填確認用孔付シース

上述した一部の試験体には今回開発した充填確認用孔付シースを設置し、グラウト充填状況の確認および製品の耐圧性能試験を並行して実施した。充填確認用孔付シースを写真-8に、試験でのCCDカメラによるグラウト充填確認状況を写真-9, 10に示す。設計または施工段階で設定する検査位置はケーブルの任意な箇所となるため、全体形状をシースジョイントと同形状にし、容易に設置できる構造とした。また、現場での使用性を考慮し、電気機械的な検査方法が必要となるリード線などの付属品を埋込む必要をなくし、型枠の細工や特別な養生を必要としない構造とした。さらに、構造物の耐久性確保を目的に、CCDカメラを併用し、観察のための切欠き形状を極力小さくした(Φ30mm以下)。

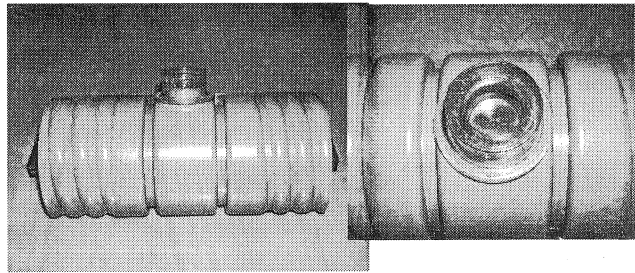


写真-8 充填確認用孔付シース

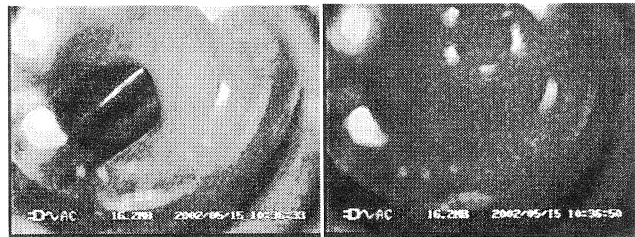


写真-9, 10 グラウト充填確認状況

写真-9 グラウト通過時

写真-10 グラウト充填後

5. まとめ

今回実施した一連のグラウト注入実験において、得られた知見を以下に列記する。

- ① 緊張したP C鋼材の素線間空隙部への充填は、通常注入方法で可能である。さらに、真空注入方法を採用すれば、その充填度は高くなり、充填度向上に寄与する。
- ② 緊張したP C鋼材の素線間空隙部への充填は、0.4MPa(注入時圧力:0.2MPa+加圧分:0.2MPa)程度の加圧では、あまり充填度が向上しない。
- ③ ポリエチレンシースへの充填は、通常注入方法で、リップ頂部に若干の空隙が残るが、この空隙高さは、リップ高さ以内かつシース径の5%以内^リ(TR47規格値)に収まる。
- ④ ポリエチレンシースへの充填は、真空併用方法では、通常注入方法と比較して、空隙部分の大きさは小さくなった。さらに、加圧:0.4MPaを実施すると、リップ頂部まで完全に充填され、充填度向上に大きく寄与する。

今回開発した充填確認用孔付シースの特徴を以下に列記する。

- ① シース頂部に透明な観察孔を設置しているため、CCDカメラなどを接眼することにより、注入時および硬化後のグラウト充填状況が確認できる。
- ② CCDカメラを使用することにより、観察孔を極力小さくし(Φ30mm以下)、切欠き部を極力小さくできる。
- ③ 一般的にグラウト注入でシースに作用する圧力(正圧)に十分耐えられるだけでなく、真空ポンプの吸引力(負圧)にも耐えられる構造である。
- ④ シースジョイントと同形状としているため、任意の位置に設置できるとともに、現場での設置が容易である。また、コンクリート内に埋込まれる部分はシースのみであり、特別な養生を必要としない。

参考文献

- 1) The Concrete Society(UK): Concrete Society Technical Report 47, Second Edition, durable post-tensioned concrete bridge 1996 2002