

PC グラウトの配合および注入方法に関する研究

石 橋 忠 良*
 中 原 繁 則**
 西 山 佳 伸***

1. ま え が き

PC グラウトの目的は、PC 鋼材を外気から遮断して腐食から保護すること、および、PC 鋼材と部材コンクリートの間に付着を与えて一体とすることである。

PC 鋼材は、グラウト不良などにより腐食しやすく、高応力度で使用されているので、わずかな腐食が原因で鋼材が破断する危険性がきわめて高い。このため、PC 鋼材を腐食から防護するためには、耐腐食性の材料で、PC 鋼材を被覆する方法が一般的である。この材料としては、セメント系の PC グラウトが多く用いられてきた。

PC グラウトを注入して PC 鋼材を被覆する方法は、PC グラウトがダクト内に完全に充填されなければ、防食の目的は達成されない。過去の変状例および河川改修等で取替えになった PC 桁のグラウト調査では、注入口、排出口付近に空隙が多く見られた。これが原因で PC 桁に変状を生じ PC 桁の耐久性に影響を及ぼす恐れがあるので、今回、注入口、排出口、排気口等の構造および配置方法、PC グラウトの配合を主体に一連の試験を行った。

試験の検討結果、注入方法、注入口の構造についてはほぼ完全な注入のできる方法が確認でき、配合については、ノーブリージング剤を使用すれば問題なく、その他の材料の場合も品質管理を現場で十分行えば使用可能で

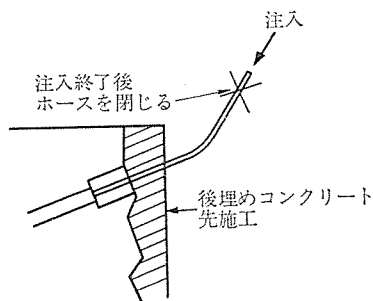


図-1 在来注入工法

* 国鉄構造物設計事務所主任技師
 ** 国鉄構造物設計事務所補佐
 *** 国鉄大阪工事事務局技術管理課

あることが確認できた。

2. 従来の PC グラウトについて

従来の PC グラウトの施工は、図-1 のように後埋めコンクリートを先に施工し、注入パイプよりグラウトを

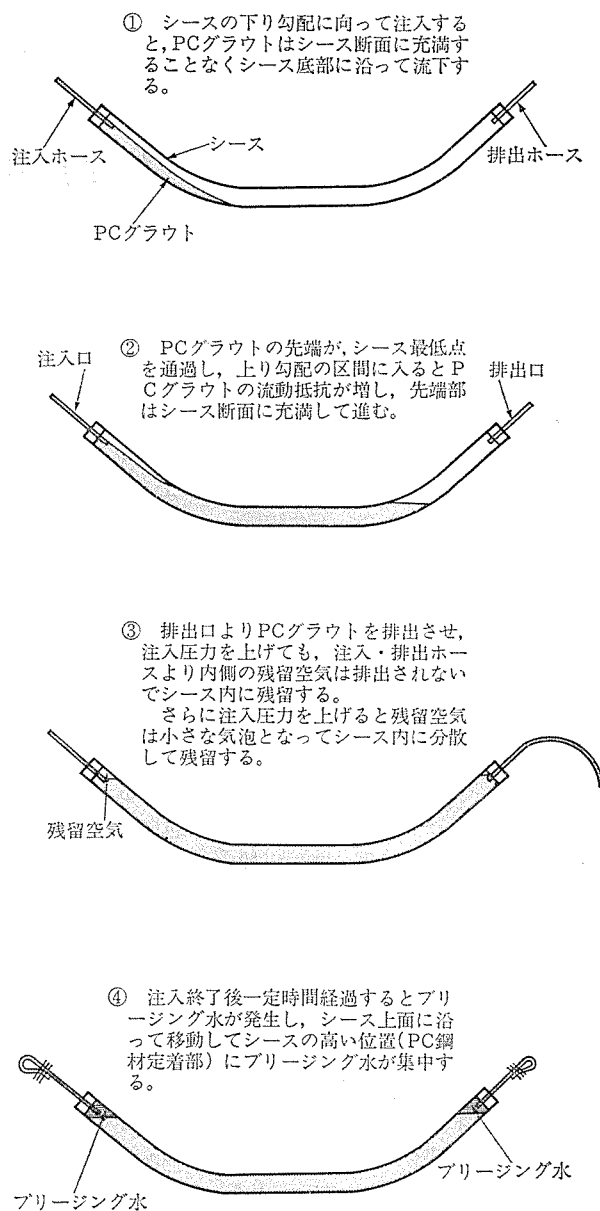


図-2 単純桁形状のシースにおける PC グラウトの流れ方

表-1(1) 配合試験結果

| 混和剤名称 重量 C× (g) (%) | 発泡剤名称 重量 C× (g) (%) | W/C (%) | セメントメーカー | 外気温 (°C) | ミキサー 回転数 (rpm) 羽根枚数 | 練り混ぜ 時分 (分) | J ロート (秒) | | ブリージング率 | | | 膨張率 (%) | | | | 記 事 |
|--|---------------------------------|---|--|--|--|--|---|--|---|--------------------------------------|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | 直後 | 30分後 | 最大値 | 経過 時間 (%) | 24 時間 後 (%) | 経過 時間 | | 練 混ぜ 後 | | |
| | | | | | | | | | | | | 0.5h | 1h | 3h | 24h | |
| (CONBEX 208) 粉末 480 1.2 | 混和剤に混入 されている | 45 | アサノ | 13.0 | 1000 rpm 2枚羽根 | 3+3 | 51.0 | 67.4 | 0 | — | 0 | 4.1 | 6.2 | 6.9 | 7.0 | ・ノーブリージング。 ・気温が高くなると膨 張発現が早くなる。 ・1000 rpm 以上の回 転数を有するミキサ ーを用いなければ練 混ぜ不良となる。注 入には電動ポンプを 用いること。 |
| (ボゾリス No. 8) 粉末 100 0.25 | (C-300) | 40 | アサノ | 13.5 12.7 7.0 | ” ” ” | 3 3 3 | 9.5 11.2 7.8 | 7.0 11.3 8.4 | (2.1) 5h 1.5 4h 1.8 4h | 0 0 0 | 2.9 1.6 0 | 7.2 5.3 0.6 | 9.1 7.6 4.8 | 8.4 6.6 4.4 | ・ブリージング発生に ばらつきあり。 ・気温が高くなると膨 張発現が早くなる。 | |
| (ボゾリス GF630) 粉末 400 1.0 (NP-10) 液体 80 0.2 | 混和剤に混入 されている | 39 | オノダ | 20.0 | ” | 3 | 7.0 | 16.0 | (2.5) 12h | 0 | 1.5 | 3.4 | 8.5 | 5.9 | | |
| (ボゾリス GF 630) 粉末 100 1.0 | 混和剤に混入 されている。 | 40 | チチブ | 14.5 | 1000 rpm 3枚羽根 ” 730 rpm ” | 3 5 3 5 | 7.1 6.9 6.5 6.6 | 13.5 14.2 9.8 11.8 | 1.4 5h 1.4 2h 1.7 5h 1.7 5h | (1.3) (0.3) (0.6) (0.9) | 0.8 1.1 1.5 1.8 | 3.5 3.7 3.2 3.6 | 6.4 5.2 4.1 4.4 | 5.6 4.5 3.7 3.4 | | |
| (ボゾリス GF 700) 粉末 400 1.0 | 混和剤に混入 されている。 | 34 ” 33 ” ” 37 ” ” 35 | オノダ ” チチブ ” オノダ アサノ ” ” ” | 30.0 20.0 19.5 ” 16.0 13.0 ” ” 9.0 | 1000 rpm 2枚羽根 ” 730 rpm ” 1000 rpm 2枚羽根 730 rpm ” ” 1000 rpm 2枚羽根 | 3 3 3 5 3 3 5 3 3 | 8.0 8.6 13.1 12.2 9.3 8.0 7.2 9.3 | 9.4 13.0 16.8 15.8 13.6 17.0 7.8 15.5 | 0.8 3h 0.5 5h 0 — 0 — 0 — 0.5 4h 0.5 3h 1.0 5h | 0 0 0 0 0 0 0 0 | 3.6 0.8 1.8 2.1 2.9 3.2 2.3 5.4 | 4.4 3.3 2.9 2.9 5.2 4.2 2.8 6.5 | 5.0 5.0 5.3 5.1 6.0 4.0 2.8 8.3 | — — 5.3 5.1 5.1 2.8 2.1 6.0 | ・ブリージング発生に ばらつきあり。 ・気温が高くなると膨 張発現が早くなる。 | |
| (ボゾリス GF 700 A ₂ (I)) 粉末 400 1.0 | 混和剤に混入 されている。 | 33 ” 35 | オノダ ” アサノ | 12.0 ” 4.0 | ” ” ” | 3 5 3 | 12.3 11.6 8.5 | 27.6 19.3 11.1 | 0.7 5h 0 — 0.5 4h | 0 0 0 | 0 0.1 0 | 0.9 0.8 0.5 | 6.6 7.0 4.4 | 8.3 7.8 5.5 | ・ブリージング発生に ばらつきあり。 ・アルミの発泡を遅ら せる CONEC 処理 した発泡剤を使用し ている。 | |
| (デンカ FT 800 G) 粉末 400 1.0 | | 44 ” ” ” ” ” ” ” ” | オノダ ” チチブ ” ” ” アサノ ” ” ” | 30 20 21 ” ” 25 ” ” ” | 1000 rpm 2枚羽根 ” ” ” 730 rpm ” ” ” ” | 3 3 3 5 3 3 8 3 13 | 11 14 11 12.5 9.6 10.0 15.6 16.8 15.4 | 34 16 21.5 18.8 16.6 15.3 46.0 23.0 19.0 | 0.5 8h 0.7 8h 0 — 0 — 0 — 0.3 4h 0.4 4h 0.3 4h | 0 0 0 0 0 0 0 0 | 3.5 5.0 5.2 4.9 1.8 3.5 3.4 3.3 2.7 | 5.6 6.7 6.1 5.2 3.3 4.3 5.2 4.3 3.2 | 6.7 7.1 6.2 4.9 3.0 4.1 5.6 4.6 3.0 | 3.4 7.3 4.1 3.9 3.1 4.1 4.9 3.7 1.8 | ・ブリージング発生に ばらつきあり。 ・気温が高くなると膨 張発現が早くなる。 | |
| (フジサワ パリック GL) 液体 480 1.2 | (フジサワ パリック GP) 粉末 240 0.6 | 39 | オノダ | 30 | 1000 rpm 2枚羽根 | 3 | 6.5 | 8.0 | 0.9 5h | 0 | 2.4 | 2.8 | 5.7 | — | ・ブリージング発生に ばらつきあり | |
| 780 1.8 | 200 0.5 | 37 | アサノ | 12 | ” | 3 | 6.6 | 9.0 | 1.8 8h | 0 | 0 | 0 | 2.4 | 4.0 | ・発泡を遅らせる処理 をしたアルミ粉末を 用いている。 | |
| | ” | 39 | オノダ | 10.5 | 730 rpm | 3 | 9.6 | 24.2 | 0.5 5h | 0 | 2.4 | 3.0 | 7.0 | 9.8 | | |
| | ” | ” | ” | 9 | 1000 rpm 2枚羽根 | 3 | 6.7 | 7.6 | 0 — | 0 | 2.5 | 3.0 | 5.3 | 8.7 | | |
| | ” | ” | ” | ” | ” | 3 | 6.5 | 7.5 | 0.2 5h | 0 | 1.2 | 1.8 | 3.4 | 8.6 | | |

注入することが一般に行われてきた。幾つかの調査した PC 桁のグラウトに不十分なものが存在したことの原因を調べるため、透明なビニール管をシースに見たててグラウトの注入試験を行った。その結果を図-2に示す。このように定着具付近に空気、ブリージング水が残り易いことがわかった。

この定着具付近の空気、ブリージング水を完全に除くためには、グラウトの配合の検討と、注入方法の検討が必要である。

グラウトの配合については、ブリージングの少ない配合を目指すこととした。またブリージングが生ずる場合は適切な膨張でブリージング水を排除できる配合を目指した。

また注入方法としては、注入作業中にシース内の空気を完全に排除する方法の確立と、ブリージングが生じた場合のブリージング水をシース外に排出する方法の確立を目指した。

3. PC グラウトの配合に関する検討

3.1 ブリージングの少ない配合

市販されている材料の中にはブリージングの生じないものも1種類存在した。

高性能減水剤を用いて、水セメント比を小さくした各種の配合についても検討した。

検討した配合とその結果を表-1に示す。

全くブリージングの生じない場合は1種類のみであったが、この PC グラウトの練混ぜには 1000 rpm 以上の回転数を有するミキサーを用いないと練混ぜ不良となり、Jロートでのコンシステンシーの測定値は非常に大きくなり、グラウト注入には電動ポンプの使用が必要となる。

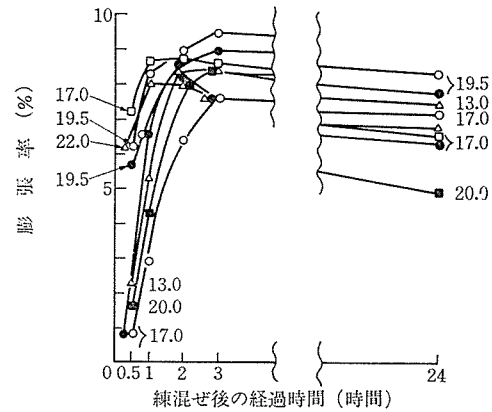
その他の配合については、24 時間後のブリージング率は0となるが、その間にはブリージングの発生のみられるものがほとんどであった。

3.2 適切な膨張に関する検討

ブリージングが全く生じない配合以外は、生じたブリージング水をモルタルの膨張によりシース外に排出させることが必要である。注入終了後のシース内のグラウトのブリージング率と膨張率を比較し、膨張率が大きければブリージング水の排出は理論的には可能だが、実際のシース内では、ブリージング水はシースの長さ分だけ積分されたものがシース上側に集まってくるが、膨張はシースとモルタルとの摩擦抵抗等の影響もあり、全長の積分された値ほどの膨張はないようである。

PC グラウトの膨張は一般にアルミ粉末を用い、アルミ粉末とセメントのアルカリとの反応で生ずる水素ガス

| 記号 | メッシュ | 表面処理 | 対セメント添加率(%) |
|----|------|------------|-------------|
| ■ | 100 | アテアリン酸被膜あり | 0.005 |
| □ | | | |
| ● | | CONEC・小 | 0.0075 |
| ○ | | CONEC・大 | |



注 1) 記号に付した数値は試験時の気温を示す。
2) CONEC 処理とはアルミ粉末の発泡開始を遅らせる処理の方法である。

図-3 膨張率の経時変化

を利用してはいる。

膨張率はアルミ粉末の量にほぼ比例しており、混和量を変えることにより比較的容易に調整できる。アルミ粉末の反応の速度は、その比表面積の処理状態、PC グラウトの温度の影響をうけ易い。比表面積が大きく、PC グラウトの温度が高いほど、反応は早く、膨張の終結も早くなる。アルミ粉末の表面に反応速度を制限する処理をしたものや、被膜のあるものは反応速度が遅れ、膨張も持続する傾向にある。図-3に各種アルミ粉末を用いた PC グラウトの膨張率の測定結果を示す。通常用いられているアルミ粉末の場合の膨張率は、グラウト温度が 20°C 前後では 30 分~1 時間程度の間で反応が終了してしまうことがわかる。表面に被膜のあるものや、表面処理をしたもののなかには、若干膨張速度を抑制する効果のあるものもみられるが、かなりバラついている。

グラウト温度が 10°C 付近の低い場合には、膨張は 3 時間程度持続するが、20°C 程度では 30 分~1 時間程度となるので、グラウトの練混ぜから注入終了までを、この膨張の持続している時間の半分程度で終了させないと、ブリージング水を膨張で排出することは困難となる。

アルミ粉末の種類としては、反応を遅らせる表面処理等のしてあるものの方が、幾分膨張を持続させる効果の期待はできそうである。

3.3 コンシステンシー

土木学会規準では、PC グラウトのコンシステンシー

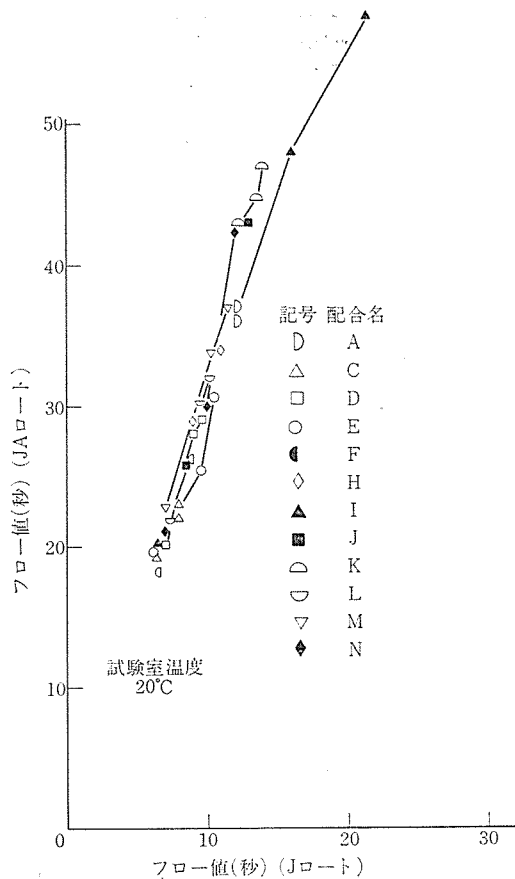


図-4 JルートとJAルートの測定値比較

試験方法としてルート法(JAルートおよびJルート)と沈入方法がある。

沈入試験装置はPC業界各社で保有しておらないので、測定はルート法のみで行うこととした。ルート法のJAルートおよびJルートを用いて同一配合のPCグラウトを測定した結果を図-4に示す。それぞれの測定値には強い相関性が見られる。

ブリージング率を小さくするために水セメント比を小さくすると、ルートでの流下時間は大きくなる。特にJAルートの場合、PCグラウトの流下終了時期の判断が難しく、測定者により測定値にバラつきが生じ易い。今回の配合の試験からみる限りでは、注入し易さの目安を判断する方法としてはJルートでの測定で良いと思われた。

4. 注入方法に関する試験

PCグラウトの注入試験は、従来の注入方法では注入口および排出口付近に空隙が生じている場合が多くみられることから、注入時に注入口付近に残る空気を除く方法および注入終了後に生じるブリージング水を排出する方法に重点をおいて、表-2、表-3に示す試験を行った。表-2に示す試験は、注入ノズルによる排気効果お

よび注入終了後一定時間が経過してから注入および排出ホースを開放した場合のブリージング水排出の効果を調べるものである。表-3に示す試験は、定着具前面のPC鋼材と定着具のすき間より注入時の空気およびブリージング水を排出し、注入終了後に注入および排出ホースにフィルターを取り付けブリージング水の排出効果を調べるものである。

4.1 注入ノズルの検討(ケースI)

注入ノズルの検討は、従来のノズル、排気付きノズルおよび二重管ノズルの3種類について試験を行った。

試験は、いずれの方法もPCグラウト注入後は注入口および排出口を密閉した状態で行い、その結果は次のとおりである。

従来の注入方法(試験A)は、注入口および排出口付近に空気およびブリージング水が残留した。

排気管付きノズルの注入方法(試験B)は、注入時に注入口付近に生じる空気を抜くことができたが、ノズル取りはずしの際にPCグラウトが逆流噴出することがあり、作業性の面で問題が生じる(図-5)。また、注入終了後の状況は注入口付近にブリージング水が残留し、排出口にもブリージング水が発生し一部空隙もみられPC鋼より線の露出が見られた。

二重管(図-6)による注入方法(試験C)は、排気管付きノズルと同様に空気を抜くことは可能であるが、ブリージング水の排出は困難で、二重管の目づまりのため定着具付近に残留水として残った。

水平形状のシースは、注入口および排出口がシースの上面に位置するため、注入時の残留空気は見られず、ブリージング水もシース上面の全長にわたり分散して薄く生じるのみであった(試験D)。

4.2 注入・排出ホースの開放試験(ケースII)

ケースIの種々の注入ノズルを用いた試験結果では、充填性の良好なものが得られなかった。このため、ケー

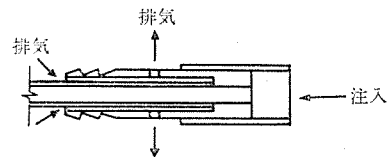


図-5 排気管付きノズル

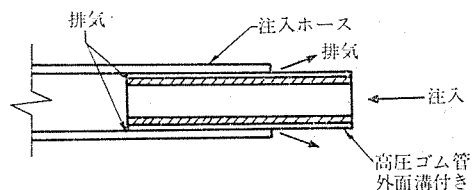
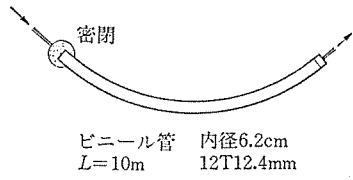
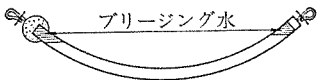
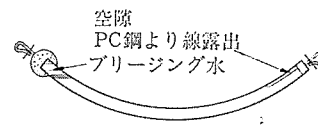
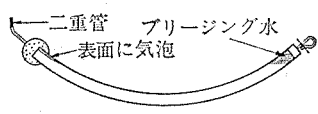
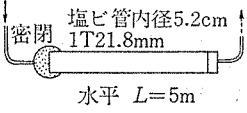
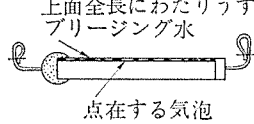
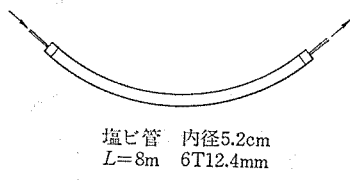
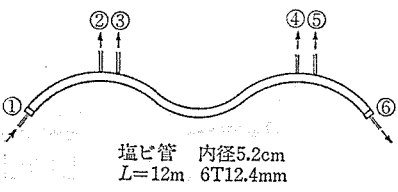


図-6 二重管

表-2 注入試験 (その i)

| | 試験体 | PC グラウトの配合と性状 | 注入方法 | 試験結果 | | | | | | | | | | |
|---|---|---|--|--|----------------------------|---|------|----|-----|----|-----|----|-----|---------------------------------|
| ケ ー ス I |  <p>密閉</p> <p>ビニール管 内径6.2cm L=10m 12T12.4mm</p> | ポゾリス No. 8 (C×0.25%) アルミニウム粉末 (C×0.007%) W/C=42% コンシステンシー = 7秒 プリージング率: 3h=4.3% 20h=0 % 膨 張 率=4.1% | 試験 A 従来の注入ノズル 注入後は、注入および排出ホースを閉じたままにしておく。 |  <p>フリージング水</p> | | | | | | | | | | |
| | | | 試験 B 排気管付きノズル 注入後は、注入および排出ホースを閉じたままにしておく。 |  <p>空隙 PC鋼より線露出 フリージング水</p> | | | | | | | | | | |
| | | | 試験 C 2重管 注入後は、注入および排出ホースを閉じたままにしておく。 |  <p>二重管 フリージング水 表面に気泡</p> | | | | | | | | | | |
| |  <p>密閉</p> <p>塩ビ管内径5.2cm 1T21.8mm 水平 L=5m</p> | | 試験 D 従来の注入ノズル 注入後は、注入および排出ホースを閉じたままにしておく。 |  <p>上面全長にわたりうすい フリージング水 点在する気泡</p> | | | | | | | | | | |
| ケ ー ス II |  <p>塩ビ管 内径5.2cm L=8m 6T12.4mm</p> | GF 630 A ₁ (C×1.0%) W/C=42% コンシステンシー = 6.5 秒 プリージング率: 3h=2.8% 20h=0 % 膨 張 率: 3h=10.0% 20h= 7.9% 気 温 : 24°C | 試験 E 従来の注入ノズル 排出ホースの途中に圧力計を設置。 注入後、注入および排出ホースを閉じたままにしておく。 圧力計により塩ビ管(シース)内の膨張圧を測定する。 <table border="1" data-bbox="853 1310 997 1534"> <thead> <tr> <th>注入後の経過時間(分)</th> <th>膨張圧力(kgf/cm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>1.75</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>1.9</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>2.1</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>2.3</td> </tr> </tbody> </table> 注入後40分経過して膨張圧力が上がったのを確認してから、ホースを開放してフリージング水を排出した後閉じる。 | 注入後の経過時間(分) | 膨張圧力(kgf/cm ²) | 0 | 1.75 | 20 | 1.9 | 30 | 2.1 | 40 | 2.3 | 塩ビ管(シース)を切断して観察すると、充填状態は良好であった。 |
| | 注入後の経過時間(分) | 膨張圧力(kgf/cm ²) | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1.75 | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 1.9 | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | 2.1 | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | 2.3 | | | | | | | | | | | | | |
|  <p>塩ビ管 内径5.2cm L=12m 6T12.4mm</p> | GF 630 A ₁ (C×1.0%) W/C=42% コンシステンシー = 6.5 秒 プリージング率: 3h=2.8% 20h=0 % 膨張率: 3h=10.0% 20h= 7.9% 気 温 : 24°C | 試験 F 一定時間経過後②および④を徐々に解放してフリージング水を膨張圧で排出した後閉じる。 | 下り勾配 ②~③ および ④~⑤ 付近に深さ 6mm 程度のフリージング水が残留した。 | | | | | | | | | | | |
| | | | 試験 G 従来の注入ノズル 注入後は、注入およびすべての排出ホースを閉じたままにしておく。 従来の注入ノズル 排出ホース③と⑤は閉じて注入作業を行う。 | 下り勾配 ②~⑤ および ④~③ 付近に深さ 3mm 程度のフリージング水が残留した。 | | | | | | | | | | |

◇報告(投稿)◇

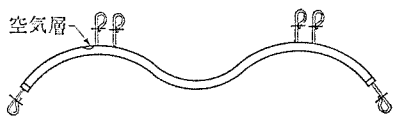
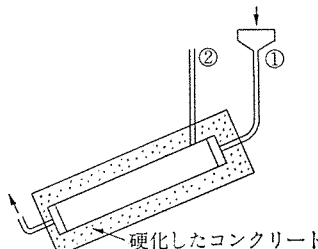
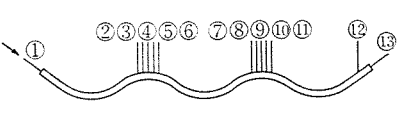
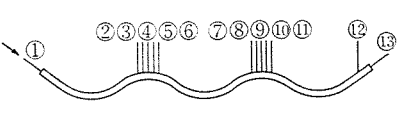

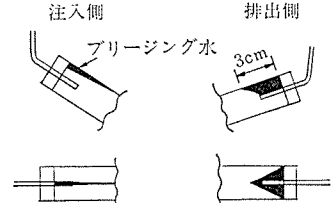
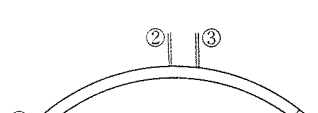
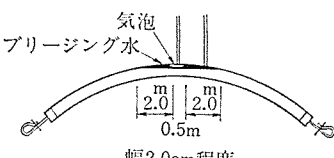

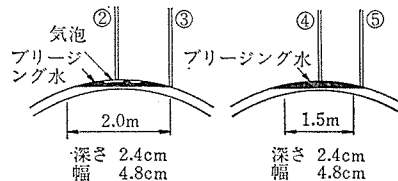
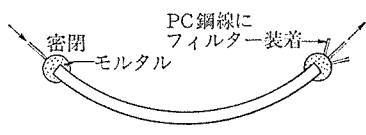
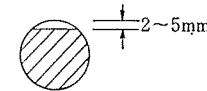
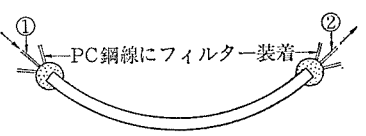
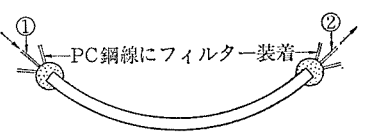
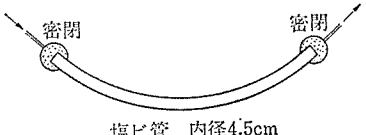
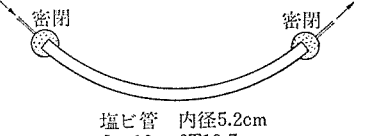
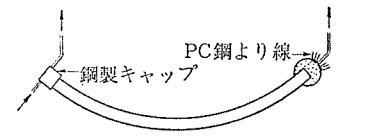
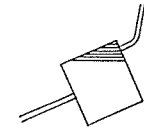
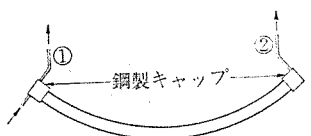
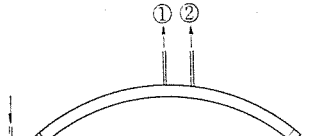
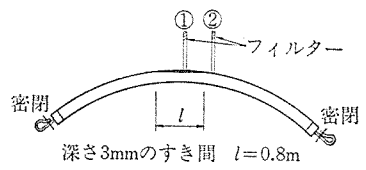
| | | | | | |
|------------------|--|---|-----------------|--|---|
| | | | | <p>②および④よりPCグラウト排出後閉じる。 ③および⑤の付近にブリージング水が認められた。</p> | |
| | | <p>CONBEX 208 (C×1.2%) W/C=45% コンシステンシー=43秒 膨張率: 3h=4% 20h=2.2% 気温:24°C</p> | <p>試験 H</p> | <p>従来の注入ノズル 排出ホース③と⑤は閉じて注入作業を行う。 ②および④よりPCグラウト排出後閉じる。</p> | <p>ブリージング水の発生は認められず、曲線の頂点に深さ10mmの空気層が見られた。排出ホース②と③が下り勾配に寄ってセットされたためと思われる。</p>  |
| ケ ー ス Ⅲ |  <p>硬化したコンクリート</p> | <p>GF 630 A₁ (C×1.0%) NP-10 (C×0.15%) W/C=45% コンシステンシー=18秒(AJロート) ブリージング率: 2h=2.0% 膨張率: 2h=8.5% 気温:33°C</p> | <p>試験 I</p> | <p>①より注入 鉛直パイプ②は開放したままとする。 鉛直パイプの径を各々 20mm 40mm 52mm 79mmとした。</p> | <p>φ20mmでもブリージング水は鉛直パイプに集中する。 鉛直パイプ取付け部のシース上面およびシース上端(①の取付け口付近)に若干の空隙が残る。</p> |
| |  <p>シース 内径80cm ヒシチューブにてシースを包み水漏れを防ぐ L=140m 12T15.2mm</p> | <p>GF 630 A₂ (C×1.0%) NP-10 (C×0.18%) W/C=45% コンシステンシー=14秒(JAロート) ブリージング率: 3h=2.4% 膨張率: 3h=12.8% 気温:29°C</p> | <p>試験 J</p> | <p>排出ホースをすべて開放して、順次PCグラウトが排出する順番に閉じる。 ⑦よりPCグラウトが注入された時に注入口を①から②に移して注入を続ける。 注入終了後、③より①まで順次ホースを開放して、開放したままとする。</p> | <p>排出ホース②、⑥、⑦、⑩を曲線始点に設けたケースでは、⑥および⑩の下り勾配部に残留空気が多く残った。 排出ホース③、⑤、⑧、⑨をやめて、②、⑥、⑦、⑩を曲線始点より0.7m下り勾配部にずらせたケースでは、下り勾配部の残留空気がわずかとなった。</p> |
| |  | | | | |
| ケ ー ス Ⅳ |  <p>塩ビ管 内径4.4cm ナイロンロープ(直径2.5cm) L=20m</p> | <p>マイティ 150 R (C×1.0%) アルミニウム粉末 (C×0.004%) W/C=35% コンシステンシー=6.2秒 ブリージング率: 1h=2.6% 膨張率: 0.5h=7.3% 気温:26°C</p> | <p>試験 K</p> | <p>従来の注入ノズル ①～④のホースは開放したまま注入作業を行う。 PCグラウトが排出された順番にホースを閉じる。 注入後約20分経過して①と④を開放してブリージング水を膨張圧で排出させる。①と④は開放したままにしておく。</p> |  <p>注入側 排出側 ブリージング水 3cm わずかに水の通ったあとが見える ホース先端とシース端部の間に残留ブリージング水が残る</p> |
| |  <p>塩ビ管 内径4.4cm ナイロンロープ(直径2.5cm) L=20m</p> | <p>GP 501 (C×0.9%) アルミニウム粉末 (C×0.004%) W/C=35.5% コンシステンシー=6.2秒 ブリージング率: 4h=7% 膨張率: 1h=1.3% 気温:26°C</p> | <p>試験 L</p> | <p>従来の注入ノズル PCグラウトが排出された順番にホースを閉じる。 注入後、②を徐々に開放。</p> |  <p>気泡 ブリージング水 2.0m 2.0m 0.5m 幅2.0cm程度</p> |
| |  <p>塩ビ管 内径4.4cm ナイロンロープ(直径2.5cm) L=20m</p> | <p>マイティ 150 R (C×1.0%) アルミニウム粉末 (C×0.004%) W/C=35% コンシステンシー=6.2秒 ブリージング率: 3.5h=3.3% 膨張率: 0.25h=2.1% 気温:31°C</p> | <p>試験 M</p> | <p>従来の注入ノズル PCグラウトが排出された順番にホースを閉じる。 注入後、②と④を徐々に開放。</p> |  <p>気泡 ブリージング水 2.0m 1.5m 深さ 2.4cm 深さ 2.4cm 幅 4.8cm 幅 4.8cm</p> |

表-3 注入試験(その2)

| 試験体 | PC グラウトの配合と性状 | 注入方法 | 試験結果 |
|---|--|--|---|
|  <p>塩ビ管 内径4.4cm L=20m 12φ7mm</p> | <p>ポゾリス No. 8 (C×0.007%) アルミニウム粉末 (C×0.25%) W/C=42% コンシステンシー=9.5 秒 ブリージング率=1.3%</p> <p>膨張率: 3h=9.1% 24h=8.4%</p> <p>気温: 13.5°C</p> | <p>試験 N</p> <p>従来の注入ノズル 実物の定着コーンを使用。 排出側定着コーンにフィルターをセット(図-8(a))。 注入後は、注入および排出ホースを閉じたままにしておく。</p> | <p>注入側: 定着コーン背面のシース内面上方に深さ 2~5 mm のすき間</p>  <p>排出側: 傾斜部のシース内面上方に深さ 1 mm のすき間があるものの、充填状態はほぼ良好</p> |
|  <p>塩ビ管 内径4.5cm L=10m 12φ7mm</p> | <p>バリック GL (C×1.8%) バリック GP (C×0.5%) W/C=35% コンシステンシー=9.6 秒 ブリージング率=0.3%</p> <p>膨張率: 0.5=2.4% 3h=7.0% 24h=9.8%</p> <p>気温: 13.5°C</p> | <p>試験 O</p> <p>従来の注入ノズル 実物の定着コーンを使用。 排出側定着コーンにフィルターをセット(図-8(a))。 注入後は、注入および排出ホースを閉じたままにしておく。</p> | <p>注入側: 定着コーン付近に深さ 4~6 mm のすき間 排出側: 充填状態良好</p> |
|  <p>塩ビ管 内径4.5cm L=10m 12φ7mm</p> | <p>ポゾリス No. 8 (C×0.25%) アルミニウム粉末 (C×0.007%) W/C=40% コンシステンシー=7.8 秒</p> <p>膨張率: 3h=4.8% 24h=4.4%</p> <p>気温: 7°C</p> | <p>試験 P</p> <p>注入側および排出側の定着コーンにフィルターをセット(図-15(a)) 注入後①, ②にフィルターをセット(図-8(b))して、注入および排出ホースを開放する。</p> | <p>注入側: 傾斜部に2か所の気泡(深さ 3~5 mm)があるもの、充填状態はほぼ良好 排出側: 傾斜部に数か所の気泡(深さ 3~4 mm)があるもの、充填状態はほぼ良好</p> |
|  <p>塩ビ管 内径4.5cm L=10m 12φ7mm</p> | <p>CONBEX 208 (C×1.2%) W/C=45% コンシステンシー=51 秒 ブリージング率=0%</p> <p>膨張率: 0.5h=4.1% 3h=6.9% 24h=7.0%</p> <p>気温: 13.0°C</p> | <p>試験 Q</p> <p>従来の注入ノズル 定着コーンはモルタルで密閉。 注入後は注入および排出ホースを閉じたままにしておく。</p> | <p>注入側, 排出側: 充填状態良好 シース内面上方に微細なひびわれ(幅 0.05 mm 以下)がシース直角方向に生じる。 ノーブリージングの混和剤</p> |
|  <p>塩ビ管 内径5.2cm L=10m 6T12.7mm</p> | <p>ポゾリス No. 8 (C×0.25%) アルミニウム粉末 (C×0.007%) W/C=40% コンシステンシー=7.6 秒 ブリージング率= %</p> <p>膨張率: 3h=6.5% 24h=5.8%</p> <p>気温: 7°C</p> | <p>試験 R</p> <p>注入側および排出側ともモルタルで定着具を密閉。 注入後、注入および排出ホース先端にフィルターをセット(図-9)してブリージング水を排出。</p> | <p>注入側: 定着側定着具付近に深さ 3~5mm のすき間 排出側: 定着具付近に深さ 3 mm のすき間</p> |
|  <p>塩ビ管 内径5.2cm L=10m 6T12.7mm</p> | <p>ポゾリス No. 8 (C×0.25%) アルミニウム粉末 (C×0.007%) コンシステンシー=9.6 秒 ブリージング率: 3h=1.2%</p> <p>膨張率: 3h=7.6% 24h=6.6%</p> <p>気温: 13°C</p> | <p>試験 S</p> <p>注入側に鋼製キャップ使用(図-8(c))。 排出側の PC 鋼より線をモルタル面より露出させる(図-8(b))。 注入後は注入および排出ホースを閉じたままにしておく。</p> | <p>注入側: 鋼製キャップ内の鉛直ホースより後端に 4.5 cm ほどのすき間、傾斜部に深さ 2mm のすき間 排出側: 傾斜部に若干の気泡(3~4 mm)あり</p>  |

| | | | |
|---|--|--|---|
|  <p>塩ビ管 内径5.2cm L=10m 6T12.7mm</p> | <p>ポゾリス No. 8 (C×0.25%) アルミニウム粉末 (C×0.007%) W/C=40% コンシステンシー =8.0 秒 ブリージング率: 3h=0.6% 膨張率: 3h=6.9% 24h=5.5% 気温:7°C</p> | <p>試験 T</p> <p>注入, 排出側定着具に鋼製キャップ(図-8(c))使用。 注入後, ①および②にフィルターをセット(図-9)してブリージング水を排除。</p> | <p>注入側:良好 排出側:鋼製キャップ内の鉛直パイプ,後端に5mmのすき間があるが,充填状態は良好</p> |
|  <p>塩ビ管 内径5.2cm L=10m 6T12.7mm</p> | <p>ポゾリス No. 8 (C×0.25%) アルミニウム粉末 (C×0.0007%) W/C=40% コンシステンシー =8.1 秒 ブリージング率: 3h=0.4% 膨張率: 3h=5.8% 24h=5.0% 気温:5°C</p> | <p>試験 U</p> <p>①よりグラウト排出して閉じる。 ②よりグラウト排出して閉じる。 ②にフィルターをセット(図-9)してブリージング水を排除。</p> |  |

スIIでは, 注入方法を従来のやり方で行い, 注入口および排出口を注入終了後一定時間経過後に開放して, 残留空気とブリージング水を PC グラウトの膨張圧を利用して排出することを目的としたものである。

試験Gでは, ブリージングの生じる PC グラウトの場合では, シース内に注入後適当な経過時間後に注入口と排出口を開放することにより, 空気およびブリージング水がある程度排出する効果が認められた。この方法による場合は, 注入, 排出ホースの開放時間が問題となる。ホースの適切な開放時期は, 温度, シース長さ, 注入時間, 注入後の膨張率等の影響を受けるため, 今回の試験の範囲では適切な開放時期を見つけることができなかつたので今後の検討が必要である。

ブリージングの生じない混和剤を用いた配合の場合(試験H)は, 従来の注入ノズルを使用した注入方法によつたが, PC グラウトの充填性は良好であることが確認された。この混和剤を用いた PC グラウトは, 従来使用しているアルミ粉を用いた混和剤の PC グラウトに比べて粘性が高いため, PC グラウトが全断面均一に流下し空気をまき込みにくいので, 良好な注入が可能であると思われる。

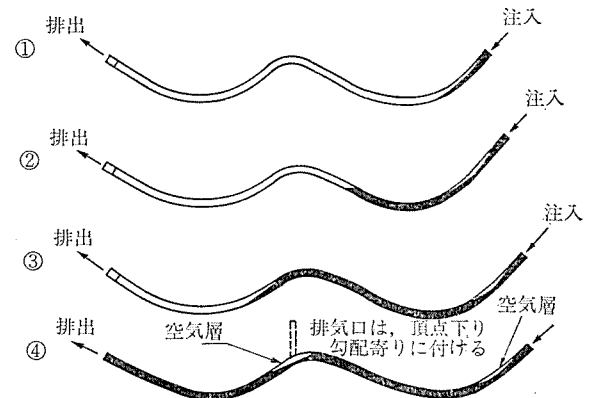
4.3 ホース開放による注入方法(ケース III, IV)

この注入方法は, シースの湾曲部の頂部および空気の集まる定着部分に, 鉛直ホースを配置して, この部分を開放したままで従来の注入ノズルを用いてグラウトを注入するものである。

鉛直ホースの径は, コンクリートの欠損断面を少なくするため, できるだけ小さいものを用いるのが好ましい。試験Iから鉛直ホースの最小径は 20mm でも十分効果が期待できることがわかつた。注入延長の長い連続ケーブルの注入は, 試験Jから PC グラウトの流れがと

ぎれないように連続して注入作業を行い, 注入圧の関係等からシース途中に注入口を移設しても, 鉛直ホースの位置が正しい位置に配置されていれば良好な充填が期待できる。この場合の鉛直ホースの位置は, 連続ケーブルの湾曲部の頂部より少し下った部分に排出用のホースを設けることが必要である(図-7)。

試験Kから注入口近くに鉛直の排気ホースを設けると, 注入時のシース内の空気を排出できることが確認できた。ただし, ①と④の注入および排出ホースを開放し



- ①について, シースの下り勾配に向かって注入すると, PC グラウトはシース断面に充填することなくシース底部に沿って流下する。
 - ②について, PC グラウトの先端が, シース最低点を通過し上り勾配の区間に入ると, PC グラウトの流動抵抗が増し, 先端部は, シース断面に充填して進むようになる。この時点で, 下り勾配のシース中に空気層が残留する。この空気量は, 流動性のよい PC グラウトほど大きくなる。
 - ③について, PC グラウトの先端がシース頂部を通過し, 下り勾配に入ると, PC グラウトは, シース断面上部に空気層を残して, 自然流下する。
 - ④について, ②と同様な現象により, 下り勾配部のシース断面上部に空気層が残る。
- 以上の理由により排気口は頂点下り勾配寄りに付ける。

図-7 連続桁形状のシースにおける PC グラウトの流れ

ても、ホース先端とシース端部の間にはブリージング水が残留した。

試験LおよびMでは、連続ケーブルを想定した注入試験である。この注入試験は、連続桁形状を有するケーブルの中間支点上に排出ホースを設けた構造に、ブリージング水の多い配合で、従来の注入ノズルを用いた注入方法で行ったものである。この注入試験でも中間支点部かなりのブリージング水と空気が残った。この原因としては、注入完了後ホース開放の際にPCグラウトが噴出しないうちに、ホース先端に布切れを巻きつけた部分に目づまりを生じてブリージング水の排出が困難となった。

これらのケースI～IVの試験から、現場作業員が現場で容易にしかも充填性の良い注入方法を見いだすには至らなかった。ただ、ブリージングの生じない配合を用いたPCグラウトの充填性は、比較的良好な結果が得られた。その他注入方法は、現場作業員にある程度の判断を求めなければならない事項があり、これを期待することは困難と思われたので、これらに代わる注入方法の検討が必要である。このため、表-3に示すケースVについて再試験を行った。

4.4 定着具およびホースに空気・ブリージング水 排出装置を設けた注入試験(ケースV)

ケースVでは、基本的な考え方としては次のことに主眼をおいた試験を行った。① PC鋼材緊張により定着具背面に大きな支圧力が作用するので、定着具背面に空気を排出するホースを取り付けるのは構造的に好ましくない。したがって、定着具に空気を抜く装置を設ける。② ブリージング水は、定着具に設けた空気抜きと、注入・排出ホース先端に取り付けたPCグラウト用フィルターで排出する。ここに、PCグラウト用フィルターとは、ブリージング水のみを目づまりなく排出するものである。

ケースVでは、PCグラウト用フィルターの効果を明確にするため、従来行われている方法(定着具密閉)についても試験した。

試験Qは、従来の注入ノズルで、定着具密閉で行ったものである。試験Qでは、ブリージングのない配合を



写真-1 定着部付近の空隙

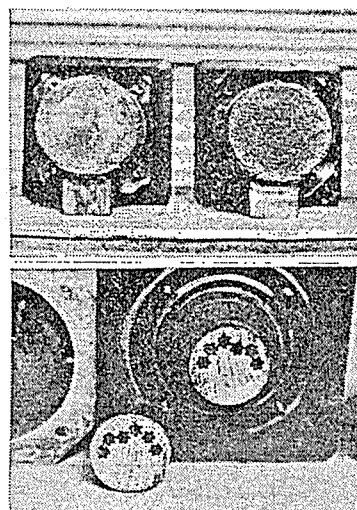


写真-2 鋼製キャップを用いた場合の充てん状況

PCグラウトとして用い注入後ホースを閉じたままにしたもので、充填状態は良好であった。

試験Rでは、注入側および排出側の定着具をモルタルで密閉し、注入を行ったもので、注入完了後、注入および排出ホース先端にPCグラウト用フィルターをセットしたものである。この注入方法では、ブリージング水の排出は不十分であった。

試験N、Oでは、注入側定着具密閉で、排出側定着部のPC鋼線にフィルターを装着した構造で注入を行った。試験N、Oいずれも、注入側には定着背面に2~6mm程度の空隙が生じた。フィルターを装着した排出側は、フィルターの効果が十分発揮されたため、充填状態は良好であった。

試験Pは、注入・排出側のPC鋼線の一部を露出させフィルターをセットしてPCグラウトの注入を行い、注入完了後、注入・排出ホースを閉じ、注入・排出ホースの先端にフィルターを取り付けてホースを開放する方法で行った。この注入方法は、注入時にPC鋼線のフィルターから空気を抜き、注入完了後は注入・排出ホースに取り付けたフィルターからブリージング水を排出するものである。PCグラウトの充填性はほぼ良好であった。このように、PC鋼線の一部を露出させて、フィルターを装着した注入方法は、ブリージング水の多い配合のグラウトでも、充填性の良い結果を得ることができた。この場合の施工上の注意としては、注入時に露出したPC鋼線からブリージング水が漏れないように布等で押さえておく必要がある。ブリージング水が漏れると、シース内のPCグラウトが注入口付近で脱水状態となり、流動性を失って注入不能となる場合がある。このため、露出させるPC鋼線は、空気を抜くために必要な本数で、一般に上側の1~2本程度でよい(図-8(a),(b))。

試験Sは、定着部を注入ホース付きの鋼製のキャップ

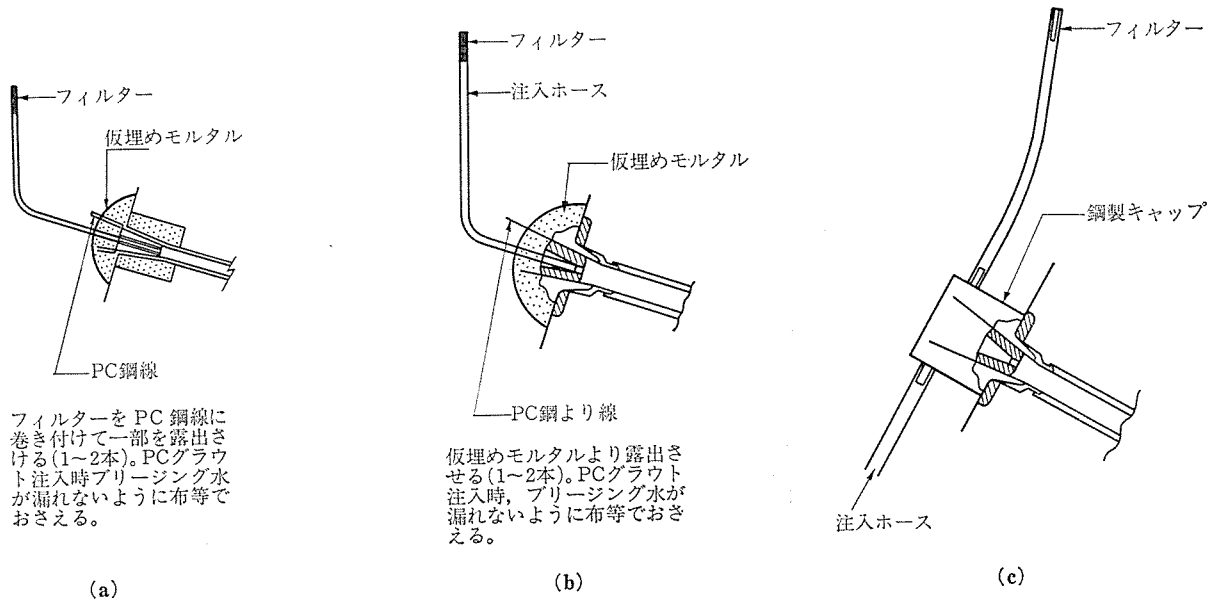


図-8 PC 鋼材定着具付近の処理

を取り付けて注入を行ったものである(図-8(c))。シース内および定着具周辺は完全に充填されており、鋼製キャップ内の一部に空隙がみられたが、この空隙は防食上問題となるものではない。この注入方法の利点は、定着具をPCグラウトおよびその外側にある鋼製キャップで防護しているため、切欠き部のコンクリートに目地切れを生じた場合でも、防食の点で優れている。

5. ま と め

PCグラウトの配合としてはブリージングの生じないものも存在し、これを用いれば施工上の管理は容易である。その他、市販の高性能減水剤を用いることによりブリージングの少ない配合を得ることができる。この場合膨張によりブリージング水を排出させることが必要で、アルミ粉末を用いた膨張は、その膨張性状が、グラウトの温度やアルミ粉末の状況により異なるので、現場での施工管理を十分に行うことで使用可能と思われる。品質

表-4 PC グラウトの試験時期と試験回数

| 試験項目 | 試験方法 | 単位 | 試験時期と試験回数 | 備考 |
|----------|-----------------------|--------|---|-----------------------------------|
| コンシステンシー | Jロート 流下方法 (φ10) | 秒 | 試験練り-①練混ぜ直後 ②静置したものを、30分後および1時間後に各1回測定。 実施工-①午前および午後の第1バッチ目。 ②配合を変更した時。各1回測定。 | 経時変化の少ないものを選ぶ |
| 膨ブリージング率 | 体積方法 | % | 試験練り-①練混ぜ直後 ②30分後 ③1時間後から5時間後まで1時間毎 ④24時間後 実施工-①施工第1回目 ②主桁5本毎(桁1連に1回) ③横桁は径間毎 排出口から排出されたPCグラウトを、排出直後、30分後、試験練りで最大値の生じる時期と同時期および24時間後 | 供試体は各3個膨張率>ブリージング率不良であれば配合を再検討する。 |
| 圧縮強度 | 型枠方法 | kgf/cm | 試験練り-配合毎 実施工-施工日毎 材令28日の圧縮強度を試験により求める。 | 供試体は各3個 |

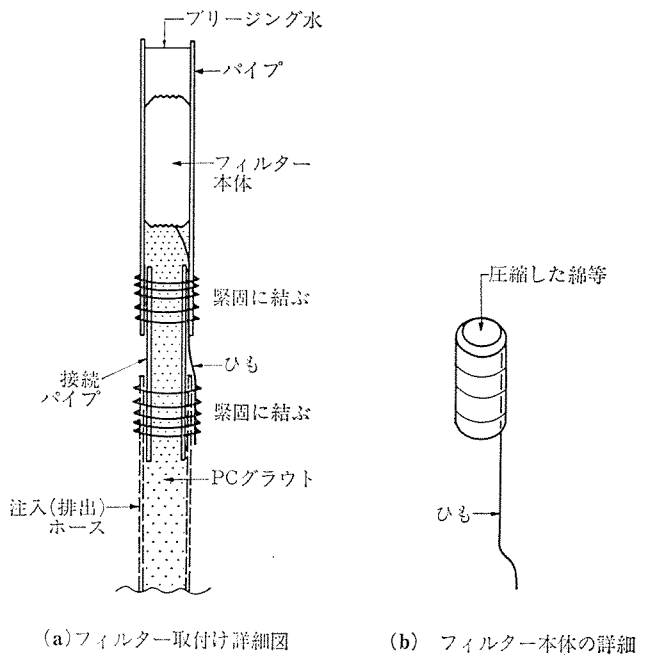


図-9 PC グラウト用フィルター

管理試験の時期・回数を表-4のようにして現場でのPCグラウトの管理を行ってゆけば大丈夫と考える。

注入時にシース内の空気を完全に排出するためには、

図-8に示すように定着具付近を処置し、排気孔をシース上側に設けておけば良いと思われる。

ブリージングの生ずる配合を用いる場合には、グラウトの適切な膨張のほかに、前述の空気の排出のための処置と合わせて図-9に示すフィルターを併用することが必要である。

6. あとがき

シース内を完全にPCグラウトで満たすために、グラ

ウトの配合、施工法についての検討結果を述べた。ここに述べた配合、施工法以外により優れた配合、施工法も存在すると思われるが、検討した範囲で良いと思われる方法を示した。今後各分野で検討が行われ、より良いPCグラウトの配合、施工法の開発されることを希望する。本文が当面のPC桁の信頼性向上の一助となれば幸いである。

なお、実験を行うにあたり、極東鋼弦コンクリート振興株式会社およびオリエンタルコンクリート株式会社に協力をいただきましたことにつき紙面をかりてお礼申し上げます。

【昭和60年7月10日受付】

◀刊行物案内▶

プレストレストコンクリート構造物の設計・施工と最近の話題

本書は、全国七都市で開催された第13回PC技術講習会のテキストとして編纂されたもので、1984年8月カルガリーで行われたFIPシンポジウムのCommission WG報告をはじめ、近代技術にふさわしい施工法、工期の短縮および経済性を考慮した最近の実施例、30数年を経過したPC構造物の損傷事例をふまえての設計法、最近我が国でも急速に利用範囲の広まった海洋構造物へのPCの応用例等々、多岐にわたる内容を取り上げてのものです。PC関係の技術者には欠くことのできない貴重な資料と考えられます。

ご希望の方は、代金を添えて(社)PC技術協会宛お申し込みください。

体 裁：A4判 160頁

定 価：3,500円 送 料：450円

内 容：(A) 緊張材引張力と伸びとの関係——FIP Commission on Practical Construction WG報告から——引張力～伸び関係についての基本、設計上の観点、FIP Commissionの方法による μ 、 k 推定法、例題。(B) PC板埋設型枠の利用による構造の実例、PC板埋設型枠合成床版に関する実験的研究、同設計例、設計施工上の問題点と適用の実例。(C) 海洋構造物へのPCの応用、海洋PC構造物の現状、本四連絡橋工事用PCバージ、横浜港横断橋のPCバージ。(D) プレストレストコンクリート橋の施工について、まえがき、型枠支保工、コンクリート工、鉄筋工、プレストレッシング工、PCグラウト工、架設工。(E) 維持管理面よりみたプレストレストコンクリート構造物の細部設計、まえがき、損傷事例の調査、改善法の提案、あとがき。(F) 新幹線大宮—上野間のプレストレストコンクリート橋とその技術、まえがき、T形桁の標準設計、主なPC橋りょう、技術上の問題点。