

橋脚耐震補強工事（鋼板巻立て工法）におけるモルタル注入口および確認口の改善

ショーボンド建設（株） 名古屋支店 工事部 加藤 祐三
 ショーボンド建設（株） 名古屋支店 工事部 高橋 和浩
 ショーボンド建設（株） 名古屋支店 技術部 中馬 勝巳

1. はじめに

鋼板巻立て工法による橋脚耐震補強工事において、従来、補強鋼板と橋脚コンクリート躯体を一体化させる目的で、補強鋼板と躯体の隙間にエポキシ樹脂注入材を注入してきた。しかし、コスト縮減等叫ばれるなか、エポキシ樹脂に代わり、実験で同等の効果が確認された無収縮モルタルへ移行されている。このような状況下、無収縮モルタル注入については、施工実績も少なく、モルタル注入方法や充填確認方法、注入高さ（内部圧力）と補強鋼板のはらみ出し量の関係など、施工に於ける方法や、目安値が少ないのが現状である。

本稿は、高架橋の矩形断面T型RC橋脚補強工事に伴い、従来の無収縮モルタル注入方法を見直し無収縮モルタル注入の施工、品質を考慮した注入口および確認口の改善例と、注入高さと補強鋼板のはらみ出し量の関係について、施工に際しての目安値をとりまとめたものである。

2. モルタル注入口および確認口の改善

2.1 従来のモルタル注入方法

従来のモルタル注入方法による注入口および確認口の設置間隔は、水平方向には、矩形断面の一边に1箇所、計4箇所設置し、それを鉛直方向に、1.0m～1.5m程度の間隔で設置している。（図-1）また、注入口および確認口の構造は、どちらも同様の構造とし、ガス管（25A程度）を補強鋼板に溶接し、その周りをシール材で覆い、モルタル水分が漏れないようにしている。（図-2）

注入方法は、1回のモルタル打ち上げ高さにつき、下方の1箇所を注入口とし、モルタルが偏ることなく水平に打ち上がるよう注入口を千鳥状にずらして、モルタル注入を行う。注入口以外は確認口および注入口が詰まった場合の予備として使用している。また、充填確認方法は、木ハンマー等によるたたき点検と、確認口よりモルタルが噴出するのを確認した上で、ゴムホースを図-2に示すように折り曲げ、番線等で固定する。

モルタルが硬化した後、ディスクサンダーやハンマー等を使用して注入口および確認口を撤去し、仕上げを行う。

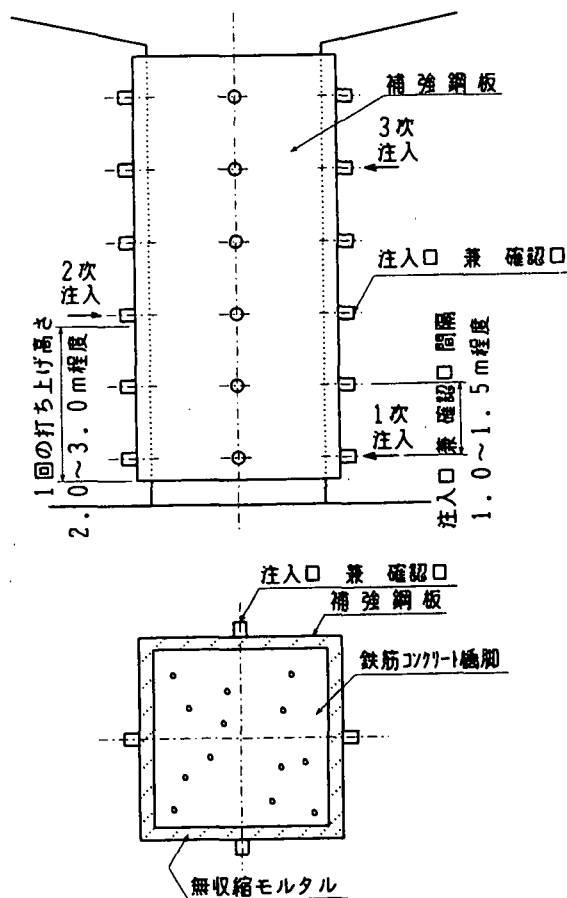


図-1 注入口および確認口の設置状況

耐震補強工事、鋼板巻立て工法、無収縮モルタル注入、注入口および確認口

〒456-0063

名古屋市熱田区西野町2-70

(TEL)052-682-1814

(FAX)052-682-2779

2. 2 従来のモルタル注入方法の問題点

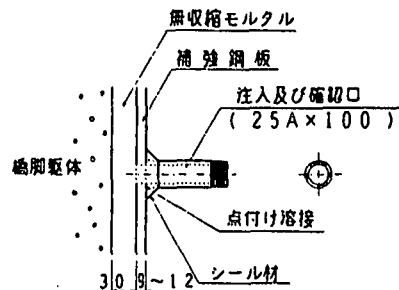
従来の注入方法では、施工面および品質管理面において以下の問題がある。

施工面

- ① 狭い足場上の高所作業を伴う工事であり、モルタル充填の確認をする際に、モルタルが足場上に散乱すると、作業環境上、危険を伴う。
- ② 注入口および確認口の撤去や、散乱したモルタルの清掃等に施工手間を要する。

品質面

- ① 注入口および確認口の閉鎖時に、水やモルタルの漏れにより、モルタルの品質低下や空洞を招きやすい。
- ② 注入口および確認口を撤去する際、ディスクサンダーやハンマー等を使用するため衝撃が加わり、付着強度の少ないモルタルと補強鋼板の肌すきを誘発する可能性がある。
- ③ たたき点検による注入確認は、エポキシ樹脂の場合のように、注入厚さが薄い場合は、打音による判別は比較的容易であるが、モルタル注入の場合は、打音による判別は難しい。



モルタル注入時 注入完了後

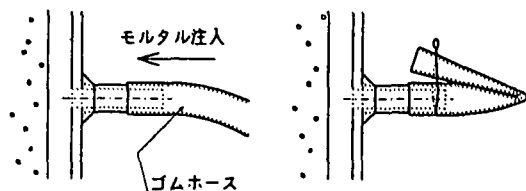


図-2 従来の注入口および確認口

2. 3 注入口および確認口の改善

従来のモルタル注入方法における施工、品質面での問題点を考慮し、以下の点に着目し改善を行った。

着目点

- ① 充填確認が容易であること。
- ② 無収縮モルタルの品質低下を招かないこと。
- ③ 施工が容易であること。

改善点

- ① に対しては、注入口と確認口を別構造とし、たたき点検と併用し、視覚により注入確認ができるように、確認口に透明なアクリル栓を使用した。
- ② に対しては、撤去時に極力、衝撃力が加わらないこと、および水漏れ等が発生しないように、注入口、確認口ともに、ネジ切りを施すことにより脱着可能な構造とした。
- ③ に対しては、①、②の改善を施すことにより、注入時に足場上を汚すことなく、撤去、復旧もネジを回す要領で取り外し、あとはシール材で断面復旧するだけなので、施工手間は軽減される。

以上の改善を施した注入口および確認口の構造を図-3、写真-1~4、および施工フローを図-4に示す。

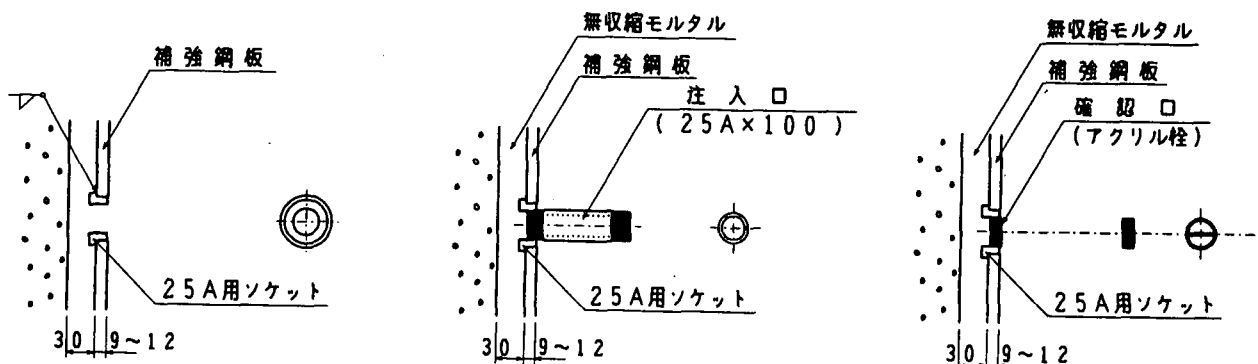


図-3 注入口および確認口 改善図

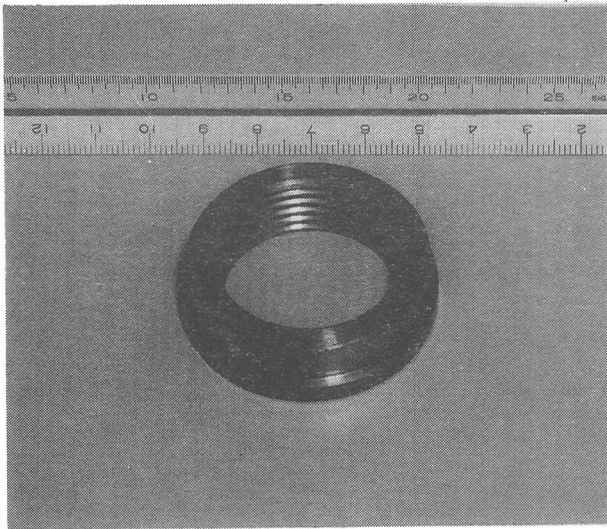


写真-1 25A用ソケット

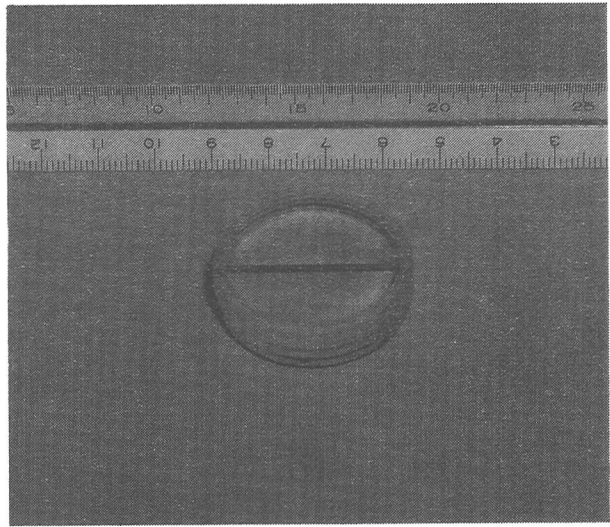


写真-2 アクリル栓

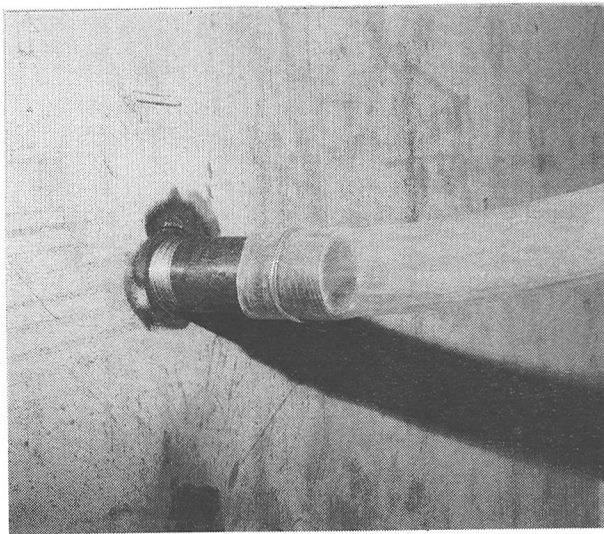


写真-3 注入口設置状況

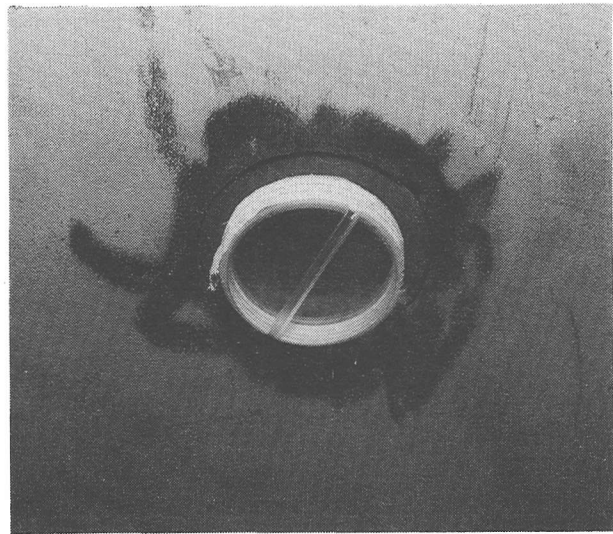
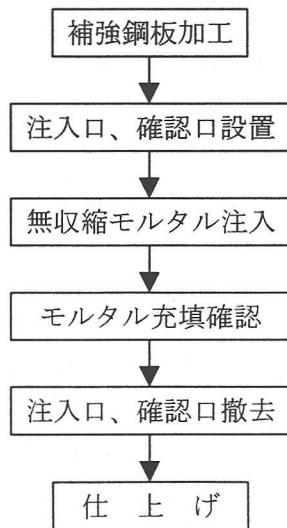


写真-4 確認口設置状況



補強鋼板加工時に、工場にて25A用ソケットを溶接。

注入口（ガス管25A）、確認口（アクリル栓）を現場にて設置。

注入口よりモルタル注入。

たたき点検と確認口での目視確認を併用。

シール材にて断面復旧。

図-4 施工フロー

3. アンカーボルト設置間隔と補強鋼板はらみ出し量の関係

無収縮モルタル注入の場合、補強鋼板を固定するアンカーボルト設置間隔や、注入高さ（内部圧力）と補強鋼板はらみ出し量の関係を想定することは難しく、むやみに注入高さを増していくと、補強鋼板のはらみ出し量が多くなり、美観上や、アンカーボルトの抜けだしなどの問題が発生してくる。そこで、施工をする上での目安をつける目的で、以下の項目に着目し検討を行った。

着目点

- ① 注入高さ と 補強鋼板はらみ出し量の関係
- ② 注入高さ と アンカーボルトの作用引き抜き力

ただし、上記項目の数値を算出する際に、過去の無収縮モルタルでの実験データを基に、その実験での諸条件を使用し、上記の項目が、図-5に示す内部圧力及び解析モデルの仮定で、解析値と実験値に整合性がとれることを確認した。本稿では、この仮定を使用し、今回の一般的な施工条件にあてはめてFEM解析により算出した結果を示す。

3. 1 注入高さ と 補強鋼板はらみ出し量の関係

解析を行う一般的な条件として、補強鋼板板厚を $t = 9 \text{ mm}$ とし、アンカーボルトの設置間隔を、エポキシ樹脂注入と同様の 500 mm ピッチとした。また、内部圧力については以下の仮定（図-5）とした。

補強鋼板に作用する内部圧力 $P = P_1 + P_2$

ここに、

P_1 : モルタル自重による圧力 $P_1 = \gamma \cdot h$ (γ : モルタル比重、 h : 注入高さ)

P_2 : モルタルの粘性に抵抗しながら押し広げる（上げる）圧力。

ここでは、参考にした実験データの最大値 $P_2 = 0.3 \text{ kgf/cm}^2$ を使用した。

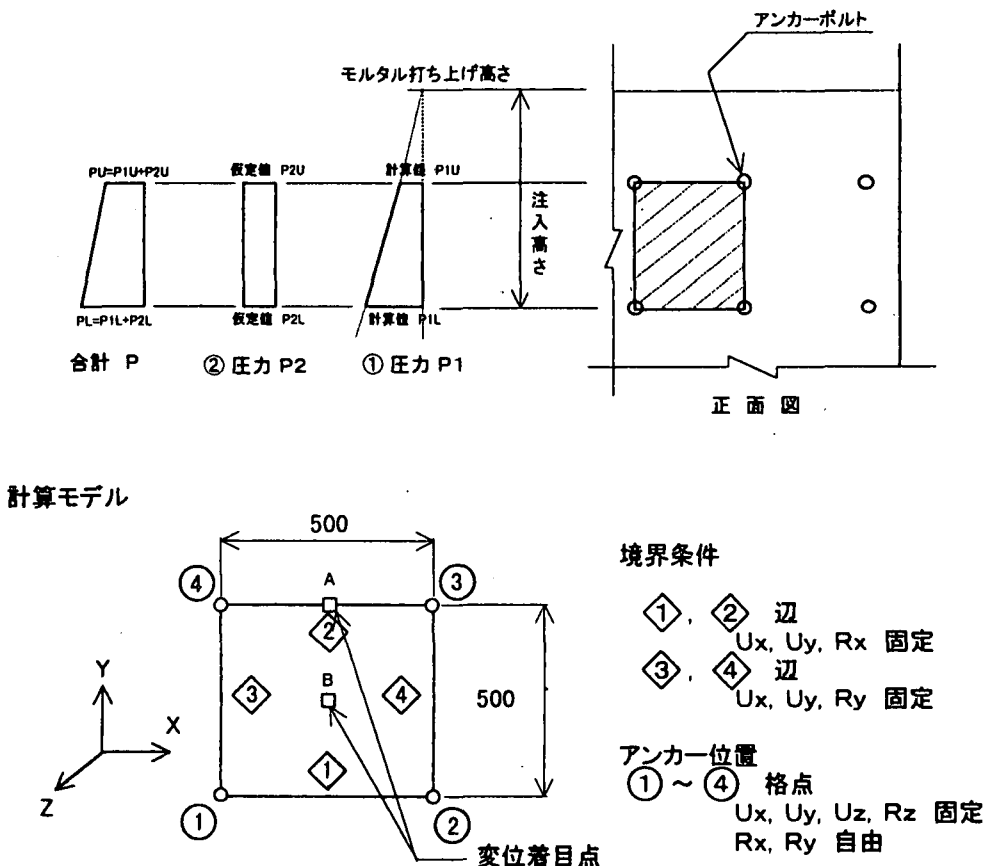


図-5 内部圧力の仮定および解析モデル

解析結果を図-6に示す。図は、アンカーボルトに囲まれた(500×500)の中央点(B点)の変位を示す。この結果より、補強鋼板の板厚が $t=9\text{ mm}$ ならば、注入時の最大変位は、注入高さ $h=3\text{ m}$ (内部圧力 $P=0.9\text{ kgf/cm}^2$)で $\delta=3\text{ mm}$ 程度である。また、アンカーボルト1本当たりの引き抜き力は、注入高さ $h=3\text{ m}$ で、 $P_n=2.5\text{ tf}$ 程度であった。以上の結果より今回の施工では、注入高さを $h=3\text{ m}$ 以下とした。

ただし、この解析結果は、 P_2 圧力を一定としているため、注入高の低い範囲では、この値より低い値になると思われる。

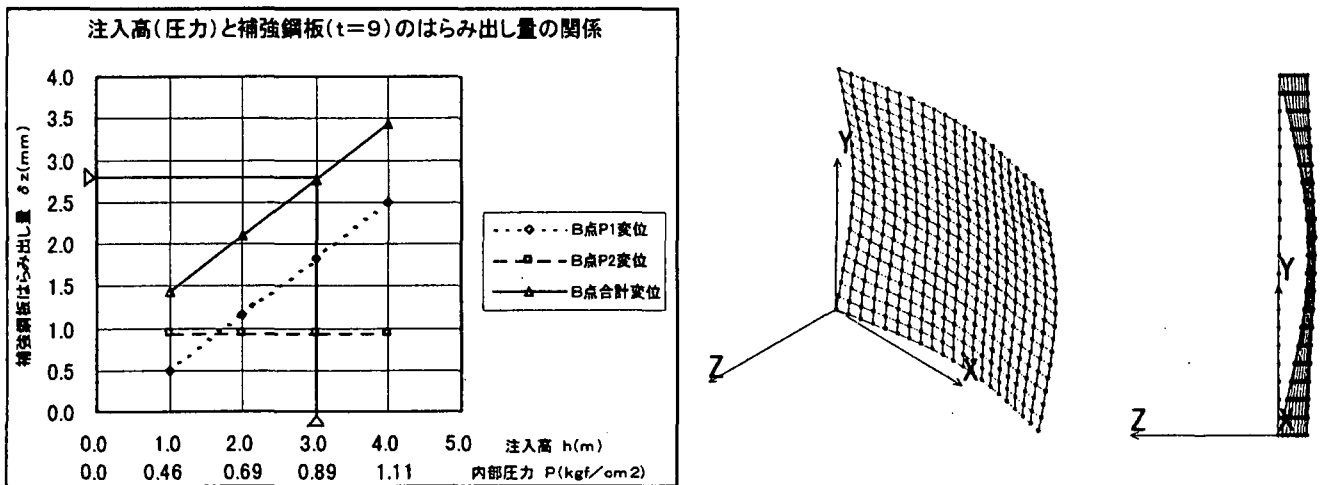


図-6 注入高さ(内部圧力)と補強鋼板はらみ出し量の関係

4. 施工

4.1 注入材料

無収縮モルタルは、使用する混和材料により、鉄粉系とセメント系に分類される。今回の施工では、補強の目的上、長期にわたり耐久性が保持されなければならない、鉄粉系は鉄粉に錆が生じ耐久性に影響を与える可能性があることから、セメント系を使用した。また、注入に際し、狭いところへ何回かに分けて注入しなければならない、一度に柱全高にわたり注入を行えないため、ノンブリージングで流動性のよい材料(J14漏斗値 8 ± 2 秒)を選定した。

4.2 モルタル注入工

補強鋼板の取り付けは、補強鋼板の板厚は $t=9\text{ mm}$ を使用し、補強鋼板の固定には、メネジコンクリートアンカー(M12, 改良型)を採用した。また、設置間隔は、500 mmピッチとした。注入口および確認口の設置間隔は、従来と同様とし、注入は1回の打ち上げ高さ($h=2.0\sim 2.5\text{ m}$)にて下方より注入を行い、他は確認口とした。

注入に際しては、従来に比べ注入口や確認口を一つ一つ塞ぐ必要もないため、無収縮モルタルのロスもなく、注入や清掃にかかる手間も削減できた。また、水やモルタル漏れも見受けられなかった。無収縮モルタルの充填確認については、確認口より無収縮モルタルがエア一等混入することなく、スムーズに充填される状況を目視により十分確認することができた(写真-5~7)。また、確認口での目視確認と併せて、たたき点検を行い、充填状況について確認したが、一部に判別しづらい打音が認められたが、確認口での充填確認との併用により、確実に無収縮モルタルが充填されていく状況を把握できた。

補強鋼板のはらみ出し量については、異常なはらみを生じることなく、最終的には、 $\delta = 2\text{ mm}$ 以下であった。

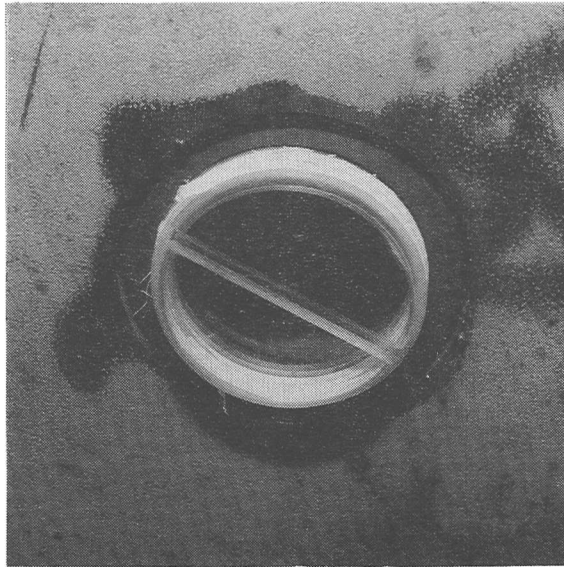


写真-5 充填前

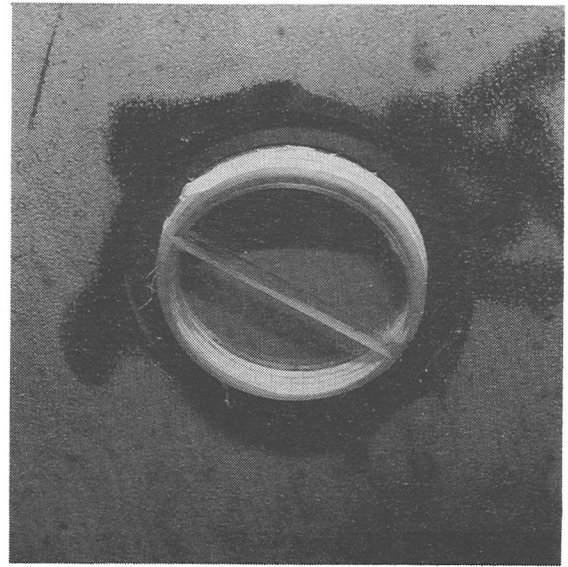


写真-6 充填中

5. まとめ、

本施工から確認できた事項は以下のとおりである。

- ① 注入口および確認口の改善は、充填材の品質管理、コスト面、施工面において従来の方法に比べて有効であった。
- ② 無収縮モルタルを充填する場合の、注入高さ
と補強鋼板のはらみ出し量は、補強鋼板厚 $t=9$
 mm を使用し、アンカーボルト設置間隔が
 500 mm ピッチの時、注入高さ $h=2.5 \text{ m}$ で、
最大 $\delta z=2 \text{ mm}$ であった。

また、今回の改善点の中で、従来のたたき点検に比べ、目視により充填を確認できることは、橋脚補強工事の品質を確保する上では、より有効だと思われる。

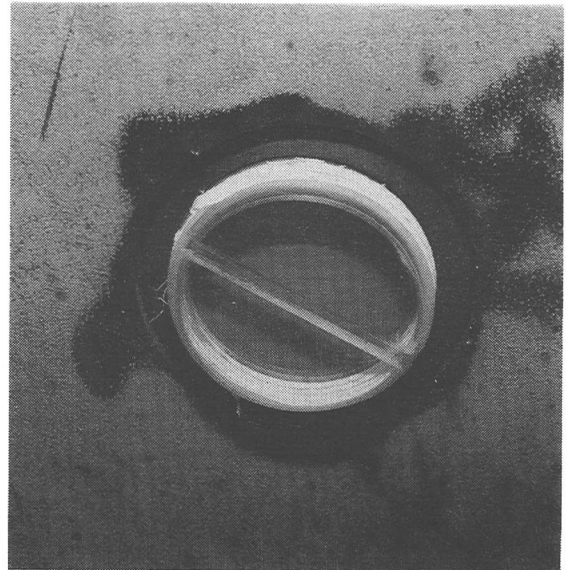


写真-7 充填後

(参考文献)

- 1) RC橋脚の段落とし補強, 第1回鋼構造物の補修・補強技術報告会論文集 (平成2年6月)
- 2) 鋼板巻立て施工に伴うグラウトモルタルの充填試験施工結果 (電気化学工業 (株))