

ハイパック継手の止水効果に関する基礎的研究

九州工業大学 学生員 石松宗一郎 九州工業大学 正会員 山崎竹博
九州工業大学 講師 出光隆 九州共立大学 正会員 高山俊一

1.はじめに

近年、浚渫や沈設時の大型特殊機械の開発、水密性を確保するための材料開発により、大規模な沈埋トンネルが作られ、水底トンネルの施工法としてはシールドトンネルに変わる工法となってきた。しかしながら最後の沈埋函における継手の施工に労力を要し、漏水することなくいかに迅速に接合できるかが求められている。沈埋トンネルは最初に立坑を構築し、その間に沈埋函を沈設、水圧接合していくため、最終函との接合部に施工上のクリアランスが要求される。この部分が最終継手であり、止水ゴムやモルタル注入により止水を行っているため、施工中のモルタル流出や施工後の漏水に注意しなければならない。

本研究では、軽量で丈夫なアラミド織布袋の中にグラウトを圧入(ハイパック)する技術を止水に用いる工法を考案した。この工法によりグラウトの水中拡散を防ぐことができる。本報告ではアラミド織布袋を最終継手内に事前に設置しておき、仮接合後に注入孔から膨張モルタルを圧入する方法について、その止水性能を検討した。図-1 に従来継手例とそれを参考にしたハイパック継手の概略を示す。

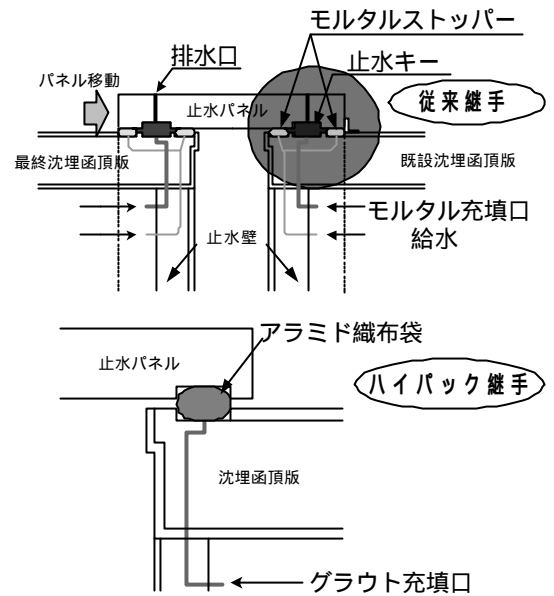


図-1 ハイパック継手

2.実験概要

2.1 継手内での袋形状確認

止水効果確認実験で使用する継手供試体の適切な隙間間隔を決定するために、溝形鋼を並べ隙間(20mm, 40mm)を設けた継手供試体内に普通織りアラミド織布袋を挿入した後、注入圧 0.7 MPa, 圧力保持 5 分間でグラウト注入した。硬化した後、継手供試体を解体して袋の形状を確認した。

2.2 予備実験

止水効果を確認する予備実験として鋼管(内径 105.3mm)の中にアラミド織布袋(直径 140mm)を挿入し、水圧漏水試験を実施した。実験方法は、ハイパック供試体と鋼管との間を満水状態にして 0.5MPa まで水圧を上昇させ、各水圧における漏水量を測定した。表-2 に配合表を示す。ただし、供試体 C についてはグラウト注入前に袋表面にペーストを付着させることにより、アラミド繊維を粗く織った粗織袋を想定した。

2.3 止水効果確認実験

鋼管に対して直交方向への止水を確認するために、角型鋼管の両側に孔を開けた供試体(図-3)を作製しアラミド織布袋を挿入して水圧漏水試験から継手の止水性能を確認した。アラミド繊維内部にペースト分を染み込ますため、セメントより粒子が小さく粒径の大部分が滑らか

表-1 袋に対する継手の大きさ

| | 継手内周長 | 内周長/袋外周 |
|----------|-------|---------|
| 隙間 20 mm | 390mm | 0.89 |
| 隙間 40 mm | 430mm | 0.98 |

袋の外周は440mm

表-2 配合表

| 供試体 | 膨張材 (%) | W/B (%) | 単位量 (kg/m ³) | | | |
|---------|---------|---------|--------------------------|------|-----|------|
| | | | W | B | | Sp |
| A | 0 | 45 | 580 | 1289 | 0 | 12.9 |
| B-1、B-2 | 8 | 45 | 580 | 1186 | 103 | 12.9 |
| C-1、C-2 | 8 | 38 | 539 | 1304 | 113 | 14.2 |

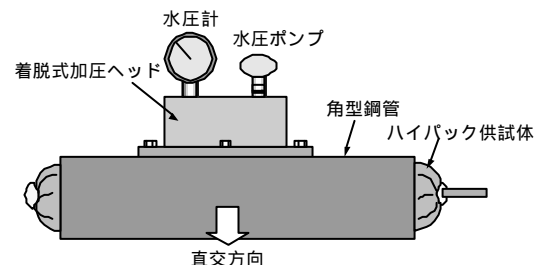


図-2 止水効果確認実験概略図

な球状をなすフライアッシュをセメント量の 30% 置換した。ただし、供試体 D-1 は普通織袋、D-2、D-3 は袋表面にペーストを付着させることにより、粗織袋を想定した。

3. 実験結果および考察

3.1 継手内での袋形状確認

継手内周長が袋外周より 1 割ほど小さく、隙間間隔が 20mm の場合、隙間幅から最大で高さ 3mm ほど膨れ出し、内部へ続く深さ 1~2mm のしわが 4 箇所確認された。継手内周長が小さいため袋が十分に広がりきれずに重なることで、しわが生じたと考えられ、普通織りの場合、明らかに水の経路となる。継手内周長と袋外周がほぼ同じで、隙間間隔が 40mm の場合、最大で高さ 18mm ほど膨らみ、隙間付近の鋼材と袋は密着しており、しわの存在は確認されなかった。

図-3 に隙間の袋形状概略図を示す。

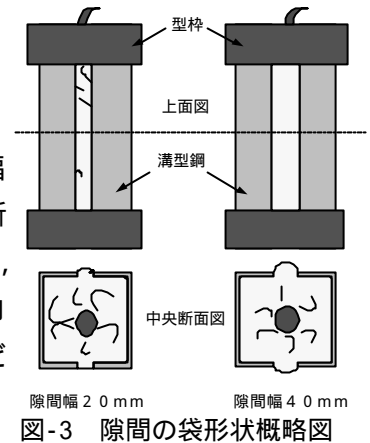


表-3 膨張圧測定結果

| | A | B-1 | B-2 | C-1 | C-2 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 膨張圧 (MPa) | 0.1 | 3.7 | 4.2 | 2.2 | 3.4 |

表-4 水圧漏水試験結果

| 水圧 (MPa) | 漏水量 (CC / 分) | | | | |
|----------|--------------|-----|------|-----|-----|
| | A | B-1 | B-2 | C-1 | C-2 |
| 0.1 | 131 | 1.1 | 3.5 | 0 | 0 |
| 0.2 | — | 2.7 | 5.5 | 0 | 0.3 |
| 0.3 | — | 4.0 | 8.1 | 0 | 0.4 |
| 0.5 | — | 6.8 | 12.2 | 0 | 0.6 |

最大膨張圧測定結果を表-3、水圧漏水試験結果を表-4 に示す。供試体 A、B-1、B-2 とともに水圧 0.1 MPa から漏水し、漏水量は膨張材の有無で明らかな差が生じた。膨張圧がほぼ同等な B-1、B-2 の漏水量に差が生じたことから、漏水の原因はアラミド繊維が水を伝えているというより注入孔が袋より小さいために生じた袋のしわによるものと思われる。粗織袋を想定した C-2 は僅かながら漏水がみられるが、普通織袋の B-1、B-2 より微量である。従って、しわが生じる場合には、粗織袋が止水効果を得るには有効であると考えられる。

3.3 止水効果確認実験

膨張圧測定結果を図-4、水圧漏水試験結果を表-5 に示す。供試体すべてにおいて水圧 0.5MPa での鋼管に直交方向、水平方向への漏水は確認されなかった。水圧試験の際、水を着色したが水の経路は確認できなかった。すべての供試体で隙間付近の鋼材と袋は密着しており、

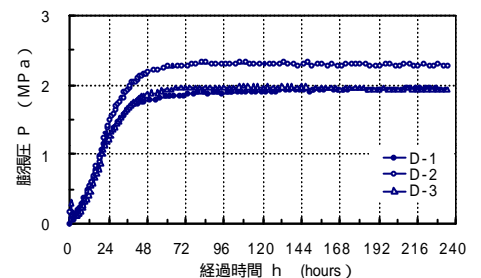


図-4 膨張圧の経時変化

供試体 D-1 も止水できたことから、隙間にしわがなければ普通織袋でも十分に止水効果が得られることが分かった。D-1、D-3 は水圧 0.5MPa で圧力保持した後、どちらも約 7 時間後に 0.1MPa まで低下した。このことから、アラミド繊維が水を伝えているというよりグラウト自体の吸収によるところが大きいと思われる。

表-5 水圧漏水試験結果

| 供試体 | 実験内容 | 漏水の有無 |
|------------|--|--|
| D-1 (普通織り) | 0.5MPaまで一気に加圧。2時間保持。 | 無し 7.5時間後、0.1MPaまで減少 |
| | 0.5MPaまで0.1MPa毎に各30分圧力保持。0.5MPaでは2時間保持 | 無し |
| D-2 (粗織り) | 0.5MPaまで一気に加圧。2時間保持。 | 無し |
| | 1.0MPaまで一気に加圧。2時間保持。 | 80分後、鋼管に水平方向から漏水 漏水量は10分当たり0.6 (CC) |
| D-3 (粗織り) | 0.5MPaまで一気に加圧。2時間保持。 | 無し 7.0時間後、0.1MPaまで減少 |
| | 0.5MPaまで0.1MPa毎に各30分圧力保持。0.5MPaでは2時間保持 | 無し |

4. まとめ

- (1) 隙間を有する継手内にアラミド織布袋を膨らませた場合、継手内周長が袋外周より小さいと、袋にはしわが生じる。これが水の経路となるため、袋形状は継手内周長と同じか若干小さめとするのが適当である。
- (2) 注入孔が袋より小さく、袋にしわが生じる場合、外部にペーストを染み出すことが可能なほど繊維を粗く織った粗織袋が止水効果を得るには有効であると考えられる。
- (3) 隙間を有する注入孔に膨らませた場合、隙間付近にしわがなければ通常の織布袋でも止水効果は得られ、水深 50m に相当する水圧 0.5MPa でも漏水は起きない。実際の施工水深は、20m 前後であるから本継手工法によって止水可能と考えられる。