

アイサワ工業（株） 正会員 細谷 多慶

アイサワ工業（株） 正会員 成瀬龍一郎

1. はじめに

近年の多様化、高度化する都市機能に対して、地中構造物の輻輳化や大深度化傾向が高まりつつある。こうした背景において、我が国特有の複雑な地盤に適応すべく各種技術開発が急速に進み、中でも都市トンネル施工法であるシールド工法における発展は目覚ましいものがある。しかし、このシールド工法においても地盤沈下の問題や施工性、工期、コストなど多くの課題が残されており、これらの解決が強く望まれている。

そこで近年、①施工の合理化、②環境に与える影響の抑制、③高品質な覆工コンクリートの形成を目的とした E C L 工法の開発が盛んに行われ、すでに実用化されている工法もある。こうした中において、反力体不要の自走推進が可能な新しいタイプの E C L 工法の開発に向け、覆工コンクリートと加圧装置に関する基礎実験を行った。本稿では、特にコンクリートの加圧特性ならびに今回新しく開発した特殊プレスリングの効果、加圧脱水性について述べる。



2. 工法の概要と特徴

本工法は、密閉構造の内筒シールド機外周に複数に分割したブレードを装備し、外周に作用する土圧を反力として推進するブレードシールド機において、図-1に示すようにブレードの貫入と掘進、鉄筋及び内型枠の組み立て、コンクリートの打設、加圧を繰り返しながらトンネルを構築するものである。

また、本工法はブレードシールドの採用により反力体を不要としたため、内型枠への影響が抑えられ、さらに、加圧装置として可撓性チューブを取り付けた特殊プレスリングの開発により、①完全な止水性、②コンクリートへの確実なプレス圧の伝達、③シールド機の蛇行やカーブ推進時の覆工厚の変化に対する追従性、④作業の単純化、容易性等が確保される事が特徴といえる。

3. 実験の概要

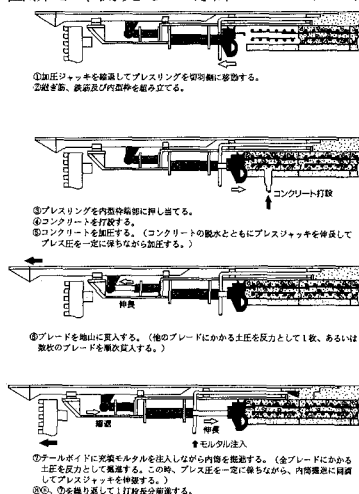
3-1 加圧ブリージング試験

加圧ブリージング試験は表-1に示す3種類のコンクリートで行った。実験は、図-2に示すように加圧力5kgf/cm²として、 $\phi=10\times 20$ cmの円柱供試体用型枠を用いて、練混ぜから3時間後まで、1時間毎に各供試体について60分間の加圧による脱水量と変位量を測定した。

3-2 特殊プレスリング性能確認試験

実験装置を図-3に示すが、シールドのテールスキ
ンプレートに相当する外筒管と内型枠に相当する内筒
管、そして内筒管に接するように $\phi 60\text{mm}$ のゴムチュー

ブを取り付けた加圧用のプレスリングで構成されている。実験は、加圧対象物を外筒管と内筒管の間に投入して各設定条件のもとで油圧ジャッキにより加圧し、プレスリングの変位量及び漏水量、または脱水量を測定した。加圧対象物としては水と疑似コンクリート（セメント代替材として浅黄土を使用、 $\gamma_{\text{app}}=18\text{cm}$ ）を使用した。



图一-1 施工手順

表-1 コンクリートの配合

配合 種別	目標 ヤブ ^① (mm)	目標 空変量 (%)	V/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					混和剤		
					水 W (%)	セメント C (%)	細骨材 S (%)	粗骨材 g (%)	5~10 mm	10~20 mm	種類	使用量
A	24	4.0	52	46	210	404	728	355	535	43	AF減水剤	250cc
B	24	4.0	51	49	200	392	738	344	515	43	高活性膨張減水剤	1cc/1.5
C	24	4.0	52	49	200	385	796	344	517	43	分離低減材	4kg/m ³
D	24	4.0	52	49	200	385	796	344	517	43	高活性膨張減水剤	1cc/1.5

A：乾式シールドコンクリート ②：乾式湿式化コンクリート

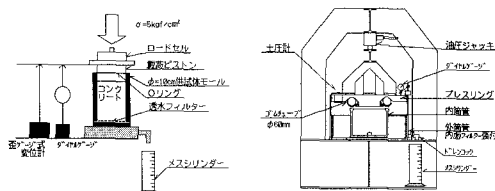


図-2 加圧ブリージング試験装置 図-3 特殊プレスリング構型実験装置

4. 実験結果と考察

4-1 加圧ブリージング試験

図-4に加圧脱水率の経時変化を示すが、C配合は脱水率が低く脱水効果があまり認められなかった。一方、練混ぜから2時間までのB配合は、加圧初期においてA配合より低い脱水率を示し、その後はA配合より高い脱水性を示した。これよりB配合は、加圧初期において保水性が高く流動性が保持され徐々に脱水効果が高まり早期強度の発現性も向上するものと考えられる。また、A配合は脱水性の経時変化がほとんど見られないが、B、C配合は練混ぜ後の経過時間とともに脱水性の低下が見られ、B配合は加圧初期の変化が著しくなっている。特に練混ぜ後2～3時間の脱水率はA配合より低くなっており、打設時間の遅れによる初期強度発現性への影響を今後の課題とした。しかし、3時間経過後に15分間加圧した後型枠脱型を行い、目視により自立性を確認した結果、C配合は自立不能であったが、A、B配合は自立可能であった。これよりB配合における妻型枠脱型時の自立性については特に問題ないものと判断された。

4-2 特殊プレスリング性能確認試験

加圧対象物として水を使用し、エアチューブと注水チューブにより止水性能確認試験を行った結果を図-5に示す。縦軸のプレスリング変位量と漏水量は、ゴムチューブ部分を除いたプレスリング面積×変位量に相当する容積が漏水量と等しくなるスケールとした。これより、加圧力の増加とともに変位量、漏水量とも同様の増加傾向を示しているものの、その差はエアチューブに比べて注水チューブがかなり小さくなっている。これは、注水チューブがエアチューブに比較して変形が小さいためと考えられる。また、注水チューブにおいては加圧力の増加とともに漏水量の増加率が減少傾向を示しており、大深度に対して有利に働くものと考えられる。

次に、加圧対象物として疑似コンクリートを使用した加圧脱水性能確認試験を実施し、その結果を図-6に示す。縦軸は止水性能試験結果と同様に脱水量と変位量を対応させたスケールとした。これより、A実験、B実験とも脱水量はほぼ等しいが、変位量から求めた脱水量との差は、B実験についてはほとんどないものの、A実験においては脱水量に対して大きく変位する方向でその差を徐々に増大させ、20分経過後よりほぼ平衡状態となった。これは、図に示すようにB実験はA実験に比べてチューブ全体の剛性を高めるように補強が行われているため、止水性能試験結果と同様、チューブの変形が抑制され変位量に対する脱水量の差が小さくなっているものと考えられる。

5. おわりに

今回の実験でチューブの注水、あるいはチューブにある程度の剛性を持たせることにより、プレスリングの変位量から求めた脱水量と実際の脱水量との差を少なくできることが確認できたことは、プレスリング変位量からの脱水量の推定が容易に行えることを示唆するものであり、加圧ブリージング試験結果などとの組み合わせにより施工管理面への利用が期待できる。また、今回の実験でチューブの注水、あるいはチューブにある程度の剛性を持たせることはチューブの安定性にも有効であることが確認できたが、これらの結果は本工法における今後の研究開発に大きく役立つものと考えられる。

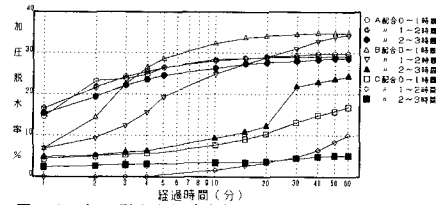


図-4 加圧脱水率経時変化

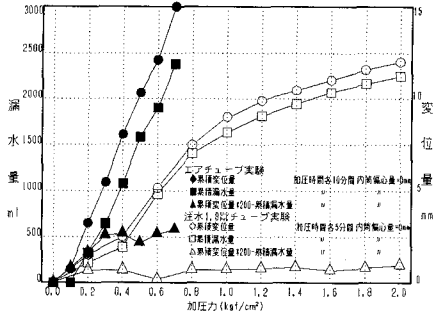


図-5 加圧力とプレスリング変位量及び漏水量との関係

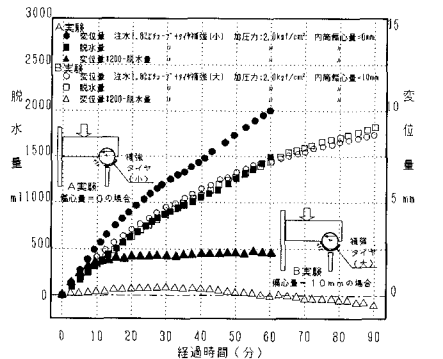


図-6 プレスリング変位量と疑似コンクリート脱水量の経時変化