

Ⅲ - B97

内水圧を受けるトンネルの挙動に関する基礎的研究（その1）

ー内水圧を受けるシールドトンネルの現状と模型実験についてー

早稲田大学 学生員 林 淳平

早稲田大学 学生員 清水 幸範

早稲田大学 学生員 江浪 亮介

早稲田大学 正会員 小泉 淳

1. はじめに

近年、東京都や大阪府などの都市河川流域部では、急激な都市化により流域の保水機能や遊水機能が低下し、降雨が短期間に直接河川へ流出する。このため、集中豪雨による洪水被害はもとより、ちょっとした降雨でも道路や家屋が浸水するケースが増加している。このような現状から、洪水時の氾濫水を地下に一時保留する地下調節池や、分水路で迂回させる地下河川などが脚光を浴びている。これらの大都市圏では、すでに地下に既設建造物が集積しているため、安全性、経済性、および環境問題などの観点から地下調節池や地下河川の構築には、シールド工法が最も有効な方法と考えられる。しかし従来のトンネルとは異なりトンネル内部に高い内水圧が作用することが予想されるため、覆工構造には検討しなければならない課題が多く、現在のところ統一的な設計法は確立されていない。そこで内水圧を受けるトンネルの挙動を把握するために基礎的な模型実験とその解析を行ない、覆工間に流入する水のメカニズムとそれに伴う両覆工の挙動を検討した。本報告はそのうち模型実験の概要とその結果について述べたものである。

2. 内水圧を受けるシールドトンネルの概要

トンネルに作用する内水圧は、低いレベルでは外荷重を打ち消す方向に働くので安全側である。しかしあるレベル以上になると軸力が減少し曲げモーメントが卓越すると思われるので、危険側になると予想される。現状では①一次覆工のみ②一次＋二次覆工③二次覆工のみで内水圧を負担する覆工構造が主であり、施工事例ごとに覆工構造を検討している。①では二次覆工に内圧対策は必要ないが、一次覆工の継手部に高い強度と止水性が求められる。②および③では二次覆工自体に高い強度と止水性が必要になり、工期や費用の面から不経済であると思われる。

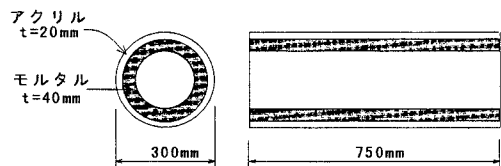


図1 実験模型の概要

3. 実験の概要

実験模型の概要を図1に計測項目および物性諸元を表1に示す。図1のように一次覆工模型としてアクリル円筒（外径 300mm、厚さ 20mm）を用い、その内部に二次覆工模型としてモルタル（厚さ 40mm）を打設した。モルタルにはクラックを誘発するために90°ずつ計4カ所に切り欠きを設けた。実験はこの実験模型内部を水で満たし、ポンプで内水圧を作用させ、中央断面におけるひずみ、変位および覆工間の水圧を静的に測定した。実験ケースは①加圧試験②急激な除圧試験③クラック発生後の加圧試験④緩やかな除圧試験の

表1 実験模型の計測項目および物性諸元

実験模型の計測項目			
中央断面 (測点数)	ひずみ	アクリル	内周×4, 外周×8
		モルタル	内周×4
	変位		外周×6
	覆工間水圧		4
縦方向	ひずみ	6	
実験模型の諸元			
	アクリル	モルタル	
		1回目	2回目
弾性係数 (kgf/cm ²)	3.36×10 ⁴	1.91×10 ⁵	2.12×10 ⁵
ポアソン比	0.36	0.21	0.22

キーワード：シールドトンネル，地下河川，内水圧，模型実験

連絡先（〒169 東京都新宿区大久保 3-4-1 51-16-08A TEL03-3204-1894 FAX03-3204-1946）

4 ケースである。③ではクラック発生後の実験模型を用い①と同様な加圧試験を行った。

4. 実験結果

一例として加圧試験の時刻歴を図2に減圧試験の時刻歴を図3に示す。図2より加圧試験において一次覆工のひずみおよび変位はクラック発生後急激に増加し、覆工間の水圧はクラック発生後の内水圧の挙動と一致しているのがわかる。このことはクラック発生後は一次覆工が主に内水圧を負担していることを示している。一方、二次覆工の内縁には圧縮ひずみが生じている。これは切り欠きの影響による曲げモーメントが原因であると思われる。なおクラック発生前は、両覆工の剛性を考えると、二次覆工が主に内水圧を負担していると考えられる。クラック発生後の加圧試験では、一次覆工の応力および変位は内水圧の上昇に伴い増加し、覆工間の水圧は内水圧と同じ挙動を示した。また二次覆工にはケース①と同様に圧縮ひずみが生じており、クラック発生後も切り欠きなどの影響により二次覆工に断面力が生じているように思われる。

減圧試験では図3に示すようにアクリルのひずみ、変位および覆工間の水圧は内水圧の減少に伴い減少するのがわかる。また排水後の覆工間の水圧は徐々に減少し残留水圧は生じない。

5. おわりに

本実験から得られた知見をまとめると、①クラック発生前は両覆工の剛性を考慮すると二次覆工で主に内水圧を負担し、クラック発生後は一次覆工で内水圧を負担している、②モルタルに圧縮ひずみが生じているが、これは切り欠きの影響による曲げモーメントが原因だと思われる、③覆工間の水圧はクラック発生後は内水圧と同じ挙動を示し、十分な時間が経過すれば残留水圧は生じない、となる。

切り欠きが両覆工の断面力に大きな影響を与えたと思われるので、今後、切り欠きの大きさを変えたり、切り欠きを設けないケースの実験を行うなどを考えている。また測定ピッチや減圧の速度など測定方法に関しても若干の検討を加える予定である。

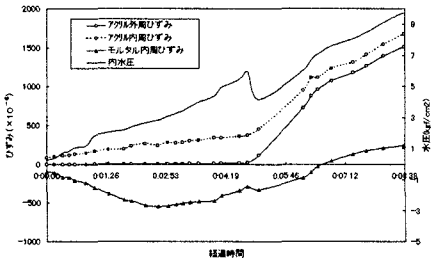
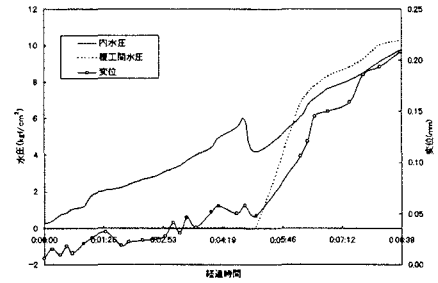


図2 加圧試験の時刻歴図

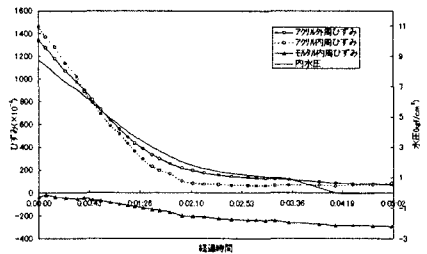
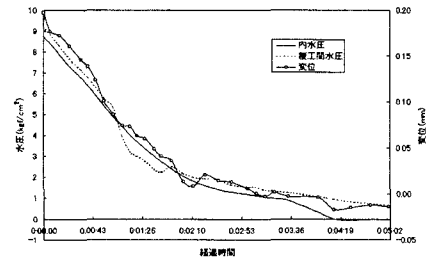


図3 減圧試験の時刻歴図

【参考文献】

- (1) 小泉：覆工間の残留水圧に関する基礎的実験報告書，1996.3，先端技術センター（受託）
- (2) 清水，江浪他：内水圧を受けるトンネルに関する基礎的研究（その2），第52回年次学術講演会，Ⅲ部門，1997.9