

## レジンコンクリートセグメントに関する適用性の研究

竹中土木 正会員 近 信明 非会員 丸尾 幸江  
日本パックコンサルタント 正会員 斉藤 正幸 日本高压コンクリート 正会員 石川 隆司

## 1. はじめに

近年、下水道用シールドトンネルの建設において建設コストの縮減や工期短縮による近隣環境への影響を最低限に抑える理由から、積極的に二次覆工を省略することが求められている。しかしながら、污水管等では厳しい腐食性環境等の理由により、セグメント内面に防食した例があるものの、従来の二次覆工を省略した事例は少ない。

筆者らが開発中のレジンコンクリートセグメントは、耐薬品性に優れ、高い強度を有するレジンコンクリートをセグメントに適用することによって、汚水の下水道用シールドトンネルにおける二次覆工の省略を可能とするものである。本報告は、レジンコンクリートセグメントの特徴や地盤条件における適用性および経済性について述べたものである。

## 2. レジンコンクリートセグメントの特徴

(1)基本特性：レジンコンクリート<sup>1)</sup>は、不飽和ポリエステル樹脂を結合材として用い、骨材と練り混ぜ硬化したものであり、セメントコンクリートに比較して表1のような優れた特性を持つ。これらの特性をセグメント構造等に有効に活用することで、表中に示すような効果が得られるものと考えられる。

(2)製造方法：レジンコンクリートは表1のような長所があるが、樹脂を結合材としているため、極端にワーカビリティが悪く通常の振動によるセグメント製造方法では成型が困難であった。そのため、写真1に示すような回転ドラムによる遠心力締固め製造方法<sup>2)</sup>を採用し、成型を可能とした。遠心力締固め製造方法は、仕上げ作業の省力化、1リング同時製造が可能な合理的な製造方法である。遠心成型後のレジンコンクリートセグメントを写真2に示す。

(3)基本構造：レジンコンクリートセグメントの基本構造はその特性を活用して無筋構造とするが、脆性的な破壊防止として、D10-@150mm程度の用心鉄筋を配置する。また、継手やグラウトホールは高い耐久性を確保するために、樹脂製のものを使用する。本体の強度は、角柱供試体の曲げ要素実験結果<sup>3)</sup>より遠心力締固めによる遠心力方向の強度異方性が確認され、正曲げ( $b_k=約 30.0N/mm^2$ )、負曲げ( $b_k=約 17.5N/mm^2$ )で曲げ強度に差があった。従って、曲げ強度の小さい負曲げで得られた曲げ強度を設計曲げ強度とし、安全率を4として次のように許容

表1 レジンコンクリートの特性および効果

特性	効果
強度発現が早い	早期脱型，出荷
圧縮強度が大きい： $85 \sim 95N/mm^2$	無筋構造として対応
曲げ強度が大きい： $15 \sim 30N/mm^2$	
耐薬品性・耐酸性・耐アルカリ性が高い	二次覆工省略
水密性が良く、透水性が小さい	
耐摩耗性に優れる	
粗度係数が小さく内面平滑性が良い	必要内空断面の縮小

曲げ強度を設定した。

$$b_k=17.5(N/mm^2) \quad b_a= b_k/4=4.3(N/mm^2)$$

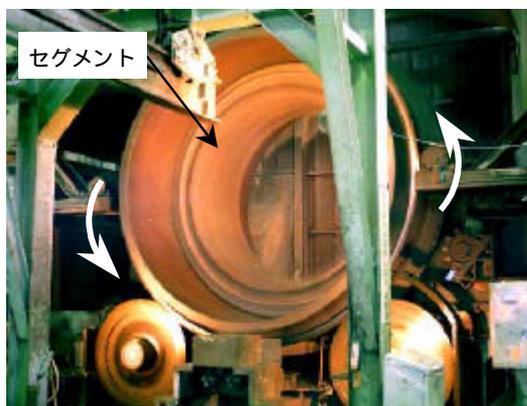


写真1 回転ドラム



写真2 レジンコンクリートセグメント

キーワード：シールドトンネル，セグメント，二次覆工省略，レジンコンクリート，遠心力締固め

〒104-8234 東京都中央区銀座8丁目21-1 TEL：03-3542-6321 FAX：03-3544-1259

レジンコンクリートの許容耐力と代表的な標準セグメントの許容耐力の比較を図1に示す。図1より、レジンコンクリートセグメントは厚さが 200mm 程度までは標準セグメントとほぼ同等の厚さで同等の許容耐力を確保できることがわかった。

3. 試設計

レジンコンクリートセグメントの適用性を評価するために、表2に示す条件で修正慣用計算法により試設計を実施した。その結果の一部を図2に示す。図より砂質土の場合は、仕上がり内径が 5000mm でも、厚さが 200mm までで対応可能であることがわかった。

表2 試設計条件

土水や土圧の扱い		対象土質		k MN/m <sup>3</sup>	土被り m	仕上り内 径 mm
土水分離	ゆるみ 土圧	非常に良く締まった砂質土	0.35	50	15, 20	2400 3000
		緩い砂質土	0.55	5		
土水一体	全土 かぶり	硬い粘性土	0.50	20	10, 15	4000 5000
		非常に軟らかい粘性土	0.75	0		

一方、軟弱な粘性土の場合は、厚さが 250mm を越える場合があった。粘性土地盤の側方土圧係数の決定には不確定要素が大きいことに加えてレジンコンクリートは寸法効果による曲げ強度低下<sup>3)</sup>が普通コンクリートに比して大きいことから、粘性土地盤では径や条件等により、標準セグメントに比較してセグメントの必要厚さが大きくなり、コストメリットが期待できない場合が考えられる。

4. 経済性の評価

表3に非常に良く締まった砂質土（土被り 20m）における標準セグメントとの経済性の比較結果を示す。ここで、レジンセグメントは継手の配置等を考慮して最低厚

表3 経済性の比較結果（非常に良く締まった砂質土，土被り=20m）

		M34-2	レジン	C130	レジン	C146	レジン	C162	レジン
施工延長	m	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
セグメント外径	mm	3150	2700	3800	3300	4800	4350	6000	5450
セグメント厚さ	mm	125	150	125	150	175	175	225	200
二次覆工厚さ	mm	250	省略	275	省略	225	省略	275	省略
仕上り内径	mm	2400	3000	4000	5000				
経済性(立坑構築費は除く)		100	95	100	94	100	96	100	93

さを 150mm とした。その結果、仕上がり内径 2400～5000mm において 4～7% のコスト縮減が期待できることがわかった。また、粗度係数が n=0.010 とコンクリート二次覆工による粗度係数 n=0.013 より小さいことにより必要内空断面の縮小が可能であることから、さらにコスト縮減が期待できるものと考えられる。

5. おわりに

以上より、レジンコンクリートセグメントは自立性の高い地盤において、一般的な標準セグメントと同等の厚さで、コストの縮減が十分に可能であることが確認できた。また、曲げ強度の増加が適用範囲の拡大やコスト縮減効果に大きく反映するため、今後は、曲げ強度の向上を目指した製造方法の改善や配合検討ならびに安全率の設定法について検討を進める予定である。

【参考文献】1)小柳：レジンコンクリートの現状，コンクリート工学，Vol.31，No.4，1993.4

2)林，山田，斉藤，小泉：遠心力締固めによるセグメント製造方法の開発，土木学会論文集，No.534， - 30，1996.3

3)近，斉藤，石川，大槻：レジンコンクリートライニングシステムの開発，土木学会第 55 回年次学術講演会， ，2000.9

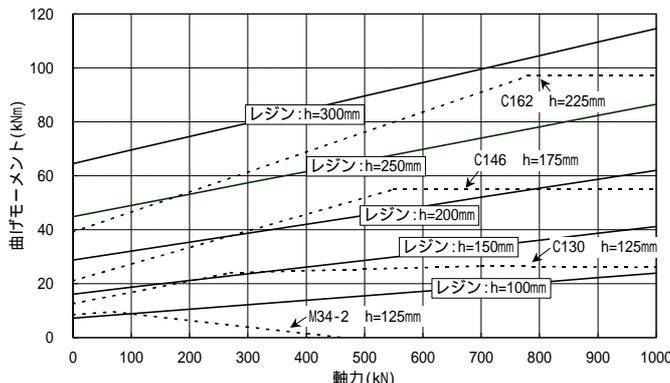


図1 断面性能

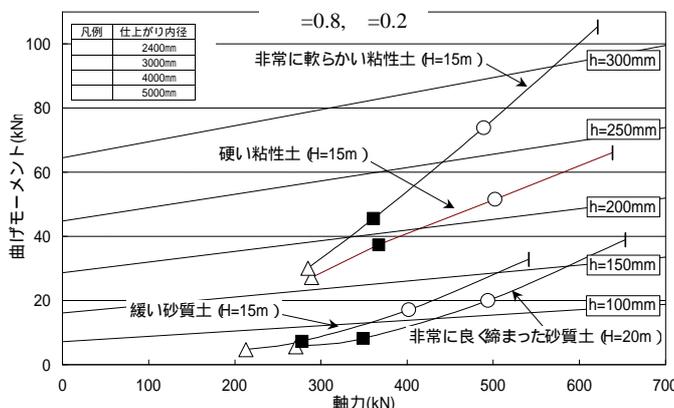


図2 必要厚さと発生断面力の関係