

## R Cセグメントの水密性に関する実験的研究（その2）

### 貫通ひびわれ幅と漏水量の確認試験

日本R Cセグメント工業会 正会員 本田 和之 正会員 岩田 和実  
 日本R Cセグメント工業会 正会員 秋田谷 聡 本郷 裕  
 財団法人 先端建設技術センター 石村 彰生

#### 1. 目的

内水圧が作用するシールドトンネルにおいて、セグメントによる一次覆工のみで構造物を構築する際に、R Cセグメントを採用する場合の水密性に関しては、運用形態などを考慮して総合的に検討して判断する必要がある。内水圧が作用するR Cセグメントでは、曲げモーメントがゼロとなる位置(変曲点)では軸力が引張力となるケースがあった。この場合には断面には貫通ひび割れが発生する恐れがある。そこで、貫通ひび割れが生じたセグメントにおける漏水量に関して、その実態を把握することで、R Cセグメントの適用範囲について検討する基礎資料を得ることを目的として以下に述べる実験を実施した。

#### 2. ひびわれ幅と漏水の関係

ひびわれ幅の算定では、土木学会のひび割れ幅算定式(角田の式)が基本となり、角田は  $f'ck = 30 \sim 35 \text{ N/mm}^2$  のコンクリート供試体よりひび割れ算定式を導いている。一方、R Cセグメントではコンクリートが強度  $f'ck = 42 \text{ N/mm}^2$  以上であり、コンクリートの引張強度および鉄筋付着強度の違いによるひび割れ幅への影響が考えられる。ひびわれ幅

表 - 1. 水密性に対する許容ひび割れ幅

要求される水密性の程度		高い水密性を確保する場合	一般の水密性を確保する場合
卓越する作用断面力	軸引張力	- 1)	0.1
	曲げモーメント 2)	0.1	0.2

- 1) 作用断面力によるコンクリート応力は、全断面において圧縮状態となり、最小圧縮応力度を  $0.5 \text{ N/mm}^2$  以上とする。また、詳細解析による検討を行う場合には、別途定めるものとする。
- 2) 交番荷重を受ける場合には、純引張力が卓越する場合に準じることとする。

と水密性の関係については、コンクリート標準示方書に水密性に関する許容ひび割れ幅の記述がある(表 - 1)。し

かし、R Cセグメントは、高強度・富配合であり、既往のR C構造物としての水密性評価や、内水圧が作用するトンネルとしての使用状態に対する既往研究を再検証する必要がある。

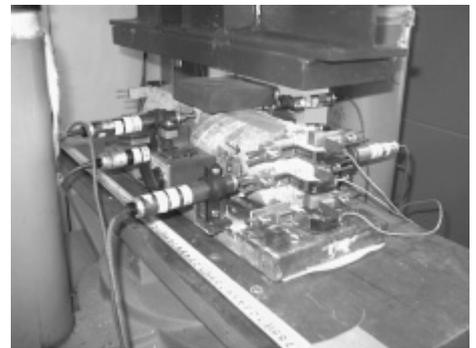


図 - 1. ひび割れ管理状況

#### 3. R Cセグメントにおけるひびわれ幅と漏水量の確認試験

##### 3 - 1. 耐久性を考慮したひびわれ幅と作用水圧

R Cセグメントの耐久性を考慮したひびわれ幅は、配筋量スタラップ等の影響も大きいですが、ここでは土木学会の表を参考に、許容ひび割れ幅を  $0.1 \text{ mm}$  とした。水密性に関して既往の研究 1) では、 $0.1 \text{ mm}$  のひびわれ幅に水圧を作用させると約 30 日程度後に漏水が収束するとの報告が多くなされている。

本実験で試験体に作用させる水圧は、地下河川を想定したトンネルの内水圧高さ  $30 \text{ m}$

( $0.3 \text{ MPa}$ )、 $20 \text{ m}$  ( $0.2 \text{ MPa}$ )、 $10 \text{ m}$  ( $0.1 \text{ MPa}$ ) を想定して水圧を作用させることにした。

##### 3 - 2. 試験体形状および試験方法

試験体形状は、R Cセグメントの桁高さ  $200 \text{ mm}$  を想定し、 $100 \times 200$  の円柱供試体を用いることにした。

表 - 2. 示方配合

粗骨材の寸法 (mm)	スランブ (cm)	W / C (%)	s / a (%)	単位量 (kg / m <sup>3</sup> )				
				W	C	S	G	A
20	6.0	35.0	42.0	140	400	778	1075	2.4

キーワード R Cセグメント, 水密性, ひび割れ, 内水圧, シールド構造

連絡先 〒100-0006 東京都千代田区有楽町1-12-1 TEL 03-5221-7378

試験体内部には、一般的なRCセグメントと同程度の鉄筋量（6×3本/個）を配置し0.1mmの貫通ひびわれ幅を発生させた。上田らの研究<sup>2)</sup>では、引張力によるひび割れは割裂亀裂面とほぼ同形状を示すとの報告がされていることから、ひび割れ発生を割裂試験にて行った。試験体に用いたコンクリート配合を表-2に示す。ひび割れの管理は図-1に示すように、円柱供試験体に割裂試験を行い側面に設置したゲージおよび高感度変位計にて、最大ひびわれ幅にて管理を行った。管理結果を表-3に示す。試験は、図-2に示すように、試験体を試験機（チャンバー内）にセットし止水処理を施した後に、打設面より加圧することにし、試験期間は60日程度とした。

表-3. ひび割れ幅の管理結果

		0.1MPa	0.2MPa	0.3MPa
最大残留ひびわれ幅 (mm)	打設側	0.08	0.09	0.09
	中央	0.10	0.08	0.09
	型枠側	0.10	0.10	0.10

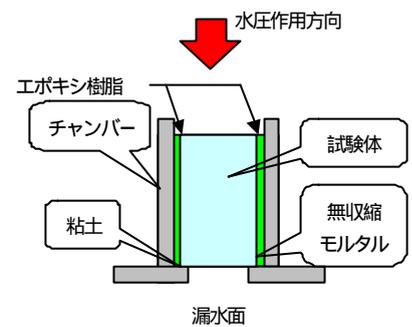
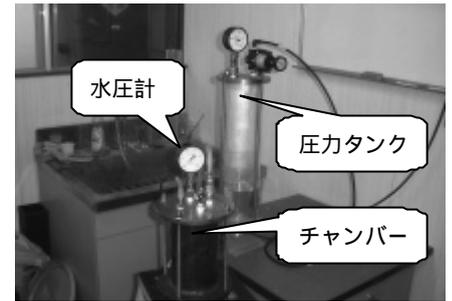
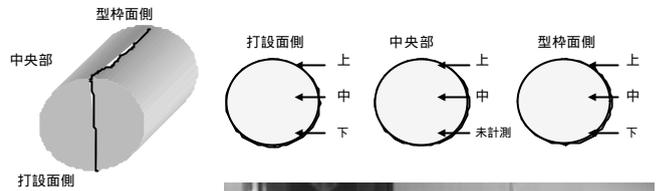


図-2. 水密試験状況

4. 試験結果

漏水量と作用水圧の関係を、図-3に示す。図に示すように、いずれの作用水圧に対しても時間と共に漏水量が減少している。特に試験後10日間程での変化が大きいことが判明した。各々の試験体において、0.1MPaの場合の漏水は約7日間ほどで漏水が終了し、漏水面が乾燥し完全に漏水が終了し、0.3MPaの試験体においては、20日間程度で漏水が終了したと判断できた。0.2MPaの試験体では、漏水量が10ml/日まで漏水が収束したが、漏水面が乾燥するまでには至らなかった。

試験後の漏水面状況を、図-4に示す。加圧中の観察では、漏水が特定の箇所より発生しており、最大ひびわれ幅の部位からのみ、漏水が発生していると考えられる。また、漏水後漏水面には白色析出物がつらら上に固化している状態が観察された。

5. 考察

本実験により高強度RC構造物であるRCセグメントの漏水量は、図-3に示すように、既往の研究より短期間で少ない傾向であった。これはRCセグメントが工場製品であり、富配合かつ密実なコンクリートであるため、ひび割れ界面が複雑となり未反応のセメント粒子による目詰まり効果が原因と推測される。今後は、試験体数を増やすとともに、作用水圧の作用期間、試験体高さおよびひびわれ幅の影響を考慮した実験を行う予定である。

6. 謝辞

本研究においてご指導・ご助言を賜りました北海道大学大学院工学研究科角田興史雄教授に多大な感謝の意を表します。

参考文献

- 1) (株)熊谷組伊藤洋 他、コンクリートクラック内の透水性に関する実験的研究 セメント技術年報 昭和62年
- 2) 上田正生 他 亀裂形成応力モードが異なるコンクリート亀裂面の2次元形状特性分析 コンクリート工学論文集 Vol.20.No.3,1998

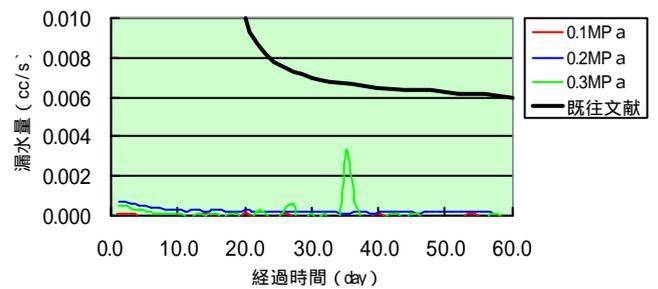


図-3. 漏水量と作用圧力の関係

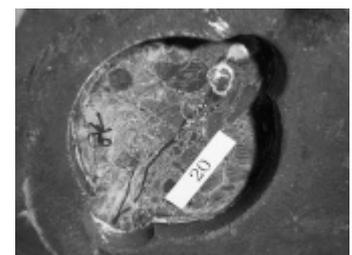


図-4. 試験後の漏水面