

超高強度RCセグメント

－ 耐火性能を有する超高強度RCセグメント (UHS-RCS) －

技術概要

「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」が適用される道路や鉄道などの大口径シールド工事において、大規模な建物荷重等が作用する条件下では、従来のRCセグメントでは曲げ圧縮耐力が不足するため、高価な合成セグメントが採用されています。そこで、超高強度RCセグメントを開発し、曲げ圧縮耐力を向上させて、安価なRCセグメントで構造を成立させることにより、コストの縮減と工事の合理化を実現するものです。本セグメントは、一般に用いられているRCセグメントと同様な形状寸法をもち、ポリプロピレン繊維 (pp) とシリカフューム (SF) を用いて、従来のRCセグメントと同様な方法で製作できます。

本技術は、西松建設(株)、戸田建設(株)、日本コンクリート工業(株)の共同開発で、2025年7月に (一財) 先端建設技術センター の技術審査証明を取得しました。本技術の特長を以下に列挙します。

- ① 耐火性能を有する。
- ② 従来コンクリートの設計基準強度 (42~60N/mm²) を大きく超える、超高強度 (80~120 N/mm²) を有する。
- ③ 曲げ圧縮耐力が大きく安価なため、合成セグメントの代替として活用できる。

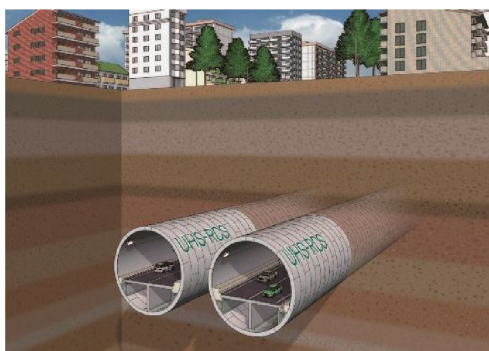


図-1 超高強度RCセグメント
を使用したシールドトンネル

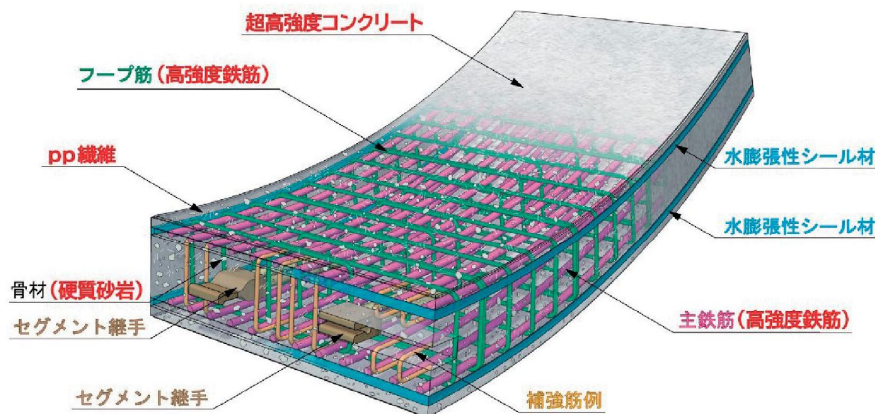


図-2 超高強度RCセグメント概要図

表-1 超高強度コンクリート配合例 ($f'_{ck} = 100 \text{ N/mm}^2$)

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプの範囲 (cm)	空気量の範囲 (%)	水結合材比 (%)	細骨材率 (%)			
20	21±1.5	2.0±1.5	25	51.5			
単位量 (kg/m ³)							
水 W	セメントSFPC ^{*1}	細骨材 S	粗骨材 G	膨張材 EX	pp1 (耐火用)	pp2 (はく落防止用)	混和剤 SP1
170	680	787	748	30	2.73	2.73	10.3

※1: 中庸熱セメントにSFを13%プレミックスしたセメント

適用範囲および適用条件

超高強度RCセグメントの適用範囲および適用条件を表-2に示します。

表-2 超高強度RCセグメントの適用範囲および適用条件

項目	適用範囲 および 適用条件	記 事
①コンクリート強度	設計基準強度：80～120N/mm ²	従来RCセグメントのコンクリート強度（最大60N/mm ² ）を超える強度
②配合	SF / (C + SF) ≥ 10% 32% ≥ W / (C + SF) ≥ 15%	SF：シリカフェューム、C：セメント、W：水 SF / (C + SF)：シリカフェューム結合材比、W / (C + SF)：水結合材比
③用途	道路、鉄道など	耐火とはく落防止が要求される道路トンネル、はく落防止が要求される鉄道トンネル、および、コンクリートに高強度が求められるトンネル
④セグメント継手および本体に作用する曲げ圧縮応力の最大値	曲げ圧縮応力の最大値： σ_{cmx} 1) 許容応力設計法の場合 $\sigma_{cmx} \geq 22\text{N/mm}^2$ ※1 2) 限界状態設計法の場合 $\sigma_{cmx} \geq 24\text{N/mm}^2$ ※2	※1：従来コンクリート許容曲げ圧縮応力の上限值 ※2：従来コンクリート圧縮応力の制限値の上限值（使用限界）
⑤土質	第三紀層など硬質地盤	大深度地下使用法が適用される硬質で安定した地盤

技術の特徴

従来のRCセグメントのコンクリート設計基準強度は 42～60 N/mm²ですが、本RCセグメントのコンクリート強度は 80～120 N/mm²を対象としています。本コンクリートは、以下の特徴を有しています。

- 耐火およびはく落防止を目的としてコンクリートに pp1と pp2 を混入しているため、耐火とはく落防止が要求される道路トンネル、およびはく落防止が要求される鉄道トンネルへの適用に優位性があります。なお、道路、鉄道以外の用途についても、コンクリートに高強度が求められる場合には、従来技術に比べて適用性に優れています。
- 従来セグメントのコンクリートの設計強度を超える超高強度 80～120 N/mm²を対象としています。
- 通常と同様な方法で、セグメントを製造するために必要なコンクリートの流動性、早期脱型強度を確保できます。
- ①～③を同時に満足させるため、低水セメント比で流動性を確保できるように SFを配合したコンクリートとしています。

耐火用 pp1



はく落防止用 pp2



写真-1 有機繊維（ポリプロピレン）

審査証明の結果

一財) 先端建設技術センターにおける技術審査の結果、以下の開発目標が確認されました。

- pp 繊維および SFを混入した超高強度コンクリート（以降、超高強度コンクリートと呼ぶ）が、所定の強度を確保できること
- 超高強度コンクリートが、道路トンネルとして所定の耐火性能を有していること
- 超高強度コンクリートを用いた超高強度RCセグメントが、従来のRCセグメントと同様な方法で製作できること
- 製作された超高強度RCセグメントが、所定の構造性能を有していること

※ 特許登録（特許第7381623号 他）