

# 先端建設技術・技術審査証明事業

審査証明依頼者  
西松建設株式会社 戸田建設株式会社 日本コンクリート工業株式会社

## 概要書

# 超高強度RCセグメント

— UHS-RCS (Ultra High Strength Reinforced Concrete Segment) —

## 軸力導入継手曲げ試験

構造性能試験にあたっては、継手は道路および鉄道トンネルで汎用性の高い、セグメント継手をコーンコネクタ一継手、リング継手をSB継手としました。このため、その他の種類の継手を適用する場合には、本審査報告書と同様の試験を実施して、その構造性能を確認する必要があります。

技術審査で実施した構造性能試験の代表例として、軸力を導入したセグメント継手曲げ試験の結果を以下に示します。実物大の1/2幅の平板型供試体により、軸力を導入したセグメント継手曲げ試験を行い、継手が許容設計断面力レベルでの構造の健全性、所定の耐力、および所定の変形性能を有していること、さらに、計算値を上まわる終局耐力を有していることを確認しました。

- 供試体寸法：幅900mm×長さ5300mm（支間長4400mm）×桁高550mm
- 実験で確認した超高強度RCセグメントの終局耐力： $N_{exp}=6,616\text{kN}$ 、 $M_{Uexp}=1,823\text{kN}\cdot\text{m}$   
（軸力計測値 $N_{exp}=6,616\text{kN}$ 、材料設計強度に対する設計終局曲げ圧縮耐力計算値 $M_{Ucal}=1,665\text{kN}\cdot\text{m}$ ）



写真-1 軸力を導入したセグメント継手曲げ試験状況



写真-2 セグメント継手曲げ試験\_終局曲げ圧縮破壊後の継手面のひび割れ状況

## 超高強度RCセグメントに関するお問い合わせ

西松建設株式会社 技術戦略室 技術研究所  
〒105-0001 東京都港区虎ノ門2-2-1 TEL.03-3502-0247

戸田建設株式会社 技術研究所 社会基盤構築部  
〒104-0031 東京都中央区京橋1-7-1 TEL.0570-0027-05

日本コンクリート工業株式会社 土木・建材事業第1部  
〒108-0023 東京都港区芝浦4-6-14 TEL.03-3452-1059

## 先端建設技術・技術審査証明事業に関するお問い合わせ

当センターでは、建設事業に係わるニューフロンティア開発技術、メカトロニクス、環境保全等の先端技術で、調査・設計・施工・維持管理等の技術、機械・設備・材料等の開発・利用技術を対象に審査証明を行っています。

一般財団法人 先端建設技術センター (ACTEC) 研究企画部

TEL.03-3942-3991 FAX.03-3942-0424 <https://www.actec.or.jp/>

※本概要書は、一般財団法人先端建設技術センターが行った先端建設技術・技術審査証明事業の審査結果を広く関係者に紹介する目的で作成したものです。(2025年7月)



2025年7月

建設技術審査証明協議会会員

一般財団法人 先端建設技術センター (ACTEC)

# 超高強度RCセグメントの概要

## 超高強度RCセグメントとは…

超高強度RCセグメントは、「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」が適用されるような地下に構築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適用が困難な従来のRCセグメントに代わり、安価な超高強度コンクリートを用いることで強度不足を解消し、コストの縮減と工事の合理化を実現するセグメントです。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) とシリカフェーム (SF) を配合した超高強度コンクリートを用いて、従来のRCセグメントと同様な方法で製作できます。

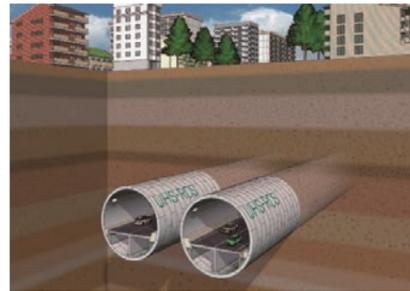


図-1 超高強度RCセグメントを使用したシールドトンネル

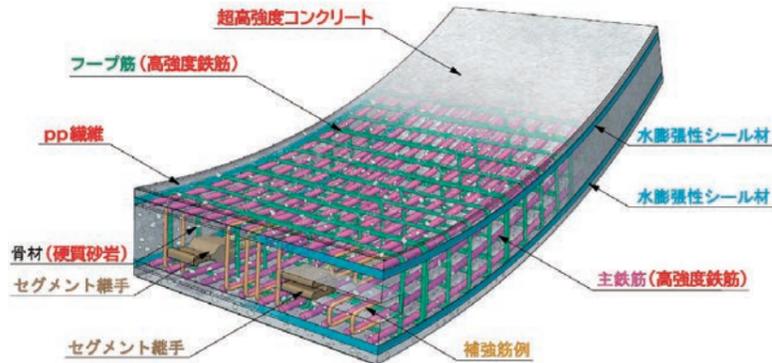


図-2 超高強度RCセグメント概要図

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)	スランブの範囲 (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 <sup>3</sup> )							
水 W	セメントSFPC <sup>※1</sup>	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%ブ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 <sup>2</sup>	従来RCセグメントのコンクリート強度 (最大60N/mm <sup>2</sup> ) を超える強度
②配合	SF / (C + SF) ≥ 10% 32% ≥ W / (C + SF) ≥ 15%	SF: シリカフェーム, C: セメント, W: 水 SF / (C + SF): シリカフェーム結合材比, 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度の最大値	曲げ圧縮応力度の最大値: $\sigma_{cmax}$ 1) 許容応力度設計法の場合 $\sigma_{cmax} \geq 22\text{N/mm}^2$ <sup>※1</sup> 2) 限界状態設計法の場合 $\sigma_{cmax} \geq 24\text{N/mm}^2$ <sup>※2</sup>	※1: 従来コンクリート許容曲げ圧縮応力度の上限値 ※2: 従来コンクリート圧縮応力度の制限値の上限値 (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

## 超高強度RCセグメントの特徴

従来のRCセグメントのコンクリート設計基準強度は42~60N/mm<sup>2</sup>ですが、本RCセグメントのコンクリート強度は80~120N/mm<sup>2</sup>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80~120N/mm<sup>2</sup>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。



## 大断面・大深度トンネルにおける比較例

試設計は、従来から使われている一般のRCセグメントと合成セグメント、および形状は一般のRCセグメントと同じですが、超高強度コンクリートを用いた超高強度RCセグメントを対象に行いました。試設計例では、断面が決定されるセグメント継手の負曲げに着目して、検討結果をまとめました。表-3は試設計をもとにした従来技術との比較例、図-3は試設計例の断面剛性EIと設計曲げモーメントM<sub>d</sub>の関係を示したものです。

試設計をもとにした従来技術との比較検討の結果、従来RCセグメントでは構造が成立せず、合成セグメントとなる設計条件で、超高強度RCセグメントが成立するという試算結果が得られました。

表-3 試設計をもとにした従来技術との比較例(外径φ13.0m)

設計条件	荷重他	超高強度RCセグメント	従来技術		
			従来RCセグメント	合成セグメント	
	土被り75m、地下水頭74m、大規模建物荷重併設トンネル、大深度地下使用法を想定				
	土質		第三紀泥岩層		
セグメントの仕様	幅 (m)	1.80	1.50	1.00	1.80
	桁高 (m)	0.55	0.70	1.00	0.55
コンクリート $f'_{ck}$ (N/mm <sup>2</sup> )		100	60	60	42
負曲げに対するセグメント継手の圧縮応力度照査	$\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	33.1 <sup>※1</sup>	36.7 <sup>※1</sup>	30.3 <sup>※1</sup>	- <sup>※2</sup>
	$\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	37.0	22.0	22.0	- <sup>※2</sup>
構造の成立性		成立	不成立	不成立	成立

※1: 内面に耐火代65mmを考慮して応力度照査を実施

※2: 一般にセグメント継手の曲げに対する圧縮応力度の照査は行われない

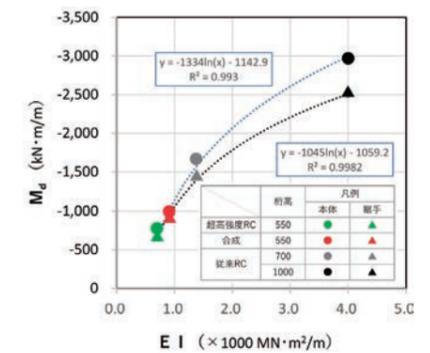


図-3 EI~Md 関係図(負曲げに着目)

## 審査証明の結果

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