

道路用シールドセグメントに用いる重量コンクリートの耐火性に関する検討

太平洋セメント（株）
首都高速道路（株）

正会員 ○ 高橋 悠 石田 征男
正会員 石田 高啓 遠藤 啓一郎

1. はじめに

シールド工法を土被りが小さく、地下水位以下に採用する場合、トンネルに作用する浮力により、浮き上がり現象が発生する可能性がある。その対策のひとつとして、密度の高い重量コンクリートを用いた重量負荷が考えられており、著者らはセグメントの製作に適した良好な作業性、単位容積質量、力学特性を有する重量コンクリートの配合を提案した¹⁾。

一方、道路トンネル内で車両火災が発生した場合、コンクリートが高温加熱されて爆裂現象が生じる可能性がある。火災時の安全性を確保するために、道路用シールドセグメントに使用するコンクリートには爆裂抵抗性が求められるものの、重量コンクリートを用いた耐火試験事例は報告されていない。

そこで、道路用シールドセグメントに重量コンクリートを適用することを目的に、RABT 加熱実験を実施した。

2. 実験概要

2.1 コンクリートの使用材料、配合および物性

使用材料は、既往報告¹⁾と同一とし、重量骨材は表乾密度が 3.6～3.8g/cm³ 程度の電気炉酸化スラグを用いた。重量コンクリートの物性および目標値を表-1 に示す。フレッシュ性状はスランプ(JIS A 1101)、スランプフロー(JIS A 1150)、空気量(JIS A 1128)、単位容積質量(JIS A 1116)を測定した。硬化性状は圧縮強度(JIS A 1108)とした。重量コンクリートのスランプおよびスランプフローは作業性を考慮して試験によって定めた。単位容積質量は 3000kg/m³ 以上とした。圧縮強度は、供試体の養生条件を材齢 24 時間封緘養生および材齢 28 日まで耐火試験体と同一条件とし、東京都の土木工事仕様書²⁾を参考に目標値を定めた。

重量コンクリートの配合条件および物性を表-2 に示す。コンクリートの水結合材比(W/B)は 35%とした。ひび割れの発生を抑制する目的で膨張材を結合材の内割で 20kg/m³ 使用し、材料分離抵抗性を高めるた

めに増粘剤をコンクリートの外割で 0.10kg/m³ 使用した。単位水量は 190kg/m³ とし、スランプおよびスランプフローは高性能減水剤(SP)の添加量により、空気量は空気量調整剤(DF)の添加量により調整した。また、ポリプロピレン繊維(PP 繊維)の混入量が爆裂に及ぼす影響を把握するため、混入量を 0, 0.15 および 0.30%の 3 水準とした。なお、表-2 中には重量コンクリートの物性を示すが、表-1 に示す全項目において目標値を満足した。

2.2 耐火試験の概要

コンクリートの耐火性は、RABT 加熱実験により評価した。試験体の概要を図-1 に示す。試験は、寸法が W300×D1200×H300mm の試験体を用いて行った。試験体は、20℃、RH80%の試験室にて作製し、材齢 24 時間で脱型後、材齢 28 日まで 40℃環境にて事前乾燥を行った後、RABT 加熱実験に供した。試験体には、加熱面から 75mm の位置に主筋を配置し、内部の温度分布を把握するために、加熱表面付近および加熱面から 25, 75, 150mm の位置に熱電対を設置した。耐火炉の外観を写真-1 に、耐火炉の内部を写真-2 に示す。試験体は、耐火加熱炉の上に平置きし、中央部の 300×900mm の範囲に対して加熱した。耐火試験における温度制御は、炉内に設置した計 6

表-1 重量コンクリートの物性および目標値									
物性					目標値				
単位容積質量					3000kg/m ³ 以上				
スランプ、スランプフロー					試験によって設定				
空気量					2.0±1.0%				
圧縮強度	材齢 24 時間				15N/mm ² 以上 ²⁾				
	材齢 28 日				48N/mm ² 以上 ²⁾				

表-2 重量コンクリートの配合条件および物性										
水準 No.	W/B (%)	s/a (%)	PP* (%)	混和剤 (B×%)		Slf または Sl** (cm)	空 気 量 (%)	単位 容積 質量 (kg/m³)	圧縮強度 (N/mm²)	
				SP	DF				24 時間	28 日
①	35	55	0	0.60	0.02	44.0	2.2	3071	23.7	62.4
②			0.15	0.70	0.02	6.5	2.9	3047	24.9	65.8
③			0.30	0.75	0.02	8.0	2.6	3041	24.7	66.6

*外割で体積に対して添加 **Slf/SI: スランプフロー/スランプ

キーワード：電気炉酸化スラグ、ポリプロピレン繊維、耐火性、道路用シールドセグメント、重量コンクリート
連絡 先：〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋セメント(株) 中央研究所 TEL：043-498-3915

か所の熱電対により行った。加熱時には、試験体内部温度の経時変化を測定した。また、加熱後の試験体は、爆裂寸法が 5mm 以上のものを対象に爆裂深さおよび爆裂面積を測定した。爆裂深さの測定には、デブスゲージを使用した。爆裂面積は、OHP シートを耐火試験後の重量コンクリート試験体の加熱面に貼り付け、爆裂した範囲をトレースした。トレースした OHP シートをスキャナで読み込み、画像ソフトを使用して、爆裂面積を以下の式により求めた。

$$\text{爆裂面積率(\%)} = \text{爆裂面積(mm}^2\text{)} / \text{加熱面積(mm}^2\text{)} \times 100$$

3. 実験結果

3.1 試験体内部温度の推移

試験体内部温度の推移を図-2 に示す。全ての水準において加熱面から 75mm の鉄筋位置における最高温度は、鉄筋の強度低下が始まるとされる 300～400℃³⁾を下回ることを確認した。

水準①および水準③の加熱後の試験体を写真-3 および写真-4 に示す。本検討では、全ての試験体で亀甲状のひび割れが発生し、寸法が 30mm 程度以下の軽微な剥離はみられたものの、繊維の有無に関わらず大きな爆裂は確認されなかった。そこで、寸法が 30mm 程度以下の軽微な剥離を対象として爆裂面積および最大爆裂深さの測定を行った。測定結果を図-3 に示す。図中には、爆裂が発生したと判断される爆裂面積および最大爆裂深さの指標⁴⁾も示すが、本検討における全ての水準で、指標となる値を大きく下回った。爆裂面積および最大爆裂深さに及ぼす PP 繊維混入量の影響について、PP 繊維混入率が 0.30% の場合に最も小さいものの、その差は小さく、本検討の範囲では PP 繊維無混入の場合でも十分に耐火性を確保できる可能性があると考えられる。

4. まとめ

道路用シールドセグメントへの適用を目的に、重量コンクリートの耐火性を評価した。その結果、PP 繊維混入量に関わらず、全ての試験体において爆裂などの損傷はみられず、重量コンクリートの道路用シールドセグメントへの適用可能性を示した。

参考文献

- 1)高橋悠ほか：道路用シールドセグメントに用いる重量コンクリートの配合に関する検討，土木学会第 77 回年次学術講演会公演概要集，Vol.77，V-124
- 2)東京都交通局：土木工事標準仕様書，平成 30 年 4 月
- 3)コンクリート技術シリーズ 63，コンクリート構造物の耐火技術小委員会報告ならびにシンポジウム論文集 2004.10
- 4)高温環境下におけるコンクリートの性能評価に関する研究委員会報告書，日本コンクリート工学会

■：熱電対（コンクリート）
 【温度測定箇所】コンクリート：4点
 0mm：加熱面の極表層 25mm：加熱面から25mm
 75mm：加熱面から75mm 150mm：加熱面から150mm（中心）

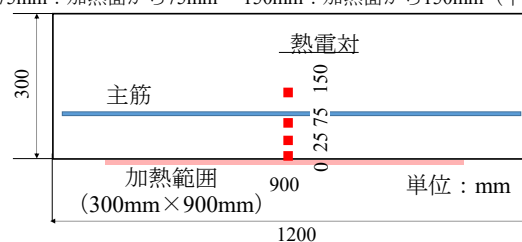


図-1 試験体概要



写真-1 耐火炉外観



写真-2 耐火炉内部

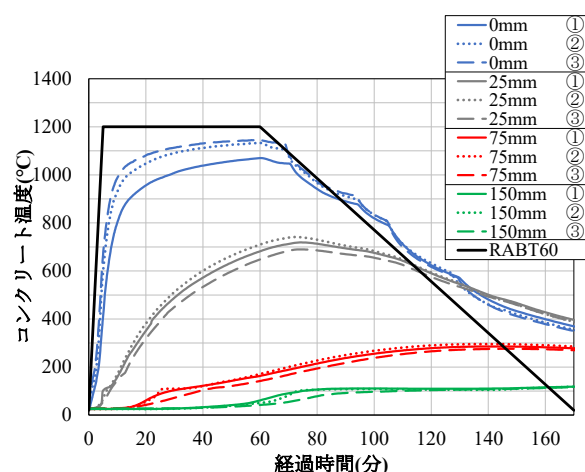


図-2 試験体内部温度の推移



写真-3 試験体(水準①)



写真-4 試験体(水準③)

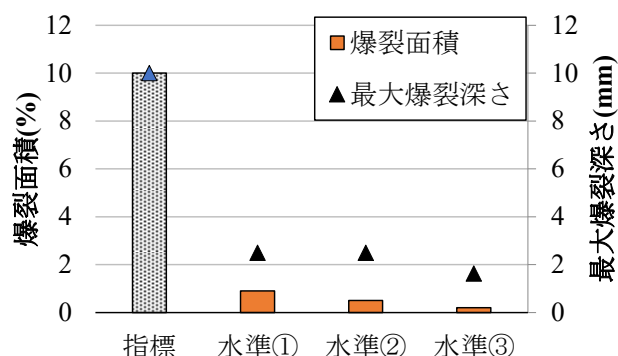


図-3 爆裂面積および最大爆裂深さ