

フライアッシュを用いたRCセグメントの表面透気試験による評価

JR東日本 正会員 ○本田 諭

JR東日本コンサルタンツ(株) フェロー会員 清水 満

1. 目的

塩分を含む地下水におけるシールドトンネル(RCセグメント)では、漏水による塩害が懸念される。一般的な塩害対策として、かぶりを増すことや被覆鉄筋の使用があるが経済性等の課題がある。一方、RCセグメントのコンクリートにフライアッシュ(以下、FA)を用いることで遮塩性能を向上させることが可能であり、しかしながら、混和材を用いた場合のひび割れ等の発生や養生による品質への影響は、必ずしも明確ではない。本稿では、フライアッシュを配合したセグメント試験体を一定期間野外で暴露し、ひび割れ発生を確認するとともに表面透気試験により試験体表面の密実性を評価した結果について報告する。

2. RCセグメント供試体の製作と試験内容

(1) セグメント供試体の概要

図-1に製作したセグメント供試体(外径5.6m、厚さ0.3m、幅1.2m)を示す。セグメント内空、外面側とも主鉄筋D19×12本、配力筋D13を配筋した。鉄筋の純かぶり、内空側35mm、外面側25mmである。

(2) コンクリート配合、養生条件

試験体の設計基準強度は、いずれも48(N/mm²)とした。混和材による影響を比較するため、普通ポルトランドセメント(以下、OPC)を基本として、セメント量の

50%を高炉スラグ微粉末(以下、BSF)かつ10%をFAに置換した配合(以下、B50+FA30)、セメント量の30%をFAに置換した配合(以下、FA30)の三種類を比較した(表-1)。試験体は、振動締固めを行いながらコンクリートを打設し、蒸気養生と水中養生を実施し、その後に野外で暴露した。養生条件は、表-2の通りである。図-3に示す蒸気養生の温度設定は、セグメントの一般的な製作を参考としてCASE1を基本としたが、FAを用いた配合では、脱型に必要なコンクリート強度の発現を考慮して、CASE2とCASE3を設定し品質に及ぼす影響を比較することとした。水中養生期間は、実績から3日間と7日間を設定した。

(3) コンクリート表面透気試験

野外で暴露したセグメント表面の密実性を経時的に把握するため、計5回の表面透気試験を実施した。測定は、ダブルチャンバー透気性試験機を用いた。コンクリート打設時に上面となるセグメント外面側を対象として、図-1に示す左、中央、右の三か所で測定した。また、測定直前には測定位置の表面水分率が試験条件とされる5.5%以下であることを確認した。

3. 試験結果

(1) コンクリート強度試験

表-3に各供試体におけるコンクリート強度試験の結果を示す。いずれの配合・養生条件とも、脱型時の目標コンクリート強度15(N/mm²)、28日後の設計

表-2 試験体の養生条件

試験体No.	配合条件	蒸気養生	水中養生
1	OPC	CASE1	3日
2	B50+FA10	CASE1	3日
3		CASE1	7日
4		CASE2	3日
5		CASE2	7日
6	FA30	CASE1	3日
7		CASE1	7日
8		CASE3	3日
9		CASE3	7日

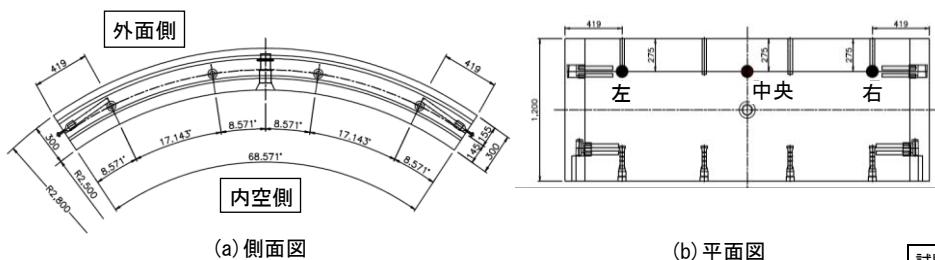


図-1 セグメント供試体(●: 表面透気試験の測定位置)

表-1 コンクリート配合条件

配合	W/P (%)	空気量 (%)	水 (kg/m ³)	セメント (kg/m ³)	高炉スラグ微粉末 (kg/m ³)	フライアッシュ (kg/m ³)	膨張材 (kg/m ³)	細骨材 (kg/m ³)	粗骨材 (kg/m ³)	減水剤 (kg/m ³)
OPC	42.4	2	140	297	0	0	33	752	1164	2.6
B50+FA10	34.1	2	140	123	205	41	41	714	1104	2.3
FA30	32.4	2	140	267.8	0	129.6	34.6	701	1084	2.5

キーワード セグメント, 混和材, 密実性, 表面透気試験, 養生条件

連絡先 〒163-0231 東京都新宿区西新宿二丁目6番1号 新宿住友ビル31階 TEL03-6276-1251

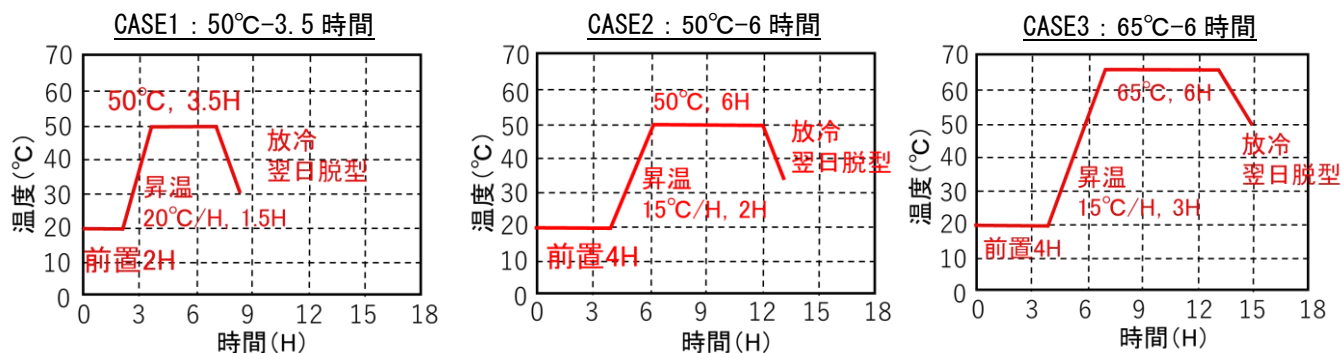


図-3 蒸気養生条件

表-3 コンクリート強度試験結果

配合	No	圧縮強度 (N/mm ²)		引張強度 (N/mm ²)
		脱型時	28日	28日
OPC	1	29.7	62.9	4.65
B50+FA10	2	43.0	64.7	4.26
	3		64.5	4.92
	4	44.4	62.6	4.43
FA30	5	27.5	62.5	3.99
	6		70.1	5.00
	7	68.5	4.25	
	8	38.1	68.6	4.90
	9		70.5	4.25

表-4 透気性評価の目安 (参考)

透気係数	0.001	0.01	0.1	1	10
KT (×10 ¹⁶ m ²)	~0.01	~0.1	~1	~10	~100
透水性グレード	1	2	3	4	5
透気性評価	優	良	一般	劣	極劣

基準強度を満足することを確認した。

(2) 供試体表面のひび割れ発生状況

暴露期間中に各供試体に発生したひび割れを観察した。いずれの供試体でも暴露開始の初期に端部（継手面）の微小なひび割れ（幅 0.1 mm以下）発生を確認したが、暴露期間中にひび割れの進行は無かった。また、配合や養生条件による違いも確認できなかった。

(3) 表面透気試験結果

透気係数からコンクリートの品質や耐久性を評価する方法は確立されていないが、評価を行うための目安として表-4を示す²⁾。今回の結果から透気グレード4や5に相当する透気係数は確認されておらず、コンクリートの品質や耐久性が疑われる結果は無かった。図-4は、各試験体の3点で測定した透気試験係数について平均化した結果の経時変化である。材齢とともに透気係数が小さくなっており、野外での暴露により密実性が向上していることが確認できた。

配合別では、初期材齢では試験体 No.6, 7 (FA30, 蒸気養生 CASE1) では OPC に比べて透気係数が大きく、暴露期間とともに他の試験体と同程度まで低下している。FA を用いる場合、蒸気養生の温度が小さいと OPC に比べて初期の密実性は低下するがあるが、野外での暴露とともに密実性が向上することが分かった。なお、試験体 No.7 は、他の試験体に比べて透気

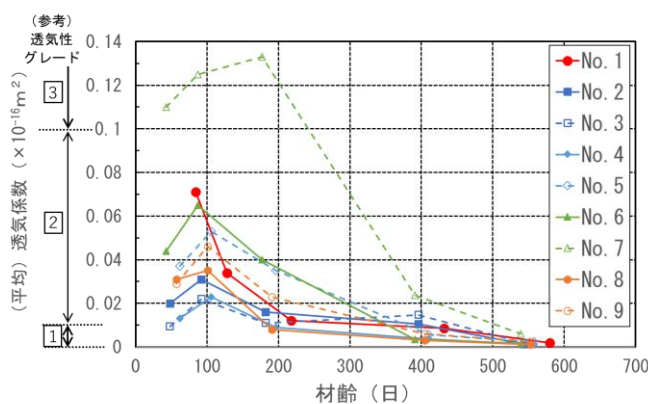


図-4 透気試験結果の経時変化

係数が大きい。最も透気係数が大きい3回目の測定結果では、右 0.060, 中央 20.058, 左 0.28 ($\times 10^{-16} \text{m}^2$) となっており、全体的に密実性が低いわけではなく、密実性にムラがある状態であると考えられる。

3. まとめ

コンクリート配合にフライアッシュを混合した RC セグメントについて、養生条件(水中養生, 気中養生)による密実性への影響を検討するため、試験体の製作および表面透気試験による評価を試みた。その結果、フライアッシュの配合量が多い場合には、初期の密実性が安定しない可能性があるものの、時間経過とともに向上し、最終的にはいずれの配合でも同程度になることが確認できた。

参考文献

- 1) 本田諭, 池本宏文, 井口重信, 清水満: 混和材を用いたセグメントの塩分浸透抑制効果の検討, 第31回トンネル工学研究発表会講演集, 2021.
- 2) R.J.TORRENT: 「カバークリート」の透気性係数の迅速な決定方法, 土木工学における非破壊試験国際会議シンポジウム (NDT—CE), pp26-28,1995.