

フライアッシュコンクリートの養生条件が表層品質に与える影響

香川高等専門学校 学生会員 ○宇佐美太朗
 香川高等専門学校 正会員 林 和彦
 香川大学 正会員 岡崎慎一郎
 四国地方整備局香川河川国道事務所 石原 伸彦
 サカケン(株) 菅原 孝行

1. はじめに

フライアッシュ(以下 FA) は石炭火力発電所の副産物として日本国内で年間約 1000 万トン産出されており、コンクリートの混和材として利用すると、フレッシュ性状の改善、長期強度増進、緻密性の向上等のメリットがある。FA はこれらのメリットを必要とするところには使われているものの、社会制度や技術的な理由で必ずしも広く利用される状況には至っていない。

コンクリートの養生はその後の強度発現や緻密性の確保等に対して大きな影響を及ぼすため、示方書において最低限確保されるべき湿潤養生期間が定められている。しかし、これらの湿潤養生期間は型枠を存置する期間とは異なるため、所要の強度発現後に早期に脱型して残りの期間はシート等を用いた湿潤養生が行われる場合があるものの、その期間の養生方法は現場によって異なっているのが実情である。特にフライアッシュコンクリート(以下 FAC)の場合には、強度発現が遅く初期の養生が特に重要とされるため、初期乾燥を伴う行為があれば品質の低下を招いてしまう可能性がある。

本研究では FA を使用した実構造物において、示方書に規定される湿潤養生期間より早期に脱型した場合において、その後の期間どのような養生条件とすべきかについて、実構造物および供試体を用いて明らかにすることを目的とした。

2. 実験概要

(1)実構造物における検討

本研究では、FAC と養生条件との関係性を明らかにするために香川県内の道路拡幅工事で建設される 1 つの擁壁構造物に対し、FAC を用い、打設ブロック毎に養生方法および養生日数を変化させて施工した。7 日までの養生方法を、脱型後速やかに浸透型養生剤を擁壁前後面に散布し天端面は養生マットで覆い適宜散水を行う「入念な湿潤養生」、脱型後構造物全体をブルーシートで覆い直射日光および風を遮断して乾燥を防ぐ「シート養生」の 2 ケース、脱型日数を「3 日」、「4 日」、「7 日」の 3 ケースの条件を表 1 のように設定した。2018 年 7 月より順次打込みを行い、全 7 ブロックに対して表

1 の 5 ケースの条件で施工した。これらの擁壁に対し材齢が 103~118 日となる 2018 年 11 月にコンクリート表面の緻密性を非破壊で定量化する、表面吸水試験および表層透気試験を行い、養生条件の違いによる表層品質の評価を行った。

セメントには高炉セメント B 種を用い、単位水量 167kg、セメント 288kg、フライアッシュ 25.0kg で、水セメント比 58.0%、水結合材比 53.4%の配合条件とした。

表 1 実構造物の脱型と養生の種別

養生方法 \ 脱型条件	脱型3日 (通常において 期待される 脱型強度発現)	脱型4日 (FACの硬化が遅 いことを考慮し てのプラス1日)	脱型7日 (通常強度 確認材齢)
脱型後、シートと養生 剤の塗布による養生 (材齢7日まで)	3-W	4-W	7-N
脱型後、シート養生 (材齢7日まで)	3-S	4-S	

(2) 供試体における検討

実構造物での検討は限られた条件であるため、同一配合の FAC を用いて 2018 年 12 月に供試体を作製し条件を追加して検討した。作製した供試体の養生条件を表 2 に示す。

表 2 作製供試体一覧

条件	材齢(日)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	28	
目的材齢日まで型枠装着その後気中 : d	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
脱型後(材齢7日まで)ブルーシートの中(湿度99%) : s	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
脱型後(材齢7日まで)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
濡らしたウエスで覆いラップで封緘 : m	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
脱型後(材齢7日まで)水中養生 : w	○	○	○	○	○	○	○	○	○	

養生方法以外の条件を統一するため、室内にて空調設備等を用いて 20℃に調節し、湿度は 55%程度であった。供試体は、非破壊試験の影響深さを加味し、幅 300mm×高さ 300mm×厚さ 150mm とした。表 2 に示す条件にて養生および脱型を行った。材齢約 60 日で試験を行い、測定位置は供試体全体での品質を評価するために前後面 2 点の計 4 点とした。

3. 結果および考察

(1)実構造物の測定結果

擁壁における表面吸水試験および表層透気試験の結果を図 2、図 3 に示す。3-W と 7-N は各 2 ブロックずつ存在する

キーワード：コンクリート、フライアッシュ、養生条件、非破壊試験

連絡先：〒761-8058 香川県高松市勅使町 355 TEL : 087-869-3920

ため、それぞれケース名を 3-W₁ と 3-W₂、7-N₁ と 7-N₂ とした。各擁壁での測定データ数は、3-W₁ は 9、3-W₂ は 5 であり、それ以外のブロックでは 1 から 3 であった。これは、各ブロックにおける擁壁の土砂埋め戻し後の露出高さが異なり、測定箇所が限られていたためである。

表面吸水試験結果の図 2 を見ると総じて入念な湿潤養生 W の方がシート養生 S に比べ緻密性が高く、7 日まで一度も外気に触れなかった 7-N の品質は湿潤養生よりさらに緻密性が高いことが分かる。早期脱型後の積極的な水の付与は型枠存置よりも養生効果が優れると想定したが、想定外の酷暑により与えた水分が逸散して効果を減じた可能性や脱型による一時的な乾燥が影響を与えた可能性もある。以上より、実構造物において養生を行う過程において少なくとも乾燥を伴わないようにすることが FAC の品質を確保する上で重要であることがわかる。

一方表層透気試験結果の図 3 を見ると、湿潤養生に比べシート養生の方が緻密性が高い結果を示している。これは 3-S の測定が現場の制約から埋め戻し後の地表面から約 60mm と近い位置にあり、地中の水分の影響を受けていたことが影響していると考えられる。天候は良かったためコンクリート表面付近は乾燥していたが、内部は地中からの水の吸上げにより含水率が高かったと推察できる。その条件において、それぞれの試験法における影響深さが違うことが影響したと考えられる。表面吸水試験の影響深さが約 10~20mm 程度であるのに対し、表層透気試験はより深い範囲を測定するため、表層透気試験の結果は水を保持している FAC 内部まで影響していることが示唆される。そのため、湿潤養生を行った FAC より、シート養生を行い測定位置が地上近くであった FAC の方が高い緻密性を示したのではないかと考えられる。

(2) 供試体の測定結果

図 2 に示す各ケースの値を平均化したものと、表 2 に示す供試体のうち、実構造物と養生条件がほぼ同一である供試体における表面吸水試験のデータを平均化したものを図 4 に示す。実際に得られた実構造物と供試体の条件とを対応させると、実構造物 W と供試体 m は積極的な水の付与による養生であるため条件はほぼ同一である。実構造物 S は所定材齢後に 7 日までシートを用いて直射日光や風からの乾燥を防ぐものであるが、室内の環境条件が実構造物と比較して温度が低く一定で日陰であったことから、脱型後に何も覆わずに室内暴露をしている供試体 d の条件に結果として近かったものと考えられた。7-N は型枠を 7 日間存置する条件であるため 7d とほぼ同一条件である。

図 4 より実構造物において脱型しないものの方が緻密性が高いが供試体では湿潤養生の方が緻密性が高い。このことから、乾燥を招く外的要因の少ない場所においては積極的に水を供給することが緻密性向上へ確実に繋がるが、実構造物の脱型後に継続して養生を行う際に環境条件が厳しく酷暑や日照等により想定外の乾燥が生じてしまう条件であれば、型枠を存置し水分を逃がさないことの方が緻密性を向上させると推察できる。さらに、「3d(3 日脱型後気中)」や「4d(4 日脱型後気中)」, 「7d(7 日脱型後気中)」は緻密性にほぼ違いは見られないが、「2d(2 日脱型後気中)」は突出して緻密性が低い結果から、材齢が最低 3 日までは湿潤状態を保たなければならないことを示しているといえる。

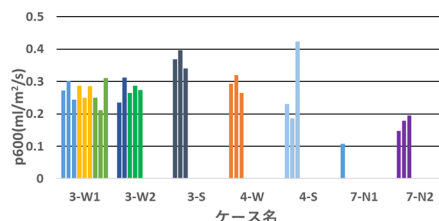


図 2 実構造物の表面吸水試験の測定結果

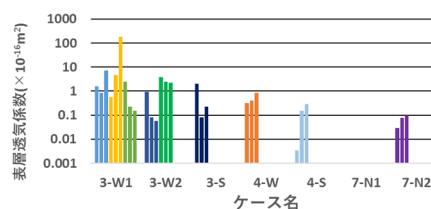


図 3 実構造物の表層透気試験の測定結果

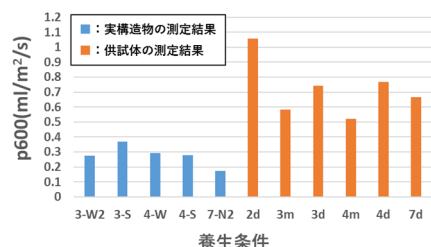


図 4 実構造物と供試体との表面吸水試験結果の比較

4. 結論

FAC を用いた実構造物と供試体の検討の結果得られた知見は次のとおりである。

- 1) 実構造物において、脱型強度に達した早期に脱型し 7 日まで所定の湿潤状態を保つ場合において、脱型作業時の短時間の乾燥や、酷暑等の乾燥の誘発によってその後の湿潤状態が保たれない場合には 7 日間の型枠存置と比較して、緻密性が低下する可能性があることが示された。
- 2) 供試体の検討結果より、3 日より早く脱型した後に、水の供給等を行わずシート等の簡易的な養生であると緻密性を低下させる可能性がある。