

高炉スラグ微粉末 6000 を混入したコンクリートの耐久性評価追跡調査 (6年目)

オリエンタル白石(株)

○正会員 吉村 徹

西日本高速道路 九州支社沖縄高速道路事務所

鮫島 力

西日本高速道路 総合サービス沖縄(株)

宜志富紹一

1. はじめに

沖縄自動車道の北部区間(石川~許田)は、供用開始から41年が経過しているが、沖縄海洋博覧会の輸送路として早期完成が求められる中で十分な除塩処理がされていない海砂をコンクリートの骨材として使用したため、供用開始後の早期に床版の劣化や損傷が顕在化した。このため、平成21年より床版取替えの更新工事を実施している。更新工事で架け替えるプレキャストPC床版や壁高欄等のコンクリートには、高耐久性を確保するために高炉スラグ微粉末6000を標準で使用しており、その評価を行うために曝露試験による追跡調査を実施中である。本稿では、主に曝露6年目の試験結果について報告する。

2. 曝露試験

本試験は、平成21年3月に全面架替え工事を完了した億首川橋(プレテンション方式連続PC中空床版橋)工事の際に計画した。試験は10年間の現地曝露を実施する計画である。表-1に試験体と試験項目を示し、表-2に試験体に適用した6種類の配合を示す。試験体の曝露箇所は、海岸部に近接し激しい腐食性環境にある許田高架橋の直下を選定した。試験概要については、文献1)を参照されたい。

表-1 試験体の種類と試験項目

名称	骨材の種類	試験項目(評価項目)			
		圧縮強度	中性化速度	塩化物イオン浸透性	7日骨材反応性
60H(早強単味)	福岡県産	○	○	○	○
60B(BFS6000)	福岡県産	○	○	○	○
40N(普通単味)	沖縄県産	○	○	○	○
40B(BFS6000)	沖縄県産	○	○	○	○
36N(普通単味)	沖縄県産	○	○	○	○
36B(BFS6000)	沖縄県産	○	○	○	○

*) 強度水準は3種類(60N/mm², 40N/mm², 36N/mm²)とする。
 *) BFS6000は、高炉スラグ微粉末6000の混合を表す。

3. 試験結果

3.1 圧縮試験

圧縮強度試験は、円柱試験体を曝露して行った。水結合材比毎に整理した試験結果を図-1に示す。試験体製作の関係で曝露開始材齢にずれがあるものの、全ての試験体強度は増進している。強度水準の同じ試験体で比較すると、スラグを混入した試験体が13%~20%程度高い結果となった。

表-2 試験体に適用した6つの配合

名称	呼び強度(N/mm ²)	スラブ厚(cm)	水結合材比(%)	単位量(kg/m ³)						
				水	セメント	BFS6000	粗骨材	細骨材	膨張材	高性能AE
60H(早強単味)	60	12	30.9	150	485	-	1154	722	-	4.85
60B(BFS6000)	60	12	31.9	150	235	235	1094	778	-	4.47
40N(普通単味)	40	18	40.0	170	405	-	964	762	20	2.76
40B(BFS6000)	40	18	40.0	162	183	202	964	791	20	1.82
36N(普通単味)	36	12	43.0	159	350	-	1023	783	20	2.41
36B(BFS6000)	36	12	43.0	153	158	178	1023	799	20	1.60

3.2 中性化深さ試験

模擬試験体からコアを採取し中性化深さを測定した。6年目の結果は、36Nと36B配合で1mm程の中性化深さを示し、それ以外は微小であった。図-2は、測定した中性化深さを有効水結合材比ごとに整理したグラフである。図中の実線は、コンクリート標準示方書で想定する中性化速度係数の特性値αから算出した予測値であり、αは(1)式から算出した。なお、(a)は乾燥しやすい環境での予測値、(b)は乾燥しにくい環境での予測値を示す。

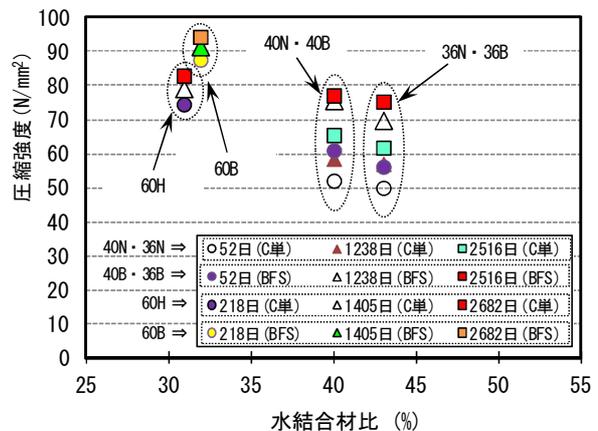


図-1 圧縮強度試験結果

キーワード 高炉スラグ微粉末, 曝露試験, 耐久性, 塩化物イオンの見掛けの拡散係数, 自然電位

連絡先 〒 沖縄県浦添市屋富祖 1-1-1 西日本高速道路総合サービス沖縄(株) TEL 03-3355-3442

$$\alpha = -3.57 + 9.0 W/B \quad (\text{mm}/\sqrt{\text{年}}) \quad \text{式 (1)}$$

ここに、W/B：有効水結合材比

図より、測定した中性化深さはセメント単味（C 単味）では標準予方書の予測値とほぼ一致しているが、高炉スラグ微粉末を混入したケース（C+BFS）では予測値の半分程度となっている。中性化の進行予測については、引き続き検討を進める予定である。

3. 3 塩化物イオン浸透性試験

模擬試験体から採取したコアから試験片を切出し EPMA による面分析を行い、JSCE-G572 に基づき見掛けの拡散係数を算出した結果を図-3 に示す。試験片は模擬試験体の両面から切出したため、結果は平均値で示した。図より、3種類どの強度水準の試験体の場合にも、高炉スラグ微粉末を使用した場合に見掛けの拡散係数が小さくなっており、スラグ混入による高い塩分浸透抵抗性が確認できる。また、見掛けの拡散係数は3年目より6年目の結果が小さくなる傾向を示しており、材齢の進行によりコンクリート内部の緻密性が高まっていることが推察される。

本試験では、模擬試験体に埋設したセンサの自然電位を長期的に計測している。図-4 に曝露6年目に回収した測定値を示す。図より、スラグを混入した試験体が単味配合に比べて貴電位側（非腐食側）へシフトしていることから、スラグを混入した試験体は、鋼材が腐食しにくい環境にあることが確認される。なお、使用したセンサは自然電位を腐食の判定基準としており、腐食の判定基準にはASTMC876規格により評価している。

3. 4 長さ変化測定試験

円柱試験体に埋設したゲージプラグの長さ変化率を測定した結果、アルカリ骨材反応を示す膨張量はこれまで確認されていない。

4. まとめ

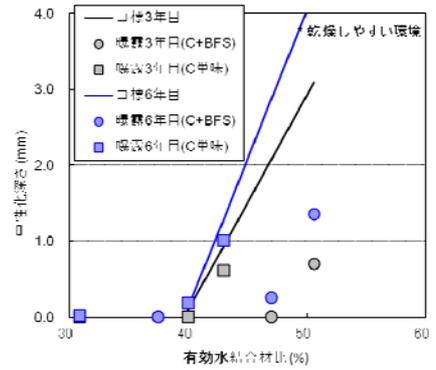
6年目までの曝露試験結果を以下にまとめる。

- (1) 圧縮強度は、全ての強度水準の試験体において、高炉スラグ微粉末6000を使うことで強度増加が確認された。
- (2) 中性化深さ試験では、36N/mm²の強度水準の試験体で1mm程の中性化深さで、それ以外では微小であった。高炉スラグ微粉末を使用することで明瞭な差は確認されていない。
- (3) 塩化物イオン浸透性試験では、高炉スラグ微粉末6000を使用することで高い塩分浸透抵抗性が確認された。また、長期の自然電位の計測結果より、材齢が進むにつれコンクリートが緻密化することで浸透抵抗性が向上していると考えられる。

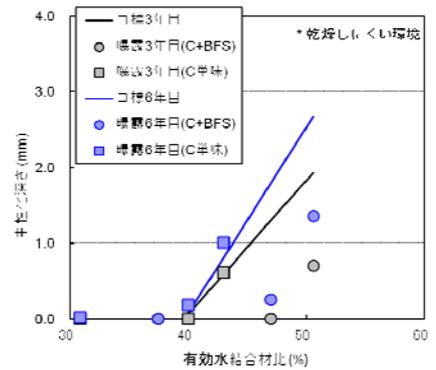
本曝露試験では、10年目の追跡調査も実施する予定である。高炉スラグ微粉末6000がコンクリートの高耐久化に貢献していることを確認するとともに、今後実施される更新橋梁の耐久性を確保していく所存である。

参考文献

- 1) 高炉スラグ微粉末混合コンクリートの耐久性の検証を目的とした曝露試験, 吉村徹, 西谷朋晃, 鮫島力, 宜志富紹一, 土木学会第71回年次学術講演会(平成28年9月)



(a) 乾燥しやすい環境



(b) 乾燥しにくい環境

図-2 中性化深さの比較(進行予測)

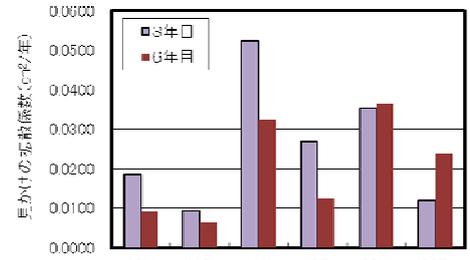


図-3 見掛けの拡散係数の比較

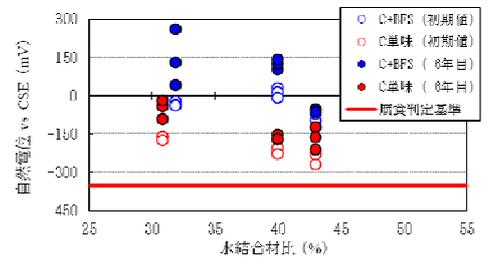


図-4 センサより測定した自然電位(曝露6年目)