

海水遡上河川に5年間暴露した高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの耐久性

(独) 土木研究所寒地土木研究所 正会員 ○吉田 行
 (独) 土木研究所寒地土木研究所 渡邊 尚宏
 (独) 土木研究所寒地土木研究所 正会員 島多 昭典
 日本サミコン株式会社 佐竹比呂志

1. はじめに

著者らは、これまで、積雪寒冷地におけるコンクリート構造物の耐久性向上対策の一つとして、混和材の利用によるコンクリート自体の耐久性向上について検討を行い、従来の一般的なコンクリートよりも耐久性の高いコンクリートの製造が可能であることを明らかにするとともに、実環境下における耐久性等を検証するための暴露試験を実施している¹⁾。本研究では、海水が遡上する河川の護岸堤に暴露し5年経過した、高炉スラグ微粉末を用いたコンクリート試験体の強度や耐久性について評価を行った。

2. 暴露試験の概要

暴露試験体の設置状況を写真-1に、回収した暴露試験体の一例を写真-2に示す。暴露試験体は、海水が遡上する河川の左岸側に、高炉スラグ微粉末(以下、スラグと記述)を用いたもの4体(断面0.3×0.3m、長さ3mの角柱)と比較用の一般品として早強セメントのみのものを1体設置した。試験体は試験体水平方向に打設して作製し、型枠底面が河川側となるように護岸堤に設置した。試験体の養生は蒸気養生とし、その方法は前置き3時間、昇温速度10℃/hrで55℃まで温度を上げて6時間保持し、その後、自然冷却した。スラグ試験体は暴露後1, 2, 3, 5年で1体ずつ、一般品は5年目に回収し、気中部、干満帯、水中部の各部位から4個ずつコアを採取し(φ10×30cm)、各部位の最上部のコアで塩分浸透量の測定を、残り3コア試料で圧縮強度、静弾性係数測定および透過法による超音波伝播速度を実施した。



写真-1 暴露試験体の設置状況(当初)

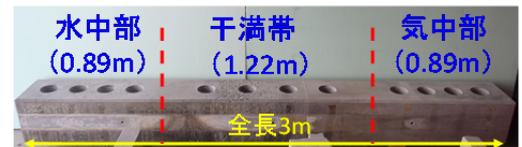


写真-2 回収した暴露供試体の一例

表-1 暴露試験体の配合

試験体種類	セメント種類	混和材種類	混和材置換率(%)	W/B(%)	空気量(%)	SP ^{※1} 添加量(セメント×%)	s/a(%)	コンクリート単位量 (kg/m ³)				AE剤添加量(B×%)		
								水	結合材(B) セメント スラグ	細骨材	粗骨材(5-20)		SP	
スラグ供試体	早強	S6	60	30.6	4.5	0.60	43	529		689	941	3.17	0.0168	
								212	317					
一般品	-	-	-	30.4	-	0.65	36	150	494	-	607	1111	3.21	0.0200

(※1 SP:高性能減水剤)

3. 暴露試験体の使用材料と配合

表-1に暴露試験体の配合を示す。ベースセメントは早強ポルトランドセメントを用いた。高炉スラグ微粉末はJIS規格値を満足するブレン比表面積6020cm²/g(密度2.89g/cm³)のものを用い、スラグ置換率はセメント内割で60%とした。水結合材比(W/B)は、現地護岸堤の設計基準強度の60N/mm²を満足するように決定した。高性能減水剤はカルボキシル基含有ポリエーテル系の工場製品用を、併せて空気量を調節するため天然樹脂酸系のAE剤を用いた。コンクリートは、型枠に打ち込む際の作業性を考慮してスランプフロー50±5cmとした。また、空気量は耐凍害性を考慮して4.5±1.5%とした。

4. 試験体の外観状況

試験体回収後に目視による外観評価を行った。気中部および水中部は外観上の劣化はほとんど無かったが、干満帯の部位に凍害によるスケーリング劣化が確認され、スラグ試験体は表面のモルタルが薄く剥離する程度で軽微だったが、一般品は粗骨材がいくつか露出する程度の劣化が確認された(写真-3)。

キーワード 高炉スラグ微粉末, 暴露試験, 圧縮強度, 超音波伝播速度, 塩分浸透量

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34 寒地土木研究所 耐寒材料チーム TEL: 011-841-1719

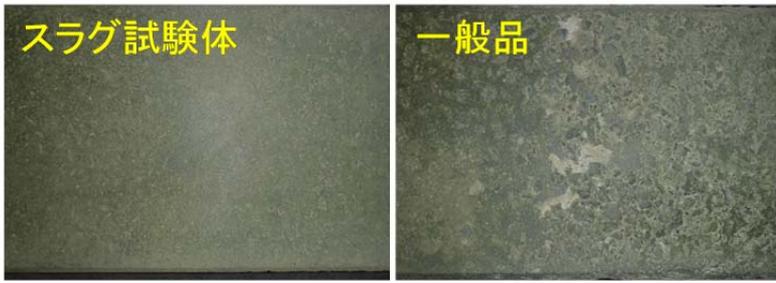


写真-3 干満帯のスケーリング劣化状況

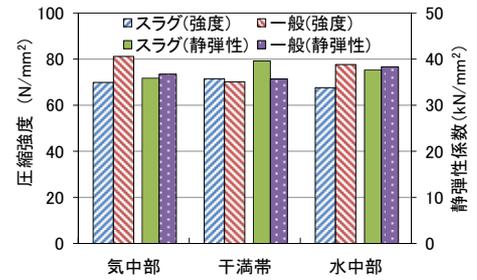


図-1 部位別の圧縮強度と静弾性係数

5. 圧縮強度と静弾性係数

図-1 に暴露5年経過した試験体の部位別の圧縮強度と静弾性係数を示す。圧縮強度はいずれも設計基準強度の 60N/mm^2 を上回っており、干満帯を除くとスラグ試験体より一般品の方が若干強度は大きかった。しかし、全体としては、静弾性係数を含めて、部位や結合材の違いによる大きな差はなかった。

6. 超音波伝播速度

図-2 に部位別のコア供試験体の直径方向に透過した超音波伝播速度を示す。なお、測定はコアの長手方向に1cm刻みで行ったが、全体の傾向把握の観点から、図には両端の値以外の中間点は4点毎に平均した値を示した。縦軸の0cmは河川側の暴露表面であり、30cmは裏面を意味する。乾燥の影響を受ける気中と干満帯では、表面部の速度が低下する傾向がある。早強セメントのみの使用で水和反応が比較的早い一般品は、表面と内部の速度差は小さいが、スラグ試験体は水中部では水と接している表面の方が内部より速度が大きく、干満帯では試験体の型枠面(暴露表面)の方が打設面より速度が大きい傾向があり、ブリーディングの影響が考えられる。全体としては、スラグ試験体の方が一般品よりも速度は小さく粗骨材量が影響していることが考えられるが、大きな劣化の傾向は確認できなかった。

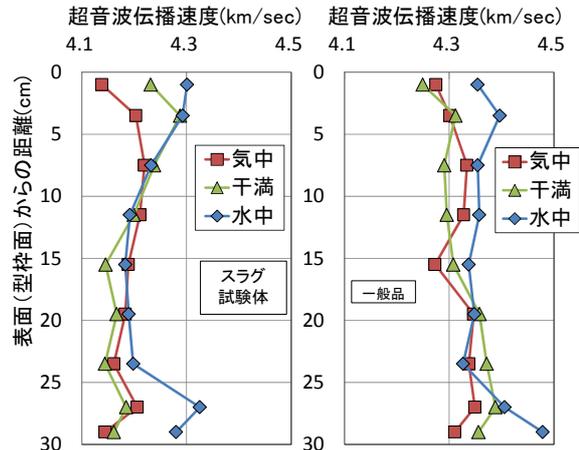


図-2 部位別の超音波伝播速度

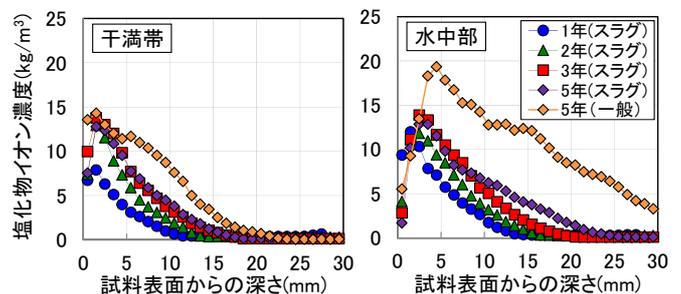


図-3 塩化物イオンの浸透量

7. 塩化物イオンの浸透量

図-3 はEPMA法(JSCE-G574に準拠)により測定した試料表面から内部方向への塩化物イオンの浸透量である。気中部は塩化物イオンの浸透がほとんどなかったため、干満帯と水中部について示している。スラグ試験体の塩化物イオン浸透量は経年的に増大したが、暴露3年から5年の差は比較的小さく、暴露5年目では深さ10から20mm位置の塩化物イオン量が増加する傾向を示した。一方、一般品はスラグ試験体よりも内部方向への塩化物イオン浸透量が多く、特に水中部では深さ30mmで 3kg/m^3 程度の塩化物イオンの浸透がみられた。以上から、スラグコンクリートの塩化物イオンの浸透に対する抵抗性が高いことが確認できた。

8. まとめ

海水が遡上する河川に5年間暴露したスラグコンクリートの耐久性等を検証した結果、一般品に比べて表面上の劣化が少なく、塩化物イオンの浸透が低いことが確認され、耐久性向上対策として有効であることが示された。

【参考文献】1) 吉田行, 尾形寿, 村中智幸, 小倉東, 佐竹比呂志: 室内試験による混和材を用いた高耐久性コンクリートの工場製品への適用性評価, 寒地土木研究所月報, No.680, pp.12-20, 2010.1