

環境配慮コンクリートを使用した二次製品の耐摩耗性に関する実験的検討

大成建設 技術センター 社会基盤技術研究部 正会員 ○松元 淳一
 大成建設 技術センター 社会基盤技術研究部 正会員 堀口 賢一
 大成建設 技術センター 社会基盤技術研究部 フェロー会員 坂本 淳

1. はじめに

著者らは、環境負荷低減を図るために、副産物である混和材を多く使用し、CO₂排出量を限りなく少なくした、環境配慮コンクリートの二次製品を開発した¹⁾。開発に際し、高強度・環境配慮コンクリートのコンシステンシーおよび圧縮強度発現性を明らかにすることに加え、耐久性および実大セグメントの製作性と構造性能を確認した¹⁾。

一方、近年、導水事業の一環として、川・湖を地下で繋ぐ水路トンネルの構築が全国各地で進められ、水資源の安定的かつ広域的な供給等に水路トンネルが重要な役割を担い、流域の産業・経済の発展を目指している。

そこで本研究では、水路トンネルのコンクリートセグメントにCO₂排出量の少ない環境配慮コンクリートの適用を目指して、水路トンネルに必要な性能である耐摩耗性に関して実験的検討を行った。

2. 実験概要

2.1. 実験供試体

実験供試体の配合を表-1に示す。実験は、2つのセグメント工場（以下、セグメント工場A、B）にて行った。セグメント工場Aの場合では、設計基準強度が40および54N/mm²の配合を対象とし、目標とするスランプは、既往の研究結果¹⁾に基づき、設計基準強度40、54N/mm²でそれぞれ、3±1.5cm、65±5cmとした。一般的にセグメントは、スランプ3cm程度の硬練りコンクリートで製造されるが、設計基準強度が60N/mm²を超える高強度配合になると粉体量が多くなるため、コンシステンシーの評価基準をスランプフローに変更した。空気量については、セグメントの使用環境が土中であり凍結融解作用を受けることはないため、0~2.5%（中央値1.0%）の範囲とした。使用材料として、結合材は高炉スラグ微粉末（BS：密度2.89g/cm³）、消石灰（TK：密度2.20g/cm³）、膨張材（Ex：密度3.15g/cm³）とし、細骨材としては山砂（表乾密度2.61g/cm³、吸水率0.79%）、粗骨材としては砕石（表乾密度2.65g/cm³、吸水率0.64%）を用いた。また、混和剤としてポリカルボン酸エーテル系高性能減水剤を使用した。一方、セグメント工場Bについては、設計基準強度が40N/mm²の配合のみを検討対象とし、目標とするスランプは3±1.5cm、空気量は0~2.5%（中央値1.0%）の範囲とした。使用材料としては、結合材は高炉スラグ微粉末（BS：密度2.90g/cm³）、消石灰（TK：密度2.21g/cm³）、膨張材（Ex：密度3.16g/cm³）とし、比較用のセメント単独の配合では、普通ポルトランドセメントを使用した。細骨材としては砕砂（表乾密度2.58g/cm³、吸水率1.78%）、粗骨材としては砕石（密度2.65g/cm³、吸水率0.81%）を用い、混和剤はポリカルボン酸エーテル系高性能減水剤とした。

実験供試体の形状・寸法を写真-1に示す。供試体は、□150×290×60mmの専用型枠にコンクリートを打ち込み、コテ均し面が試験面となるため、打ち込み直後と養生開始前の2回コテ均しを行った。コンクリートの養生方法としては、それぞれのセグメント工場の製作工程と同一を基本とし、セグメント工場Aでは蒸気養生を行っているため、

表-1 実験供試体の配合

工場	設計基準強度 (N/mm ²)	目標スランプ・フロー (cm)	目標空気量 (%)	水結合材比 W/B (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)								圧縮強度 (N/mm ²)	
						W	BS	TK	C	Ex	S	G	Ad	材齢28日	材齢3年 (実工程養生)
A	42	3 ± 1.5	0~2.5	29.0	50.0	130	390	28	0	30	914	931	3.58	44.0	65.3
	54	65 ± 5		23.0	50.0	130	491	44	0	30	859	875	6.50	62.6	69.7
B	42	3 ± 1.5	0~2.5	31.0	50.0	144	390	30	0	45	868	891	3.58	42.1	—
	54			38.7	45.0	147	0	0	350	0	827	1038	1.90	61.4	—

キーワード 環境配慮コンクリート, 二次製品, 耐摩耗性, すり減り係数, 奥田式

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設株式会社 技術センター TEL 045-814-7228

既往の研究結果¹⁾に基づいた温度履歴を与えたのに対し(図-1)、セグメント工場Bは蒸気養生を行わず、気中養生とした。

2.2. 試験方法

すり減り試験は、写真-2に示すような、奥田式に準拠した²⁾。この試験は、供試体を回転ドラム内側に固定した後に、ドラム内部に写真-3に示すような炭素鋼シルベップを25個入れ、60rpmの回転速度で水量20リットル/分の水を12時間流し続けるものである。評価は、すり減り係数(mm³/cm²) (= [(すり減り減量(g)/コンクリート密度(g/cm³)) × 1000 / すり減り面積(cm²)] ※すり減り減量(g) : 試験開始前からの質量変化量, すり減り面積(cm²) : すり減り作用を受ける部分の表面積) を算出して行った。なお、試験は各供試体とも材齢28日経過後に開始した。

3. 試験結果および考察

奥田式によるすり減り試験を12時間まで行った際のすり減り係数の経時変化を図-2に示す。図中の凡例について、A、Bの表記はセグメント工場、数値は材齢28日時点(試験開始時点)の圧縮強度、()内はコンクリートの種類を表記している。例えば、A-62.6N(環境)は、セグメント工場Aで製作した、材齢28日の実強度が62.6N/mm²の環境配慮コンクリートのことである。コンクリートのすり減りは一般的に高強度の方が小さいと言われている³⁾。しかしながら、環境配慮コンクリートと普通コンクリートのすり減り係数を同一実強度レベル(60N/mm²程度)で比較すると、セグメント製造工場の違いもあるが、環境配慮コンクリートのすり減り係数が1.8倍程度大きくなり、耐摩耗性は低くなると評価された。ここで、図-3に単位粗骨材量とすり減り係数の関係を示す。既往の研究結果⁴⁾と同様に、圧縮強度の如何に拘らず、単位粗骨材量が多いほどすり減り係数は小さくなる傾向を示した。これを踏まえて、上述の環境配慮コンクリートの単位粗骨材量を見てみると、同一強度レベルの普通コンクリートに比べて160kg/m³程度少ないことから、粗骨材量の違いが摩耗に大きく影響していると考えられた。また、配合やセグメント製造工場が異なる同一強度レベルの環境配慮コンクリートの耐摩耗性は、単位粗骨材量が多い方が高く、環境配慮コンクリートにおいても既往の知見⁴⁾と同様な傾向になることが分かった。本試験方法によるすり減り係数の絶対値で耐摩耗性の評価を行うことは難しいが、実際のセグメント製作工程・施工工程に合わせた場合の強度発現として、セグメント工場Aの耐摩耗性試験時(材齢28日)の圧縮強度(44.0N/mm²)は、材齢3年時には65.3N/mm²と増進が見込まれることから、材齢28日供試体において通常のコンクリートに比べてすり減り係数が大きくなったとしても、長期材齢ではペースト分自体の付着力が増加するため、摩耗に対する要求性能を満足することができると推察された。

参考文献

- 1) 堀口賢一ほか：低炭素型コンクリートを使用したコンクリート二次製品の開発, コンクリート工学年次論文集, Vol.38, No.1, pp.213-218, 2016
 2) 安東兼治ほか：排砂路耐摩耗材の実験的研究, 電力土木, No.250, pp.47-58, 1994.3
 3) 杉田英明ほか：耐摩耗性コンクリートの評価とその施工, 電力土木, No.223, pp.63-67, 1989.11
 4) 増田隆ほか：高耐摩耗性コンクリート, コンクリート工学, Vol.32, No.7, pp.100-104, 1994.7

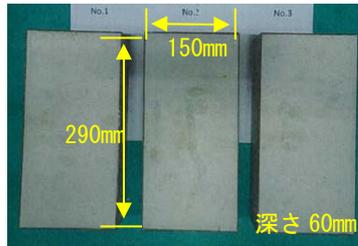


写真-1 供試体形状・寸法

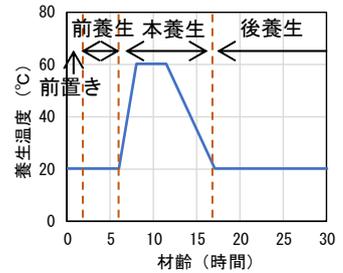


図-1 蒸気養生温度履歴¹⁾



写真-2 すり減り試験状況



写真-3 試験機内部状況

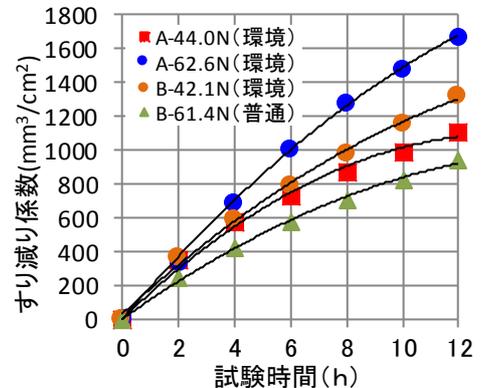


図-2 すり減り係数の経時変化

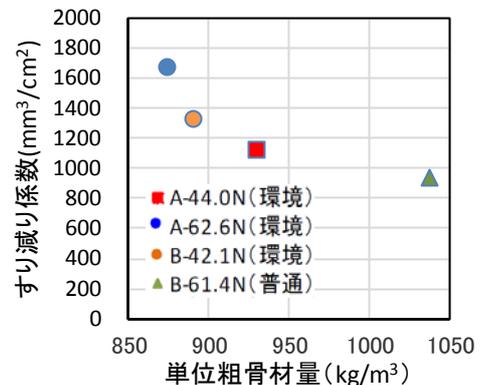


図-3 単位粗骨材量とすり減り係数