

II-328 シリカフュームを用いた超高強度コンクリートの粗度係数に関する研究 （その1．掃流摩耗試験および粗度係数に関する摩耗促進について）

日本コンクリート工業 正会員 土田伸治 明星大学 正会員 丸山武彦（元、日本コンクリート工業）
芝浦工業大学 正会員 菅 和利 東京電力 正会員 増田和機 日立化成工業 児島武男

1. はじめに

我国の電力会社が保有する水路延長は4500kmを越え、その大半は大正および昭和初期の建設のため、維持・管理および補修・補強が重要な問題となっている¹⁾。この場合、コンクリートの表面劣化による粗度の増加のために必要流量の確保が困難になることがあり、また、通常のコンクリートによる補修・改修では、いずれ水路の耐久性等に再び問題が生じる可能性が高い。

近年、シリカフューム（以下、SF）をコンクリートに混入することにより、コンクリートの高強度化および耐久性向上に効果があるという報告が数多く見受けられる²⁾。SFコンクリートの耐摩耗性に関してはHollandらの報告³⁾があり、耐摩耗性に優れた材料であることが確認されている。このSFコンクリートを水路工事に用いると、掃流摩耗等に対する耐久性が向上することから、長期的な水路表面の凹凸が減少し、通常の現場打設コンクリートよりも粗度係数が低減できるので、水路断面を縮小しても流量を確保することができたり、補修する間隔の長期化が可能であるなど、経済的な水路の建設あるいは補修工法となることが考えられる。

本研究はSFコンクリートと現場打設コンクリートを模擬的な比較実験を通して耐摩耗性（摩耗面の凹凸状態）および粗度係数を評価することを目的とし、その1として掃流摩耗試験および粗度係数に関する摩耗促進について報告する。

2. 実験概要

2.1 使用材料・配合：本実験に使用した材料を表1に示し、配合を表2に示す。実験ではSFコンクリートと現場打設コンクリートを主とし、比較用としてプレキャストコンクリートおよびレジンコンクリートを加え4配合とした。

2.2 実験計画：実験は表3の組合せにより実施した。水路実験用の粗度係数供試体の劣化状態は、掃流試験結果および劣化した実現場の状況を参考に摩耗時間を決め、供試体水路面の洗出し（モルタル分を洗い、粗骨材を露出させる）を加えた。なお、レジン塗布は劣化したコンクリートの補修を考慮して加えた。

2.3 供試体の製作：コンクリートの混練は容積100ℓの強制練りミキサーを用い、セメント、SF、細粗骨材を投入して1分間練り、水+減水剤を投入してSF無混入コンクリートは1分間、SFコンクリートは3分間混練した。レジンコンクリートは、フライッシュ+細骨材を投入し1分間練り、レジン投入し2分間練り、最後に粗骨材を投入し2分間混練した。掃流摩耗供試体は、内径130mm、外径250mm、高さ100mmの中空半円筒（摩耗面積204cm²）を2体とした。水路実験用の粗度係数供試体は、図1の断面形状（長さ2m、摩耗面積2.2m²）を2体とした。

図1. 粗度係数実験供試体断面図

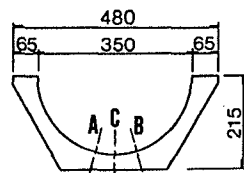


表1. 使用材料と主な性質

使用材料	主 な 性 質
セメント	普通セメント, $\rho_c=3.16$, ブレーン値3200cm ² /g
粗 骨 材	岩瀬産硬質砂岩砕石 $G_{max}=20mm$, $\rho_g=2.68$
細 骨 材	同砕砂, $\rho_s=2.62$, F.M.=2.87, $D_{65}=1.2mm$
シリカフューム	SiO ₂ =94%, $\rho_{SF}=2.20$, 比表面積 20m ² /g
レジン	ゴム系軟化剤+アクリル系樹脂, $\rho_R=1.08$
フライッシュ	$\rho_{SF}=2.25$, 比表面積 3000cm ² /g
混 和 剤	ナフチン系高性能減水剤, $\rho_{SP}=1.20$

表2. コンクリートの配合および圧縮試験結果（摩耗試験時 N/mm²）

配合 NO.	コンクリート 強度 N/mm ²	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	減水剤率 (%)	単 位 量 (kg/m ³)				圧縮試験結果	
					水	セメント	細骨材	粗骨材	シリカフューム	粗度実 験摩耗
N21	21	60.0	48.0	0.6	180	300	887	983	—	34.4
P40	40	40.0	44.0	1.0	170	425	779	1014	—	55.9
S100	100	30.0	42.0	5.0	120	400	757	1069	100	107.8
R30	30	—	46.0	—	—	樹脂 253	絶乾 633	絶乾 760	フライッシュ 507	48.4

表3. 実験の組合せ

配合 NO.	掃流 摩耗 試験	粗度係数測定試験			
		摩耗劣化時間			洗い 出し
		0h	48h	167h	
N21	○	○	○	○*1	○
P40	○				
S100	○			○	
R30		○			
レジン塗布	○	←「*1」に塗布			

養生方法は、N21はコンクリート打設後、湿潤状態で5日間養生し、以後は気中養生とした。P40およびS100では、蒸気養生後に気中養生とした。レジンコンクリートは気中放置3時間後に脱型し気中養生とした。

2.4 実験方法

①掃流摩耗試験：既往の報文⁴⁾同様に大浜提案による掃流式摩耗試験機を用い、供試体を取付けた試験機の槽内に水および摩耗材（珪砂1kg）を入れ、1800回/分のプロウ回転で水と摩耗材を高速循環させ、供試体内面を摩耗させた。測定は試験開始後、1, 3, 5および7時間経過後の供試体重量を測定し、摩耗減量（平均摩耗深さ）を求めるとともに摩耗表面の凹凸を測定した。但し、測定ごとに摩耗材および水は入れ換えるものとした。

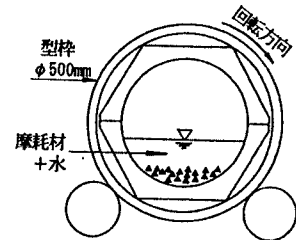


図2 粗度係数実験摩耗方法

②水路による粗度係数実験用供試体の摩耗方法：図1の供試体を図2のように2体遠心型枠（φ500x2000mm）にはめ込み、摩耗材として鉄（M5六角ナット：1g/個）30kg、プラスチック（#30）15kgおよび水を投入して、1分間に50回転させた。摩耗時間は48時間および168時間（7日）とした。但し、24時間経過ごとに供試体内面の摩耗した泥分を除去するために水洗いをした。

③摩耗表面の凹凸深さの測定：粗度係数実験用供試体は図1の断面A, B, C（Cが中央断面、A, BはCから5cm移動させた断面）の凹凸を非接触型赤外線変位計で測定し、隣合う凹凸深さの比較的大きいものの20ヶ所の平均値とした。また、掃流試験後の供試体は図1同様に断面を規定し、型取りゲージを用いて凹凸深さの比較的大きいものの12ヶ所の平均値とした。

3. 実験結果および考察

掃流摩耗試験による摩耗時間と平均摩耗深さの関係を図3に示し、摩耗深さと圧縮強度の関係を図4に示す。また、摩耗時間と凹凸の深さの関係を図5に示す。

図3より、掃流試験の摩耗形態は、表層部での摩耗量が比較的多い掃流1時間までの初期（処女）摩耗と、それ以降の時間当たりの摩耗量がほぼ等しい定常摩耗とに分けられ、既往の報文⁴⁾と同様の形態となった。これは、初期においてコンクリート表面（摩耗面）の凹凸部分の摩耗が起こり、その後、粗骨材を含んだコンクリート部分の摩耗に移行するためと考えられる。

コンクリート強度との関係では、摩耗7時間後の平均摩耗深さが、S100は3.6mmに対してN21では4.9mmとなった。これは、コンクリート強度が高くなるほどコンクリートの耐摩耗性が向上するためと考えられる。また、図4での摩耗5時間でも同様の結果となっており、武井らの報告⁴⁾とも合う結果となった。

図5より、掃流摩耗試験における7時間摩耗の凹凸深さは、コンクリートの強度が高いS100は1.7mmであるのに対して強度が低いN21では3.8mmとなり、摩耗面の凹凸深さに関してもコンクリートの高強度化は有効であることが分かる。

4. まとめ

圧縮強度の異なるコンクリートを用いて掃流摩耗試験を行った結果、シリカフェムを用いた超高強度コンクリートは通常強度の現場打設コンクリートに比べ、平均摩耗深さは小さく、また、摩耗面の凹凸深さも小さくなることが確認できた。

【参考文献】1) 遠藤：電力施設のコンクリート構造物、コンクリート工学、Vol. 32, No. 1、2) 土木学会：シリカフェムを用いたコンクリートの設計・施工指針（案）、コンクリートライヴ 80、3) T. C. Holland: Erosion Resistance with Silica-fume Concrete, Concrete International, Vol. 9, No. 3、4) 武井ら：高強度コンクリートの耐摩耗特性に関する一考察、土木学会、1992

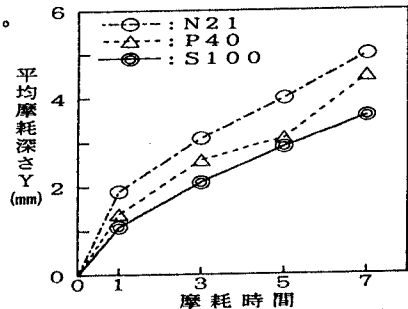


図3 摩耗時間と平均摩耗深さの関係図

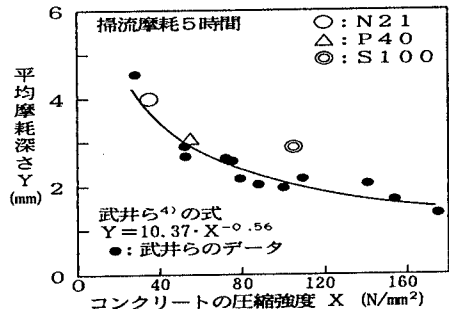


図4 コンクリート強度と平均摩耗深さの関係図

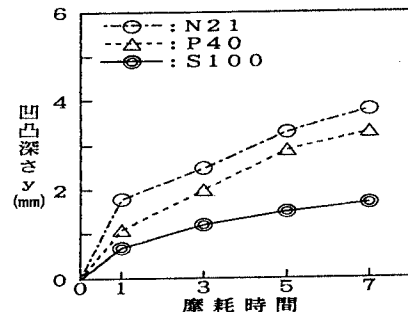


図5 摩耗時間と凹凸深さの関係図