

## コンクリートの耐摩耗性向上に関する配合の検討

竹中土木 正会員 ○金子 みゆき  
 竹中土木 正会員 鎌田 英志  
 竹中土木 正会員 安藤 慎一郎  
 竹中土木 正会員 荻野 寿一

### 1. はじめに

既存ダム機能強化を行うダム再開発事業の手法の一つとして、ダム貯水池に流入する土砂を低減する排砂トンネルが建設されている。排砂トンネルは、ダム貯水池の上流と下流を結ぶトンネルで、増水時などに大量に流れてくる土砂をダム下流へとバイパスする役割を果たす。しかし、排砂トンネルでは砂礫を伴った大量の流水によってインバートの摩耗が著しく、定期的な補修が実施されている。補修回数を低減させるためにも、耐摩耗性に優れたコンクリート材料が求められている。本研究では、W/C と s/a、細骨材種類がコンクリートの耐摩耗性向上効果に及ぼす影響について検討を行った。

### 2. 検討概要

排砂トンネルのインバートコンクリートは、流送砂礫の衝撃によってモルタル分が先行して流出した後、露出した骨材が脱落して摩耗が進行する。本研究では、摩耗の初期段階であるモルタルの先行摩耗を抑制することを目的として、耐摩耗性と相関の大きい W/C と、モルタルの先行摩耗抑制における効果が期待できる s/a の2つの因子と、銅スラグ細骨材による耐摩耗性向上の効果を確認するため実験を行った。

#### 2.1 試験配合

銅スラグ細骨材は、銅の製錬の際に生成される溶融スラグを水によって急冷し、粒度調整を施したもので、コンクリート用細骨材として使用することができる<sup>1)</sup>。銅スラグ細骨材の密度は 3.5g/cm<sup>3</sup> で天然産骨材（密度：2.65g/cm<sup>3</sup>）や高炉スラグ骨材（密度：2.65g/cm<sup>3</sup>）と比べて密度が大きいことから、すりへり抵抗性が大きいとされる。本研究では、普通骨材を用いて W/C と s/a の2つの因子についての検討と銅スラグ細骨材を用いて細骨材種類についての検討を行った。表-1 に使用材料、表-2 に検討配合を示す。W/C は現行配合の 45% に対して、35、25% の3水準とし、s/a は現行配合の 45% に対して、s/a の低減による影響を確認するため 35、25% を検討した。銅スラグ細骨材は W/C=35% を基準配合として、s/a=25% では細骨材置換率を 0~50% の範囲で、s/a=35% では細骨材置換率を 30、50% で検討した。なお各配合とも混和剤を添加して、スランプ 8cm±2.5cm、空気量 4.5%±1.5% となるように調整した。また、W/C=25% の配合ではシリカフェームを混和材として用いて、コンクリートの流動性を確保した。

表-1 使用材料

種類	名称	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	物性
セメント	高炉セメントB種	3.04	
細骨材	大井川水系陸砂	2.56	吸水率1.87%, 粗粒率2.78
	銅スラグ	3.49	吸水率0.55%
粗骨材	青梅産碎石	2.66	実績率59.2%
混和剤	高性能AE減水剤 標準型(I型)	1.09	

表-2 コンクリートの検討配合

骨材	No.	因子と水準				備考
		W/C (%)	s/a (%)	粗骨材かさ容積 (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	銅スラグ (細骨材置換率) (%)	
普通骨材	1	45	45	0.64	-	現行配合
	2	45	35	0.75	-	
	3	45	25	0.87	-	
	4	35	35	0.72	-	
	5	35	25	0.83	-	
	6	25	35	0.65	-	シリカフェーム使用 (C×5.0%)
	7	25	25	0.76	-	//
銅スラグ細骨材	8	35	35	0.72	30	
	9	35	35	0.72	50	
	10	35	25	0.83	20	
	11	35	25	0.83	30	
	12	35	25	0.83	40	
	13	35	25	0.83	50	

キーワード 銅スラグ細骨材, 排砂トンネル, 耐摩耗性

連絡先 〒270-1395 千葉県印西市大塚 1-5-1 竹中技術研究所 材料部門構造材料G TEL 0476-77-1229

2.2 試験方法

試験項目は圧縮試験と摩耗試験とした。摩耗試験には、流送砂礫による衝撃損傷摩耗現象を再現模擬するためロッド式すりへり試験機(図-1)を用いた。内面に150×300×60の供試体を1配合につき6個設置しドラムを回転させながら、注水と鋼製ロッドの落下により実水流における摩耗現象を再現する。単位摩耗量は以下の式より求めた。

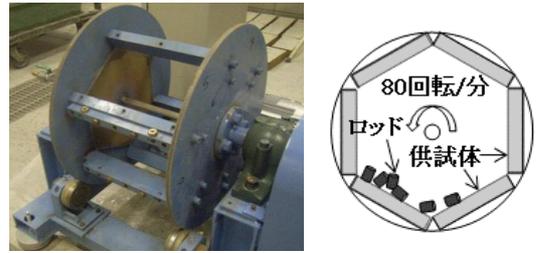


図-1 ロッド式すりへり試験機概要

$$\text{単位摩耗量}(\text{mm}^3/\text{cm}^2) = \frac{\text{摩耗損失体積}(\text{mm}^3)}{\text{供試体面積}(\text{cm}^2)}$$

3. 試験結果および考察

図-2に普通骨材を用いた一般配合の摩耗試験結果と圧縮強度試験の結果の関係, 図-3に粗骨材かさ容積と単位摩耗量の関係を示す。既往の研究<sup>2)</sup>から圧縮強度の増加とともに単位摩耗量は減少することが知られている。本実験で、圧縮強度と単位摩耗量は線形関係で近似できる結果となった。また、s/aの低減, すなわち粗骨材かさ容積の増加によっても耐摩耗性は若干向上し、s/aを35%から25%とすることで単位摩耗量はそれぞれ5~10%程度減少した。図-4に銅スラグ細骨材を用いた配合の摩耗試験結果を示す。銅スラグ配合では、s/aによって傾向の異なる結果となり、s/a=35%で銅スラグ細骨材を置換した配合では、耐摩耗性の効果がみられなかった。一方、s/a=25%の配合では、銅スラグの混入率によって耐摩耗性が変化し、単位摩耗量は混入率30%のときに最小となり、普通配合のW/C=25%に近い耐摩耗性が確認できた。

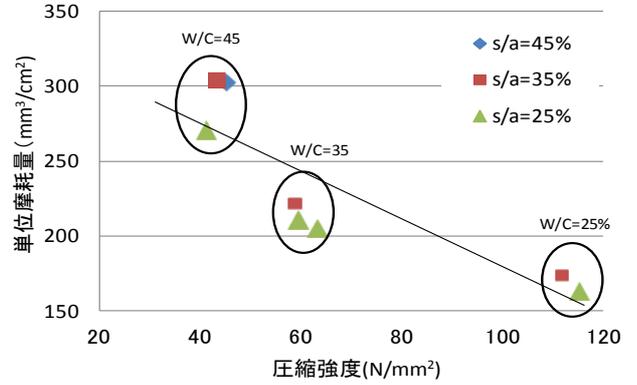


図-2 圧縮強度と単位摩耗量の関係

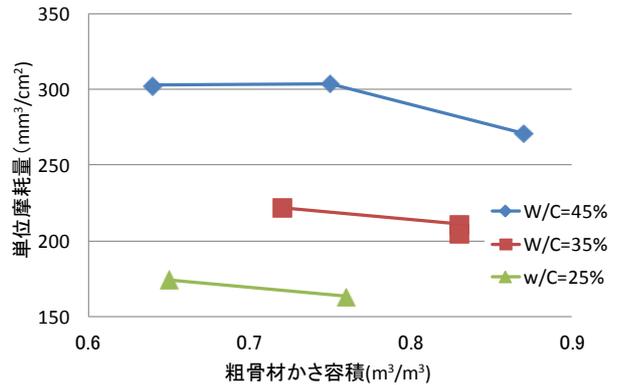


図-3 粗骨材かさ容積率と単位摩耗量の関係

4. まとめ

以上の結果をまとめると以下のとおりである。

- ①単位摩耗量は圧縮強度と線形関係で表され、強度の増大に伴って耐摩耗性が向上する。
- ②s/aを低減して粗骨材かさ容積を増加させることによって耐摩耗性は5~10%程度向上する。
- ③銅スラグ細骨材の混入率と耐摩耗性の間に明確な傾向は確認されなかった。ただし、銅スラグ細骨材の使用によって、単位摩耗量が最大10%程度減少する結果が得られたことから、普通骨材と銅スラグ細骨材の適切な使用によって耐摩耗性向上は可能であると考えられる。

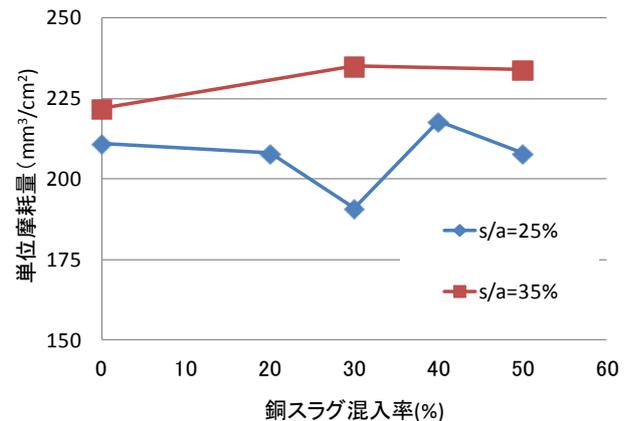


図-4 銅スラグ混入率と単位摩耗量の関係

謝辞

本研究の実施にあたり材料を提供していただいたパンパシフィック・カッパー(株)に謝意を表します。

参考文献

- 1) 土木学会編, コンクリートライブラリー92: 銅スラグ細骨材を用いたコンクリートの施工指針, pp1(1998)
- 2) 安藤兼治他: 排砂路耐摩耗材の実験的研究, 電力土木, No.250, 1994