

耐摩耗性コンクリートに関する基礎的実験

福岡大学 工学部 正会員 大和 竹史

〃 学生員・徳永 幸一

〃 〃 宮地 良幸

九州電力(株) 総合研究所 正会員 杉田 英明

1. まえがき

昨今の石油事情の急変により、わが国では国産エネルギーの確保が強く要請され、各地で水力発電所の建設が積極的に進められている。九州電力においても、昭和50年よりいくつかの小水力発電所の建設が行われているが、それらの発電所はいずれも河川上流部に位置し、支流河川の豊富な水量と急峻な地形を利用している。そのため、取水ダム及び排水路等の構造物は、河川増水時の土石流やキャビテーションによって、衝撃・摩耗等の損傷を受け、その保全対策が緊急な課題となつてゐる。

以上の観点から、筆者らは、耐摩耗性を考慮した富配合でしかも特殊混和材(剤)を用いて靭性強化及び高強度化したコンクリートの耐摩耗性について検討し、現在建設中の発電所取水ダムにおいて、摩耗度合が比較的小ない高強度コンクリートによる試験施工を実施している。本報告は、その中の室内における基礎実験の結果について述べるものである。

2. 実験概要

コンクリートが土石流によつて浸食されていくメカニズムやその傾向は極めて複雑であり、それに対する評価方法は未だ確立されていない現状である。そこで筆者らは、本実験に当つて図-1に示す試験装置を試作し、それによつてコンクリートの摩耗度合を評価した。摩耗試験機は、内径750mm、深さ200mmの傾胴式回転ドラム型のもので、ドラムの内周にそつて4個の供試体(内径500、外径740、高さ200、内曲面長さ約390mm)を同時に定着出来るように

なつてゐる。試験方法は、回転ドラムを水平にして供試体を設置し、摩耗材(シルペップφ20mm×l40mm)を30個(3±0.05kg)と5kgの水を入れた後、ドラムを垂直にして毎分60回の速度で回転させた。コンクリートの摩耗量は、ドラム回転数が5千回、1万回、2万回、3万回にそれぞれ達した時まで供試体重量を測定し、次式によつて単位摩耗量を求めた。

$$R_u = \frac{1}{A} \cdot \frac{W_0 - W_n}{\rho_c}$$

但し、Ru；単位摩耗量(cm³/cm²)
W₀；試験前の供試体重量(g) W_n；

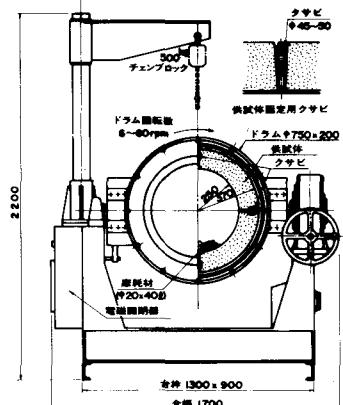


図-1 摩耗試験機

表-1 使用材料

材料名	仕様
セメント	麻生セメント標準通水ボルトランドセメント 比重 : 3.16 ブレイン : 3320 cm ³ /kg
細骨材	球磨川産川砂 比重 : 2.58 吸水率 : 2.95, FM : 2.8
粗骨材	球磨川産川砂利 φ25mm 比重 : 2.64 吸水率 : 1.39, FM : 7.19
鋼 織	神戸製鋼 伸錠ステールパイプ 0.6φ×50m 比重 : 7.85
ポリマ織維	三井石油化成 ポリエチレンパイプ 0.7φ×40mm 比重 : 0.95
減 水	竹本油脂 チューポールEXN(No.1-18に使用)
流動化剤	竹本油脂 ハイフルード(No.4-6に使用)
高性能減水剤	竹本油脂 ボールファイン510-N(No.19-24)
高強度混和材	電気化学 デンカZ5000 比重 : 2.13

表-2 コンクリートの配合条件及び試験結果

コンクリートの種類	特殊混和材(剤)の種類	配合番号	水セメント比(%)	調骨材率(%)	単位セメント量(kg/m ³)	コンクリート性状	材令28日強度性状(kgf/cm ²)	材令28日単位摩耗量(cm ³ /cm ²)
普通コンクリット	—	A	155.7 44.0	300	7.5	2.1	327 32.8 54.1 0.338	
		B	243.8 41.0	400	7.6	2.1	428 37.6 61.6 0.260	
流動化剤	C	336.0 39.0	500	8.5	2.4	450 38.5 64.6 0.195		
		D	544.0 44.0	300	8.5	3.0	327 33.8 56.2 0.278	
織維補強コンクリット	C(1.0 VOL%)	E	542.3 41.0	400	9.0	2.9	426 36.9 62.6 0.211	
		F	35.2 39.0	500	8.0	2.6	452 39.8 68.2 0.174	
鋼織維(1.0 VOL%)	G	773.3 61.0	300	8.0	2.2	220 34.3 47.1 0.527		
		H	854.5 58.0	400	9.5	2.4	337 38.5 69.7 0.417	
鋼織維(1.5 VOL%)	I	943.2 55.0	500	8.5	2.5	423 44.2 71.1 0.237		
		J	1078.0 69.5	300	7.0	2.8	215 29.5 52.9 0.630	
ポリマ織維(1.0 VOL%)	K	L	1158.0 67.0	400	9.0	2.9	348 39.7 67.5 0.452	
		M	1246.0 65.0	500	8.5	2.7	461 46.6 78.1 0.220	
ポリマ織維(1.5 VOL%)	N	O	1364.7 55.0	300	8.8	3.0	270 30.3 53.5 0.322	
		P	1449.5 52.0	400	9.0	2.8	344 33.5 54.5 0.256	
ポリマ織維(2.0 VOL%)	Q	R	1540.4 49.0	500	8.5	2.6	398 38.9 57.9 0.224	
		S	1670.0 65.0	300	8.0	3.6	218 27.7 46.3 0.416	
高強度コンクリット	T	U	1753.0 62.0	400	9.0	3.4	349 31.2 51.3 0.160	
		V	1843.0 59.0	500	8.0	2.9	397 36.1 64.2 0.121	
高性能減水剤	W	X	1948.3 44.0	300	7.5	3.7	418 29.6 52.5 0.235	
		Y	2036.3 41.0	400	9.0	3.6	552 36.5 63.9 0.174	
ポリマ織維(1.5 VOL%)	Z	A	2129.6 39.0	500	8.5	2.4	582 41.0 75.8 0.140	
		B	2265.3 65.0	300	7.0	3.8	247 26.5 47.5 0.364	
高強度混和材	C	D	2346.8 62.0	400	9.0	4.3	416 28.7 55.9 0.182	
		E	2435.8 59.0	500	8.5	3.9	504 33.9 63.9 0.127	
高強度コンクリット	F	G	2542.0 44.0	300	8.0	4.4	514 45.2 64.6 0.104	
		H	2631.8 41.0	400	10.0	3.7	636 50.2 77.6 0.075	
ポリマ織維(1.5 VOL%)	I	J	2728.8 39.0	500	10.0	2.5	636 50.0 80.0 0.054	
		K	2859.3 65.0	300	8.0	5.8	294 30.8 52.7 0.274	
高強度混和材	L	M	2939.0 62.0	400	8.5	5.1	548 44.6 76.7 0.080	
		N	3030.8 59.0	500	6.5	3.1	629 46.6 88.5 0.059	

試験後の供試体重量(g) A; 供試体の内曲面積(cm²) P_c; 供試体の密度(g/cm³)

本実験に用いた各材料の詳細を表-1に、コンクリートの配合を表-2にそれぞれ示す。コンクリートの種類は、普通コンクリートと衝撃・摩耗に対して有利と考えられる繊維補強コンクリート及び高強度コンクリートの3種について、混和材(割)の種類、混入率を変え、更に単位セメント量を300, 400, 500 kg/m³に変化させた30種の配合とした。尚、コンクリートは、AE剤を使用しないプレーンコンクリートとし、スランプを8±2 cmとした。コンクリートの練りまぜには、170 l練り可傾式ミキサを用い、1バッチ当たり90 lを3分間混合した。繊維の混入方法は、コンクリートを混合しながらファイバボールが生じないように少量ずつ投入した。コンクリート試験は、摩耗試験のほかに圧縮、引張、曲げ等の強度試験も併せて行つた。供試体養生は、いずれも水中標準養生とし、試験材令は、28日を規準とした。強度試験方法は、JIS A 1106, 1108, 1113及び鋼纖維補強コンクリート設計施工指針(案)に準じて行つた。

3. 実験結果

まだ固まらないコンクリートの性状並びに材令28日における強度及び摩耗試験の結果等を表-2に示し、関連図を図-2~4に示す。

図-2は、セメント水比と圧縮強度の関係をすべてのコンクリートについて示したものである。この図より圧縮強度を全体的にみると一つの回帰直線上に分布しているが、中でもΣ-5000を用いたI, Jは比較的高い強度を示している。また、圧縮強度をコンクリートの種類別でみると、ある一定の強度において頭打の現象がみられる。これは低品質の川砂利の影響によるものと判断される。

図-3は、摩耗試験におけるドラム回転数と単位摩耗量の一例であるが、コンクリートの摩耗量は、ドラムの回転数に対して均一な変化を示している。このことから、本実験に用いた試験機の性能が十分評価されるものと考えられる。

図-4は、コンクリートの圧縮強度と単位摩耗量の関係を示したものであるが、両者の関係を全体的にみるとかなりバラツキはあるものの図のような相関曲線で示され、圧縮強度が高くなるにつれて摩耗量は著しく減少し、特に400 kgf/cm²以上の高強度においては、摩耗量が0.2 cm³/cm²以下にとどまっている。また、コンクリートの種類別では、鋼纖維補強コンクリートを除いたほかは、いずれも普通コンクリートの摩耗量を下回つてゐる。^(*)既往の掃流式摩耗試験機を使用した実験¹⁾においては、鋼纖維補強コンクリートの摩耗量が普通コンクリートの場合の約1/2となつてゐる。

4. あとがき

以上の結果より、耐摩耗性コンクリートは、強硬な骨材を使用し、400~500 kgf/cm²以上の高強度のものが最も望しいが、施工性及び初期ひびわれ等に関する十分な配慮が必要と考えられる。

1) 是石・杉田「鋼纖維補強コンクリートの品質管理例」コンクリート工学 Vol. 17 No. 10

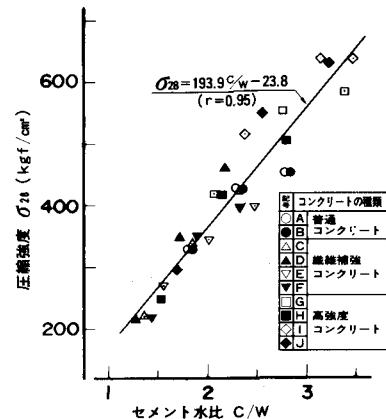


図-2 セメント水比と圧縮強度の関係

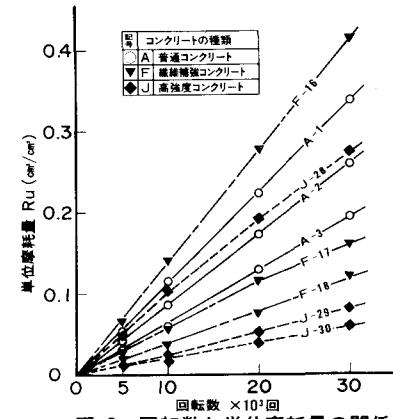


図-3 回転数と単位摩耗量の関係

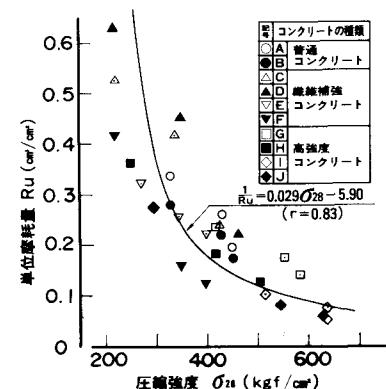


図-4 圧縮強度と単位摩耗量の関係