

V-161 高強度コンクリートの耐摩耗特性に関する一考察  
(その1. 掃流試験)

東京電力(株) 試験電研 正員 ○武井芳一、豊島憲明、岡田博明  
日本コンクリート工業 (株) 正員 松尾久幸、丸山武彦、下村恭巳

1. まえがき

越流式ダムの越流部や水たたき部のコンクリートは常時、摩耗や浸食などの作用を受ける。しかし、これらの作用による劣化メカニズムは極めて複雑で、その評価方法や適切な補修技術はまだ確立されていないのが現状である。本研究は、小規模ダムの補修用に 1000 kgf/cm<sup>2</sup>以上の高強度コンクリートの適用を想定し、その耐摩耗特性の調査を目的とする。実施した試験は掃流摩耗試験(以下、掃流試験と呼ぶ)と衝撃すりへり試験で、本編は掃流試験の結果を述べる。

2. 掃流試験の概要

① 掃流試験は、図1に示す大浜提案によるM社製の掃流式摩耗試験機を用いた。摩耗方法は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/分のプロペラの回転で、水と摩耗材を高速循環させ、供試体内面を摩耗させるものである。振動締固めを行った供試体の形状は内径 130mm、外径 250mm、高さ 100mmの中空半円筒(摩耗面積 204cm<sup>2</sup>)で、各配合2個づつとした。試験は材令28日で開始し、1、3および5時間経過後に摩耗重量を測定するとともに、そのつど新しい摩耗材(珪砂 1kg)に取替えた。

また、摩耗重量から計算により平均摩耗深さを求めた。

② 実験に使用したコンクリートは、標準養生(N記号)、オートクレーブ養生(A記号)および、それぞれに鋼繊維を混入した補強コンクリート(NF, AF 記号)の3系列で、設計強度 270 から 1700 kgf/cm<sup>2</sup>の範囲の11種類とした。また、比較用に圧縮強度 800kgf/cm<sup>2</sup>相当の膨脹系コンクリートと 1700 kgf/cm<sup>2</sup>相当の天然御影石を用いた。使用材料を表1に、示方配合と掃流試験結果を表2に併せて示す。

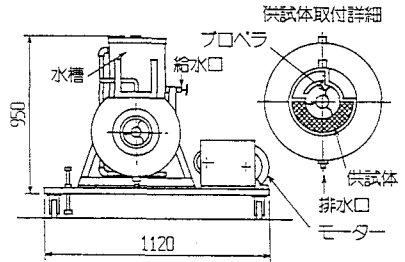


図1 掃流試験機

表1 使用材料

材料	材料の名称	性質
セメント	普通ポルトランドセメント	比重3.16、ブレン# 3200cm <sup>2</sup> /g
粗骨材	鬼怒川日河川敷 玉砕	表乾比重2.63、吸水率1.47% 粗粒率7.04、G <sub>max</sub> =20mm
細骨材	鬼怒川産川砂	表乾比重2.61、吸水率2.28%、粒#2.75
混和材	シリカフェーム 膨脹材	ノルウェー産、比重2.20、比容積20cm <sup>3</sup> /g #2.60、エトリンゲイト系試験用膨脹材
混和剤	ステンレス繊維	径 7.7、繊維長 30 mm
天然石	高性能減水剤	比重 1.20 配合④~⑫
	A E減水剤	比重 1.065 配合①~③
天然石	御影石	茨城県稲田産 比重 2.64

表2 示方配合と掃流試験結果

配合	スランプ 範囲 (mm)	Air 含率 (%)	水セメント比 W/C	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )	掃流試験結果																				
					摩耗量 (g)																				
					摩耗量の変化 (g)					摩耗深さ (cm)															
① N 270	10±2	3±1	65.0	45	164	252	853	1051	-	-	2.9	12.0	297	23.9	2.92	98.8	172.2	222.6	98.8	73.4	50.4	0.20	0.35	0.46	
② N 500	"	"	44.9	44	157	350	807	1035	-	-	3.5	12.0	529	36.8	3.22	55.3	98.4	134.0	55.3	43.1	35.6	0.11	0.20	0.27	
③ NF 500	"	"	46.0	50	184	400	847	854	-	-	78.5	4.6	10.5	530	46.1	3.05	61.1	101.3	142.7	61.1	40.2	41.4	0.12	0.21	0.29
④ N 700	"	"	34.4	44	155	450	772	991	-	-	5.2	12.1	741	52.7	3.45	58.9	96.2	124.7	58.9	37.3	28.5	0.12	0.20	0.26	
⑤ A 700	"	"	34.4	44	155	450	772	991	-	-	5.2	11.7	786	62.5	3.51	52.0	76.6	106.3	36.5	40.1	29.7	0.08	0.16	0.22	
⑥ NF 700	"	"	34.4	44	155	450	772	991	-	-	78.5	6.0	12.2	730	56.2	3.50	50.9	92.4	127.3	50.9	41.5	34.9	0.10	0.19	0.26
⑦ F 800	"	2±1	35.5	35	142	400	627	1174	-	40	-	8.0	857	59.5	3.70	52.0	84.3	105.4	52.0	32.3	21.1	0.10	0.17	0.21	
⑧ N 1000	15±2	"	30.0	40	120	400	728	1100	80	-	-	12	17.0	1090	63.1	3.95	60.3	89.3	109.5	60.3	29.0	20.2	0.12	0.18	0.22
⑨ NF 1000	10±2	"	35.0	48	140	400	836	912	80	-	78.5	12	11.0	995	56.4	3.84	43.8	74.3	107.7	43.8	30.5	26.4	0.09	0.15	0.20
⑩ A 1400	15±2	"	26.8	42	134	500	709	977	100	-	-	15	16.5	1405	70.3	4.12	40.4	79.2	102.5	40.4	38.8	23.3	0.08	0.16	0.21
⑪ AF 1500	"	"	29.0	46	145	500	719	851	150	-	78.5	17	17.0	1526	73.7	4.20	30.9	58.6	86.4	30.9	27.7	27.8	0.06	0.12	0.17
⑫ A 1700	"	"	24.0	42	120	500	692	956	150	-	-	18	16.0	1734	70.4	4.18	21.8	47.7	70.2	21.8	25.9	22.5	0.04	0.10	0.14
⑬ 天然石													1691	293	4.44		11.4	23.1	34.1	11.4	11.7	11.0	0.02	0.04	0.06

### 3. 試験結果と考察

コンクリート種別NおよびAについて摩耗時間と摩耗量の関係を図2に、摩耗時間の増分とその時間内に増加した摩耗量の関係を図3に、摩耗5時間における全供試体の圧縮強度と摩耗深さの関係を図4に示す。

① 掃流試験の摩耗形態は、表層部の摩耗による摩耗量が比較的多い掃流1時間までの初期(処女)摩耗と、それ以降の時間と摩耗量がほぼ比例する定常摩耗とに分けられ、既往文献に見られる摩耗形態が得られた。しかし、図3に示す摩耗時間の増分と摩耗量の関係をよく見ると、摩耗量は全般的に小さくなる傾向を示し、たとえば、低強度のN 270は減少傾向が大きく、強度が高くなるに従ってその傾向は緩やかになり、A 1700では一定の値になった。これは低強度ほど粗骨材の露出に伴う摩耗抵抗の増大が早期に表れるためと思われる。また、A養生コンクリートはN養生に比べ初期摩耗量が小さく、養生条件の違いが摩耗初期の段階で見られた。これはセメント硬化体の表面組織の違いに起因するものと考えられる。② 繊維補強コンクリート(NF, AF)についても同様な摩耗形態が得られた。③ 図4に示すように、中低強度では鋼繊維の補強効果により耐摩耗性が改善され、高強度になるに従い効果が小さくなるように判断できる。これは、中低強度において1%wtの繊維混入で耐摩耗性が改善されるという既往文献<sup>(1)</sup>と一致するが、今回の実験では有意差がなく、今後さらに検討を続けたいと考える。④ 膨脹混和材を用いても、耐摩耗性は優れると思われるが、有意差はみられなかった。⑤ 掃流5時間後の摩耗深さの範囲は0.06~0.46cmで、1000kgf/cm<sup>2</sup>までの範囲では強度が高くなるに従い耐摩耗性能は大きく改善されるが、それ以上の強度では改善効果が少なかった。1700kgf/cm<sup>2</sup>の高強度コンクリートの摩耗深さは、同程度の強度を持つ天然石の摩耗深さと比べ、約2.3倍と大きく、耐摩耗性能に差がみられた。

#### 4. まとめ

① 掃流試験による摩耗形態は、表面モルタル層の摩耗による摩耗量が比較的多い初期摩耗と、それ以降の安定した摩耗状態の定常摩耗に区分できる。② 高強度コンクリートほど耐摩耗性能に優れる。③ オートクレープ養生コンクリートは標準養生コンクリートに比べ初期摩耗量が小さいことから、掃流試験の摩耗初期の段階は、セメント硬化体の表面組織の影響を受ける。④ 1%wt程度の鋼繊維混入で、中低強度コンクリートの耐摩耗性能は改善されるという報告に対し、今回の実験結果はその改善傾向を確認できるものの有意差はなく、今後の検討が必要である。

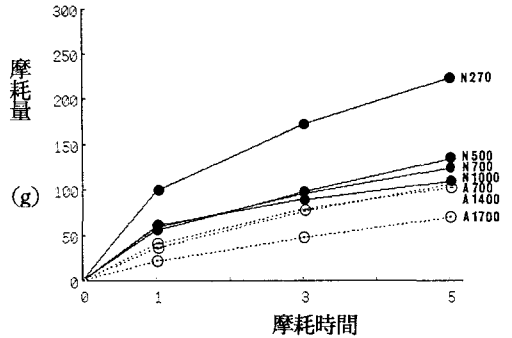


図2 摩耗時間と摩耗量の関係

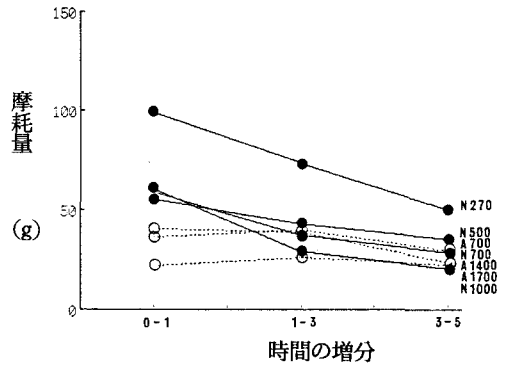


図3 摩耗時間の増分と摩耗量の関係

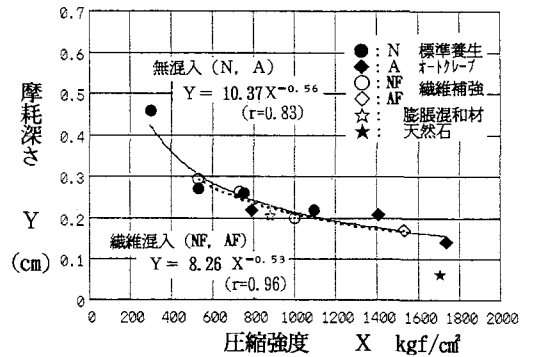


図4 圧縮強度と摩耗深さの関係