

コンクリートのすりへり耐久性について

岐阜大学 正会員 小柳 洽, 六郷恵哲
 岐阜大学 学生員 O河合 敦, 黒岩武史

1. はじめに コンクリート構造物の耐久性設計の上で、コンクリート舗装、滑走路あるいは土石流やキャビテーションを受ける水理構造物などのような力学的侵食作用を受ける構造物では、コンクリートのすりへり耐久性が特に重要になる。本研究はコンクリートの摩耗特性を機構的に解明する目的で鋼球落下方式による衝撃摩耗試験機を試作し、数種類のコンクリートについてコンクリート表面を乾燥および湿潤状態として衝撃摩耗試験を行ない、コンクリートの表面状態が変化した場合の衝撃摩耗特性に及ぼすコンクリートの強度および鋼繊維混入量の影響を実験的に明らかにするとともにその評価方法についても合わせて検討することを目的とする。

2. 実験概要 本研究は目標圧縮強度400, 800kgf/cm²のコンクリートに対し鋼繊維をそれぞれ 0, 0.5, 1%混入した計6種類(N40, F4.5, F41, N80, F8.5, F81と記す)の供試体について実験を実施した。表-1はコンクリートの示方配合, フレッシュコンクリートの諸試験値および衝撃摩耗試験に先立って行なわれた強度試験の結果をそれぞれ示す。衝撃摩耗試験用供試体は15x15x25cmの角柱供試体とし、試験には各シリーズ4体の供試体を用意した。供試体は打設後20日間恒温室(20±2°C)の中で水中養生し、その後は気乾養生とし材令28日以上で試験を実施した。なお供試体を湿潤状態とした場合の衝撃摩耗試験においては、試験3日前より供試体を水中に浸漬し、試験中も供試体表面に水を流しながら試験を実施した。試験には供試体打設面に対する底面および両側面部を使用した。衝撃摩耗試験機の概略とその写真を図-1に示す。衝撃摩耗試験機は鋼球落下方式であり、本試験は鋼球の落下高さ100cm、供試体衝撃角度20度で実施した。鋼球の直径は51mm、1個の重量は536gである。試験は各供試体とも衝撃回数800回まで行ない200, 400, 600, 800回のそれぞれについて摩耗体積を測定した。摩耗体積の測定は供試体の摩耗を生じた断面に詰込んだ油粘土の体積によった。また最終の衝撃回数800回においてのみ摩耗面に水を注入しその容積から摩耗体積を測定したが、これは特に乾燥状態衝撃試験において途中で注水を行なった場合には、衝撃摩耗面が水に濡れることにより表面エネルギーが変化し摩耗特性が変わることが考えられたためである。

3. 結果と考察 衝撃摩耗特性を評価する場合、摩耗量の定量化には注水による容積法、重量減による方法、最大深さなどの方法が利用されている。本研究の場合衝撃摩耗面は衝撃回数の増加とともに複雑に変化しており最大深さの測定は困難であり、また各衝撃回数ごとに注水による容積法を用い摩耗体積を測定することも前節で述べたような理由により問題がある。そこで本研究は前節で説明した方法で求めた摩耗体積を衝撃摩耗特性を定量化するパラメータと考えるとともに衝撃回数 800回における注水容積法の測定値との比較検討も行った。衝撃摩耗試験の結果を表-2および図-2にそれぞれ示す。ただし表-2中のカッコ内の数字は各シリーズの注水容積法による摩耗体積値の乾湿比率を示す。図-2より衝撃摩耗特性を示す摩耗体積と衝撃回数との間にはすべての供試体においてほぼ比例関係が認められる。また表-2より衝撃回数 800回における注水容積法による摩耗体積と本研究で用いた摩耗体積の値を比較検討すると、

表-1 コンクリートの示方配合, フレッシュおよび硬化コンクリートの試験結果

供試体 No.	粗骨材最大寸法(mm)	水比 (%)	細骨材率 (%)	単 位 量 (kg/m ³)						スラフ厚 (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 (°C)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	曲げ強度 (kgf/cm ²)	割裂強度 (kgf/cm ²)
				W	C	S	G	鋼繊維	減水剤						
N40	15	52	50	182	350	866	866	-	0.70	8.5	3.5	22.0	554	50.0	41.2
F4.5	15	51	50	186	372	848	848	39.3	0.74	9.0	2.5	22.0	553	61.8	35.7
F41	15	51	50	195	382	836	836	78.5	0.96	8.0	3.2	23.0	588	72.7	43.1
N80	15	30	45	157	525	792	966	-	13.12	18.0	1.0	27.0	965	70.6	48.4
F8.5	15	30	46	158	527	781	881	39.3	10.54	19.0	1.1	24.5	880	84.3	54.6
F81	15	30	47	160	533	770	868	78.5	13.33	15.0	0.5	26.8	1030	105.0	55.1

注) セメント: 早強ポルトランドセメント 細骨材: 川砂, 比重2.60, F, M2.67 粗骨材: 玉砕石, 比重2.60
 鋼繊維: ストレートファイバー (φ0.5x30) 減水剤: N40, F4.5, F41: PZ-70; N80, F8.5, F81: PZ-4000

摩耗体積については注水容積法による値の方が全般的に大きな値を示しているが、乾湿比率をみると各シリーズとも互に同様な傾向を示している。すなわち本研究で用いた摩耗体積は衝撃摩耗特性を示すパラメータとして有効であると考えられる。表-2および図-2より乾湿両状態におけるコンクリートの衝撃摩耗特性に及ぼす強度および鋼繊維混入量の影響を検討する。普通コンクリートの供試体 N40, N80を比較すると、乾湿両状態において摩耗体積は強度の増加とともに減少しており、特に湿潤状態においてはその減少量は大きくなる。また目標強度400,800kgf/cm²のシリーズでは乾湿状態ともに鋼繊維を混入することにより摩耗抵抗性はある程度改善された。しかし鋼繊維混入量0.5%と1%での摩耗体積の差は乾燥状態のコンクリートにおいてはほとんど見られないが、湿潤状態の高強度コンクリートにおいては混入量の増加にともなう摩耗量の減少が認められる。すなわち乾燥状態のコンクリートにおいては強度を増加させることよりも鋼繊維をある程度混入する方が摩耗抵抗性はより大きく改善される。しかし湿潤状態については摩耗抵抗性を向上させるには高強度コンクリートとすることが有効であり、しかも鋼繊維を混入するとその効果が大きい。また、衝撃摩耗特性に及ぼす表面乾湿の影響を見ると湿潤状態のコンクリートの摩耗体積は乾燥状態よりも多くその比率は400kgf/cm²のシリーズでは平均2.2倍,800kgf/cm²では平均1.7倍となっている。この理由のひとつとしてコンクリート表面が水に濡れると水の表面張力によりコンクリートの表面エネルギーが低下し、従って同一衝撃に対する破壊抵抗が小さくなったものと考えられる。

4. 結論 本研究の範囲内で得られた主な結論を以下に示す。(1) 本研究で用いた衝撃摩耗試験方法は衝撃摩耗特性を解明するには良い方法であり、またここで用いた摩耗体積は衝撃摩耗特性を定量化する上では有効なパラメータである。(2) 乾燥状態のコンクリートでは圧縮強度を増加させることよりも鋼繊維補強とすることにより摩耗抵抗性は大きく改善された。(3) 湿潤状態のコンクリートではコンクリートを高強度化することにより耐摩耗性が向上した。さらに湿潤状態では高強度鋼繊維補強コンクリートとすることが最も効果的であった。

<参考文献> 1) 小柳, 河合, 近藤: コンクリートの衝撃摩耗について, セメント技術年報41, p193~196, 1987.

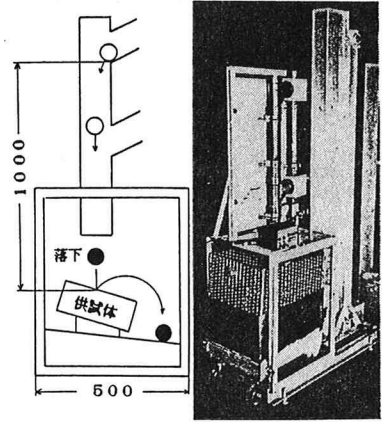


図-1 衝撃摩耗試験機の概略図

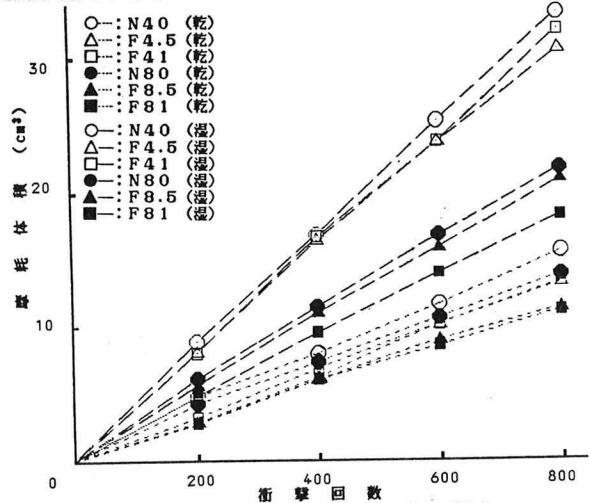


図-2 衝撃回数と摩耗体積の関係

表-2 衝撃試験の結果 (摩耗体積: cm³)

供試体No.	試験条件	回数	200回	400回	600回	800回	注水容積法値(800)	摩耗体積乾湿比率(800)
		条件						
N40	乾燥		4.8	7.9	11.6	15.7	16.1	2.13 (2.14)
	湿潤		8.8	16.9	25.3	33.4	34.4	
F4.5	乾燥		2.9	6.2	10.1	13.2	13.6	2.32 (2.35)
	湿潤		8.0	16.4	23.8	30.6	32.0	
F41	乾燥		3.2	6.8	10.1	13.3	13.8	2.16 (2.10)
	湿潤		8.1	15.7	22.2	28.7	29.0	
N80	乾燥		4.2	7.3	10.6	13.8	14.1	1.58 (1.59)
	湿潤		6.1	11.4	16.9	21.8	22.4	
F8.5	乾燥		2.9	6.0	8.9	11.3	11.7	1.86 (1.85)
	湿潤		5.6	11.0	15.9	21.0	21.7	
F81	乾燥		2.8	6.0	8.5	11.1	11.7	1.65 (1.58)
	湿潤		4.8	9.5	14.0	18.3	18.5	

注) 表中の値は4体の供試体の平均値である