

高速流水中の砂礫によるコンクリートの摩耗に関する実験的研究

前田建設工業(株)技術研究所 正会員 ○笹倉 伸晃
 前田建設工業(株)技術研究所 正会員 舟橋 政司
 三菱重工業(株) 高砂製作所 細見 栄一
 前田建設工業(株)関西支店 正会員 広野 雅男

1. 目的

発電所などにおいて、コンクリート製のパイプを使用することはめずらしくはないが、流水中に砂礫等が含まれていると、コンクリートがすりへり摩耗作用を受けるため、特に高流速部におけるコンクリート表面の摩耗の程度を事前に検討しておく必要がある。しかしながら、既往の研究において、高速流水中の砂礫によるコンクリートの摩耗量を明確に示したものは皆無と言っても過言ではない。

そこで、砂礫が含まれた水が高速で流れる場合のコンクリートの耐摩耗性試験を行い、コンクリート製パイプの適用性について検討した。

2. 実験概要

2.1 試験装置および試験体

試験体の形状および寸法は、図-1 に示すように中空円筒形とし、重量はステンレス製外枠(外径φ249mm、厚さ2mm、重量約2.44kg)と合わせておよそ20kgである。外型枠は、脱型しないものとし、試験体内面の仕上がり状態は鋼製型枠や化粧合板を想定したものと木製型枠を想定したものの2水準とするために、平滑度の異なる薄いシートを貼付けて試験体仕上がり内径をφ116mmとした。試験装置は、スラリーポンプを用いて水槽からの砂礫を含む循環水を配管の中を通し、再び水槽に戻す方法とした。試験区間には、図-2 に示すように試験体4体を直列に設置し、試験区間での流速を7m/secに設定した。試験体の使用材料およびコンクリートの配合を表-1および表-2に示す。配合は、普通コンクリートと高強度コンクリートの2種類とした。

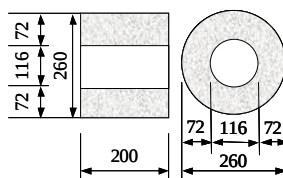


図-1 試験体形状

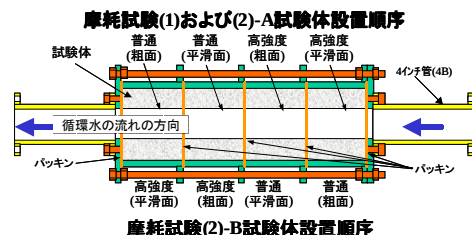


図-2 設置方法

2.2 試験方法

試験は、海水中の砂礫濃度が40ppm(摩耗試験(1))(ある湾内の平常時の実測値20~40ppm)と400ppm(摩耗試験(2))(降雨時の実測値)による2ケースを実施し、各試験で試験区間に試験体4体を同時に設置した。循環水中の砂の濃度および混合比率を表-3に示す。試験体の設置方法は、図-2に示すように摩耗試験(1)では、摩耗しにくいと考えられる順に、水の流入側から設置した。摩耗試験(2)では、まず摩耗試験(1)と同様の設置順序(摩耗試験(2)-A)で試験を行い、その後、試験体の設置順序を全く逆として(摩耗試験(2)-B)を行った。各試験実施時間を表-4に示す。摩耗試験に用いた試験体名と試験条件の一覧を表-5に示す。摩耗性の評価は、目視観察および試験体厚さによる評価とした。試験体の厚さの測定は、図-3に示すように流入側および流出側断面について8ヶ所で測定を行った。摩耗量の算定は、試験前と試験後の断面厚さの差をとるものとした。また、一

表-1 使用材料

		普通コンクリート(N)	高強度コンクリート(S)
		成分または物性値	
セメント	C	普通ポルトランドセメント (密度3.16g/cm ³)	低熱ポルトランドセメント (密度3.22g/cm ³)
細骨材	S	木更津産山砂: 密度2.61g/cm ³ , 粗粒率2.87,	
粗骨材	G	両神産砕石: 密度2.71g/cm ³ , G _{max} =20mm	
高性能AE減水剤	SP	—	ポリカルボキシル酸エーテル系化合物と分子内架橋ポリマーの複合体
AE減水剤	AD	リグニルスルホン酸化合物とポリオールとの複合体	—
空気量調整剤	—	アルキルアルキル酸化合物系陰イオン界面活性剤	高アルキルカルボキシル酸系陰イオン界面活性剤

表-2 コンクリート配合

配合	設計基準強度 N/mm ²	目標スランプ (スランプフロー) mm	水セメント比 %	空気量 %	細骨材率 %	単位量 kg/m ³				混和剤		スランプ (スランプフロー) mm	試験開始時圧縮強度	
						水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	SP C×%	AD C×%		摩耗試験 (1) N/mm ²	摩耗試験 (2) N/mm ²
N	28	120	55	4.5	47.5	155	282	882	1011	—	0.25	140	35.7	39.3
S	60	650	33	5.5	53.7	160	485	872	813	0.90	—	635	69.7	75.5

キーワード コンクリートパイプ, 摩耗, 高強度コンクリート, 砂礫

連絡先 〒179-8914 東京都練馬区旭町1-39-16 前田建設工業株式会社技術研究所 TEL 03-3977-2333

一般的に耐摩耗性の評価に用いられる「水平なコンクリート表面の耐摩耗試験(ASTM C 779 準拠)」でコンクリート強度の違いの影響を確認した。

3. 実験結果および考察

3.1 目視による観察結果

試験終了後の試験体内面状況は、摩耗試験(1)では、コンクリート強度および表面の平滑度によらず、目視観察では試験体の摩耗はほとんど認められなかった。摩耗試験(2)-A では、最も流入側に設置した高強度コンクリート(平滑面)試験体の流入側下側の一部に摩耗(肌荒れ)が見られた。また、流入側から2番目に設置した高強度コンクリート(粗面)試験体は全体に摩耗が見られた。普通コンクリート試験体(平滑面および粗面)においても、わずかに摩耗が認められたが、いずれも摩耗の程度は、高強度コンクリートよりも軽微であった。

一方、試験体の設置順序を逆にした摩耗試験(2)-B では、摩耗試験(2)-A とは逆の摩耗状況であり、本試験で行った試験体4本を直列に配置する試験方法では、試験体の設置位置により摩耗状況が異なることがわかった。これは流入側において循環水に乱れが生じて渦が発生し、コンクリート面に摩耗が生じたものと推察される。循環水に乱れが生じた原因としては、試験体と試験体、あるいは試験体と鋼製の配管との間に設置したゴム製のパッキンが、試験体を締めつけて設置する際に、内面へはみ出したためと考えられる。

3.2 コンクリートの摩耗量

試験実施時間と摩耗量の関係を図-4 に示す。試験体厚さの変化は、渦による摩耗の影響を除外するために、流出側断面について評価するものとした。流出側での試験体厚さの変化では、摩耗試験(1)の場合、平滑面に比べて、粗面のコンクリートの方が摩耗しており、普通コンクリートでは3.8倍(粗面摩耗量/平滑面摩耗量)、高強度コンクリートでは2.0倍の摩耗量となっている。また、摩耗試験(2)では、摩耗試験(1)よりも平滑面、粗面とも摩耗量が増加する傾向がみられた。表面仕上げの違いによる摩耗量の比率は、普通コンクリートでは0.8倍、高強度コンクリートでは1.3倍で、試験体設置順序を途中で逆にした影響もあって、表面仕上げの違いが摩耗量に及ぼす影響は顕著ではない。

以上の結果より、砂礫を含む高速流水による摩耗作用に対して、高強度で平滑面を有するコンクリートが耐摩耗性に優れていると考えられる。

水平なコンクリート表面の耐摩耗試験(ASTM C 779 準拠)での経過時間と摩耗量の関係を図-5 に示す。本試験は、回転円盤機を用いて、3個の摩耗輪と研磨剤により試験体表面を強制的に摩耗させるため、摩耗量を高速流水中の砂礫による摩耗試験結果と直接比較することはできないが、30分以降においては、普通コンクリートの方が摩耗量が大きくなっており、この結果からも摩耗に対しては、高強度コンクリートの方が有利といえる。

4. まとめ

- ・ 高速流水中の砂礫濃度が低い場合は、コンクリート強度の違いよりも、コンクリート表面の平滑度の影響が大きく、平滑面が耐摩耗性に優れている。
- ・ 砂礫濃度が高い場合や水平なコンクリート表面の耐摩耗試験では、高強度コンクリートを用いた方が、耐摩耗性に優れているとの結果が得られた。また、長期間の供用中、急激にコンクリートの摩耗が進行するとは考えにくく、今回の結果より、高流速、大容量パイプへのコンクリートの適用は十分に可能であると考えられる。

表-3 循環水中の砂の混合比率

循環水の砂の濃度	混合比率		平均粒径(mm)
	0.15mm以下	0.15～0.30mm	
40ppm	1	9	0.21
400ppm	1	9	

表-4 試験実施時間

摩耗試験	試験時間(hr)
(1)	340
(2)-A	391
(2)-B	380(累計771)

表-5 試験水準

No.	試験体名	循環水中の砂の濃度	試験名	流速(m/s)	コンクリート種類	設計基準強度	試験体内面
1	28-40-7-S	40	(1)	7.0	普通コンクリート	28	平滑
2	28-400-7-S	400	(2)				粗
3	28-40-7-R	40	(1)				
4	28-400-7-R	400	(2)				
5	60-40-7-S	40	(1)		高強度コンクリート	60	平滑
6	60-400-7-S	400	(2)				粗
7	60-40-7-R	40	(1)				
8	60-400-7-S	400	(2)				

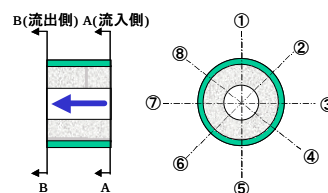


図-3 試験体厚さ測定位置

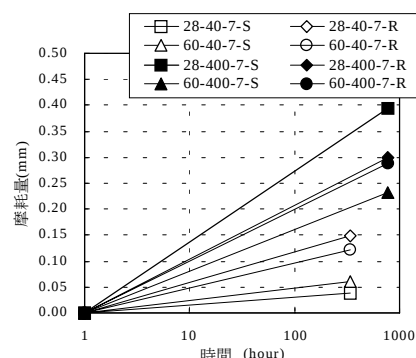


図-4 試験体厚さ比較

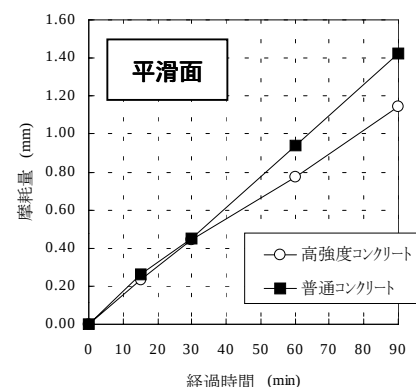


図-5 水平なコンクリート表面の摩耗試験結果