

アラミドおよびビニロン繊維補強コンクリートの耐衝撃摩耗特性

近畿コンクリート工業㈱ 正員○岩本 勲・正員 下村 一誠
関西電力㈱ 正員 酒井 研二・正員 打田 靖夫

1. はじめに

ダムコンクリートの摩耗機構は、その部位やダム全体の大きさ等によっても異なり極めて複雑であるが、大きくは流水ならびに土砂流などによる、すりへり及びキャビテーション、また土石流などによる衝撃およびひっかきによる摩耗等が考えられる。このように複雑な摩耗作用に対して、コンクリートの摩耗抵抗性も圧縮強度、曲げ強度、骨材の品質等多くの要因の影響を受ける。特に繊維を混入した場合の補強効果については、補強効果があったという実験結果[1]と、効果が無くむしろ欠陥となったという実験結果[2]の相反する研究報告がある。ここでは土石流による衝撃摩耗を対象として、アラミドおよびビニロン繊維を混入したコンクリートの耐摩耗特性について検討したものである。

2. 実験概要

本研究でとりあげた繊維の物性値を表-1に示す。アラミド繊維は、直径 $12\mu\text{m}$ の単繊維1,000本をエポキシ樹脂で固めたものを用い、ビニロン繊維は直径 0.4mm の単繊維を用いた。マトリックスコンクリートは、設計基準強度 500kgf/cm^2 の工場製品用コンクリートを基準に、表-2に示すように水セメント比を一定とし、繊維混入率の増加とともに細骨材率を増加させた。摩耗試験に用いた供試体は、直径 15cm 高さ 30cm の円柱供試体の高さ方向に欠円部を設けた。摩耗面積は 300cm^2 である。

摩耗試験は図-1に示す回転式摩耗試験機を用いた。試験機には2シリーズ6体の供試体と鋼性のダミー1体とをセットし、1実験ごとに新しい摩耗材($\phi 19 \times \ell 40\text{mm}$ の鋼性ロッド)を84個使用した。試験機の回転速度は1分間に30回転とし、2500回転ごとに供試体の質量を測定し、15,000回転まで実施した。測定結果は次式により単位摩耗量を求めた。

$$Ru = (Wo - Wn) / (\rho \cdot A)$$

ここに Ru : 単位摩耗量 (cm^3/cm^2)、 Wo : 試験前の供試体質量 (g)、 Wn : 試験後の供試体質量 (g)、 A : 供試体の摩耗面積 (cm^2)、 ρ : 供試体の単位容積質量 (g/cm^3)

3. 実験結果および考察

繊維補強コンクリートの繊維混入率と、圧縮および曲げ強度との関係を図-2に示す。圧縮強度はプレーンコンクリートに比して、繊維を混入することによって約 100kgf/cm^2 (約15%)程度低下した。しかし曲げ強度は繊維の混入率の増加とともに増加し、アラミド繊維を3%混入するとプレーンコンクリートの約2.4倍となった。

表-1 繊維素材の物性値

種 類		断面積×本数 ($\times 10^{-6}\text{cm}^2$)	引張強度 (kgf/cm^2)	付着強度 (kgf/mm)
アラミド	AF	$1.199 \times 1,000$	38,100	0.77
ビニロン	VRF	1280×1	10,500	0.17

表-2 コンクリートの配合

種 類	繊維混入率 V_f (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単 位 量 (kg/m^3)			
				水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G
PL(0)	—	4.4	4.9	172	390	871	916
F-1	1.0	4.4	6.5	198	450	1080	587
F-2	2.0	4.4	8.0	229	520	1217	307
F-3	3.0	4.4	10.0	268	610	1344	—

(減水剤 = $C \times 1.2\%$, $G_{\text{max}} = 13\text{mm}$)

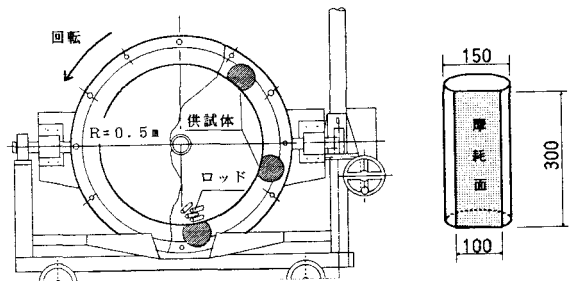


図-1 回転式摩耗試験機と供試体

Kaoru IWAMOTO, Issei SHIMOMURA, Kenji SAKAI, Yasuo UCHITA

なお図中 PL (3) は F-3 配合のモルタルマトリックスである。
またプレーンコンクリートのタフネス(応力-ひずみ曲線下の面積)に対する繊維補強コンクリートのタフネスは、圧縮では20倍から80倍で、曲げでは60倍から400倍と繊維混入率の増加とともに増大した。このように繊維混入により、曲げ強度および曲げタフネスが著しく改善され、その程度はアラミド繊維の方が大きい。

単位摩耗量は摩耗回転数の増加とともにほぼ直線的に増加し、15,000回転後の摩耗面は、表層モルタルが完全に減摩し、骨材は露出しており繊維はすり切れていた。15,000回転後の繊維混入率および細骨材率と単位摩耗量との関係を図-3に、複合体の弾性係数と単位摩耗量との関係を図-4に示す。図-3より繊維混入率の増加とともに単位摩耗量は増加し、同一混入率ではビニロン繊維よりもアラミド繊維を混入した方が摩耗量が大きいことがわかる。

また繊維を混入しないプレーンコンクリートでは、細骨材率が大きい程単位摩耗量が増加し、モルタルの摩耗量は、同一水セメント比で細骨材率49%のコンクリートの約1.4倍となった。図-4より単位摩耗量は、弾性係数の増加とともに減少している。また同一弾性係数であれば、ビニロン繊維を混入した方がプレーンならびにアラミド繊維混入よりも若干摩耗量が減少する傾向が見られるものの、全体を通じてほぼ一元的な関係で表せそうである。圧縮強度と摩耗量との関係は、弾性係数と摩耗量との関係ほど相関性が強くはないが、圧縮強度が大きいほど摩耗量が減少する傾向が窺える。また曲げ強度と摩耗量との関係では、曲げ強度が大きくなるほど摩耗量も多くなった。これは曲げ強度の増大につれて耐摩耗性能が低下するという意味ではなく、耐摩耗性能が繊維補強コンクリートの曲げ強度では評価できないものと考えられる。同様に圧縮タフネスや曲げタフネスが50倍、100倍と増加しても、衝撃摩耗に対する抵抗性は増加しない。

4. ま と め

・アラミドまたはビニロン繊維を1~3%混入した繊維補強コンクリートでは繊維混入率の増加とともに耐摩耗性能は低下する。

- ・繊維補強コンクリートの耐衝撃摩耗特性は圧縮強度や曲げ強度およびタフネスよりも弾性係数で評価できる。
- ・モルタルの耐摩耗性能は、同一水セメント比のコンクリートよりも低下する。

[参考文献]

- 1) 犬塚雅生 他：繊維補強コンクリートの摩耗について、土木学会北海道支部論文報告集、昭和56年度
- 2) T.C.Liu and J.E.McDonald: Abrasion-Erosion Resistance of Fiber-Reinforced Concrete, Cement Concrete and Aggregates, 1982

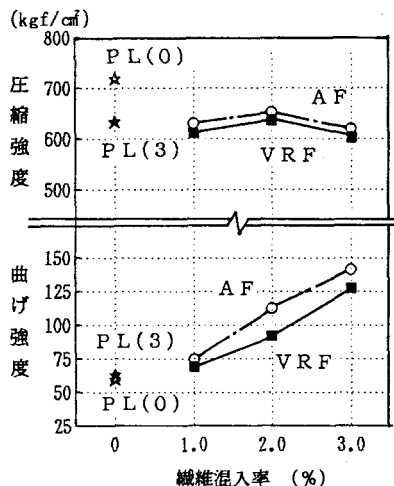


図-2 繊維混入率と強度との関係

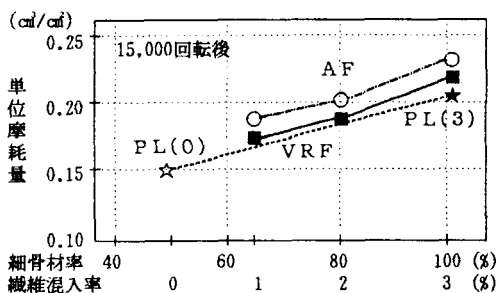


図-3 単位摩耗量と細骨材率、繊維混入率との関係

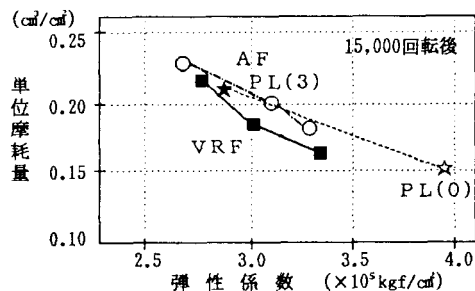


図-4 単位摩耗量と弾性係数との関係