

衝撃繰り返しを受ける貧配合コンクリートの表面損傷特性に及ぼす 配合条件の影響

防衛大学校 ○黒田一郎，堀口俊行

1. はじめに

ソイルセメントは現場で発生した土砂をセメントで固化させることによって有効活用し，山間部の砂防構造物の構成材料として有用性が期待される．砂防構造物においては土石流の衝突による衝撃力を考慮する必要があるが，ソイルセメントの耐衝撃性はまだ十分に解明されていない状況にある．ソイルセメントのコンクリートとの差異を特徴づけるのは，細粒分を多く含んだ土砂を骨材として使用することと，単位セメント量が少ない貧配合であることである．本研究では，後者の貧配合であるという特徴に着目し，貧配合コンクリート供試体に対する繰り返し衝突実験を行ない，表面損傷や耐衝撃性に及ぼす配合条件の影響を調べたものである．

2. 実験の概要

供試体は一辺が200mmの立方体の無筋コンクリートである．配合と実験時の圧縮強度，弾性係数を表-1に示す．配合は，早強ポルトランドセメントを使用して，細骨材率70%，水セメント率100%，単位セメント量150kgを基準とし，パラメータ毎に3水準（細骨材率は36, 70, 100%，水セメント比は66, 100,

150%，単位セメント量は75, 150, 300kg）を設定している．通常のコンクリートに比べて水セメント比が大きく，単位水量が少ないのは前述した通りソイルセメントの配合を模したためである．打設後14日間の水中養生の後に気乾養生し，材齢28日を過ぎてから実験に供した．同一条件での供試体数は3体を基本とし，一部の供試体で2体である．

コンクリート床上の上にロードセルを置き，その上に鋼板，供試体の順で設置し，重錘落下装置を用いて供試体上面に鋼製重錘を自由落下させ衝突させた．重錘の質量は10kg（付属部品を含めて10.57kg）であり，落下高さは0.6mとした．実験は，供試体が割裂するまで衝突を繰り返し，衝突によって表面に生じたクレータ状のへこみの体積（以下，損失体積*V*）と，供試体からロードセルへ伝達される伝達衝撃力*P_c*を測定した．損失体積*V*の測定は，衝突を受ける供試体表面をメッシュに分割して，その格子点におけるへこみの深さをノギスで計測した上で数値積分によって算出した．ここで，伝達衝撃力に着目した理由は，既存の構造物を衝撃から防護する材料としてソイルセメントを使用する場合を想定して，既存

表-1 供試体一覧

供試体名	細骨材率 s/a (%)	水セメント比 W/C (%)	単位セメント量 C (kg)	圧縮強度 (N/mm ²)	弾性係数 (N/mm ²)	供試体数
sc70-100-75	70	100	75	0.71	229	3
sc70-100-150	70	100	150	5.68	1246	3
sc70-100-300	70	100	300	21.84	16802	2
sc70-66-150	70	66	150	3.48	1280	2
sc70-150-150	70	150	150	5.03	1562	3
sc36-100-150	36	100	150	15.58	25204	3
sc100-100-150	100	100	150	1.79	437	3

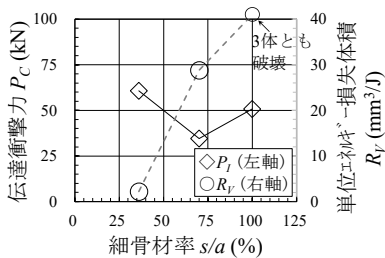


図-1 細骨材率の影響

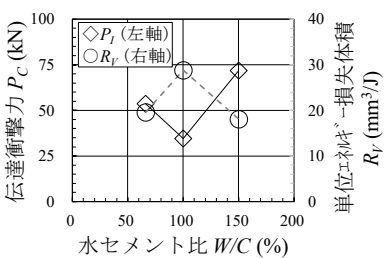


図-2 水セメント比の影響

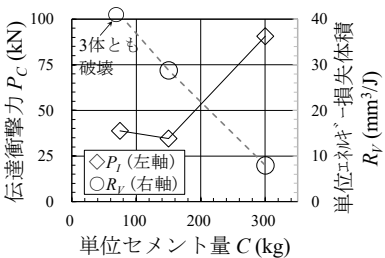


図-3 単位セメント量の影響

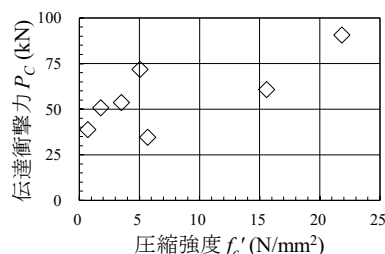


図-4 $P_C - f'_c$ 関係

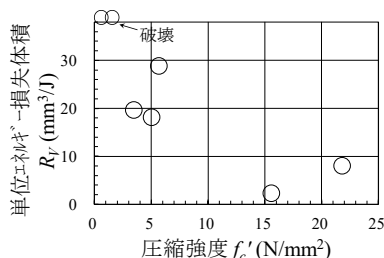


図-5 $R_V - f'_c$ 関係

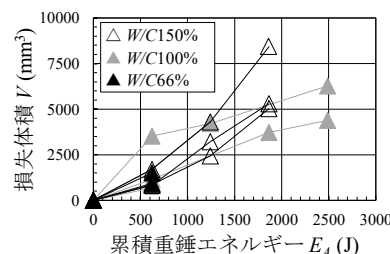


図-6 $V - E_A$ 関係

構造物へ伝播する衝撃力を低減する効果が期待できるかを調べるためである。

3. 実験結果

図-1～図-3は各供試体の第1回の衝突時の単位エネルギー損失体積 R_V 、伝達衝撃力 P_C と各配合パラメータ（細骨材率 s/a 、水セメント比 W/C 、単位セメント量 C ）の関係を示したものである。ここで、単位エネルギー損失体積 R_V とは、損失体積 V を重錘の運動エネルギーで除した値である。

水セメント比 W/C と単位セメント量 C を変化させずに一定として、細骨材率 s/a の影響を比較した図-1では、細骨材率 s/a が100%の供試体sc100-100-150は3体ともすべて1回の衝突で割裂し損傷が激しかったため損失体積は枠外に表示する。細骨材率 s/a が伝達衝撃力 P_C に及ぼす影響は明白ではないが、細骨材率 s/a が大きくなるほど単位エネルギー損失体積 R_V は大きくなっており、細骨材率 s/a の及ぼす影響が顕著である。

細骨材率 s/a と単位セメント量 C は一定のまま、水セメント比 W/C を変化させた図-2では、伝達衝撃力 P_C 、単位エネルギー損失体積 R_V の両方に対する水セメント比 W/C の影響は明らかでない。

細骨材率 s/a と水セメント比 W/C が一定で、単位セメント量 C を変化させると（図-3）、単位セメント量の増加に伴って単位エネルギー損失体積 R_V が著しく低減し、その一方で伝達衝撃力 P_C は増加傾向を示した。

次に圧縮強度 f'_c で、伝達衝撃力 P_C と単位エネルギー損失体積 R_V を整理し、図-4と図-5にそれぞれ示す。

圧縮強度は、最も小さくて1N/mm²に満たない値であり、最大の供試体で約22N/mm²であった（表-1参照）。圧縮強度 f'_c が大きくなるほど伝達衝撃力 P_C は大きくなる傾向を示していて、伝達衝撃力を抑制するためには圧縮強度 f'_c を小さくする方が有利であるという結果となった。一方、単位エネルギー損失体積 R_V は、圧縮強度 f'_c が小さいと大きくなり、これを抑制するためには圧縮強度 f'_c を大きくする必要がある。

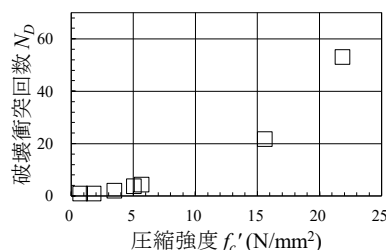


図-7 $N_D - f'_c$ 関係

ソイルセメントで既存構造物を被覆保護する場合を想定すれば、衝撃の作用に因ってソイルセメント自体が損なわれることを防ぐためには圧縮強度 f'_c を大きくすることによって単位エネルギー損失体積 R_V を抑えることが望ましいが、一方で、伝達衝撃力 P_C を小さくするためには圧縮強度 f'_c を小さくすることが有利であり、両者はトレードオフの関係にある。

重錘の落下衝突は、供試体が破壊するまで繰り返した。図-6は、細骨材率 s/a を70%、単位セメント量 C を150kgで一定とし、水セメント比 W/C を66～150%に変化させた場合の、損失体積 V と累積重錘エネルギー E_A の関係を示したものである。ここで、累積重錘エネルギー E_A は、重錘の1回の落下衝突での運動エネルギーに衝突回数 N を乗じたものである。累積重錘エネルギーの増加に伴って損傷体積が増えている様子がわかる。供試体が破壊するまでの衝突回数 N を、破壊衝突回数 N_D と定義し、耐衝撃性能の指標の一つとして圧縮強度 f'_c との関係を図-7に示す。破壊衝突回数 N_D は、圧縮強度 f'_c と密接な関係にあり、圧縮強度 f'_c が大きいほど大きな数となっている。

4. まとめ

- (1) 水セメント比と伝達衝撃力、表面損傷の関係は明らかでなかったが、単位セメント量はこれらと明白な関係を示し、単位セメント量が大きくなると表面損傷が抑えられる一方で伝達衝撃力は大きくなる。
- (2) 圧縮強度を指標として、伝達衝撃力低減効果と耐衝撃性能を評価すれば、両者はトレードオフの関係にある。