

重錘の繰り返し衝突によるコンクリートの衝撃疲労損傷に及ぼす重錘形状の効果

防衛大学校 学生会員○森山 洋平, 正会員 黒田 一郎, 堀口 俊行

1. まえがき

コンクリートダムの水はけや砂防ダムにおいては、越流状態において水流に混入した礫の繰り返し衝突が生起する。その際、礫衝突による衝撃と擦過に起因する衝撃疲労損傷が生じ、その対策として、鋼球の繰り返し落下衝突によるコンクリートの損傷に着目した研究が行われてきた。そこでは、隅角を持たない鋼球を用いているため、実現象で衝突する礫の形状の効果を十分に加味したものではなかった。

そこで、本研究は、球形の重錘と、隅角を有する重錘

を使用した。繰り返し落下衝突実験を行い、表面の損傷におよぼす重錘形状の効果をについて検討するものである。

2. 実験の概要

図-1に示すように衝撃疲労による実験は、重錘を、落下範囲を絞って制御するための鉛直筒を通して、コンクリート供試体の上に手で落下させる方法により行った。供試体は、早強ポルトランドセメントを用いて水セメント比60%の無筋コンクリートである。その寸法は300×300×350 mmの直方体ブロックと、それに傾斜45度の斜面を設けた供試体の2種類である。供試体は打設後21日間湿布養生した後に気中乾燥させ、材令28日以上で実験に供した。

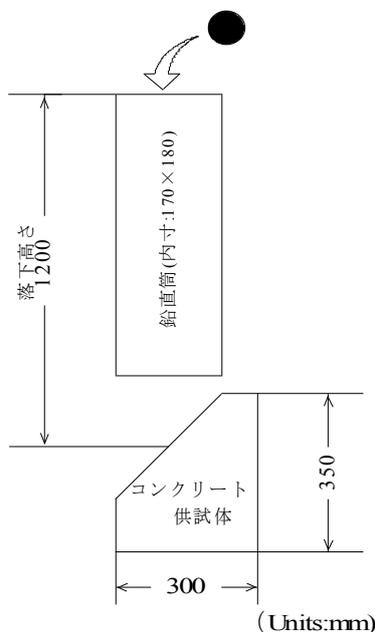


図-1 実験の概要



写真-1 立方八面体の重錘

表-1 供試体シリーズ一覧

実験シリーズ名	供試体個数 (個)	打撃面角度 (degree)	重錘質量 M (kg)	落下高さ H (m)	400回衝突時の 損失体積 V_{400} (mm^3)	400回衝突時の 累積エネルギー E_{400} (kJ)	単位エネルギー あたりの 損失体積 α_{400} (mm^3/kJ)	隅角 効果率 β
A-L-K	各3	45	6.496	1.2	29618	30.6	969	1.4977
A-L-R			6.707		20418	31.5	647	
A-S-K			2.742		13745	12.9	1066	1.3899
A-S-R			2.823		10181	13.3	767	
H-S-K		0 (水平)	2.742		15668	12.9	1215	1.5516
H-S-R			2.823		10396	13.3	783	

キーワード 衝撃疲労, コンクリート, 重錘落下実験, 重錘形状

連絡先 〒239-8686 横須賀市走水1-10-20防衛大学校 建設環境工学科 TEL:046-841-3810 E-Mail: ikuroda@nda.ac.jp

重錘は、形状は立方八面体K、球Rの2種類、質量はS(約2.8kg)、L(約6.5kg)の2種類、都合2×2の4種類を使用した。重錘は、各種類ごとに5個ずつ作製して使用した。ここで、立方八面体とは、立方体の8つの頂点を切り落とした立体であり、正三角形8つとそれと同じ辺長(質量Sで53mm、質量Lで71mm)の正方形6つで構成される準正多面体である。以上の各種条件を組み合わせて、表-1に示す全部で6種類の実験シリーズを行った供試体の数は各実験シリーズ毎に3体である。実験シリーズ名の1文字目は、コンクリート表面の傾斜角(Aは45度、Hは水平)、2文字目は重錘質量LまたはS、3文字目は重錘形状KまたはRを表す。

繰り返し落下衝突は、全て400回行い、50, 100, 200, 400回衝突した段階で損傷して生じたクレータの体積(損失体積)を測定した。損失体積の測定は、衝突を受けるコンクリート表面を20mmのメッシュに分割し、その格子点におけるクレータの深さをノギスで測定したうえで、点高法によって損失体積を算出した。また破壊されたコンクリートの破片と粉砕粒子によるエネルギーの吸収を防ぐため、25回毎にクレータ内を清掃した。

3. 実験結果

図-2~4に、衝突回数 N と損失体積 V の関係を示す。ここで、図中のマーカ(□)は立方八面体K、マーカ(○)は球Rを表す。全ケースの実験結果において衝突回数 N と損失体積 V の関係はほぼ右上がりの直線になっており、衝突回数 N に比例して損失体積 V が一定の割合で増加していることが分かる。また、図2~4は、衝突を受けるコンクリート表面の傾斜角度の違いと、重錘質量の違い毎に整理した上で立方八面体Kと球Rを比較しているが、いずれの条件においても、立方八面体Kの方が損失体積 V が大きくなっている。そこで、400回衝突時の損失体積 V_{400} と、それまでの重錘の累計運動エネルギー E_{400} の比率を単位エネルギー損失体積 α_{400} ($=V_{400}/E_{400}$)と定義し、表-1に示す。この α_{400} 値は、重錘質量が小さいほうが、また打撃面傾斜角度 θ が小さいほうが大きくなるが、それらの影響よりも重錘形状の違いによる影響の方が顕著である。そこで、立方八面体Kの実験シリーズの α_{400} の値を、同条件での球Rの α_{400} 値で際した値を隅角効果率 β と定義して、表-1に

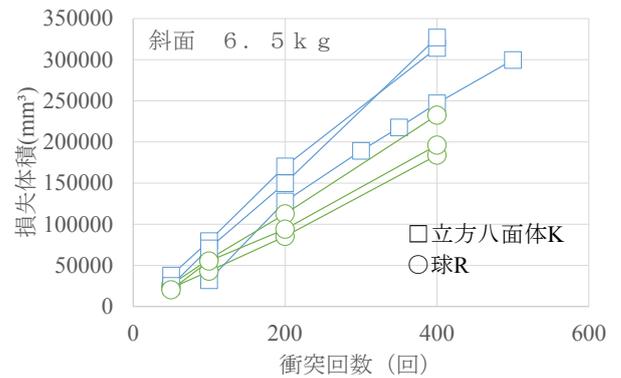


図-2 衝突回数と損失体積の関係(斜面・質量 L)

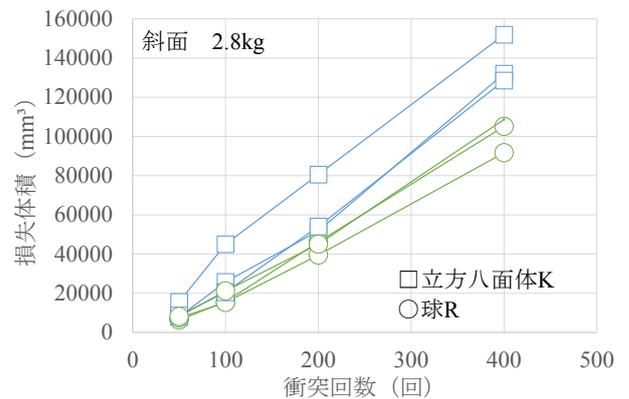


図-3 衝突回数と損失体積の関係(斜面・質量 S)

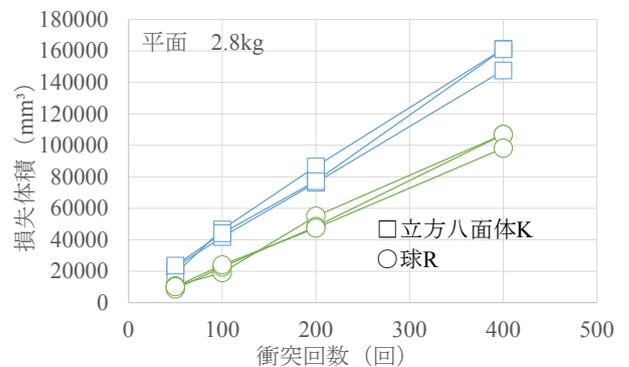


図-4 衝突回数と損失体積の関係(斜面・質量 S)

併記する。隅角効果率 β は1.39~1.55の範囲にあり、重錘重量、打撃面角度ではそれほど差がないことがわかる。

4. 考察と結論

本実験では、重錘の形により、コンクリートの削れる体積は変化し、角と丸では約1.5倍の差があった。ここで、エネルギー以外で衝突物の鋭角性によりコンクリートを削る体積に差があることを確認できた。また、打撃面角度の差によるコンクリートの削れる体積の差は約1.1倍とあまりなかった。