

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○間宮 達雄, 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。近年は自然災害の激甚化に伴い、既往の研究よりも厳しい衝撃荷重条件での検討がより一層求められてくるはずである。そこで本研究では、従来の研究より重たい6.7kgの重錘を用いて、コンクリート供試体への繰り返し落下衝突実験を行なって、重錘質量や落下高さといった衝撃荷重条件が衝撃疲労損傷に及ぼす影響について検討を行うものである。併せて重錘の隅角の影響についても調べている。

2. 実験の概要

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動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た水セメント比60%の無筋コンクリートである。その寸法は300×300×350 mmに傾斜45度の斜面を設けた供試体であり、重錘はこの斜面に衝突させるものとした。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。

重錘は、形状は立方八面体K、球体Rの2種類、質量はS（約1.4kg）M（約2.8kg）、L（約6.5kg）の3種類、都合2×3の6種類使用した。重錘は、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42mm、M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。落下高さHは、Lo(0.6m)、Mid(1.2m)、Hi(2.4m)の3段階で構成している。以上の各種条件を組み合わせ、表-1に示す全部で10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。実験シリーズ名の最初の項は、重錘質量（L、M、S）、



写真-1 立方八面体の重錘

表-1 供試体シリーズ一覧

実験 番号	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 効果比 β
I	La-Mid-K	各3	45	6.496	1.2	296140	30.58	9684	1.5
II	La-Mid-R			6.707		204180	31.55	6471	
III	m-Hi-K			2.742	2.4	275094	25.8	10662	1.33
IV	m-Hi-R			2.823		212387	26.56	7996	
V	m-Mid-K			2.742	1.2	137445	12.9	10654	1.4
VI	m-Mid-R			2.823		101813	13.3	7655	
VII	m-Lo-K			2.742	0.6	54193	6.45	8402	1.92
VIII	m-Lo-R			2.823		29080	6.64	4386	
IX	s-Mid-K			1.405	1.2	73070	6.61	11071	1.41
X	s-Mid-R			1.38		50920	6.49	7845	

* K：立方八面体，R：球を表す

キーワード：コンクリート、繰り返し衝突、衝撃疲労損傷、衝撃荷重条件

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

2文字目は落下高さ(Hi, Mid, Lo)であり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、100、200、400回衝突した段階で損傷して生じたクレタの体積(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タの深さをノギスまたはレーザー変位計で測定した上で、点高法によって損失体積を算出した。

3. 実験結果

図-1、図-2に衝突回数損失体積の関係を示す。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。そこで、累積エネルギーを衝突回数と衝突時の重錘の運動エネルギーの積で定義し、400回衝突時の損失体積と累積エネルギーの比として単位エネルギーあたりの損失体積 α_{400} を求めた(表-1に併記)。いずれの落下高さ重錘質量においても、球体Rの重錘を使用した時

の α_{400} よりも隅角を持つ立方八面体Kを用いた α_{400} の値の方が大きく、これらの比を隅角効果比 β と定義し表-1に併記する。隅角効果比 β は概ね1.3~1.9の値となった。

次に、落下高さ H と単位エネルギーあたりの損失体積 α_{400} を図-3に、重錘質量 m と α_{400} の関係を図-4にそれぞれ示す。図-3を見れば、 α_{400} は一定でなく、落下高さが小さい場合には同じ累積エネルギーを与えても小さくなることが分かる。一方重錘質量 m が大きくなるほど、 α_{400} 値は徐々に小さくなっており、エネルギーを基準としてみた場合にコンクリートの表面を削る効果に対して、重錘質量 m が負の相関性を示していることが明らかである(図-4)。

4. 結論

落下高さ H が大きいと単位エネルギーあたりの損失体積 α_{400} が大きくなり、反対に重錘質量 m が大きいと α_{400} は小さくなるという傾向が認められた。また重錘の隅角による損失体積への影響を定量的に表すことができた。

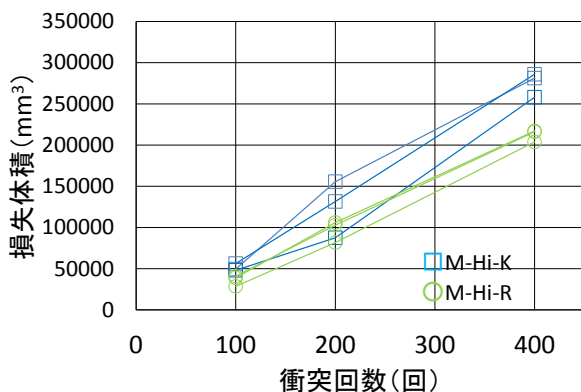


図-1 衝突回数と損失体積の関係の例
重錘質量 2.8kg, 落下高さ 2.4m

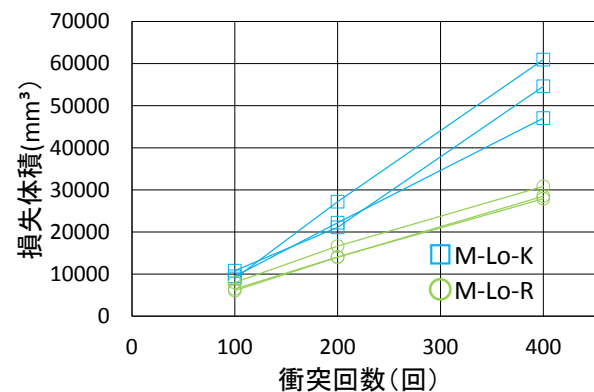


図-2 衝突回数と損失体積の関係の例
重錘質量 2.8kg, 落下高さ 0.6m

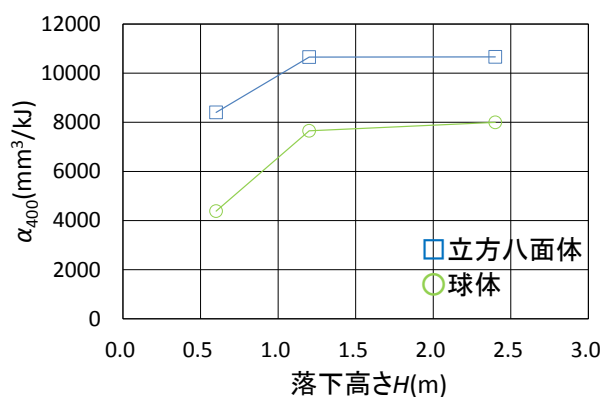


図-3 落下高さ H と単位エネルギーあたりの損失体積 α_{400} の関係

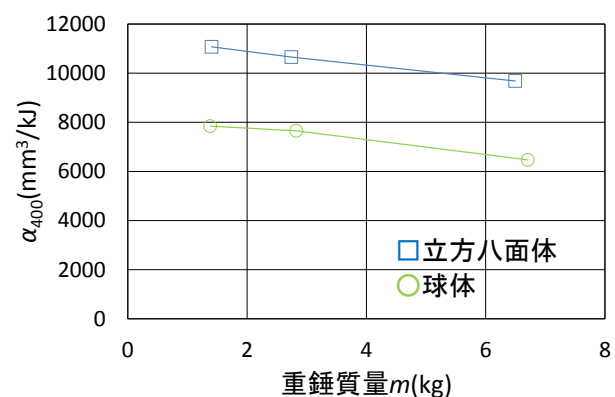


図-4 重錘質量 m と単位エネルギーあたりの損失体積 α_{400} の関係