

繰り返し衝突によるコンクリート表面損傷に対するポリウレタ樹脂被覆保護効果 に及ぼす重錘隅角の影響

防衛大学校 学生会員 ○セバスティアン・ダ・コスタ, 福井 智大

防衛大学校 正会員 黒田 一郎, IMARI 福井 秀平

1. 背景と目的

ダム等の水利構造物では、水流に混入した礫の繰り返し衝突が生じてコンクリート表面が損傷を受ける。優れた伸び性能を有するポリウレタ樹脂によるコンクリート表面の被覆は、この表面損傷を抑制する手法として期待される。本研究では、この樹脂被覆による表面保護効果を、鋼製重錘の繰り返し落下衝突実験によって確認することを目的とする。実験においては、繰り返し落下衝突実験で広く使われる球体の重錘の他、隅角を有する重錘も使用し、表面保護効果に及ぼす重錘隅角の影響に焦点を当てている。

2. 繰り返し落下衝突実験の概要

繰り返し落下衝突実験は、礫を模した鋼製重錘を、落下範囲を制御するための鉛直筒を通してコンクリート供試体の表面に手動で落下衝突させる方式によって行なった。図-1にその概要を示す。使用した鋼製重錘は球体と、隅角部を有する立方八面体(cuboctahedron)の2種類で、質量はそれぞれ2.82kgと2.74kgでありほぼ同じである(写真-1, 2参照)。立方八面体とは、準正多面体の一種であり、正三角形8つとそれと同じ辺長(53mm)の正正方形6つで構成されている。コンクリートに対する繰り返し落下衝突実験では球形の重錘が広く用いられてきたが、本実験では、現場での礫の形状を考慮し、その隅角の影響を調べるためにこの立方八面体を採用してい

る。落下高さは2.4mとした。

供試体は、早強ポルトランドセメントを用いた無筋コンクリートであり、水セメント比は60%、圧縮強度は34.8N/mm²である。その寸法は300×300×350mmであり、傾斜45度の斜面を設けており、その面を重錘が衝突する衝突面とした(図-2参照)。

供試体の衝突面にポリウレタ樹脂を被覆することによって繰り返し落下衝突による損傷を防ぎ保護することを試みる。被覆の方法は、現場のコンクリートへの施工ではプライマ剤を塗布したコンクリート表面上でポリウレタ樹脂を重合させることによって樹脂とコンクリートは接着される。しかし、本研究では、コンクリート表面の損傷状況を観察することを目的として、樹脂を適宜取り外しできるように、板状に成型した樹脂を衝突面に設置し、樹脂の重錘の衝突を受けない部分を砂で埋没させることによって樹脂を固定した(図-1参照)。

実験ケースの一覧を表-1に示す。球形の重錘を使用した場合は、樹脂による保護が無く重錘が直接衝突面に衝突するR-0、厚さ5mmの樹脂で被覆したR-5の2ケースを実施し、立方八面体の重錘では、保護無しの場合のK-0、樹脂厚さ5, 6, 7mmのK-5, K-6, K-7を実施した。以下、実験ケースの名称の後に記号#を伴う数字が続く場合は、同一条件での供試体番号を表わす(例, #1)。

重錘の衝突によってコンクリート表面にはクレタ上の損傷が生じるが、失った体積(損失体積V)の測定は、衝突面を10mm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で測定した上で、数値積分の一種である点高法によって算出した。

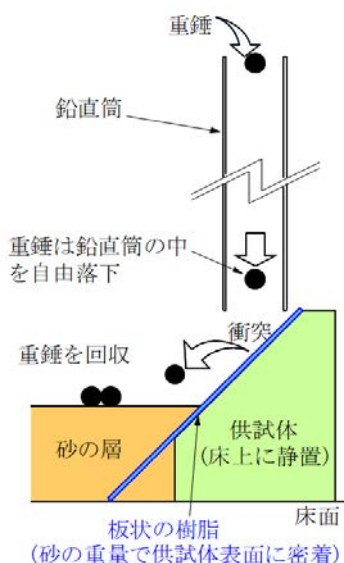


図-1 繰り返し落下衝突実験の概要



写真-1
球体の重錘

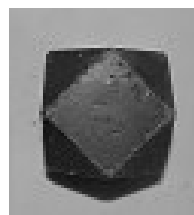


写真-2
立方八面体の重錘

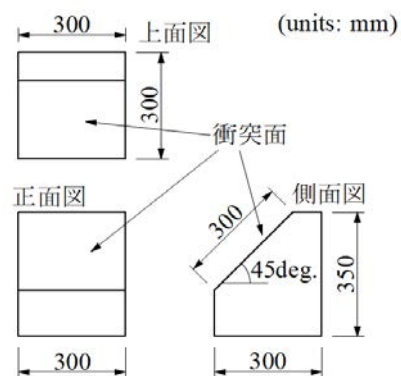


図-2 供試体の諸元

キーワード コンクリート, 繰り返し衝突, 表面損傷, 樹脂被覆, 重錘形状

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水1-10-20 防衛大学校システム工学群建設環境工学科 E-mail : ikuroda@nda.ac.jp

表-1 実験ケースの一覧

実験 ケース	重錘形状 形状	樹脂厚さ* (mm)	供試体 数
R-0	球体	0	3
R-5	球体	5	2
K-0	立方 八面体	0	3
K-5	立方 八面体	5	3
K-6	立方 八面体	6	1
K-7	立方 八面体	7	1

*被覆無しは樹脂厚さ0mmと表わす

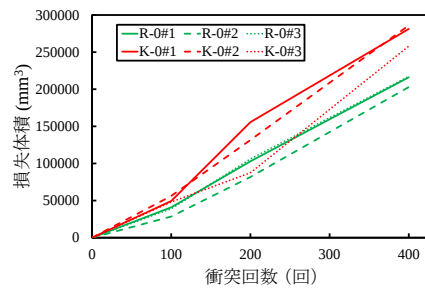


図-3 損失体積と衝突回数
実験ケースR-0, K-0

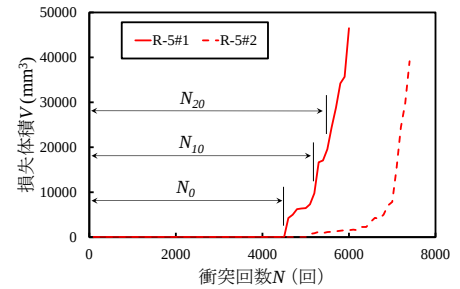


図-4 損失体積と衝突回数
実験ケースR-5

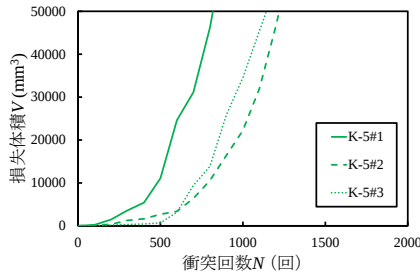


図-5 損失体積と衝突回数
実験ケースK-5

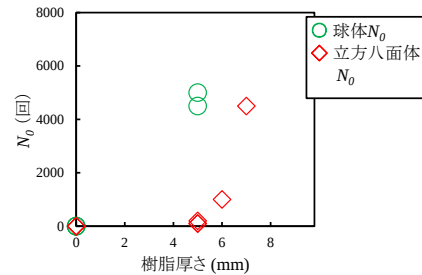


図-6 N_0 値と樹脂厚さの関係

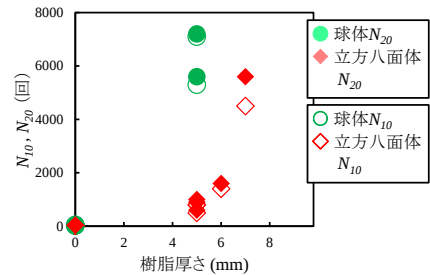


図-7 N_{10} 値, N_{20} 値と樹脂厚さ
の関係

3. 実験結果

図-3に、樹脂による保護が無い実験ケースでの損失体積 V と衝突回数 N の関係を示す。これらのケースでは、衝突を受けると直ちにコンクリート表面の損傷が生じ、損失体積 V は衝突回数 N にほぼ比例している。球体の重錘を使用した場合より、立方八面体の重錘の方が損失体積がやや大きくなる傾向を示している。重錘質量と落下高さから計算すれば、衝突1回当たりの重錘の運動エネルギーは球体の重錘で66.3J、立方八面体で64.4Jであり、重錘の運動エネルギー1kJでの損失体積は、球体で約8000mm³、立方八面体で約10700mm³となり、立方八面体の方が3割ほど大きかった。

図-4に衝突回数と損失体積の例として実験ケースR-5の結果を示す。樹脂に重錘が衝突しても、樹脂が連続を保っている間はコンクリート表面には損傷が生じず、樹脂に穿孔が生じて重錘が直接コンクリートに衝突するようになってからコンクリートの損傷が生じている。図-3に示された保護無しの実験ケースと比べて、損傷が始まるまでの衝突回数を確保することができる上に損失体積の増加も大幅に抑制できることが判る。次に、同じ樹脂厚さ(5mm)で保護された供試体に対して隅角を有する立方八面体の重錘を落下衝突させた実験ケースK-5の損傷体積-衝突回数関係を図-5に示す。衝突繰り返しが始まるとすぐに遅いペースではあるが損失体積が発生し、衝突回数が増えるにつれて損失体積が増える割合が徐々に増加している、即ち、損失体積-衝突回数関係の傾きが大きくなっていく。

これらの損失体積-衝突回数関係の傾向を鑑み、損失体積が0mm³を保っている衝突回数を N_0 値、損失体積が10000mm³に達するまでに要した衝突回数を N_{10} 値、20000mm³に達する

までを N_{20} 値と定義し、これらの値をもって樹脂による保護効果を評価することとする。各実験ケースでのこれらの値と樹脂厚さの関係を図-6と図-7に整理する。 N_0 , N_{10} , N_{20} の各値の定義に関しては図-4も参照されたい。

N_0 値と衝突回数の関係を示した図-6によれば、樹脂保護無し(樹脂厚さ0mm)ではどちらの重錘形状であっても N_0 値は0である。樹脂厚さ5mmでは、球体の重錘を使用した場合は N_0 値は4500と5000であり、これらの回数の衝突繰り返しを受けている間コンクリートの表面に全く損傷が生じずに保護されていたが、立方八面体の重錘では、 N_0 値は100~200であり、球体と比べて極めて小さく、重錘の隅角の有無によってポリウレタ樹脂被覆によるコンクリート表面保護効果に大きな差がある結果となった。しかし、立方八面体の重錘を使用して、樹脂厚さを2mm増量して7mmとした実験ケースでは、 N_0 値は、球形の樹脂厚さ5mmとほぼ同じレベルとなっており、隅角を有することによる保護効果の喪失は、樹脂厚さの増量で補えることが確かめられる。次に、 N_{10} 値, N_{20} 値と衝突回数の関係を比較した図-7を見れば、樹脂厚さ5mmにおいて、立方八面体重錘を使用した場合の保護効果の低減が認められるが、図-6の N_0 値と同様に樹脂厚さの増量によって球体重錘の場合と同等のレベルまで補われていることが判る。

4. 結論

本研究で得られた結論を以下にまとめる。

- (1) ポリウレタ樹脂で被覆することによってコンクリート表面の損傷を抑制することができる。
- (2) ポリウレタ樹脂による表面保護効果は、重錘の隅角によって低減するが、樹脂厚さを増すことによって隅角が無いレベルまで補うことができる。