

# 衝撃繰り返しに起因するコンクリート表面損傷の評価手法に関する研究

防衛大学校 学生会員○田中 要, 正会員 黒田 一郎,堀口 俊行

## 1. まえがき

流水に混入した礫の衝突を受ける水利構造物等,衝撃繰り返し作用によってコンクリートの表面が損傷する事例が多くある.その損傷性状を検討するために鋼製重錘の落下衝突を用いた実験的研究がこれまでなされてきたが,それらの実験では所定の高さから重錘を落下衝突させるための器材が大掛かりとなり,労力も多く要する.そこでより簡便な表面損傷評価手法を構築するために,コンクリート表面を擦過する実験装置を用いた実験手法を提案し,重錘落下衝突による評価手法との比較検討を行う.

## 2. 実験の概要

供試体は擦過実験は早強ポルトランドセメントを使用し,水セメント比は60%と45%の2水準である.供試体は打設後21日間水中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.

擦過実験は図-1のように,100×90×1400の寸法で作成した供試体の上に重さ98.97kgで下面に山形の刃が取り付けられている重錘をのせ,それを供試体の軸方向に往復運動させた.刃の形状を写真-1に示す.1本の供試体につき往復回数を1000サイクルとした.重錘を駆動する電動シリンダにロードセルと変位計を取り付け,荷重と

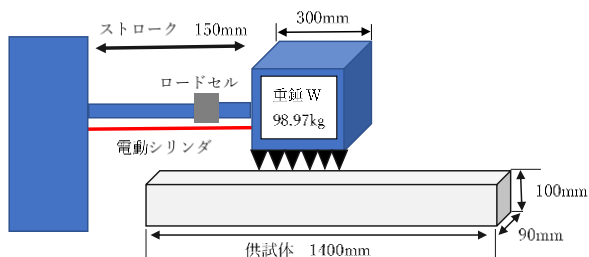


図-1 実験の概要



写真-1 擦過実験用重錘下面の刃

変位の時刻歴を計測した.この際供試体ごとに1,100,1000サイクルの往復運動時に計測を行い,この荷重-変位関係の軌跡を数値積分することで,1サイクルの往復で費したエネルギー(擦過サイクルエネルギー $E_s$ と定義)を算出した.図-2は往復1サイクルにおける荷重-変位関係の一例である.

図-3は擦過サイクルエネルギー $E_s$ と往復サイクルの関係である.凡例に示す供試体名の記号"S"の後の数字は水セメント比,記号"#のあとの数字は同一条件の供試体の通し番号である.擦過サイクルエネルギー $E_s$ は3往復計測した際の平均の値である.グラフから1往復あたりの擦過サイクルエネルギー $E_s$ は擦過回数によらずほぼ一定であることが分かる.損傷して削れた体積(擦過損失体積 $V_s$ と定義)の測定は,擦過されるコンクリート表面に10mm間隔で平行に線を引き,20mm間隔で線上の点の深さをノギスで測定したうえで数値積分の一手法

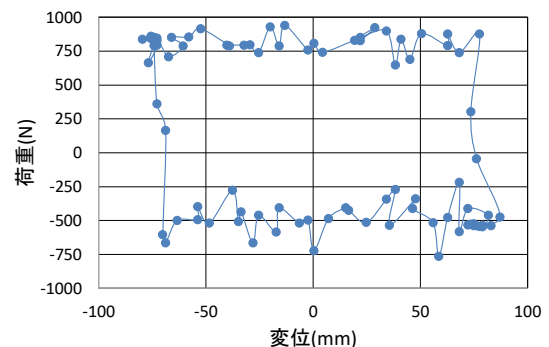


図-2 擦過実験 1 往復での変位と力の関係  
(S60#1 供試体 100 サイクル)

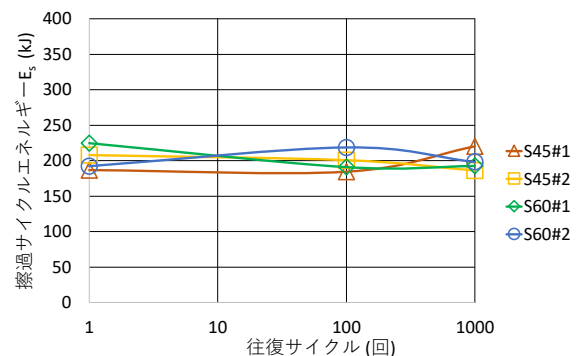


図-3 擦過サイクルエネルギー $E_s$ と往復サイクル

キーワード コンクリート, 衝撃繰り返し, 表面損傷

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

である点高法によって損失体積を算出した。

次に重錘落下衝突実験について説明する。図-4のように、300×300×300mm立方体の供試体に、高さ3.68mから重量10.57kgの重錘を落下衝突させた。供試体は前方に45°傾けており、重錘は45度傾いた斜面に衝突する。落下衝突の繰り返しは、所定の回数(100回または66回)行い、損傷して生じたクレータの体積を測定した。落下衝突による損失体積(落下衝突損失体積 $V_R$ と定義)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、点高法によって算出した。落下衝突での消費エネルギー(落下衝突エネルギー $E_R$ と定義)に関しては重錘質量と重力加速度と落下高さの積として求めた。

3. 実験結果

表-1は擦過実験の結果を、表-2は落下衝突実験の結果

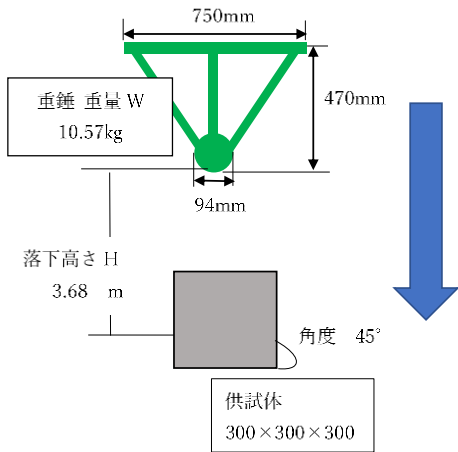


図-4 重錘落下衝突実験の概要

果をそれぞれまとめたものである。供試体の名前のSは擦過実験で、Rは落下衝突実験を表す。擦過実験での単位エネルギー損失体積 $\alpha_s$ は、水セメント比45%で60~70(mm<sup>3</sup>/J)、水セメント比60%で100(mm<sup>3</sup>/J)前後であり、水セメント比が大きくなると、値が小さくなっているが、同じ水セメント比の供試体での差は小さい(表-1)。一方、落下衝突実験での単位エネルギー損失体積 $\alpha_R$ は概ね3000~4000(mm<sup>3</sup>/J)の範囲に収まっており、水セメント比が大きいほうがやや小さくなる傾向を示している(表-2)。そこで、擦過実験での単位エネルギー損失体積 $\alpha_s$ を用いて落下衝突実験での損失体積を見積もることを目指し、 $\alpha_R$ 値を $\alpha_s$ 値で除した値を損失倍率Kと定義し、表-3に示す。損失倍率Kは水セメント比45%で59、水セメント比60%で29であった。様々な実験条件での損失倍率Kの値を集積することができれば、簡便な擦過実験で得られた損失体積から落下衝突による損失体積を推定することが可能になるといえる。

4. まとめ

- (1)擦過実験では水セメント比が大きいほうが単位エネルギーあたりの損失体積が大きくなる。
- (2)一方落下衝突実験では水セメント比に対して敏感でなく、単位エネルギー損失体積は3000~4000(mm<sup>3</sup>/kJ)であった。

表-3 損失倍率 K

| 水セメント比 (%) | 損失倍率K |
|------------|-------|
| 45         | 59    |
| 60         | 29    |

表-1 擦過実験の結果

| 供試体名称    | 水セメント比 (%) | 1000サイクル後の擦過損失体積 $V_S$ (mm <sup>3</sup> ) | 擦過1サイクルあたりのサイクルエネルギー $E_S$ (J) | 1000サイクル後の擦過サイクルエネルギー累積値 $E_{S1000}$ (kJ) | 単位エネルギーあたりの損失体積 $\alpha_s$ (mm <sup>3</sup> /kJ) |
|----------|------------|-------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| S 4 5 #1 | 45         | 12025                                     | 197.17                         | 197.17                                    | 60.99                                            |
| S 4 5 #2 | 45         | 13860                                     | 198.20                         | 198.20                                    | 69.93                                            |
| S 6 0 #1 | 60         | 22666                                     | 203.17                         | 203.17                                    | 111.56                                           |
| S 6 0 #2 | 60         | 19420                                     | 202.96                         | 202.96                                    | 95.68                                            |

表-2 落下衝突実験の結果

| 供試体名称    | 水セメント比 (%) | 繰り返し回数 (回) | 実験終了時の落下衝突損失体積 $V_R$ (mm <sup>3</sup> ) | 落下衝突1回での落下衝突エネルギー $E_R$ (J) | 繰り返し終了時の落下衝突エネルギー累積値 $E_{RA}$ (kJ) | 単位エネルギーあたりの損失体積 $\alpha_R$ (mm <sup>3</sup> /kJ) |
|----------|------------|------------|-----------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------|
| R 4 5 #1 | 45         | 100        | 140040                                  | 360.64                      | 36.06                              | 3883.10                                          |
| R 4 5 #2 | 45         | 66         | 79600                                   | 360.64                      | 23.80                              | 3344.22                                          |
| R 6 0 #1 | 60         | 100        | 112800                                  | 360.64                      | 36.06                              | 3127.77                                          |
| R 6 0 #2 | 60         | 100        | 104400                                  | 360.64                      | 36.06                              | 2894.85                                          |