

## 低速度の落錘衝撃模型実験における载荷条件の設定について

防衛大学校 学生員 喜多龍一郎  
 同 学生員 酒巻 勝  
 同 正 員 小暮 幹太  
 同 正 員 藤掛 一典

## 1. まえがき

衝撃実験は一部の実物大実験を除いて、寸法を縮尺した供試体に対する模型実験が行われる。衝撃では完全な相似則は成立しないと考えられているため<sup>1)</sup>、縮尺模型によって得られた実験データに基づいて直接実物の挙動を推定するよりも、模型実験を単に“一つの小さな実物”として、数値解析の対象や実験式の導出に用いることが多い。しかしながら、これは衝撃実験の有意義な利用のためには大きな制限を加えるものである。本報告は前年度の実験<sup>2)</sup>の反省を踏まえて、新たに寸法の異なる3種類のRCはりを作成し、低速度の落錘衝撃模型実験を行い、部材の応答から相似則の適用性と载荷条件の設定について考察した。

## 2. 相似則について

相似則を導くには、支配方程式を用いる方法や力の比を用いる方法などが考えられる。ここでは力の比によって相似則を導く。重錘の落下に対するRCはりの応答に影響する力として、慣性力 $F_i$ 、弾性変形に伴う力 $F_e$ 、自重による力 $F_w$ などが考えられる。相似則はこれら力の比から得られる $\pi$ ナンバー<sup>3)</sup>によって求めることができる。まず $\pi_1$ を慣性力と弾性変形に伴う力の比、 $\pi_2$ を慣性力と自重の比とする。ここで弾性変形に伴う力 $F_e$ は、弾性定数 $E$ 、動ひずみ $\epsilon$ 、および弾性応力の作用する面積 $A$ から、 $F_e = E \times \epsilon \times A$ と表せる。原型（実物）と模型の寸法（長さ）の比を $S$ とすると、 $\pi_1$ および $\pi_2$ から表-1のような関係が求められる。

表-1 相似関係

| 物理量   | 次元               | $\pi_1$ の場合 | $\pi_2$ の場合 |
|-------|------------------|-------------|-------------|
| 長さ    | L                | S           |             |
| 重量    | W                | $S^2$       |             |
| 時間    | T                | S           | $S^{1/2}$   |
| 速度    | LT <sup>-1</sup> | 1           | $S^{1/2}$   |
| 加速度   | LT <sup>-2</sup> | $S^{-1}$    | 1           |
| 応力    | WL <sup>-2</sup> | 1           |             |
| ひずみ   |                  | 1           |             |
| 力     | W                | $S^2$       |             |
| エネルギー | WL               | $S^3$       |             |

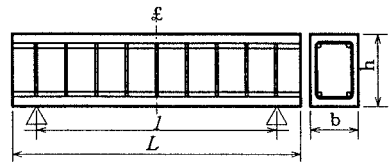


図-1 試験体の概要

表-2 試験体の諸元

| タイプ  | 相似比 | 試験体寸法(mm) |     |      |      | 使用鉄筋 |     | 有効高さ(mm) |
|------|-----|-----------|-----|------|------|------|-----|----------|
|      |     | b         | h   | I    | L    | 主鉄筋  | 番鉄筋 |          |
| S試験体 | 1   | 50        | 80  | 500  | 560  | D6   | φ6  | 79       |
| M試験体 | 1.5 | 75        | 120 | 750  | 840  | D10  | D6  | 119      |
| L試験体 | 2   | 100       | 160 | 1000 | 1120 | D13  | D9  | 158      |

引張鉄筋比：1.6% 鉄筋の規格：SD295A

## 3. 実験の概要

実験は落錘式衝突実験装置を用いた。試験体はスパン中央に重錘が衝突するように単純支持で設置した。図-1に試験体の概要を、表-2に試験体の諸元を示す。試験体はS試験体を基準として、断面、長さ等の比を1:1.5:2にした3種類の試験体を製作した。载荷条件は相似条件にしたがって表-3のように定めた。また試験体の製作には粗骨材の粒径を相似にすることが困難であったのでモルタルを使用した。

## 4. 実験結果および考察

相似則の適用性は実験で計測されたひずみ応答、加速度応答および破壊性状から判断される。ここでは、引張鉄筋のひ

表-3 载荷条件

| タイプ | 速度の相似     | 重錘重量(kgf) | 落下高さ(cm) |
|-----|-----------|-----------|----------|
| S   |           | 30        | 10       |
| M   | 1         | 67.5      | 10       |
|     | $S^{1/2}$ | 67.5      | 15       |
| L   | 1         | 120       | 10       |
|     | $S^{1/2}$ | 120       | 20       |

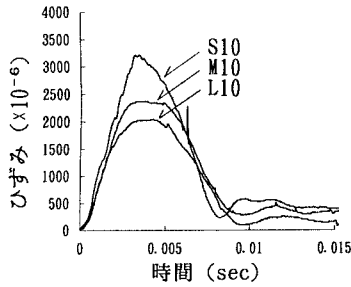


図-2  $\pi_1$ の荷条件によるひずみ応答

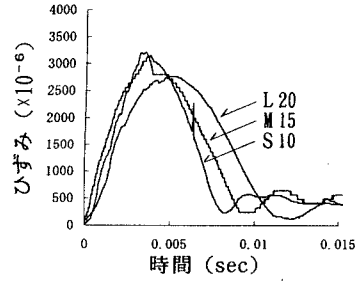


図-3  $\pi_2$ の荷条件によるひずみ応答

ずみ応答について検討する。表-1に示した相似則によれば、ひずみは無次元量であり、供試体寸法の比に関わらず応答値（例：最大ひずみ）が一定となる。また、時間軸（例：最大ひずみの到達時間）は $\pi_1$ 、 $\pi_2$ のそれぞれの相似則に従わなければならない。図-2および図-3にそれぞれの相似則に基づいて荷条件を決めた場合のひずみ～時間関係の一例を示す。図から、ひずみ最大値とひずみの立ち上がりから最大ひずみまでの到達時間に着目し、相似比との関係について整理すると、図-4および図-5のように表すことができる。相似則の適用性の可否は図中で示した理論線と実験値との相関関係より確認できる。図-4で、 $\pi_2$ より定まる荷条件で重錘を落下させると、応答値がほぼ理論線に近い値を示している。また、図-5より、 $\pi_1$ による荷条件では理論値と実験値に相関性は認められないが、 $\pi_2$ の場合は理論線に近い値をとることが認められる。よって本実験で扱った試験体および荷条件の範囲では衝撃応答から $\pi_2$ による相似則に従って荷条件を設定すれば、寸法の異なる試験体の応答を相似則から予測することができるものと考えられる。

## 5. まとめ

本報告はいわゆる相似則の確認実験<sup>2)</sup>の結果である。本実験の荷条件は衝突速度が2m/s程度の低速度の衝撃であり、衝突によってはには曲げ変形によるひびわれが確認される範囲である。したがって、この結果がより高速の衝突実験、例えば局所的な破壊が卓越するような荷条件などに適用できるものではない。しかしながら、才塚ら<sup>3)</sup>が指摘しているように、研究目的が実構造物の応答特性を定量的に考察する場合には、相似則を明確に適用させる必要があり、今後、より高速度の荷条件や異なった実験条件における相似則の適用性についても検討する必要があるものとする。

## 参考文献

- 1) 竹田仁一：落石等による衝撃問題に関するシンポジウム講演論文集，pp.151-156，1991.
- 2) 酒巻他：衝撃実験に用いる試験体寸法と相似則の適用，第49回年次学術講演会，pp.1560-1561，平成6年9月.
- 3) 江守一郎：模型実験の理論と応用—第二版—，技報堂出版，1988.
- 4) 才塚，伊藤他：土論No.507/I-30，pp.179-190，1995.1.

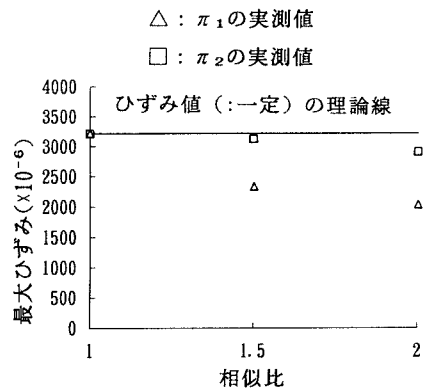


図-4 最大ひずみと相似比との関係

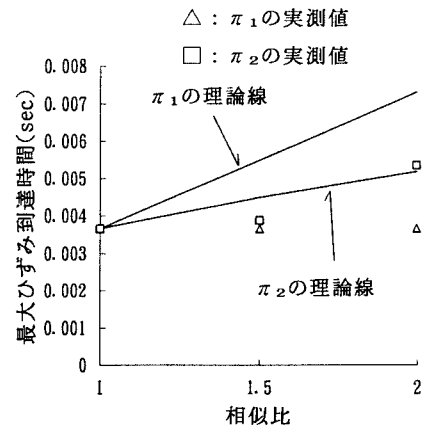


図-5 最大ひずみ到達時間と相似比との関係