東 海 大 学 大 学 院 学生会員 磯崎 佑
 ボーマクジャパン株式会社 正 会 員 木村 修一
 東 海 大 学 工 学 部 正 会 員 近藤 博

<u>1.はじめに</u>

構造物部材の動的強度を調べる衝撃実験が各機関で行われている。衝撃力の測定には、重錘にロードセルを設置す る方法や重錘に加速度計を設置する方法等が採用されている。

岸ら¹⁾は、前者の方法で、ロードセルの載荷部の曲率を小さくし、被衝突体との接触面積を大きくしたところ衝撃 荷重が大きくなったと報告している。また、大島ら²⁾は、後者の方法で、重錘の質量が同じ場合、底面積が2倍にな ると加速度も2倍になると報告している。すなわち、衝撃力は重錘の底面積の1乗に比例するとしている。しかし、 大島らの提案式は、重錘を剛体、地盤を長い弾性棒と仮定したときの衝突問題として検討したもので、推論に無理が あるようである。しかし、現在のところ、衝撃力に及ぼす衝突体と被衝突体の接触面積が、衝撃力に及ぼす影響に関 する詳細な研究はなされていないようである。

本研究は、被衝突体として接触面積の安定するゴム盤を採用して、重錘落下試験を行い、重錘底面積が衝突加速 度に及ぼす影響を調べた。さらに、重錘を質点、ゴム盤を半無限弾性体と仮定したばね質点系モデルで検討し、衝 撃力は、重錘と被衝突体との接触面積の約0.25乗、重錘重量の約0.5乗に比例することを示した。

<u>2.実験装置と方法</u>

(1) 重錘: **図-1** は重錘 A,B,C の概要を示したものである。重錘 A,B,C は重量約 15.4N と同一で、形状が衝突加速度に与える影響を調べるために 断面積比が 1:2:4 の関係になっている。この他に、重錘 A,B と底面積が同 一で、重量が 2 倍の重錘 A2,B2 も用いた。また、重錘の上端に圧電素子タ イプの加速度計を設置(以下、重錘システムと記す)した。

(2) 重錘システムの校正試験: **図-2**は、重錘システムの校正試験装置の概要を示したものである。長さ 1000mm、直径 25mm のスチール弾性棒

の上端から 100mm の位置に半導体ゲージを貼付したものを センサ棒と呼ぶことにする。ゴム製緩衝材を設置したセンサ 棒に、重錘システムを所定の高さから落下させ、センサ棒に 生じる応力と、重錘に生じる加速度を測定した。

(3) 重錘落下試験: **図-3**は、重錘落下試験装置の概要を 示したものである。スチール製の台の上に厚めのゴム盤を設 置し、所定の高さから重錘を落下させ、重錘形状等の違いが 加速度波形に与える影響について検討する。ゴム盤の厚さは、 校正試験から、重錘形状が出力値に影響しない緩衝材厚さ(ば ね係数)を求め決定した。

3.実験結果と検討

3.1 重錘システムの校正試験

(1)緩衝材無しでの出力波形の比較: **図-4**は、重錘Aを緩衝材無しのセンサ棒 に衝突させたときの出力波形である。図から、ひずみゲージから求めた荷重波形が理 論波形と一致していることがわかる。一方、加速度波形から求めた荷重波形はひずみ ゲージや理論値とは大きく異なっている。これから、重錘システムを用い、衝撃荷重

キーワード:加速度計、衝撃力、重錘、ばね質点系モデル 東海大学工学部土木工学科 〒259-1292 神奈川県平塚市北金目1117 TEL0463-58-1211



を測定する場合は、被衝突体の剛性を考慮する必要があることが推察される。

(2)緩衝材設置時の出力波形の比較: 図-5 は、重錘 A を用い、緩衝材厚さを変化 させて、校正試験を行ったときのセンサ棒から求まる荷重波形と加速度計から求めた荷 重波形を並べて示したものである。図から、緩衝材厚さが 2,3,6mm と変化すると、衝 撃荷重が小さくなり、荷重継続時間が大きくなることがわかる。しかし、波形形状は異 なるもののほぼ力積は一致した。また、緩衝材厚さが 2mm のときのものは、センサ棒 から求まる荷重値が大きくなることがわかる。これは、ひずみゲージに比較して加速度 計の周波数特性が落ちることに起因していると推測される。緩衝材厚さが 3mm のとき のものは、両者の荷重値が一致している。緩衝材厚さが 6mm のものは、加速度計から 求まる荷重値が大きくなった。これは、緩衝材のエネルギー吸収効果(厚さに比例)が 大きくなった影響と考えられる。また、重錘 B,C でも同様な傾向になった。よって、 重錘落下試験で衝撃荷重を計測する場合には、緩衝材厚さが 3mm の結果が得られるよ うな重錘システムに合った衝突場所のばね係数を知って利用する必要がある。

(3) 重錘形状と荷重波形: 図-6 は重錘 A,B,C を用いて、緩衝材厚さを 3,6mm と変 化させたときの加速度計から求めた荷重波形を並べて示したものである。図から緩衝材 厚さが 3mm 以上になると 3 種の重錘から得られる荷重波形は比較的一致し、重錘形状 の影響を受けないことがわかる。すなわち、衝突場所のばね係数が小さくなると、重錘 の形状を無視して衝撃荷重が測定できることになる。

3.2 重錘落下試験

(1)重錘重量と荷重波形: **図-7**は、重錘Aと重錘A2を用い、ゴム盤厚が50mmでの 荷重波形を並べて示したものである。図から重錘の重量が2倍になると、最大荷重は約 1.4倍になることがわかる。また、重錘Bと重錘B2でも同様な結果が得られた。大島ら ²⁾は、重錘底面積が同じで質量が2倍になると、加速度は1/2倍になると述べているが、 異なる結果が得られた。また、重錘A,B,Cを用いて、落下高さを100mmと200mmの二 段階で実験したところ、落下高さが2倍になると最大衝撃荷重は約1.4倍になった。 (2)重錘形状と荷重波形: **図-9**は、ゴム盤厚20mm、**図-10**は、ゴム盤厚50mm で重錘 A,B,C の三種を用いて実験したときの荷重波形を示したものである。図から、 最大荷重値は重錘の底面積と比例的関係にあることがわかる。そこで、最大荷重と重錘 底面積Sの関係をべき関数で回帰したところ、べき指数が約0.24になった。

この現象を、ゴム盤を半無限弾性体(ばね係数 k)と仮定し、ばね質点系モデルで検討すると、衝撃力は次式で求められる。 $F_{max} = ma_{max} = \sqrt{2 \cdot \frac{2\gamma E}{1-\nu^2} \cdot mgh}$ ここで、 $2\gamma E/(1-\nu^2)$ は重錘の半径を考慮したばね定数となる。



重錘A

ひずみゲージ 加速度計

2mm

よって、衝撃力は上式から、重錘半径の 0.5 乗、すなわち面積 S の 0.25 乗に比例する ことになる。実験結果はこの提案式の結果とほぼ一致した。

<u>4.まとめ</u>

センサ棒に重錘を衝突させる実験と被衝突体としてゴム盤を採用した重錘落下試験 により、以下のことが明らかになった。 1) センサ棒に緩衝材を設置した衝突実験に より、重錘システムの利用できる被衝突箇所のばね係数を推定できる。また、本方法は

衝撃試験に利用する加速度計の校正法に利用できる 2) 落体の衝撃力は、重錘と被衝突体の接触面積の 0.25 乗、 重錘重量の 0.5 乗に比例することが明らかになった。

参考文献

- 1) 岸徳光、大野友則、三上浩、安藤智啓:重錘落下衝撃実験における境界条件の相違が鉄筋コンクリート梁の衝撃挙動に及ぼす影響、土木学 会論文集、No.731/ -63, pp.299-316, 2003.4
- 2) 大島昭彦、高田直俊: 重錘落下締固めにおける地盤への重錘貫入と衝撃力、土木学会論文集、No.487/ -26, pp.61-67, 1994.3