

動的ロードセルの周波数特性

東海大学大学院 学生会員 ○木村 修一
 建設省首都国道工事事務所 正会員 浦丸 剛
 東海大学工学部 正会員 近藤 博

1. はじめに

荷重測定多くのロードセルが利用されている。ロードセルは、弾性体に接着されたひずみゲージの抵抗変化により荷重を測定するものが一般的である。通常の荷重測定においては、荷重の作用点と測定点が離れていても、ほとんどの場合には準静的平衡状態にあり、問題が生じない。しかし、動的荷重が加わる場合には、荷重作用点とゲージ貼付位置の間にある媒質は動的に挙動し、荷重測定システム内部での応力波の反射や透過が問題となってくる。現状では、ロードセルを動的に利用する場合でも、静的な校正値をそのまま利用し、ロードセルの動的応答特性にはほとんど関心が払われていないようである。

本報告はロードセルを荷重測定に利用する場合の動的応答特性及び、設置条件等による影響を、重複反射理論を用いて、検討を試みたものである。

2. 供試ロードセルと入射パルス

供試ロードセル 図-1 は岸¹⁾が開発した動土圧測定用ロードセルの寸法等を参考にして決めた供試ロードセルの形状を示したものである。供試ロードセルの寸法は全高 55mm、載荷部と台座部の高さ 5mm、載荷部と受感部の面積比 1/5 となっている。ロードセルの固有振動数は一般に式(1)を適用して求めている。今回検討した供試ロードセルの固有振動数を計算したところ約 24kHz となった。

$$f = 1/2\pi \cdot \sqrt{k/m} \quad (1)$$

ここに、 f =固有振動数 k =バネ定数 m =振動体の質量

入射パルス 図-2 は、ロードセルのシュミレーションに利用した入射パルスを示したものである。矩形パルスは、主にロードセルの立ち上がりの応答性能を検討するために用いたもので、大きさが 1、パルス長は 5、30、100、500 μsec の 4 種を用いた。正弦波パルスは、ロードセルの周波数特性を検討するために用いたもので、振幅 2、周波数を 0.5k、1k、2k、5k、8k、10k、20kHz での 7 種を用いた。

3. 解析結果と検討

図-3 は、ロードセルの立ち上がり応答性能をみるために、境界条件を無反射とし、矩形パルスを入射したときの受感部中央での応答の様子を示したものである。

なお、荷重比は(ロードセルに動的に入射したときの出力値(振幅値))/(ロードセルに静的に入射したときの出力値(振幅値))として定義した。パルス長 5 μsec のときの応答は最初に荷重比約 0.3 を示し、後は指数関数的に下がっていく。パルス長 30 μsec の場合約 0.81 まで上昇し、同様に下がっていく。パルス長 100

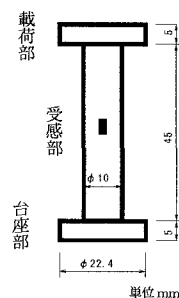
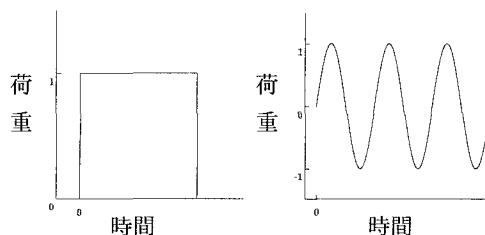


図-1 供試ロードセル



(a)矩形パルス (b)正弦波パルス

図-2 入射パルス

キーワード：ロードセル、衝撃荷重、測定

連絡先：〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 1117 TEL・FAX 0463-50-2169

μsec で0.99を示し、パルス長 $150\mu\text{sec}$ になるとほぼ1になる。パルス長 $100\mu\text{sec}$ 程度で大きさ約1に到達するが、入射されるパルスの形状とはだいぶ異なる応答形状になる。立ち上がり部分のステップ状の応力は式(2)で表される。

$$\sigma_n = \frac{1-\alpha}{1+\alpha} \{1 - (-\alpha)^n\} \sigma_i \quad \alpha = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

$$Z = AE/c \quad (2)$$

ここに、 A ：断面積、 E ：縦弾性係数、 c ：波の伝播速度、 Z ：インピーダンス、 α ：反射係数、 σ_i ：載荷部へ入力される応力、 σ_n ：受感部の応力、 n ：受感部を波頭が往復する回数

式(2)から、ロードセルの感度を上げるために受感部を細くすると、応答性能が悪くなる。受感部の長さを短くすると応答性能は良くなるが、製作上で問題が生じるものと思われる。

図-4 は、周波数特性を検討するために、正弦波パルスを入射したときの応答を示したものである。定常域での荷重比は 0.5kHz 、 1kHz でほぼ1を示すが、 2kHz では0.96、 10kHz では約0.6程度の値を示すことが分かる。図-5 は周波数と荷重比の関係を示したものである。 24kHz の固有振動数を持つロードセルが約 2kHz の周波数応答性能しか持たないことが分かる。これは理想状態での結果なので、実際はより周波数特性は落ちると考えられる。

図-6 は、ロードセルの境界条件による影響について検討したものである。
①両端を無反射、②ロードセルはしっかりした場所、すなわち、インピーダンスの大きな場所に設置されているとして下端全反射、③・④載荷状態の影響を考え、上端に-0.5と0.5の反射の4種類に、パルス長 $500\mu\text{sec}$ の矩形パルスを入射したときの計算結果を示したものである。①と②を比べると、下端全反射の場合は両端無反射に比べ荷重比、立ち上がりの時間が2倍になっている。上端に0.5の反射がある場合、すなわち、インピーダンスが3倍のものが作用した場合、荷重比が約4と大きくなり、応答形状もだいぶ変化することが分かる。立ち上がりの部分に注目すると、上部の反射係数が大きくなると立ち上がりが遅れることも分かる。

4.まとめ

本研究で得られた結果を以下に示す。

- (1)動的荷重測定用ロードセルの備えるべき条件、固有振動数（周波数特性）が高く、かつ荷重感度がよいという2つのことは両立しないことが確認できた。
- (2)ロードセルの周波数特性は固有振動数と比較し、非常に小さくなる。
- (3)ロードセルの設置条件等が動的荷重測定に与える影響が非常に大きいことが明らかになった。

参考文献

- 1)岸 徳光, 村岡 健一, 中野 修, 後藤 雪夫：衝撃荷重載荷用ロードセルの試作, 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, pp115～118, 1991.

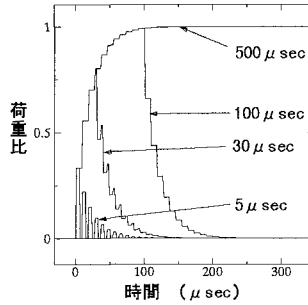


図-3 出力波形

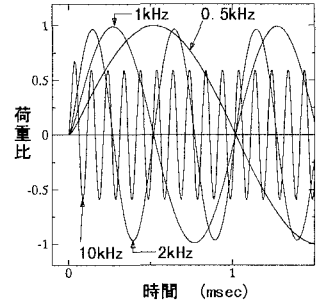


図-4 出力波形

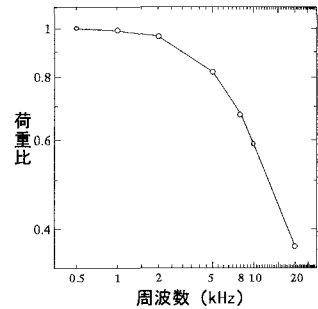
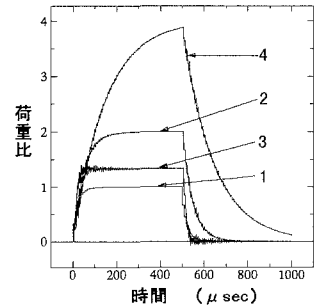


図-5 周波数-荷重比関係



番号	上部	下部
①	無反射	無反射
②	無反射	全反射
③	$\alpha = -0.5$	全反射
④	$\alpha = 0.5$	全反射

図-6 出力波形