

構造・土質 4 (I 型梁の曲げ载荷実験) 振動実験に基づく鋼の弾性係数の推定

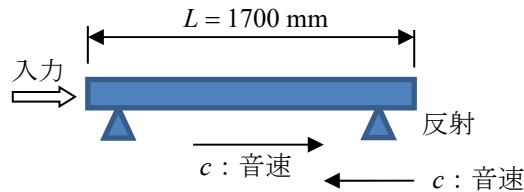
理論の整理

物質中を伝わる縦波の伝搬速度を音速と呼ぶ。空気中の音速は 340m/s, 水中は 1500m/s, そして鋼は 5000~5500m/s が目安になる。1次元棒を伝わる音速は, 密度と弾性係数の比の平方根として理論的に得られる(媒質中を伝わる縦波の伝播速度であり, 地震波等も理論的背景は同一なため, 同様の関係式である)。

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (1)$$

ここに, c は音速, ρ は密度, E は弾性係数である。

下図において, 長さ L の I 型梁の端部から加振して, 他方の端部に反射して戻って来るまでの往復時間は次式で与えられる。



$$T = \frac{2L}{c} \quad (2)$$

入力波の周期が T と一致するとき, 物体に大きな揺れが生じる現象を共振と呼ぶ。そのときの T を固有周期と呼び, その逆数 f を共振周波数あるいは固有振動数と呼ぶ。共振周波数 f は 1 秒間に揺れる回数である。

$$f = \frac{1}{T} = \frac{c}{2L} = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (3)$$

以上より, T あるいは f を計測すれば音速 c が分かる。本実験では, 加振器を使って I 型梁を共振させ, 共振周波数 f の測定値から鋼の音速 c と弾性係数 E を求める*。

※ 鋼構造の設計では, 一般に, 弾性係数 $2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ を仮定する。

実験手順

- (1) I 型梁の質量を測る(密度 ρ を求めるため)。
- (2) I 型梁の長さを測る(距離 L を求めるため)。
- (3) 断面の寸法をノギスで測る(密度 ρ を求めるため)。
- (4) 加振器を使って I 型梁の共振曲線を測る(共振周波数 f を求めるため)。

レポートの内容

必ず、I型梁の曲げ载荷実験の内容と合わせて1つのレポートにして、材料力学研究室前に提出すること。

必須事項

- (1) I型鋼の断面寸法，全長，質量を示せ。
- (2) I型鋼の共振曲線（周波数と応答加速度の関係）の図を描け．振動実験のデータは下記のweb上に掲載する。

http://www.mm.civil.tohoku.ac.jp/2019_experiment_No.4/a.html

- (3) 上記(2)の図から3回分の共振周波数を求めて，その平均値を求めよ。
- (4) 断面寸法，全長，質量の計測結果に基づいて，鋼の音速，密度，そして弾性係数を求めよ。

応用事項

- (5) 1次元棒の音速の理論式(1)の導出過程を示せ。

実験メモ（レポート作成に必要な情報）

- ・ I型梁の長さ（全長）： _____ mm
- ・ 断面高： _____ mm, フランジ幅（全断面幅） _____ mm
- ・ フランジ厚： _____ mm, ウェブ厚： _____ mm
- ・ I型梁の質量： _____ kg