ハンドル式簡易材料試験機によるモルタルの圧縮試験

大同大学　正会員　○木全 博聖　　名城大学　正会員　小塩 達也

１．はじめに

土木系教育プログラムの構造・材料系科目において，材料の応力－ひずみ関係は，基本的かつ重要な概念である。いちど理解した者には，特に一軸の応力－ひずみ関係などは取るに足らないものに感じるかもしれないが，初学者である学生にとって，その理解は意外と容易ではない。特に「応力」「ひずみ」という目に見えない物理量の概念を理解できない学生は多く，それが当該分野科目の理解や関心を弱める要因となっている。

学生たちは，実験系科目（学生実験）においてコンクリートや鋼の応力－ひずみ関係を実測することが多い。一般に，実験室に設置された従来型の大型万能材料試験機を用いて試験は行われるが，試験機の操作には一定の習熟が必要であり，また危険も伴うため，学生の代わりに教員や補助員が試験機を操作してしまうことが多い。そのため，本来は「参加者」としなければならない学生を，実際には「見学者」「傍観者」とさせてしまっている場合もある。また，荷重や変位は人間が感覚的に捉えることができる物理量であるが，従来型の万能材料試験機では操作者がそれらを知覚することは難しい。このことも，学生実験が大掛かりに実施されるにもかかわらず，十分な教育効果を得ることができない要因となっている。

著者らは，実験室ではなく，教室環境において学生が自ら操作し，材料に作用・発生する荷重や変形を知覚し，破壊性状を実感できる，低コストな簡易材料試験機を開発している[1)]。過去には鋼の引張試験を行って試験機の性能を評価したが，本研究ではモルタルコンクリートの圧縮試験を実施して応力－ひずみ関係を求め，試験機の性能と期待される教育効果について考察した。

写真-1　ハンドル式簡易材料試験機

２．ハンドル式簡易材料試験機の概要

ハンドル式簡易材料試験機（以下「本試験機」と称す）の外観および概要を，**写真-1** および**図-1** に示す。アルミブロックを加工した高さ 50mm，幅 80mm，長さ 260mm のフレームの中心にシャフト（M10 全ねじボルト）を通す。スピンドルを介して取り付けた自動車用ハンドルを時計方向に回転させると，シャフトがホルダーを引き上げ，試験体に引張力が作用する。逆にハンドルを反時計方向に回すと，試験体には圧縮力が作用する。複雑な装置を用いず，ねじを倍力装置としている点に本試験機の機構的な特徴がある。ハンドルの操作力は試験体への作用荷重に比例し，ハンドルの操作角は作用変位に比例するため，ハンドルの回転角や手のひらの感覚（作用荷重の大きさの感覚）から，材料が変形する状況を操作者にフィードバックすることができる。

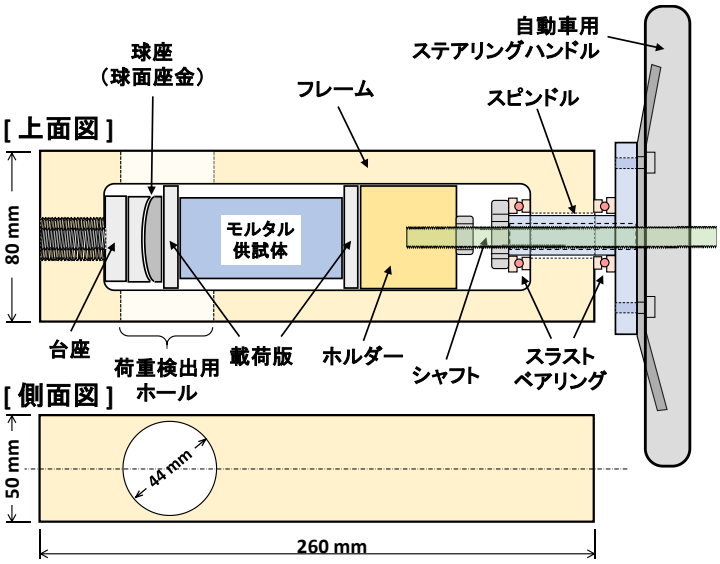

図-1　ハンドル式簡易材料試験機の概要

試験体に作用する荷重の大きさは，その反

キーワード　ハンドル式簡易材料試験機，学生実験，教育効果，体感，応力－ひずみ関係，コンクリート
連絡先　〒457-8532　愛知県名古屋市南区白水町 40 大同大学工学部土木・環境専攻　TEL: 052-612-5571

© Japan Society of Civil Engineers

作用により発生するフレームのひずみから算出する。**図-2** に示すように，フレーム側面に設けた荷重検出用ホールの内側にブリッジ構成した 4 枚のひずみゲージを貼り付け，この部位のひずみと作用荷重の関係を事前にキャリブレーションする。**図-3** はその結果であるが，試験体への作用荷重とフレームに生じるひずみの相関性が，極めて高いことがわかる。

３．モルタルの応力ーひずみ関係

今回は, W/C=0.65, S/C＝3.0 のモルタルを用いて, 直径約 30mm, 高さ約 60mm の円柱供試体を作成し，材齢 3 日に圧縮試験を実施した。貧配合・弱材齢のモルタルを採用したのは，材料の強度を抑えるためである。高強度の場合，コンクリート材料は脆性的な破壊傾向を強めるため，応力ーひずみ関係は直線的となり，かつ塑性域のひずみが計測できないことが多い。しかし強度が小さい場合の応力ーひずみ関係は，コンクリート工学系の教科書に掲載されているような，典型的な非線形性を示すことが多い。

モルタル円柱供試体を, **写真-2** のように設置して圧縮試験を行った結果，**図-4** のような応力ーひずみ関係が得られた。実線で示された曲線は，大型の万能材料試験機（最大容量 1000kN）を用いて求めた応力ーひずみ関係であるが，本試験機で求めた曲線とほぼ一致していることがわかる。ピーク時の応力とひずみに若干の差異が生じているが，これは万能材料試験機を用いて測定した時のモルタルの材齢が，本試験機で測定した時よりも 18 時間程度少なかったことも影響していると考えられる。

載荷時のハンドルの回転角および手のひらの感覚で作用荷重や変位を知覚できる点は，本試験機の最大の特徴であるが，今回の実験では弾性域のみならず，モルタルの剛性が低下した非線形領域においても，操作感覚としてうまくフィードバックされた。特に応力（荷重）とひずみの関係をコンピュータディスプレイ上にリアルタイムに表示させ，それを見ながらハンドルを操作することにより，より敏感に材料の剛性変化を感じることができた。

４．まとめ

本試験機で圧縮試験を行う際には，通常の 10 分の 3 スケールの円柱供試体を用いるため，粗骨材を使用するコンクリートを採用することはできない。今後は, 骨材の寸法も試験体と同じ 10 分の 3 スケールとした「マイクロコンクリート」を作成し，教室内で実施するミニ実験の臨場感を引き出したいと考えている。

また，モルタルに発生するひずみは，今回は供試体に貼り付けたひずみゲージで計測したが，変位計を用いてひずみを算出することができるように，試験機に改良を加えてゆく予定である。

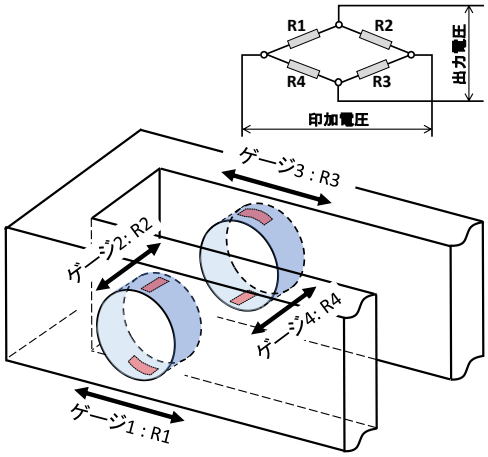

図-2　荷重測定用ひずみ検出部の構成

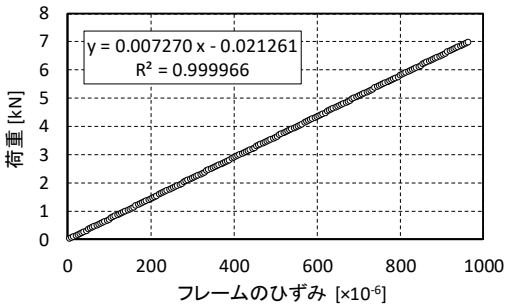

図-3　荷重のキャリブレーション結果

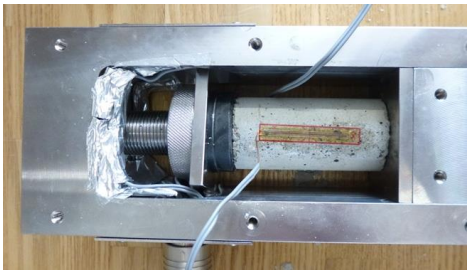

写真-2　モルタル供試体の設置状況

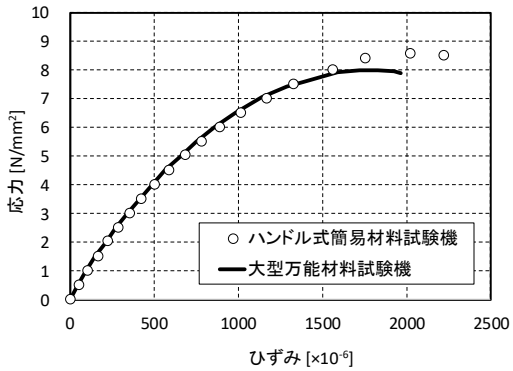

図-4　モルタルの応力ーひずみ関係

参考文献

1)　小塩達也，木全博聖：ねじを倍力装置とした教育用簡易材料試験装置の試作，平成 30 年度土木学会中部支部研究発表会概要集，2019 年 3 月

© Japan Society of Civil Engineers