

日本大学 学生員 ○立山 秀紀
 日本大学 正 員 澤野 利章
 日本大学 正 員 木田 哲量
 日本大学 正 員 阿部 忠

1. はじめに 本研究では、構造物を構成する材料の応力-ひずみ関係を非線形材料の破壊までの状態をよく表現できる構成方程式としてDuffing 型の応力-ひずみ理論式を提案し、それを検討する。特に、Duffing 型の応力-ひずみ関係を有する非線形材料について、実材料強度試験を行って検討した。

2. Duffing 型応力-ひずみ関係 非線形な力学特性を有する構造材料に外力が作用した場合の応力 σ とひずみ ε の関係は $\sigma = f(\varepsilon)$ なる連続関数として表わすことができる。ここで、ひずみ ε は微小変形であると仮定すると、 $\sigma = f(\varepsilon)$ をマクローリン展開し、さらに構成材料の初期接線弾性係数を E 、最大応力発生時のひずみ値を ε_0 として整理すれば、式(1)で表すことができる。

$$\sigma = E \left(\varepsilon - \frac{\varepsilon^3}{3\varepsilon_0^2} \right) \quad (1)$$

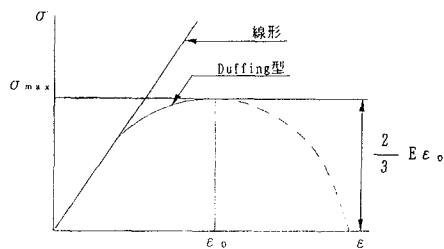


図-1 応力-ひずみ関係

ここで、式(1)がDuffingの振動方程式の復元力の関係と同様に3次の奇数べきで表せることにより、これをDuffing型応力-ひずみ関係と称した。

3. 材料強度試験 本研究においては、モルタルがDuffing型応力-ひずみ関係を有する材料であると予想し、単純圧縮試験によりDuffing型応力-ひずみ関係を有する材料であるかを調査することとした。供試体はJIS R 5201に基づき作製した直径50mm、高さ100mmの円柱である。また、単純圧縮試験方法はJIS A 1108に基づき行うこととした。

3-1. 供試体製作 モルタルの配合は質量比で普通ポルトランドセメント：標準砂は2:1、水セメント比は0.65とし、養生は4週間(打設後れる前24時間霧室にて養生)の水中養生を標準として、その他に比較のために3日、7日養生の3種類の供試体をそれぞれ5本作製し単純圧縮試験を行った。

3-2. 単純圧縮試験 圧縮試験機は載荷容量100 tのアムスラ型万能試験機を使用し、次に示す手順で行った。

- ① 供試体の高さの中央で、互いに直交する2方向の直径を0.1mmまで測定し、図-2のように側面に2枚左右対称になるようにひずみゲージを貼る。
- ② 供試体に衝撃を与えないように一様な速度で荷重を加える。荷重を加える載荷速度は圧縮応力の増加が毎秒2~3 kg/cm²になるようにする。
- ③ 供試体が破壊するまで荷重およびひずみを計測する。

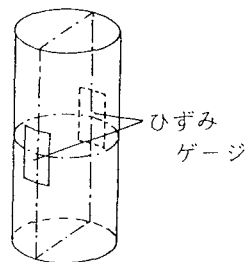


図-2 供試体

- ④ 圧縮応力 σ は荷重 P (kgf) を載荷前の最小断面積 A (cm^2) で除し, $\sigma = P / A$

(kgf/cm^2) として求める。求められた応力を縦軸, 載荷荷重に対するひずみ ε 値を横軸にプロットし応力-ひずみ曲線を描く。そして最小二乗法により整理し, Duffing 型応力-ひずみ関係において必要なパラメータ E, ε_0 を得ることとした。ここで, E は圧縮初期接線弾性係数と定義できるので, 圧縮応力-ひずみ曲線の始めの接線勾配とする。すなわち, 次式によって求める。

$$E = \frac{d\sigma}{d\varepsilon} \quad \varepsilon = 0 \quad (2)$$

4. 実験結果および考察

図-3 は養生28日, 水セメント比0.65のモルタル供試体のDuffing 型応力-ひずみ曲線に対する適合の検証でありモルタルの単純圧縮試験による結果を最小二乗法によって整理した試験値と理論値とするDuffing 型応力-ひずみ関係では多少差異はあるものの, よく一致する結果が得られた。また, 試験値と理論値の相関係数は0.989 となり, 試験結果の信頼性は高いと考えられる。したがって, モルタルはDuffing 型応力-ひずみ関係を有する材料であることが分かった。しかしセメントを使用する供試体については, 養生日数に強度が大きく依存することから, それぞれについてDuffing 型応力-ひずみ関係に関する適合性を考慮した。図-4 に示すとおり, 3日, 7日, 28日と供試体の強度は大きくなるが養生日数の変化にかかわらず, どの供試体もDuffing 型応力-ひずみ関係の理論値と実験値はほぼ一致する結果が得られた。本実験の範囲内では養生日数による強度の変化にかかわらずモルタルはDuffing 型応力-ひずみ関係を有する材料であることが検証された。

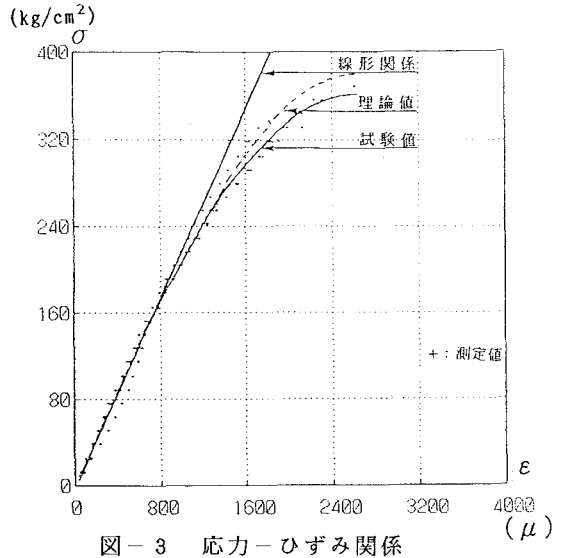


図-3 応力-ひずみ関係

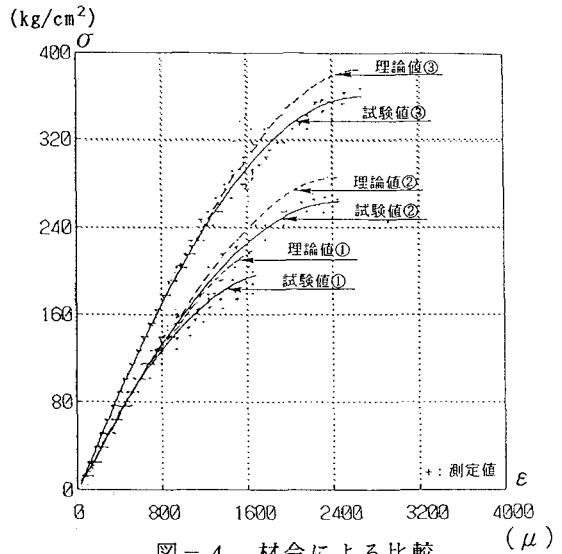


図-4 材令による比較

注)

- ① 養生3日の供試体

$$E = 1.69 \times 10^5 (\text{kgf}/\text{cm}^2), \varepsilon_0 = 0.0016$$

- ② 養生7日の供試体

$$E = 1.74 \times 10^5 (\text{kgf}/\text{cm}^2), \varepsilon_0 = 0.0024$$

- ③ 養生28日の供試体

$$E = 2.18 \times 10^5 (\text{kgf}/\text{cm}^2), \varepsilon_0 = 0.0026$$