

I - 69

Duffing型応力－ひずみ関係を有する材料に関する研究

日本大学 学生員 ○近藤 崇
 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 能町 純雄

1. はじめに

単純圧縮試験によって非線形性材料の最大応力発生時までの応力－ひずみ関係が Duffing型の応力－ひずみ理論式によって表現できるという結果が得られた。しかし、単純圧縮試験では最大応力が発生した後に供試体の破壊が瞬時に起こり、それ以降の応力－ひずみ関係を得ることができなかった。そこで、本研究では最大応力発生以降の塑性領域における応力－ひずみ関係を計測して Duffing型応力－ひずみ理論式の適合性を検討する。

2. Duffing型応力－ひずみ関係

非線形な力学特性を有する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。

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

ここで、式(1)は 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ので、これを Duffing型応力－ひずみ関係と称している。

3. 材料強度試験

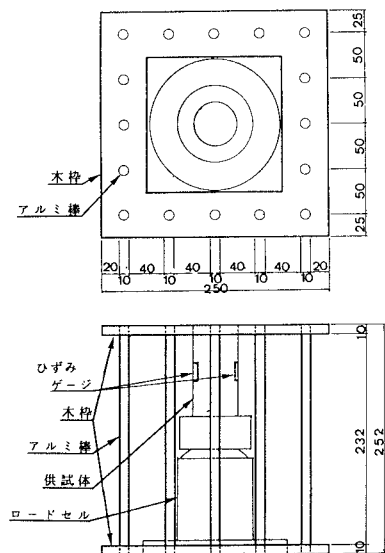
本研究においては、モルタルが最大応力発生後の急激な破壊を制御して、最大応力発生時以降の塑性領域における Duffing型応力－ひずみ理論に必要な応力－ひずみ関係を測定する。

3-1 供試体

供試体はJIS R 5201に基づき作製した $\phi 50\text{mm} \times H100\text{mm}$ の円柱を用いた。モルタルの配合は質量比で普通ポルトランドセメントと標準砂は1:2、水セメント比0.65、養生日数は3日間（霧室中24時間、水中2日間）、1バッチ5本を標準とし作製した。

3-2 圧縮試験装置

荷重载荷は载荷容量100tのアムスラー型万能試験機により荷重制御により行った。破壊緩和装置は、 $250 \times 250\text{mm}$ の木材内部を $200 \times 200\text{mm}$ でくりぬいて枠状にしたものに、50mm間隔で $\phi 10\text{mm}$ の穴をあけて、 $\phi 10\text{mm} \times H252\text{mm}$ のアルミ棒を配置した籠状のものである。この中央のくりぬき部分の中央に許容荷重 50tのロードセル、球座、供試体を設置する。この装置のアルミ棒が供試体の最大応力発生後の急激な破壊による荷重増加を防ぐために試験機からの荷重を負担することになる。したがって、これに耐え得るように座屈計算および本数を変化させた実験より本数を決定した。



図－1 破壊緩和装置

3-3 圧縮試験方法

万能試験機加圧板間に図-1に示す破壊緩和装置を挿入し、荷重載荷させた。

- ①供試体に高さの中央で、互いに直交する方向の直径を0.1mmまで測定し、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与える。荷重を与える速度は圧縮応力の増加が毎秒0.01~0.02kg/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。
- ④圧縮応力 σ は荷重P(kgf)を載荷前の最小断面積A(cm²)で除し、 $\sigma = P/A$ (kgf/cm²)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値を横軸にプロットして応力-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ー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-ひずみ曲線の初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. 結果および考察

図-2は、同一条件で作製したモルタル供試体をJIS A 1108に基づき行った単純圧縮試験より得られた結果である¹⁾。図-3は、今回の方法によって行った実験結果である。今回の実験では、最大応力より約10%応力が減少した箇所までの測定が可能であった。ここで、実験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-ひずみ曲線の関係は多少誤差はあるが線形理論値と比較すると、かなり再現性に富んだ相似な関係であることわかる。図-2, 3を比較すると、最大応力発生時までの応力とひずみは同様の値を示していて載加速度による影響は見られない。また、図-3において、試験値と理論値の相関係数は0.998となっているので、試験結果の信頼性は高いと考えられる。よって、図-1に示す破壊緩和装置を用いて行った今回の実験から、養生日数3日間、水セメント比0.65のモルタル供試体の初期の塑性域における応力-ひずみ関係においても、Duffing型応力-ひずみ曲線により表現できることが確認できた。

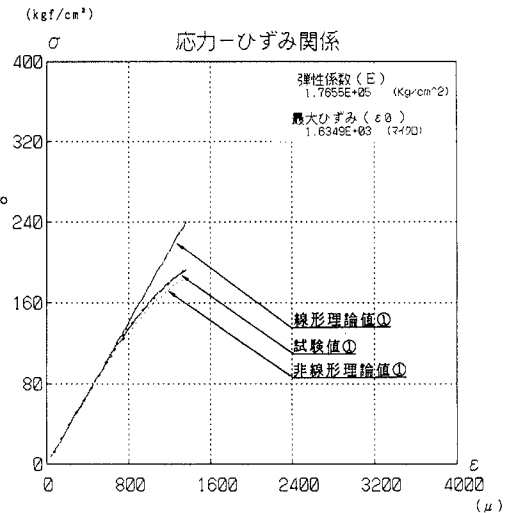


図-2 単純圧縮試験による結果

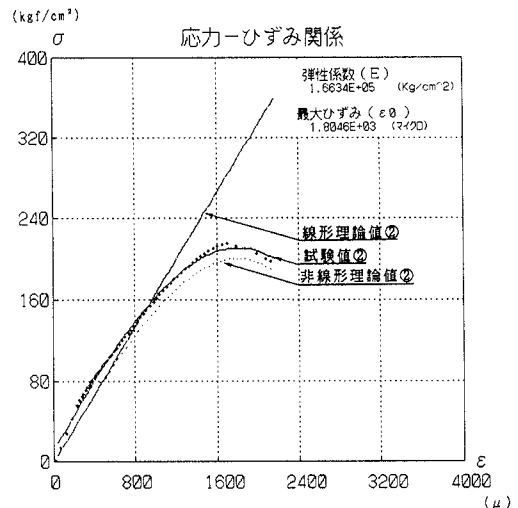


図-3 破壊緩和装置を用いた結果

参考文献 1) 立山 秀紀, 澤野 利章, 木田 哲量, 阿部 忠: Duffing型応力-ひずみ関係を有する材料に関する研究, 土木学会第49回年次講演会概要集(平成6年9月)