

柱状並列モデルによる脆性材料の圧縮破壊実験と考察

日本大学工学部 正員 田野久貴
同 学生員 ○ 城田政次
同 学生員 育藤 貴

1. 緒言

石膏・岩石等のような脆性材料の一軸圧縮試験において、破壊開始応力と最大耐荷応力との間に差が存在する事が知られ、種々の実験及び研究等がなされている。

本文は、石膏を用いて製作した柱状試験片と、それらの柱状試験片100本よりなる柱状並列モデルの一軸圧縮試験を行ない、構成要素の強度分布と柱状並列モデルの強度との関係について 考察を行なうものである。

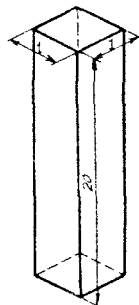


図-1 柱状試験片 (単位 cm)

2. 実験方法

図-1に示すような1cm×1cm×20cmに成型した柱状試験片(以下 要素という)を用いて 一軸圧縮試験を行なう。さらに 要素100本よりなる柱状並列モデル(図-2)を製作し 同様の試験を行なう

また 比較のために 柱状並列モデルと同寸法の標準供試体(図-3)を製作し、一軸圧縮試験を行なった。

なお 供試体諸元については、表-1に示す。

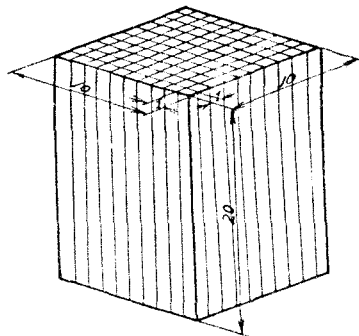


図-2 柱状並列モデル (単位 cm)

3. 実験結果及び考察

実験結果を表-2に示す。この表より 要素の破壊強度と柱状並列モデルの破壊強度とに、かなりの差がみられる。柱状並列モデルの破壊機構等については、先に報告²⁾がなされており、ここでは 構成要素の強度分布と柱状並列モデルの強度との関係より、さらに若干の考察を加え検討する。

柱状並列モデルを構成する要素の強度分布は、図-4に示すとおりほぼ正規分布をなしている。荷重速度を一に保ち、応力を増加させてゆくと、強度の最も低い要素より破壊が生ずる。このことより、荷重を受けもつ有効面積は、破壊要素面積分だけ減少することになり、残留要素に加わる実質応力は、この点で急激な増加(以下 ジャンプという)を示し、応力速度も増加する。このような破壊機構を仮定し、実質許容応力: σ_r を式で表わすと

$$\sigma_r = \sum_{i=1}^n \sigma_{ri} \cdot (dt_i) + \sum_{i=1}^n (\Delta \sigma_{ri-1}) \quad (1)$$

諸元	種類	柱状並列モデル	要素供試体	標準供試体
寸法 (cm)		10×10×20	1×1×20	10×10×20
乾燥量 (%)		25	25	25
養生 (時間)		72	72	72
石膏に水との重量比		1 : 0.6	1 : 0.6	1 : 0.6

表-1 寸法 諸元

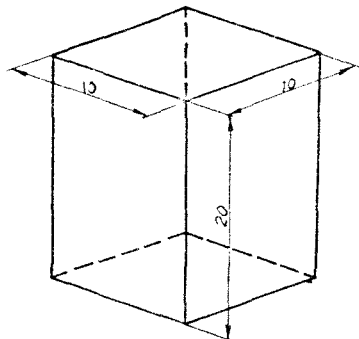


図-3 標準供試体 (単位 cm)

σ_r : 実質部の変位速度 Δt : 時間 $\Delta \sigma_r$: ジャンプ量
となり (1) 式で $\sigma_r = 0$ となった時に 柱状並列
モデルが 全体破壊すると思われる。この事より
図-4 に示すヒストグラムの各階級における中間値
を代表値として (1) 式に代入した結果 柱状並
列モデルの推定破壊荷重は 表-3 に示す値をえた。

さうにこの計算から $\sigma_r = 0$ に達する点は 要素6本が破
壊したのう さうに応力が増加し 次の要素が破壊する瞬間
であることをえた。このことは、要素の強度分布を 正規分
布と仮定した場合 その分布が与える影響が 柱状並列モデ
ルにおける最大耐荷力に対して 極めて大きいとの報告²⁾を裏
付けている。

また 実験結果と計算結果とが かなり近似した値を示し
ており(表-3を参照) 柱状並列モデルの破壊機構が 先
の仮定とよく適合しているように思われる。

また 柱状並列モデルが 一般に実験されている
形状の標準試体と どのような差異を生じている
かを検討すると 表-2 に示すように 柱状並列モ
デルの強度が 標準試体の強度に比較して高い値
を示している事がわかる。このことについては 次
のような理由が考えられる。すなわち、柱状並列モデルにおいては、個々の要素が互いに横方向への変形と拘束
し合う事により、ヤング係数を高めていると考えられる。このことにより、柱状並列モデルの強度が 標準試
体に比較して 高い値を示すと考えられる。

4. 結言

以上 柱状並列モデルと要素との関係より 要素の強度分布が 柱状並列モデルの強度に与える影響が極めて
大きく、また 破壊機構についても 低強度要素より順次破壊を起し 破壊要素の応力が 残留要素に再配分す
ることが全体破壊に至るという仮定を裏付けた。しかし この考察は 要素の強度分布を 正規分布と仮定し
ており、他の分布に対する検討がなされておらず、このことについて 実験及び検討を加えたいと考えている。

また、この破壊機構が 脆性材料全般に通用できるかは、なお 多くの不明な点が残っており、このことにつ
いても 実験及び検討を加えたいと考えている。

種 類	柱状並列モデル	要素試体	標準試体
最大耐荷力(N)	123.6	153.0	106.0
破壊偏差(N)	14.22	18.3	22.45
ヤング係数(N/mm ²)	4.90×10^4		3.22×10^4

表-2 実験結果

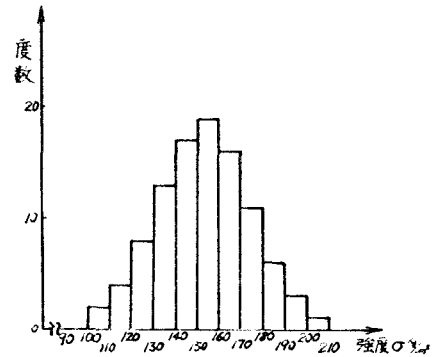


図-4 柱状並列モデル100本の強度のヒストグラム

種 類	柱状並列モデル	標準試体	計算結果
破壊荷重(N)	12.36	10.60	11.75

表-3 破壊荷重

1) たとえば、佐武正雄、田野久貴：単一スリットをもつ岩石の一軸圧縮強度について、土木学会第10回岩石力
学に関するシンポジウム講演要録集、86~90、1975

2) 佐武正雄、田野久貴：脆性材料の破壊発生とその伝播機構に関する考察 第5回岩の力学国内シンポジウム
講演要録集、55~60、1977。