

セメント安定処理土の圧裂引張試験および一軸圧縮試験に及ぼす寸法効果

九州大学工学部 学○林 規夫 正 落合 英俊
九州大学工学部 正 安福 規之 正 大嶺 聖

1.はじめに

岩石のような脆性的な材料には、大きな寸法効果が存在する。一方、セメント安定処理土は岩と土質材料の中間的な材料であるため、寸法効果がある程度存在すると考えられる。本研究ではカオリンにセメント安定処理を施したものを供試体として用い、一軸圧縮および圧裂引張試験を実施し寸法効果の違いについて検討した。また最弱リンク説に基づき、さらに最小値強度の概念を導入した寸法効果の評価式を導くとともに、実験結果との比較を行いその妥当性を確かめた。

2.セメント安定処理土の圧裂引張試験および一軸圧縮試験

試料は含水比100%のスラリー状に調整したカオリンに所定のセメント添加量となるように普通ポルトランドセメントを水セメント比1.0で混合して作製した。圧裂引張試験ではセメント添加量は450、300、150kg/m³の3種類であり、供試体の形状は直径d=2.0、4.0、8.3、15.0、30.0cm 幅b=d/2の円柱型である。また一軸圧縮試験ではセメント添加量は300kg/m³のみで直径はd=2.0、4.0、8.3、15.0cm 高さh=2dの円柱型である。

図-1に一軸圧縮試験と圧裂引張試験における寸法効果の比較を示す。図より両強度の寸法効果の程度にはかなりの差が見られる。すなわち、圧裂引張強度では大きな寸法効果が存在するが、一軸圧縮強度についてはその程度はかなり小さいことがわかる。

3.最弱リンク説に基づく寸法効果

3.1.寸法効果の評価式の導出 寸法効果の評価式を導くために、強度は最も弱いクラックにより決定されるという最弱リンク説を用いる¹⁾。すなわち、最弱クラックの強度xがワイブル分布に従うと仮定し、さらに最小値強度が存在すると考えると、このときの確率密度関数は以下の式で表わされる。

$$f(x) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{v}{v_0} \right) \left(\frac{x-x_1}{\alpha} \right)^{\beta-1} \exp \left\{ - \left(\frac{v}{v_0} \right) \left(\frac{x-x_1}{\alpha} \right)^{\beta} \right\} \quad (1)$$

α 、 β ：試料により決まる定数 v 、 v_0 ：供試体の体積（添字

0は規準とする供試体） x_1 ：強度の下限值

任意の直径dに対する平均強度をsとすると式(1)より寸法効果の評価式は次のように導かれる。

$$s(d) = \frac{\alpha \log 0.5 \frac{1}{\beta} \left(\frac{d}{d_0} \right)^{-\frac{3}{\beta}} + x_1}{\alpha \log 0.5 \frac{1}{\beta} + x_1} s_0 \quad (2)$$

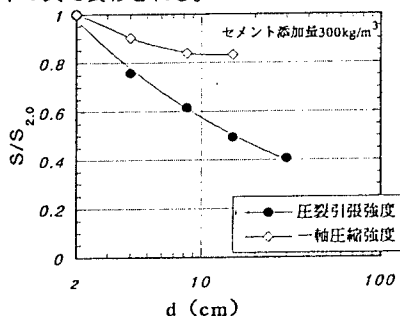


図-1 寸法効果の比較

3.2.ワイブル分布の各パラメータの決定 パラメータ β は実験から得られる規準とする直径の平均強度 μ_x 、標準偏差 σ_x を用いて、次式から決定する。

$$1 + \left(\frac{\sigma_x}{\mu_x - x_1} \right)^2 = \frac{\Gamma(1 + \frac{2}{\beta})}{\Gamma^2(1 + \frac{1}{\beta})} \quad (3)$$

ただし、最小値強度 x_1 は次のように算定する。まず、式(3)において $x_1=0$ として、実験より得られた μ_x と σ_x を代入し、 β ($=\beta_0$)を求める。このときの β_0 は特に均一性係数と呼ばれており、強度のばらつき具合を表わす指標である。さらに実験で用いたセメント安定処理土では x_1 が $f(x)$ に与える影響は小さいため、 x_1 は近似に β_0 を用いて次のように求める。

$$x_1 = \mu_x - \frac{\Gamma(1 + \frac{1}{\beta_0})}{\sqrt{\Gamma(1 + \frac{2}{\beta_0}) - \Gamma^2(1 + \frac{1}{\beta_0})}} \sigma_x$$

さらに上式により求めた x_1 を式(3)に代入して最終的に β の値が得られる。また、 α は μ_x 、 x_1 および β を用いて次の関係より求める²⁾。

表-1 パラメーター一覧

試験	圧裂引張			一軸圧縮
セメント量(kg/m ³)	150	300	450	300
σ_x (kgf/cm ²)	0.036	0.103	0.13	0.148
μ_x (kgf/cm ²)	0.269	0.646	0.88	3.154
β_0	8.9	7.3	8.3	27
β	6.1	5.4	5.8	6.0
α (kgf/cm ²)	0.209	0.523	0.69	0.823
x_i (kgf/cm ²)	0.075	0.164	0.240	2.390

$$\alpha = \frac{\mu_x - x_i}{\Gamma(1/\beta)}$$

4. 寸法効果の評価式の検証

表-1に各条件について求めたパラメータを示す。これによりと β_0 は圧裂引張強度においてセメント添加量に関係なく、おおよそ一定の値になる傾向を示している。つまり β_0 はセメント添加量に関係なく用いる試料によりほぼ決定される。式(1)で表わされる確率密度関数の適用性を確かめるために図-2を示す。この図より規準とした直径2.0cmの強度のばらつき具合を確率密度関数は良く表していることが分かる。圧裂引張強度における他のセメント添加量についても同様な関係が認められる。図-3は式(2)で示される寸法効果の評価式より求めた平均強度と実験結果を比較した図である。 $x_i=0$ とした計算値では直径が大きくなるにつれて実験値をやや下回る傾向が見られるが、 x_i を導入することにより計算値はさらに精度良く実験結果を表わしている。このように一軸圧縮強度、圧裂引張強度の両方において評価式は実験より得られた寸法効果の傾向を精度良く表わしている。したがって、規準とする供試体の平均強度および標準偏差を求め、評価式を用いれば供試体の寸法の異なるセメント安定処理土の強度を推定することができる。

5. 結論

- 1) セメント安定処理土における寸法効果は圧裂引張強度および一軸圧縮強度の両方において存在するがその程度は圧裂引張強度の方がかなり大きい。
- 2) 均一性係数 β_0 はセメント添加量に関係なくおおよそ一定の値をとる。
- 3) 最弱リンク説に基づく寸法効果の評価式は、実験による寸法効果の程度を良くあらわしている。
- 4) 最小値強度 x_i を用いた寸法効果の評価式は寸法の大きな供試体でも実験結果を精度良く表すことができる。

【参考文献】 1) 山口他：岩石力学入門，東京大学出版会，pp96～102。 2) 松尾他：岩石強度の統計的性質に関する推定法，土と基礎，1983年8月，pp11。

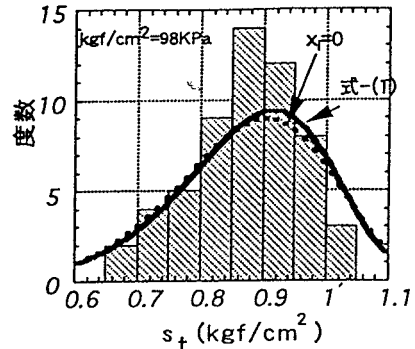


図-2-1 圧裂引張強度のヒストグラム
(セメント添加量450kg/m³)

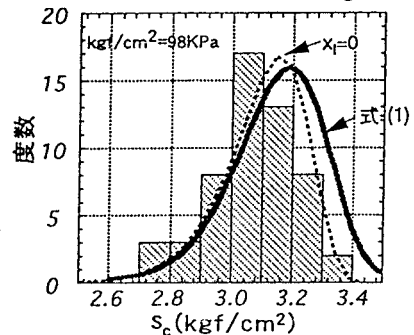


図-2-2 一軸圧縮強度のヒストグラム

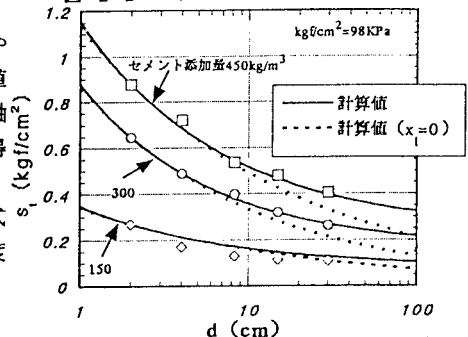


図-3-1 圧裂引張強度の計算値と実験値の比較

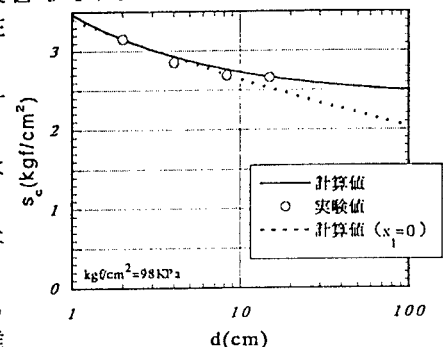


図-3-2 一軸圧縮強度の計算値と実験値の比較