

セメント安定処理土の圧縮強度の寸法効果 —拘束圧の影響—

九州大学工学部 学 ○奥畑賢治 九州大学大学院 フェロ 落合英俊
九州大学大学院 正 安福規之 同上 正 大嶺 聖

1. はじめに

岩石やコンクリートなどの脆性な材料では体積が大きくなるにつれて強度が減少するという寸法効果が存在するが、土とコンクリートの中間的な材料であるセメント安定処理土の強度においても同様な寸法効果が確認されている。セメント安定処理土の強度は通常、一軸圧縮試験で求められるが、ばらつきが比較的大きく、小さな供試体の強度から、実際の大きな改良体の強度をどのように評価するかが検討課題となっている。また、実際の地盤では、改良体に拘束圧が働いているが、寸法効果に及ぼす拘束圧の影響についてはほとんど明らかにされていない。そのため、本文では一軸圧縮試験と三軸UU試験の結果をもとに、強度のばらつきと寸法効果の関係を明らかにし、これまでに提案している破壊確率モデルの適用性を検証する。

2. 破壊確率モデルに基づく強度の評価

最弱リンクモデルと束モデルの両方の特徴を有する Combined model において圧縮強度の評価式は式(1)で表される¹⁾。

$$s = \{(1 - \sqrt{c})(d/d_0)^{-1/\beta} + \sqrt{c}\}^2 (h/h_0)^{-1/\beta} s_0 \quad \dots \quad (1)$$

ここで $c = (\beta - 1)^{-1/\beta} \exp(-1/\beta)$

s : 平均強度、 d : 供試体の直径、 h : 供試体の高さ、

添字 0: 基準とする供試体、 β : 均一性係数

強度のばらつきがワイブル分布に従うと仮定しているため、 β は基準とする供試体の強度の変動係数 ω を用いて式(2)より求めることができる。

$$1 + \omega^2 = \sqrt{\Gamma(1 + 2/\beta) / \Gamma(1 + 1/\beta)} \quad \dots \quad (2)$$

ここで Γ とはガンマ関数のことである

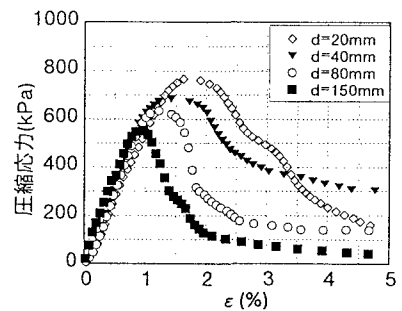
3. 供試体作製方法および試験方法

含水比 80% に調整したカオリン粘土 ($\rho_s = 2.70 \text{ Mg/m}^3$,

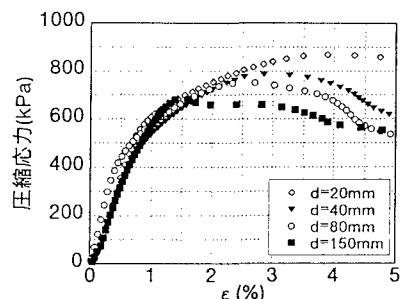
$w_L = 50.15\%$) にセメント添加量 300 kg/m^3 となるように普通ポルトランドセメントを水セメント比 0.7 で混ぜ、直径 $d = 20, 40, 80, 150 \text{ mm}$ 、高さ $h = 2d$ の供試体を円筒形のモールドを用いて作製した。このようにして作製した供試体を7日間湿潤養生させた後、一軸圧縮試験および三軸UU試験を行った。ひずみ速度はいずれも $1\%/min$ とし、UU試験の拘束圧は 294 kPa とした。

表-1 実験結果

試験方法	供試体直径	データ数	平均強度 (kPa)	標準偏差 (kPa)	変動係数
一軸圧縮試験	20mm	36	757.932	69.384	0.092
	40mm	20	687.47	40.082	0.058
	80mm	12	653.17	45.472	0.07
	150mm	4	546.644		
三軸UU試験	20mm	39	849.366	83.594	0.098
	40mm	20	759.99	47.726	0.063
	80mm	9	726.082	53.312	0.073
	150mm	3	695.8		



(a) 一軸圧縮試験



(b) 三軸UU圧縮試験

図-1 応力-ひずみ曲線

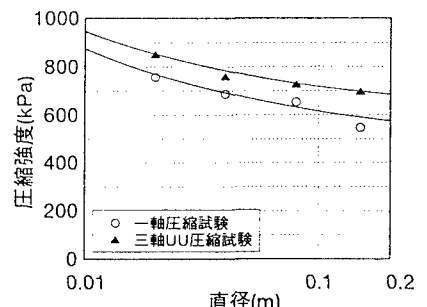


図-2 一軸圧縮試験と三軸UU試験における強度の比較

4. 強度・変形特性に及ぼす拘束圧の影響

一軸圧縮試験および三軸UU試験における応力-ひずみ曲線の代表例をそれぞれ図-1 (a) および (b) に示す。いずれの大きさの供試体もせん断初期の応力-ひずみ曲線の勾配はほぼ等しいが、ピーク強度は供試体の寸法が大きくなるほど減少する。また、ピーク強度を示した後の強度低下の割合はUU試験のほうが拘束圧の影響を受けて小さくなる。

実験から得られた平均強度、標準偏差、変動係数を表-1 に示す。直径が大きくなるにつれて平均強度は小さくなるが変動係数には明確な違いは見られない。

一軸圧縮試験とUU試験から得られた平均強度と供試体直径の関係を図-2 に示す。いずれの試験においても、供試体の寸法が大きくなるにつれて、強度が小さくなるという明確な寸法効果が見られる。またUU試験の強度は一軸圧縮強度より大きくなり、拘束圧の影響が見られるが、供試体寸法の増加に伴う強度の減少割合についてはほぼ同程度である。

5. 実験結果と計算結果の比較

小さな供試体の強度の変動係数を用いて、式(2)により均一性係数 β が求められる。その値を式(1)に代入することにより、任意の寸法の供試体の平均強度が算定される。 β はワイブル分布の幅を表す指標であり、この値が小さいほどばらつきが大きいことを意味している。直径 20mm の供試体の一軸圧縮試験とUU試験における β はそれぞれ 13.2 と 12.4 であり、ほぼ同程度の値を示している。

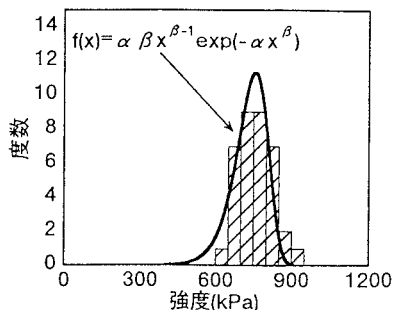
実験から得られた強度のヒストグラムと、ワイブル分布から求められる確率密度関数の計算曲線を図-3 に示す。一軸圧縮試験およびUU試験いずれの結果もワイブル分布で近似できることがわかる。

式(1)の Combined model から得られた強度の計算値と、実験結果の比較を図-4 に示す。なお、図中には参考のため Weakest link model の計算結果も示している。一軸圧縮試験およびUU試験、いずれの結果についても Combined model による計算曲線は実験結果における強度の寸法効果を比較的よく表している。また、実際の改良体の寸法は直径約 1m 程度なので、Weakest link model を用いると強度をかなり過小評価すると考えられる。このように提案モデルはセメント安定処理土の強度を推定するための有効な指標となり得る。

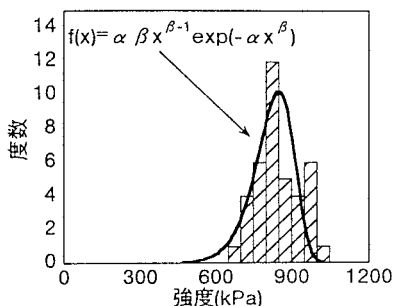
6. まとめ

1) いずれの大きさの供試体でも三軸UU試験の強度が、一軸圧縮強度よりも大きな値となり、拘束圧の影響が見られる。2) 強度のばらつきは拘束圧に大きく影響せず、一軸圧縮試験と三軸UU試験で同程度の寸法効果が現れる。3) Combined model を用いることにより、大きさの異なるセメント安定処理土の圧縮強さをほぼ推定することができる。

【参考文献】 1) 大嶺他: 強度のばらつきを考慮した破壊確率モデルの提案, 土木学会第 53 回年次学術講演会, pp. 566-567, 1998

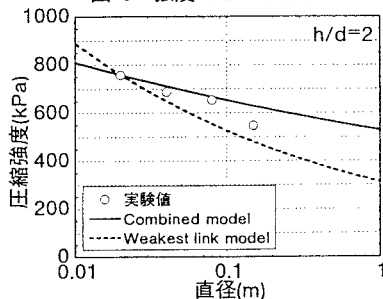


(a) 一軸圧縮試験

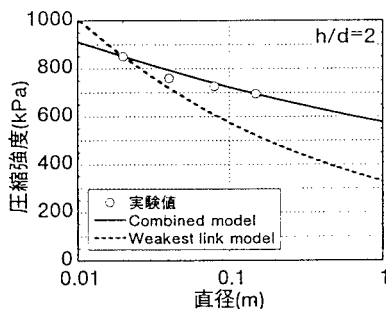


(b) 三軸UU圧縮試験

図-3 強度のヒストグラム



(a) 一軸圧縮試験



(b) 三軸UU試験

図-4 計算結果と実験値の比較