

異なる試験方法で設定される S-D モデルパラメータの比較

アルバニ一硅砂 三軸圧縮試験 中空ねじりせん断試験

ケミカルグラウト(株)

正会員 ○ 鎌田 敏幸

ケミカルグラウト(株)

非会員 見坊 東光

中央大学研究開発機構 国際会員

石井 武司

中央大学

国際会員 齋藤 邦夫

1.はじめに

大地震による生産施設や公共施設の被災は、一企業のみならず国内外の多産業や地方公共団体の事業継続に影響を及ぼす。このような事態を回避するため、「事業継続マネジメント（BCM）」の概念に基づく耐震補強の必要性が認識されている。耐震補強の設計では、一般に性能設計が適用され、地盤や構造物の変位量を高い精度で予測することが求められる。そのための手法として、地盤の液状化を表現できる有効応力解析がある。有効応力解析における地盤材料の構成モデルは、さまざまなもののが存在する。間隙比と圧密応力の状態を考慮した Stress-Density Model（以下、S-D モデル）もその一つである。同モデルは、砂質土の液状化挙動を精度よく表現できるように Ishihara らによって提案された構成則である¹⁾。この構成則に入力するパラメータは、排水および非排水条件での一連の中空ねじりせん断試験から設定される。しかしながら、実務で有効応力解析のパラメータを設定することを考えると、一般的に広く用いられている三軸圧縮試験結果の使用が望ましい。そこで、広範な地盤材料のパラメータ設定することを念頭に置き、中空ねじりせん断試験と三軸圧縮試験の両試験データから設定される S-D モデルパラメータを比較し、三軸圧縮試験より設定される S-D モデルパラメータの妥当性を検討した。

2. S-D モデルの概要

S-D モデルのパラメータは、大別すると State Index（以下、Is）、応力-塑性せん断ひずみ関係、応力-ダイレタンシー関係、弾性パラメータの 4 つに分けることができる。それぞれの分類のパラメータと、パラメータを設定するために既往の研究で実施された設定方法は、表-1 に示す通りである。表-1 から、既往の研究では中空ねじりせん断試験結果に基づき S-D モデルのパラメータが設定されていることがわかる。

表-1 既往の研究での S-D モデルパラメータの設定方法

分類	パラメータ	設定方法
State index	$QSS-line$	数種類の密度、拘束圧における非排水（中空ねじり）せん断試験
応力-塑性せん断ひずみ関係	$a_i \sim a_3, b_i \sim b_3, f$	数種類の密度、拘束圧における排水（中空ねじり）せん断試験
応力-ダイレタンシー関係	μ_0, M, Sc	非排水での繰返し（中空ねじり）せん断試験より求まる液状化強度曲線
弾性パラメータ	A, n, v	応力-ひずみ曲線における弹性的ひずみ領域のヤング率 or 詳細な原位置 PS 検層結果もしくは室内弹性波速度測定試験結果に基づく Vs

S-D モデルの特徴は、状態指数 Is と呼ばれる概念を導入し、密度と有効拘束圧に関する地盤の初期状態を定量的に評価するところにある。以下に、Is の概念を説明する。飽和した緩い砂を非排水せん断すると、間隙水圧の上昇に伴い有効応力が減少し、変相状態へと至る。せん断応力もしくは軸差応力も一時的に減少した後に至る変相状態は、特に準定常状態と呼ばれる。準定常状態で、供試体は最小の応力を示す。その際の $e-p'$ 平面上に、せん断開始前と準定常状態時の値を模式的に示したのが図-1 である。図-1 で緩い供試体は非排水状態でせん断を受けることにより、有効応力が減少するので図中の矢印のように軌跡を描く（●から○へと移動する）。そして、数種類の密度と有効拘束圧で非排水せん断を行い○で示される準定常状態のプロットを 1 つの回帰直線で結んだものが準定常状態線となる。この準定常状態線は、式 (1) で表される。

$$e_{QSS} = e_0 - \frac{p'}{p_0'} \cdot (e_0 - e_{p_0'}) \quad (p' < p_0), \quad e_{QSS} = e_0 - m \cdot (\log p' - \log p_0') \quad (p' \geq p_0') \quad (1)$$

ここで、 e_0 および $e_{p_0'}$ はそれぞれ $p' = 0, p_0'$ kPa の時の間隙比であり、 e_0 は特に極限間隙比と呼ばれる。 p_0' は、豊浦砂で