せん断剛性比のひずみレベル依存性に関する定式化

室蘭工業大学工学部　正会員　木幡行宏
鉄道総合技術研究所　正会員　村田　修

１．まえがき；　従来，地盤と構造物の相互作用を考慮するために必要となる土質パラメータの一つとして地盤反力係数が挙げられるが，地盤反力係数を得るためには地盤の変形係数を求める必要がある。一般に，地盤の変形係数は地盤調査を行い，得られた結果から過去の経験式に基づいて評価される場合が多いが，この変形係数は比較的大きなひずみレベルでの値であるため，これを小さいひずみ領域で発生するひび割れの検討などに用いると地盤の剛性を過小評価してしまい，合理的な設計を行うことができない。一方，原位置において不攪乱試料を採取し室内で原位置の応力状態を再現した試験を行うと，得られる変形係数はひずみレベルの増大とともに減少するというひずみレベル依存性を示す。このことは従来から知られていて，地盤の地震応答解析を行う場合に広く利用されている。しかし，主として静的な荷重を対象にして設計を行う場合においても，限界状態設計法によって合理的な設計をするためには，ひずみレベル依存性を考慮することが可能な室内試験から得られる変形係数を用いるのが良いが，試験を行うための費用の問題などから，室内試験を容易に行える環境にあるとは言えないのが現状である。そこで，本研究では，種々の地盤に対するせん断剛性比のひずみレベル依存性について，公表されたデータを収集・再整理し，その定式化を行うことによって，限界状態設計法に必要となる地盤種別によるせん断剛性比のひずみレベル依存性の表現を試みる。

２．定式化；　せん断剛性比 G/G_0 (G_0:微小ひずみレベルでの初期せん断剛性率)のひずみレベル依存性を表す式として，Hardin-Drnevich（H-D）モデルや Ramberg- Osgood（R-O）モデルが知られているが [1]，微小ひずみレベルから大ひずみレベルまでのせん断剛性比のひずみレベル依存性を表現することは難しい。国生ら [2] は，大ひずみレベルまでの適用を考慮し，Hardin- Drnevich 式にべき定数を導入し，(1)式を提案しているが，本報告では，G/G_0～γ関係の一致度をより高めるために，(1)式および修正 R-O モデルを参考に(2)式による定式化を行った。

$$\frac{G}{G_0}=\frac{1}{1+\left(\gamma/\gamma_r\right)^{\alpha}} \quad \cdots\cdot (1)$$

$$\frac{G}{G_0}=\frac{1}{1+\alpha\cdot\gamma^{\beta}} \quad \cdots\cdot (2)$$

３．せん断剛性比のひずみレベル依存性；　図-1～13 に，既往の研究（試験結果は，三軸圧縮試験・ねじりせん断試験及び単純せん断試験の各試験，収集したデータ数は，粘性土 13、シルト質土 30、砂質土 38、礫質土 12、特殊土 25）による種々の土質ごとの G/G_0～γ関係とその曲線群の平均（同一のひずみレベルに対する G/G_0 の平均）に対する(2)式によるフィッティングカーブを示す。なお，表-1 には土質種類ごとに得られたフィッティングカーブのα,βおよび G_0 の範囲を示した。αは，初期の直線部分の大きさ，すなわち，微小ひずみレベルでの線形性を，βは G/G_0～γ関係の曲線形状，すなわち非線形性の程度を表すものであり，αが大きいほど初期線形性が大きく，βが小さいほど非線形性の程度が大きいが，αに比べてβのほうが感度が高い。礫質土のデータがかなりばらついてはいるが，全体的に土質種別によらず，提案式は微小ひずみレベルから大ひずみレベルに至る広いひずみ範囲での G/G_0～γ関係をよく表現していることが分かる。

＜謝辞＞　本報告のデータ収集および整理にあたっては，室蘭工業大学M１年，佐々木朋子君に負うところが大きい。ここに記して深甚なる謝意を表します。

＜参考文献＞　1) 地盤工学会：新規制定地盤工学会基準・同解説，地盤材料の変形特性を求めるための繰返し三軸試験方法, pp.91-94, 1996. 2) 国生剛治・本山隆一：等価線形解析の大ひずみレベルへの適用の試み（せん断剛性比，減衰定数のひずみ依存性の定式化），第 33 回地盤工学研究発表会講演集，pp.773-774，1998.

キーワード：せん断剛性比，ひずみレベル依存性，フィッティングカーブ，定式化

〒050-8585　室蘭市水元町 27-1　　TEL:0143-46-5281　　FAX:0143-46-5283

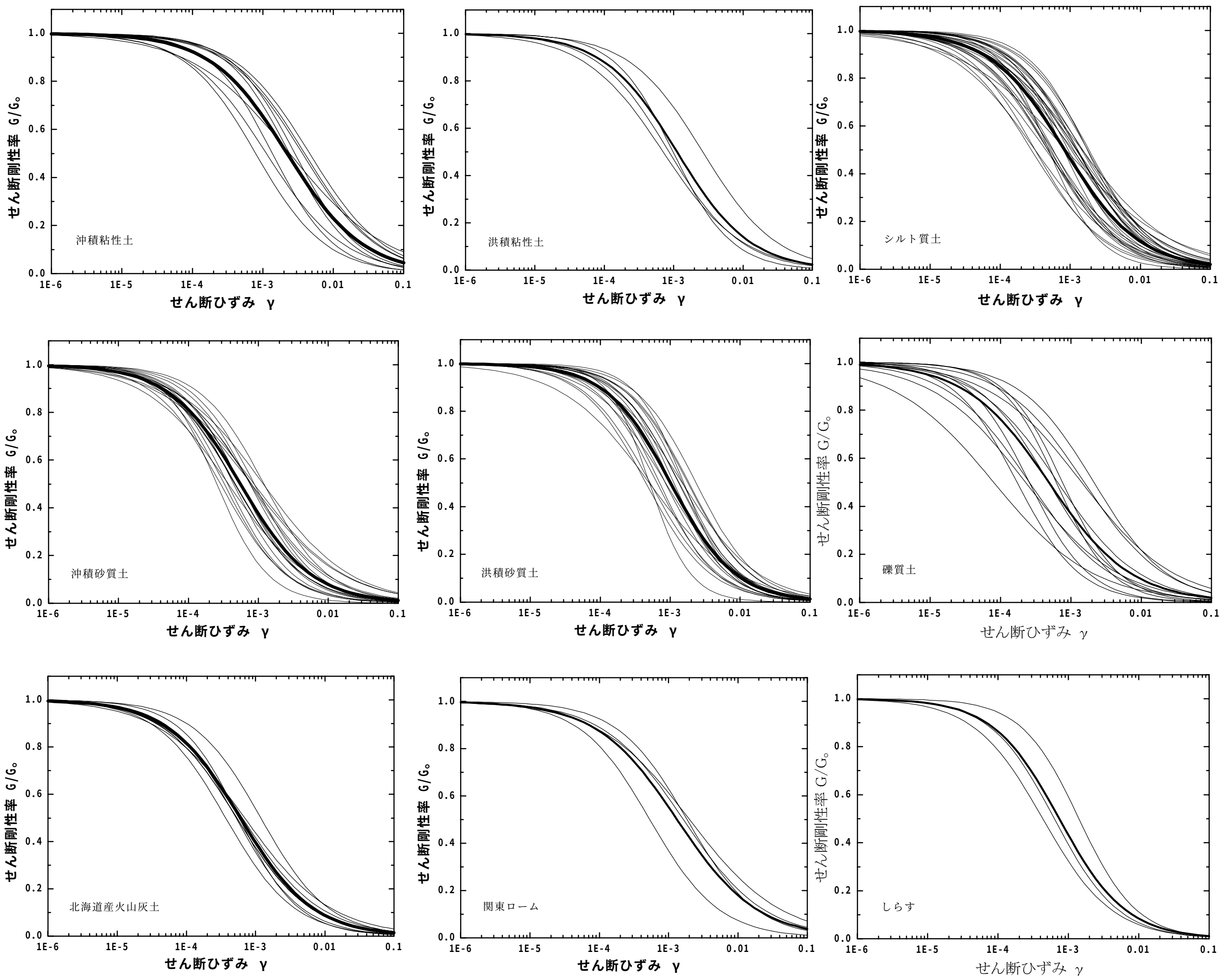

図-1　各種土質ごとの G/G_0〜γ関係と提案式によるフィティングカーブ

表-1　各種土質ごとの(2)式におけるフィッティングパラメータの値と拘束圧，各物性値の範囲

地盤材料	α	β	G_0(MN/m^2)	σ_c'(kPa)	IP　or e
沖積粘性土	135.997	0.804	3.32〜16.08	29.4〜235.4	IP: 1.5〜110
洪積粘性土	270.033	0.824	—	52.0〜468.8	IP: 13.7〜49
シルト質土	327.410	0.817	10.29〜53.12	13.7〜101.0	e: 1.11〜1.62
沖積砂質土	603.053	0.854	33.71〜36.06	32.4〜98.1	e: 0.673〜1.416
洪積砂質土	663.902	0.942	53.12〜297.72	68.6〜646.3	e: 0.422〜1.045
礫質土	279.765	0.738	52.92〜882.0	49.0〜588.4	e: 0.211〜0.266
北海道産火山灰土	478.314	0.832	58.8〜156.8	98.1	e: 0.773〜3.435
関東ローム	145.839	0.752	—	36.0〜78.2	IP: 51.95〜67.6
灰土	233.613	0.656	35.47〜45.00	—	IP: 16.16〜24
しらす	755.127	0.919	100.99〜108.59	—	—