

Ⅲ - A67

等価剛性率に対する繰り返し载荷回数の影響

基礎地盤コンサルタンツ(株) 正会員 榎本 雅夫
正会員 山田 眞一
正会員 土谷 尚

1. はじめに

阪神大震災を契機に、従来の震源を遠方に想定する遠距離型地震に追加して、直下型地震も耐震検討の対象とされる方向にある。

その場合、地震時の地盤挙動の予測には等価線形地震応答解析法が広く利用されており、これに用いる地盤の等価剛性率とひずみの関係（ $G, h \sim \gamma$ 曲線）を求める試験方法も基準化されている¹⁾。そして、これまでの解析では、遠距離型地震を想定して、繰り返し载荷回数 10 回における等価剛性率が慣用されて来た。

しかし、直下型地震の特徴の一つは地震動の繰り返し回数が少ないことにあるので、この $G, h \sim \gamma$ 曲線についても、これをそのまま直下型地震を対象とした解析に利用できるのかどうか、検討が必要である。

そこで、この点を検討する最初の段階として、繰り返し载荷回数が異なった場合の等価剛性率の違いを、既存の動的変形試験の結果を用いて検討した。なお、想定すべき直下型地震の等価繰り返し载荷回数がまだ明らかではないため、ここでは、これを 2 回と想定した。

2. 検討に用いた土試料と等価剛性率比

表-1 土試料一覧表

表-1 に、今回の検討に用いた土試料を、軸方向有効応力などの試験条件とともに示す。繰り返しネジリ試験を行った、堅さや締まり具合の異なるシルトおよび砂質土計 5 種類の土を取り上げている。

図-1 は、 $G, h \sim \gamma$ 曲線の例として、この表にある“中位の砂”について示したものである。この例に見られるように、等価剛性率 G については、ひずみが比較的大きい場合に繰り返し载荷回数 N の違いの影響が目立ち、同じ载荷段階にあっても、 N が増加するにつれてこれが低下している。しかし、その間、ひずみは増大しているので、 $G, h \sim \gamma$ 曲線としては、 N の影響があるようには感じられない。

しかし、今回の目的には、 G の値そのものの違いより、これまで用いられてきた値（ $N=10$ 回の場合の値）に対する比率で判断する方が妥当と考え、 N の影響を次式で求められる等価剛性率比 R_N を用いて検討することとした。

$$R_N = G_N / G_{10}$$

ここに、 R_N : 繰り返し载荷回数 N 回での等価剛性率比

G_N および G_{10} : 繰り返し载荷回数が N 回および 10 回の時の等価剛性率

試料番号	土 質	深 度 (m)	軸方向有効応力 (kgf/cm ²)	側方向有効応力 (kgf/cm ²)
TS3-4	硬いシルト	36.00 ~ 37.00	3.00	1.50
S3-2	中位の硬さのシルト	16.00 ~ 16.85	1.50	0.75
TS3-13	締まった砂	52.90 ~ 53.90	4.50	2.25
TS2'-7	中位の砂	11.00 ~ 11.65	1.20	0.60
TS2'-2	緩い砂	6.00 ~ 7.00	0.75	0.35

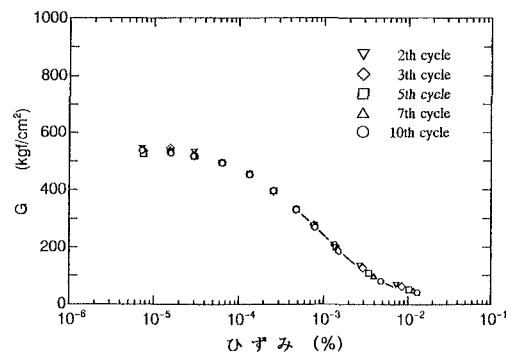


図-1 等価剛性率～ひずみ関係例（TS2'-7, 中位の砂）

繰り返し荷重, 試験方法, 三軸圧縮試験, 動的試験

〒145 東京都大田区石川町 2-14-1 基礎地盤コンサルタンツ(株) 技術開発センター

TEL 03-3727-6158
FAX 03-3727-6247

その場合、この R の計算に用いる G は同じひずみ値での値とする必要があるので、代表的なひずみ値（0.001～2%の範囲の11種類）と繰り返し载荷回数（ $N = 2, 3, 5, 7, 10$ 回の5種類）をあらかじめ定めておき、それぞれの繰り返し载荷回数ごとにこれらのひずみ値に対する G の値を推定し、その結果に基づいて R の値を計算した。また、その際にも、所定のひずみ値での G の値を求める時には、そのひずみ値に近いひずみで試験された相隣り合う4組の試験結果を用いた Hyperbolic model で $G \sim \gamma$ 曲線を近似し、その近似モデルを用いて G を推定した。

図-2は、このようにして得られた R とひずみとの関係の例を示したものである。図-1に示したのと同じ“中位の砂”について、種々の N の場合について示している。図-1では目立たなかった N の影響が、 R で表示したことによって明確になっている。

3. 等価剛性比による検討とまとめ

図-3は、ひずみ値が1%の場合について、今回取り上げた5種類の土試料の等価剛性率比 R と繰り返し载荷回数 N の関係をまとめて示したものである。また、図-4は、 $N=2$ の場合について、 R とひずみとの関係を同様に示したものである。

これらの図によると、 $N=2$ 回の場合、土試料によって幅はあるが、1%程度の大きさのひずみに対する R の値は1.05～1.20程度の範囲にあり、 $N=2$ 回の場合、 $N=10$ 回の場合に較べて G の値が5%～20%程度大きいと解釈される。ここで、ひずみを1%としたのは、この程度の大きさのひずみは、この解析法による解析結果でよく見られる大きさのひずみであることによる。

そして、等価線形法による解析結果には、単にこのような G の大きさの違いのほかに、ひずみ依存性に対する考慮結果も重複して影響するため、解析で得られる応答変位には、ここに示した G の値の違い以上に大きな違いが生ずる場合も考えられ、このような違いは解析結果を利用する上で無視できない場合も多いと思われる。

したがって、直下型地震を対象に等価線形地震応答解析を行う際には、従来慣用されている繰り返し载荷回数10回の場合の $G, h \sim \gamma$ 曲線をそのまま用いるのではなく、この地震に対応した繰り返し载荷回数での $G, h \sim \gamma$ 曲線を用いる必要があると考えられる。

更に多くの土試料、試験条件のもとでの同様な検討と地震応答解析結果への影響度合いの確認が今後の課題である。

参考文献 1) (社)地盤工学会編, 1996, 新規制定地盤工学会基準・同解説, (社)地盤工学会, p.69

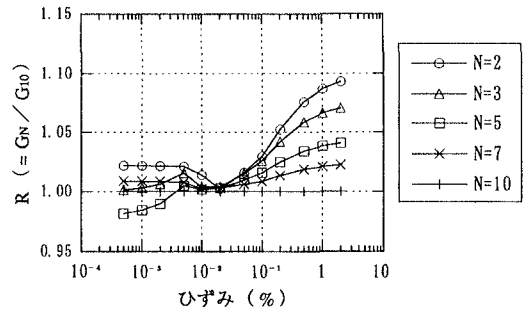


図-2 等価剛性率比 R ～ひずみ関係例（繰り返し载荷回数別, TS2'-7）

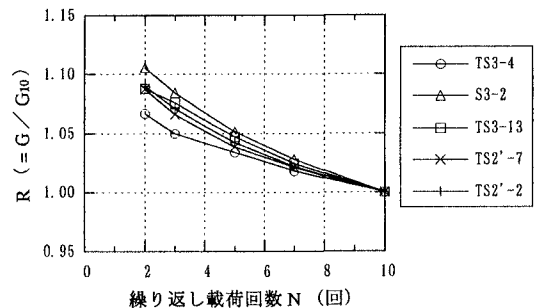


図-3 種々の土の等価剛性率比 R ～繰り返し载荷回数 N 関係（ひずみ1%の場合）

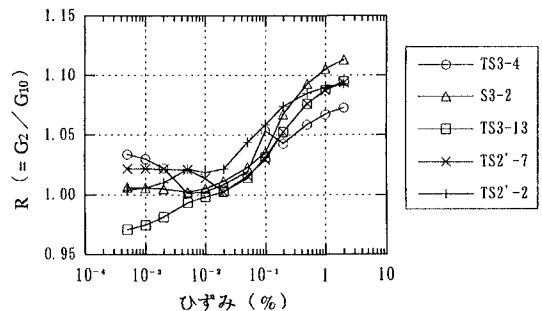


図-4 種々の土の等価剛性率比 R ～ひずみ関係（繰り返し载荷回数 $N=2$ ）