

III-251 締固めた土の減衰定数について

愛知工業大学 正会員 ○奥村哲夫・成田国朝・大根義男

1.はじめに: フィルダムの築堤材料のように転圧作業を繰返して締固めた土は、転圧時の応力履歴に伴う粒子間結合力の形成(先行圧縮効果)によって、土粒子骨格にある程度の構造強度を有すると言われている。締固めた土の各種力学特性は締固め時の密度や含水比(飽和度)の他に、この先行圧縮効果にも影響されるので、clean sandや正規圧密粘土といった代表的試料の特性に基づいて議論するだけでは済まされない複雑な問題をかかえている。本報告は、減衰定数 h に与える締固め時の含水比(飽和度)および先行圧縮効果の影響を繰返し三軸圧縮試験によって調べた結果に関するものである。

2.試料および実験方法: 実験に用いた試料は、細粒分含有率 $FC \geq 40\%$ の試料(粘土分:10%,シルト分:58%,砂分:32%,以後、粘性土と呼ぶ)と $FC \leq 20\%$ の試料(粘土分:7%,シルト分:11%,砂分:83%;以後、砂質土と呼ぶ)の2種類である。供試体の作製は、予め含水比調整した試料を三ッ割モールド内に5~6層に分割して入れ、各層が所定の密度になるように圧縮量を規定して準静的に締固めて行い、図-1の締固め曲線に対応する数点で含水比及び密度を変化させた。測定し得るせん断ひずみは検出器の制度上の制約により約 10^{-4} ~ 10^{-2} の範囲である。実験はステージ方式とし、1ステージの载荷回数20~30回、変位制御、1~2Hzの正弦波である。

3.実験結果および考察: 図-2は最大乾燥密度付近で締固めて作製した供試体の20波目の载荷における $h \sim \gamma$ 関係を拘束圧をパラメータとして示した一例である。図から明らかなように、 $h \sim \gamma$ 関係に対する拘束圧の影響の仕方は試料によって異なることが分かる。すなわち、粘性土では平均有効拘束圧 σ'_m が変化しても $h \sim \gamma$ 関係にほとんど差が認められないが、砂質土では σ'_m の増加に伴って h が全般的に低下し、 $h \sim \gamma$ 関係に拘束圧の影響が明瞭に現われている。図-3はほぼ中間的な h を与えるひずみレベルとして、代表的に $\gamma = 1 \times 10^{-3}$ について h と σ'_m の関係を両対数グラフで示したものであり、締固め土でもclean sandと同様に、 $h = h_0(\gamma) \cdot \sigma'_m{}^n(\gamma)$ で表わせることが分かる。ここに、 $h_0(\gamma)$ は各ひずみレベルに應ずる直線の $\sigma'_m = 1 \text{ kgf/cm}^2$ 線との切片、 $n(\gamma)$ はその勾配である。このように、粘性土と砂質土で拘束圧依存性が異なるのは次のように考えられる。すなわち、材料減衰が主に土粒子間の相対変形に伴う接触摩擦に起因するものであるとすると¹⁾、摩擦力は拘束応力の関数であるから、拘束圧の影響を大きく受ける砂質土の h に拘束圧依存性が大きく現われ、粘性土では h が σ'_m にほとんど無関係となる。図-4は上式の $n(\gamma)$ 及び $h_0(\gamma)$ と FC

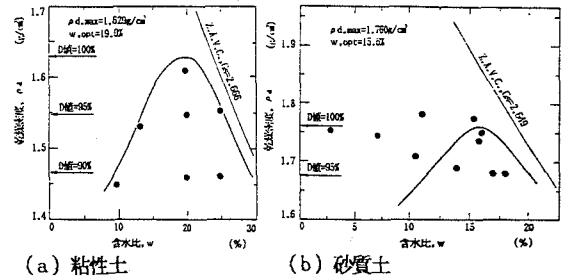
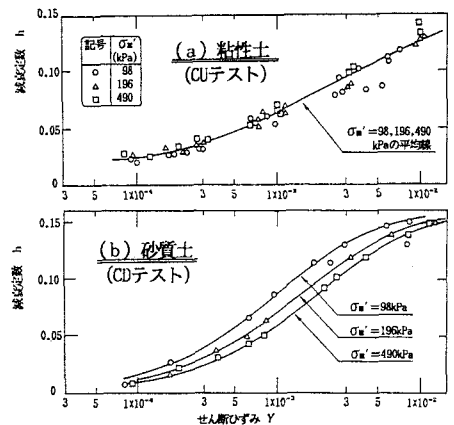
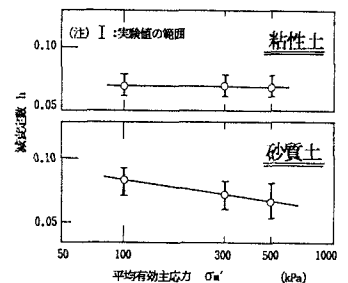


図-1 供試体の乾燥密度～含水比関係

図-2 $h \sim \gamma$ 関係図-3 $h \sim \sigma'_m$ 関係($\gamma = 1 \times 10^{-3}$)

の関係をプロットしたもので、別に行った試料の結果も併せて示している。 $n(Y) \sim FC$ 関係（実線）を見ると、縦軸上に示した国生¹⁾による不攪乱洪積砂($FC=0\%$)の $n(Y)$ 値は絶対値として0.3~0.4程度であるが、細粒分を含む土では全般的にこれより低い値となっており土質による拘束圧依存性が概観できる。 $h_0(Y) \sim FC$ 関係は破線で囲んだ範囲に分布している。幾分バラツキは大きい、全般的には FC の増加に伴って $h_0(Y)$ が小さくなる傾向が認められる。

h に及ぼす飽和度 S の影響を調べ図-5に示した。なお、粘性土は拘束圧依存性が小さいので $\sigma'_m = 98, 294, 490 \text{ kPa}$ の平均値で表し、また砂質土では代表的に $\sigma'_m = 98$ と 490 kPa の結果をプロットした。粘性土の結果を見ると、 h は Y に関係なく飽和度の上昇に伴って増大している。しかし、飽和度の幅広い変化に対して h の変動量は高々0.02程度であり、 Y の変化に伴う h の変動と比較して非常に小さいと言える。一方、砂質土では拘束圧の違いが $h \sim S$ 関係に影響している。図において実線($\sigma'_m = 98 \text{ kPa}$)及び破線($\sigma'_m = 490 \text{ kPa}$)で近似したそれぞれの拘束圧の結果を比較すると、飽和度の上昇に伴って h の値に若干差が生じている。これは、飽和度が高い試料では供試体作製時の先行圧縮効果（粒子間結合力）が小さいため、clean sandと同様に拘束圧の影響が顕著に現われ、拘束圧が高いほど h が小さくなったことが反映されているのであろう。

図-6は先行圧縮効果の影響を調べたものである。締固め時の先行圧縮の影響が一軸圧縮強度 q_u に反映されると考え、 h と q_u との関係で整理している。(a)図に示した粘性土の結果を見ると、 h の値は q_u が大きくなると減少傾向を示すことが分かる。これは q_u が大きいほど粒子構造（粒子間結合力）が強く、見かけ上拘束圧が増加したのと同じ効果が現われていると解釈できる。しかし、 h の変動量は各々のひずみレベルにおいて0.02~0.03程度であり、粘性土については先行圧縮の影響はほとんどないと言ってよい。一方、砂質土(b図)の結果を見ると、拘束圧によって $h \sim q_u$ 関係の形が異なり、 q_u が小さいほど $\sigma'_m = 98$ と 490 kPa の h の差は大きく、先行圧縮効果の小さい試料で拘束圧の影響が顕著に現われることが分かる。

【参考文献】1) 国生国治(1986):地震応答解析のための土の動的性質—地盤材料の減衰特性—,「土と基礎」,34-1,pp.75~81.

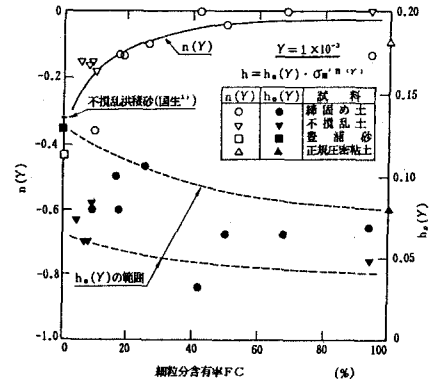


図-4 $n(Y)$, $h_0(Y) \sim FC$ 関係

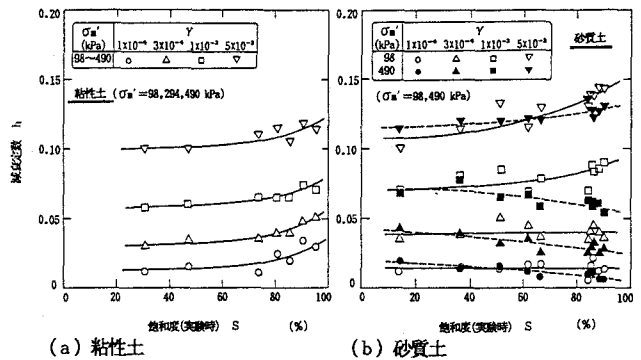


図-5 $h \sim S$ 関係

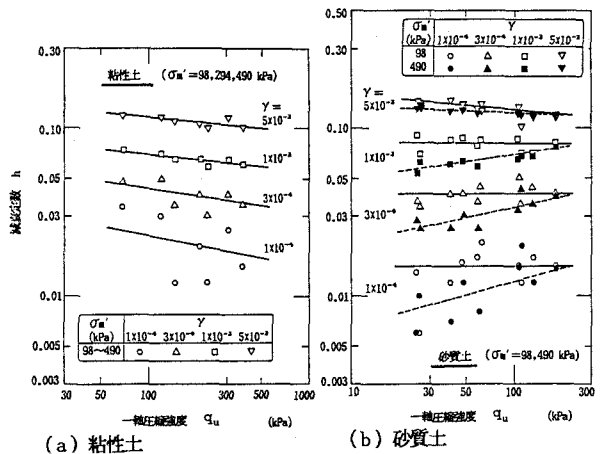


図-6 $h \sim q_u$ 関係