

硬岩の動的変形特性について

九州電力(株) 総合研究所 正会員 赤司六哉
“ 永津忠治
“ ○ 江藤義孝

1. まえがき

動的変形特性に関する既往の研究は、砂や粘土を対象とした実験が多く、実際に自然地盤から採取した不攪乱状態の供試体で、建設工事で頻繁に出会う岩を対象とした実験例は少ない。本報告は、比較的硬い岩石を対象とした動的変形試験を実施し、岩の動的変形特性について述べたものである。

2. 試料の物理特性及び静的力学特性

対象とした試料は、岩盤等級でC_H~C_M級に分類される新第三紀中新世の砂岩及び頁岩である。なお、それらの物理特性及び静的力学特性を表-1に示した。

3. 試験装置及び試験方法

試験装置は、低圧(最大側圧10^{kgf/cm²})及び高圧(最大側圧100^{kgf/cm²})の振動三軸試験装置を用いた。いずれも、試験機自体は静的試験に用いるものと基本的には同じであるが、ピストンの直径と供試体の直径を同じにするなどして、側圧と軸圧を独立させて自由に制御できるようになっている。また、微小ひずみ域まで精度よく計測できるように三軸セル内に微小変位計、ロードセルを取り付けている。試料は、現地でブロックサンプリングにより採取し、試験室に持ち込んで直径5cm、高さ10cmの円柱形に成形したものである。試験は、まず、所定の拘束圧において等方状態で圧縮し、軸変位が落ち着いたら、軸方向のみに振動数1Hzの正弦波の軸荷重を10~11回の回数で繰返し載荷した。その軸荷重は拘束圧一定のもとで微小ひずみから大ひずみまでの連続的な結果が得られるように段階的に増加させた。また、拘束圧についても、拘束圧の影響を知る 表-1 試料の物理特性及び静的力学特性
目的で、一つの供試体で数段階に変化させた。なお、解析に使用したポアソン比は0.3である。

4. 動的変形特性

動的変形特性は、動的せん断弾性係数(G)と減衰定数(δ)に着目して、そのひずみ依存性と拘束圧依存性について述べる。なお、砂岩、頁岩ともに5供試体の試験を実施したが、代表例として図示したものは砂岩(2)、(4)である。 G のひずみ依存性をみるために、図-1、図-2に G とせん断ひずみ(γ)

項目	試料名	
	砂岩	頁岩
物理特性	比重	2.68 2.75
	吸水量(%)	8.9 5.1
	湿潤密度(g/cm^3)	2.34 2.52
静的力学特性	一軸圧縮強度(kg/cm^2)	150 179
	三軸圧縮静弾性係数(kg/cm^2)	31,000 55,400
	圧裂引張強度(kg/cm^2)	9 23
	三軸圧縮粘着力(kg/cm^2)	34 30
	三軸圧縮せん断強度(kg/cm^2)	44 48

の関係を、図-3、図-4に γ が 1×10^{-6} における G を微小ひずみ時の動的せん断弾性係数(G_0)として採用し、 G/G_0 と γ の関係を示した。さらに、図中には研究報告例の多い豊浦砂の三軸試験結果を示した。 G と γ の関係は、 γ の増大に伴って G の値は徐々に低下する傾向を示すとともに、

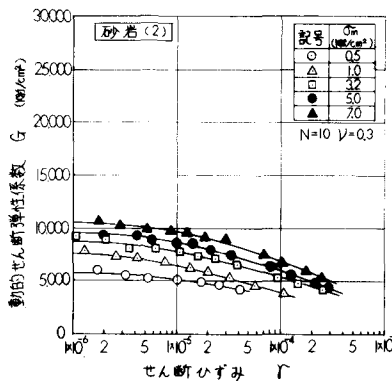


図-1 砂岩の G と γ の関係(低圧)

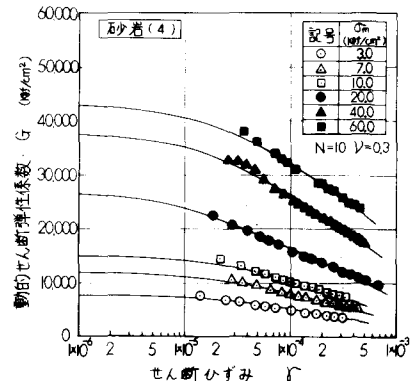


図-2 砂岩の G と γ の関係(高圧)

拘束圧の増大により G は増大することが示されている。このような傾向は砂や粘土を使った従来の研究結果と同様である。 G/G_0 と γ の関係は、拘束圧の増大により同一のひずみレベルでの G/G_0 は大きな値を示す傾向にある。また、豊浦砂の結果と比較すると、硬岩は非線形性が小さなひずみレベルから表れる傾向を示している。この理由としては、硬いぜい性材料ほど破壊ひずみが小さく、したがって、非線形性が表れるひずみレベルも小さくなることが挙げられる。次に、 G の拘束圧依存性をみるために、図-5、図-6に G_0 と平均主応力(σ_m)の関係を示した。図によれば、両者の関係は両対数紙上で直線関係にあり、 $G_0 = K_1 \sigma_m^m$ の形で表現できる。指数 m の値を求めると、供試体によりばらつきはあるが、平均値は砂岩が0.30、頁岩が0.32となり、砂質土の報告例である m の値が0.4~0.6と比較すると、硬岩の拘束圧依存性は比較的小さい傾向にある。次に、 ν のひずみ依存性をみるために、図-7、図-8に ν と γ の関係を示した。なお、図中には豊浦砂の三軸試験結果を示した。図によれば、 γ が $5 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-4}$ のひずみ域では、 γ が増大すると ν の値も大きくなる傾向にあり、 γ が $1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-3}$ のひずみ域では、 ν の値は大きな変化はなくほぼ同値である。豊浦砂と比較すると、豊浦砂は γ が 1×10^{-4} 付近から γ が増大とすると ν は急激に大きくなる傾向にあり、両者は全く異なった曲線形状である。また、 γ が 5×10^{-4} 以下のひずみレベルで硬岩は大きな ν の値を示す。

(参考文献)

- 1) 国生, 桜井, 江刺「三軸試験装置を用いた微小ひずみから大ひずみまでの土質動的試験法の開発と砂の物性試験への適用」電中研報告(1979)
- 2) 石原「土質力学の基礎」鹿島出版会(1976) PP 140

~142

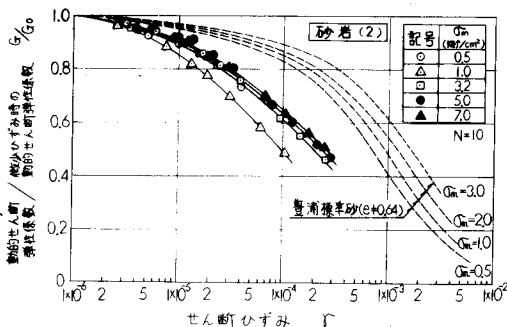


図-3 砂岩の G/G_0 と γ の関係(低压)

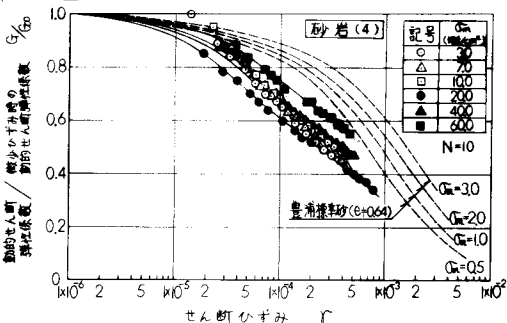


図-4 砂岩の G/G_0 と γ の関係(高压)

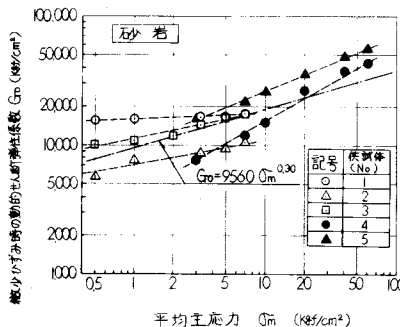


図-5 砂岩の G_0 と σ_m の関係

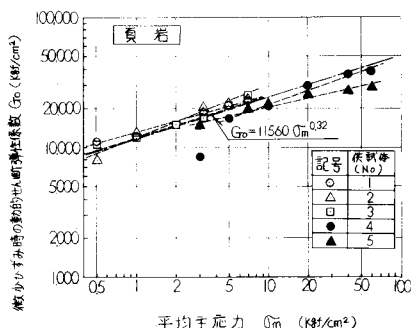


図-6 頁岩の G_0 と σ_m の関係

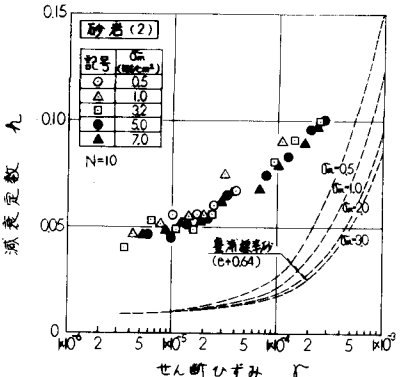


図-7 砂岩の ν と γ の関係(低压)

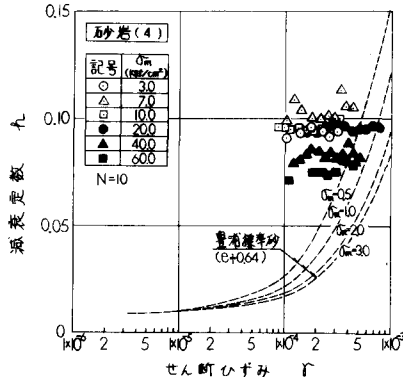


図-8 砂岩の ν と γ の関係(高压)