

セン断過程における砂の動的セン断弾性係数の変化について

東北大学工学部

柳沢 栄司

岡

○ 堀 煥亮

同

滝本 圭一

1. はしがき

地盤や土構造物の地震時応答を求める際には、土の動的弾性定数あるいは弾性波速度があらかじめ知られていなければならぬ。このような動的な土の弾性定数を求める方法は種々あるが、実験室的に求める方法としては共振柱試験機による手法がよく行なわれている。共振柱試験法は土試体の上部に微小な振り振動を加え、振動数を変化させることにより共振のを見出し、この共振周波数から土の弾性定数を逆算する試験方法である。この共振柱試験法はひずみのレベルが地震時の地盤のそれとほぼ同じであると言われており、最近、種々な土について試験が行われ貴重なデータが得られている。本研究は共振柱試験機によって求めた砂の動的セン断弾性係数について述べ、特に従来あまり実験値の得られていないセン断過程における値について詳細に論ずるものである。

2. 実験装置及び方法

本研究に用いた共振柱試験装置は、 $\phi 50\text{mm}$ $H 125\text{mm}$ の円柱状試体の頂部で駆動コイルにより振動を加え、この時の頂部の振動を圧電素子型のピックアップにより電的に計測できるように設計されている。これらの系はすべて圧力セルの内部に組立てられており、軸方向載荷も可能であるので、任意の拘束圧力、軸圧力の状態で振動試験が可能となっている。低周波発振器で共振させた低周波をパワーアンプで増やし、駆動コイルに入力として加えて共振点を求め、この時の応答変位を求めてこれが所定の振中になるまで周波数と入力電流を変化させて調整する。このようにして求めた共振周波数は装置の付加的な振動系との合成振動であるので、このうちの装置の影響を取り除くために、あらかじめキャリブレーションして求めた補正を行なって試体自体の共振周波数を求める。この実験に用いた試料は豊前標準砂で、比重2.65、均等係数1.46、 $e_{\min} = 0.602$ 、 $e_{\max} = 0.959$ である。

3. 実験結果及び考察

Hardin and Blackは土のセン断係数 G に影響を及ぼす因子として σ_{oct} と e の他に σ_{oct} 、歪振中、粒子特性、振動数、土質構造などをあげている。この内 G に影響する最大の因子は σ_{oct} と e とであり、Hardinはこの二つの因子について $G = 698(2.17 - e)^{0.5} \sigma_{oct}^{0.75}$ なる式を与えている。図-1は、上述のごとくして求めた初期間隙比0.697及び0.917における砂のセン断弾性係数 G の測定結果であるが、Hardinの与えた式とはほぼ同様の傾向にある。拘束圧が低い所ではやや大きい値が得られているが、これは軸圧の影響があるかも知れない。

σ_{oct} の影響を詳細に調べるために σ_{oct} を一定にした状態で σ_{oct} を増加させこの時の G の変化を求めてみた。図-2は G の変化に併せて G の変化を σ_{oct} をパラメータに記したものである。この図からも明らかなようにセン断が進行するにつれやや G は増大し、さらにセン断が進行すると減少して破壊に至るようである。この時の体積歪量から e の変化量を求め、 G の値の変化を計算してもこの変化量は高々1%程度である。従って、セン断による G の変化はセン断過程に伴う粒子の構造上の変化によるものと推定される。これをセン断波速度係数について書きあらためたものが図-3である。ここでは、 G は見られたように顕著ではないが、セン断過程による G の変化が明瞭ように認められる。

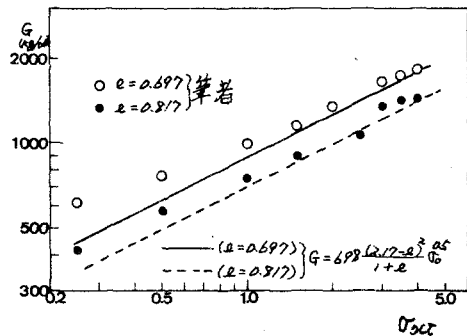


図-1 G と σ_{oct} の関係

ショルシの理論によれば岩石の破壊に近い所で弾性波速度の比が急激に変化すると言われているが、図-3によれば σ_1/σ_3 が3.5以上の所で体積変が急激に増大するにもかかわらず G はそれほど変化しない。この事は破壊に近い応力状態でも G はそれほど大きく変えないことと存在するので、もしショルシの理論が正しいとすればせん断過程における G の変化はかなり著しくななければならないと言えよう。

図-4はせん断過程における減衰定数 h の変化を示したものである。ややバラツキはあるが、 σ_{oct} が低い場合には h の値の変化は小さいが、 σ_{oct} が大きくなると h の値の変化が大きくなり、しかもせん断進行に伴い山型を呈するようである。この傾向は G の変化とは同様であり、粒子の構造的存在変化に起因するものと推定される。即ち、等方圧による圧密された砂の構造的存在程度せん断力を加えられることにより、むしろ安定化に向かうようである。せん断力がある程度以上になれば、粒子構造は不安定化に向い G あるいは h に減少が起るが、これらの変曲点にはかなりずれがあるといえない。

4. おとがき

共振試験装置により、せん断過程における砂試体の弾性定数の変化についていくつかの実験を行なった結果、 h の値はほぼ変わり明りょうな変化は知られた。第12回土質試験会では、この興味深い結果が得られるものと思われる。

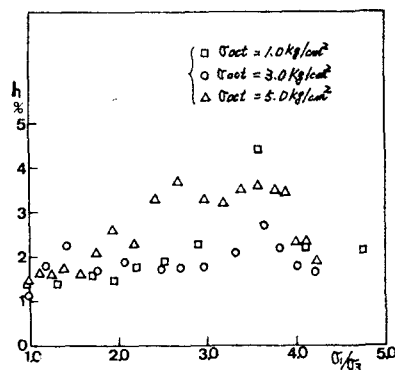


図-4 減衰定数の変化

参考文献

Harding Black Sand stiffness under various triaxial stresses. Vol. S.M.2. Proc. ASCE (1966)

山口久知雄 Dissipation of elastic wave energy in granular soils. Vol. S.M.2. ASCE (1963)

栗林 岩崎他 土の動的変形特性—共振法土質試験による測定, 土木研究所資料 9, 2号 (1974)

岩崎 龍岡他 広範囲な σ_1/σ_3 領域における砂の動的せん断変形係数 第11回土質工学会研究委員会 (1973)

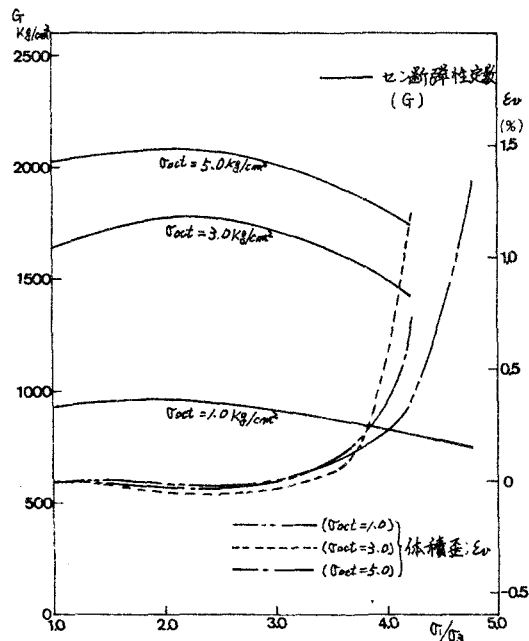


図-2 せん断過程における G の変化

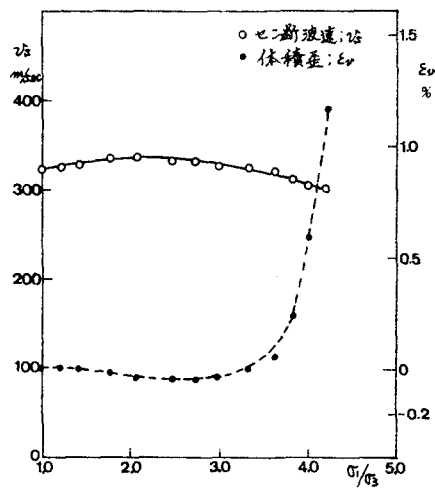


図-3 G の変化