

III-29 任意方向単純せん断における体積ひずみ特性

名古屋工業大学 学生員 ○福武 毅芳
 正員 松岡 元
 〃 〃 竹田 一夫
 〃 〃 陳 越

地震波のような任意方向の繰返しせん断挙動を再現するため、水平面内の直交2方向に独立にせん断できる単純せん断試験機を用いて種々のせん断ひずみ経路の実験を行ない、特に体積ひずみ(=垂直ひずみ ϵ_z)とせん断ひずみ経路に沿った累加せん断ひずみ G との関係について考察した。試料は飽和状態の豊浦砂($e_0 \approx 0.70$)で垂直応力 $\sigma_v = 2.0 \text{ kgf/cm}^2$ 一定の下で実験した。

1. ひずみ空間におけるBowl(おわん)モデルと

ダイレイタソシー

砂をある方向(δ_{xy} 方向)に載荷除荷(1st loading)した後、1st loadingと直交方向(δ_{zx} 方向)に載荷(2nd loading)すると、粒子は、1st loadingで形成された粒子の斜面を滑り降りながらせん断されるため図-1に示すようなせん断ひずみ経路を描く。

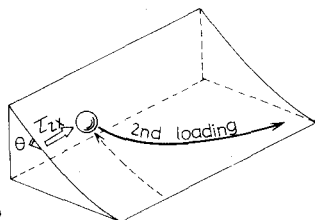
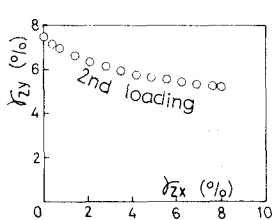


図-1 斜面を滑り降りながらのせん断(ひずみ経路)

これを3次元的に拡張して考えると、ひずみ空間において図-2に示すBowl(おわん)のような回転体が存在するものと仮想される。そしてこのBowlはせん断による攪乱によってせん断とともに垂直ひずみ ϵ_z 方向に沈下するものとする。

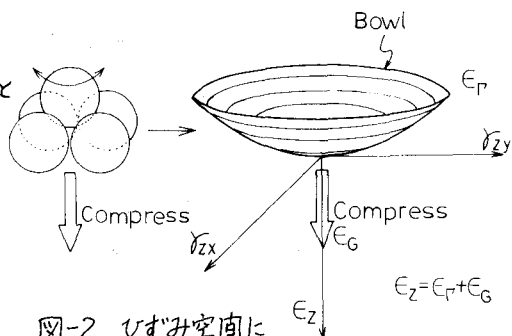


図-2 ひずみ空間におけるBowl(おわん)とその微視的イメージ

これは微視的に見れば、せん断時に粒子が平均的に粒子間の谷間に落ちこみながら全体が詰まていくことに対応するものと思われる(図-2参照)。ここで、せん断ひずみ経路に沿った累加せん断ひずみ $G = \sum \Delta G = \sum \sqrt{\delta_{zx}^2 + \delta_{zy}^2}$ 、またせん断ひずみの原点からの距離を表す合せん断ひずみ $\Gamma = \sqrt{\delta_{zx}^2 + \delta_{zy}^2}$ を定義する。

そしてBowl上を登り降りする成分を $\epsilon_r = f_1(\Gamma)$ 、Bowl全体が沈下する成分を $\epsilon_g = f_2(\text{攪乱}) \equiv f_2(G)$ とすると体積ひずみ(=垂直ひずみ) ϵ_z は、 ϵ_r 成分と ϵ_g 成分との和であると解釈される。図-3に1方向せん断時の上記の重ね合せ($\epsilon_z = \epsilon_r + \epsilon_g$)の関係を示す。 ϵ_z の最大圧縮点は、Bowlを登る成分とBowl自体が沈下する成分とがバランスした状態と考えられる。

2. Bowl自体の沈下成分(ϵ_g 成分)について

ここでは ϵ_g 成分の特性を調べるために、 ϵ_r 成分が一定となるひずみ円経路せん断(Γ 一定)について考察する。このせん断では、図-4(a)に示すように、粒子はBowlの一定高さの所を回り、かつBowl自体が沈下するので、ひずみ空間では直線状に圧縮することになる。図-4(b)は、ひずみ円経路せん断における ϵ_z を累加せん断ひずみ G に対して Γ プロット

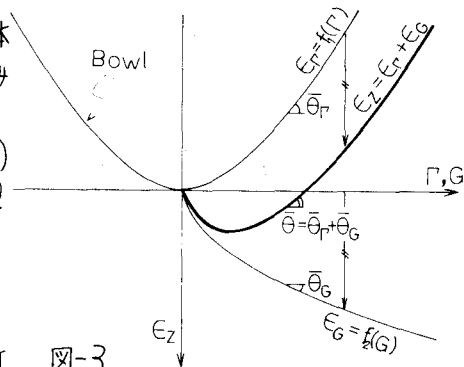


図-3 Bowlを登る成分(ϵ_r 成分)とBowl自体の沈下成分(ϵ_g 成分)との重ね合せ

したものである。 Γ の
大小(円の大小)にか
かわらず G に対してそれ
ぞれの E_z がほぼ"平行に
圧縮するのが見られる。
これより E_G (Bowl自体
の沈下)は G に対してユ
ニークに規定できると
仮定した($E_G = f_2(G)$)。

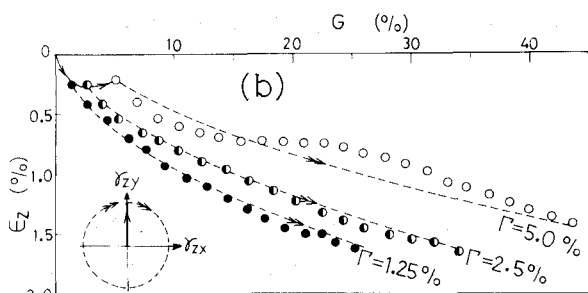
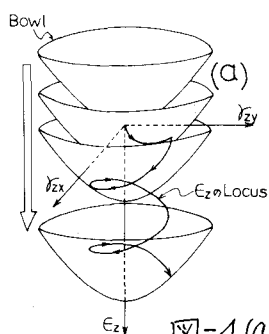
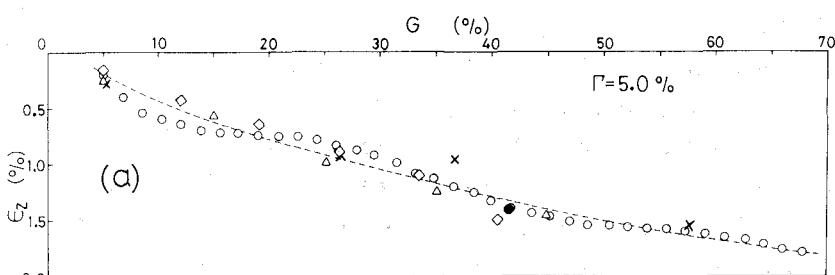


図-4(a)(b) ひずみ円経路せん断における $E_z \sim G$ 関係

この仮定を検証するた
め図-5(b)に示すような
種々のせん断ひずみ経路試
験を行なった。図-5(a)の
プロットは $\Gamma = 5\%$ にお
ける $E_z \sim G$ 関係である。
同図より $E_G = f_2(G)$ なる関
係はかなり複雑なひずみ経
路でも Γ が一定であれば、
ユニークに成立するようであ
る。なお $E_G = f_2(G)$ なる関
係は $\Gamma = 2.5\%$ においてもユ
ニークに成立するが、 Γ が
大きくなれば Bowl の形
がくずれると思われるので
 $E_G = f_2(G)$ なる仮定の
成立する Γ の範囲が存在するものと思
われる。



- : 円経路 (A B C D E F G H
A B C D E F G H)
- ◇: 四角形経路 (A C E G A G)
O E O A)
- △: 直線経路 (A O E O A)
O E O A)
- : 小円と直線経路 (A' C' E' G'
A' C' E' G' A' O E' E)
- X: 8字経路 (O B I D O H J F O)

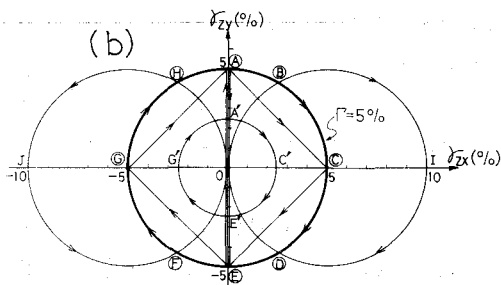


図-5 種々のせん断ひずみ経路(b)下の $\Gamma = 5\%$ での $E_z \sim G$ 関係(a)

3. ひずみ経路と体積ひずみ E_z の関係

図-5(a)より、同じせん断ひずみ振幅(Γ 一定)の場合には
ひずみ経路に沿った累加せん断ひずみ G が大きい程よく圧縮
することがわかる。図-6は $\Gamma = 5\%$ におけるひずみ円経路と
直線経路の体積ひずみ E_z を繰返し回数 N に対してプロットし
たものである。ひずみ円経路の G は直線経路の G に比べて $\pi/2$
 $= 1.57$ 倍大きいので、円経路せん断の方がよく圧縮すると
考えられるが、図-6からもそのことがうかがわれる。(ひずみ
経路であればそれらの中間の値をとると予想される。)ただし、
直線経路せん断では Bowl の底を通るので、 E_z は実際図中の点線のように波打ちながら圧縮することに注意を要する。

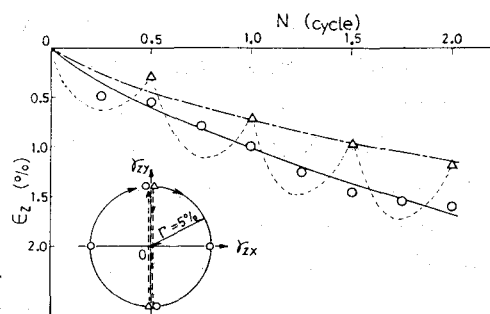


図-6 $\Gamma = 5\%$ での $E_z \sim$ 繰返し回数 の関係
(ひずみ円経路(O印), 直線経路(△印))

謝辞 御指導いただいた本学 山内利彦教授, 中井照夫助教授に感謝致します。

文献 1) 竹田, 松岡, 福武(1983): 第38回土壌学会年次講演会 III-22 pp43-44. 2) 軽部, 木村, 鈴木
(1975): 第10回土質工学研究発表会 45 pp169-172. 3) 松岡, 竹田, 福武他(1984): 第19回土質工学
研究発表会(投稿中). 4) 陳, 松岡(1984) 第19回土質工学研究発表会(投稿中)。