

砂質土におけるプレッシャーメータ試験結果の解釈について

京都大学工学部 正員 島 昭治郎、正員 太田 秀樹
 京都大学工学部 正員 深川 良一、学生員 〇杉 村 均

1. はじめに：本研究では砂試料に対するプレッシャーメータモデル試験結果を弾性論を用いて解釈し室内三軸試験結果と比較することにより、得られた変形係数 E 、 ν の評価を行った。

2. E 、 ν の応力経路依存性：まず室内三軸試験により変形係数 E 、 ν の応力経路依存性を明らかにしている。試験はまず側圧一定三軸圧縮・伸張試験を拘束圧 $\sigma_0 = 49, 98, 147, 196 \text{ kN/m}^2$ について行い、同様に側圧一定条件下で繰返し載荷試験を $\sigma_0 = 98, 196 \text{ kN/m}^2$ で行った。すみみの基準状態は等方圧密終了時としている。試料は豊浦標準砂を用いた。等方的な土試体を得るために小田らの指摘にしたがって plunging 法により、土試体を作製し、間隙比 $e = 0.7$ 前後に調整した。繰返し載荷試験の結果を Fig 1 に、得られた変形係数 E 、 ν を Fig 2 に示す。圧縮試験より得られた初期接線弾性係数 E は伸張試験で e の 3~4 倍になり、 ν は圧縮試験では 0.5 以下、伸張試験では 0.5 以上となる傾向がある。繰返し載荷試験の除荷・再載荷過程より得られる変形係数 E は圧縮・伸張という試験条件の影響をほとんど受けず、ほぼ同様な値を与えることがわかる。このことは試料がより弾性的に挙動していることを示すものと思われる。変形係数 E 、 ν の応力経路依存性を調べるためにさらに $\sigma_0 = 98 \text{ kN/m}^2$ として種々の応力経路で三軸試験を行った。実験中、軸圧・側圧が変化することからメンブレンシフト補正と 3 点補正を行って排水量の正確な評価に努めた。その結果を Fig 3 に示す。ここに $\tau = \sigma_1 - \sigma_3$ 、 $p = \frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_3)$ 、 σ_1 ：軸圧、 σ_3 ：側圧である。太黒線の値を E 、 ν の値を表している。これによると E については $\Delta\tau > 0$ の場合、 $\Delta\tau < 0$ の場合の 2.5~3.5 倍となり、 ν については E は顕著な差はみられないが $\Delta p < 0$ の場合より $\Delta p > 0$ の場合の方が相対的に小さい、という傾向を持つ。以上のことを整理すると Fig 4 のように τ - p 平面を 4 つに分けて考えることができ、それぞれの傾向は、section I ($\tau > 0, \Delta p > 0$) E 大、 ν 小

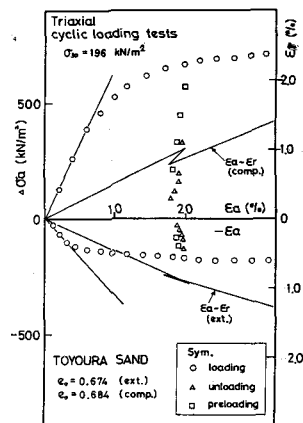


Fig.1 側圧一定三軸繰返し載荷試験の典型的結果

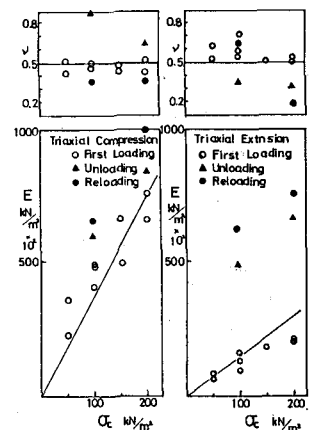


Fig.2 側圧一定三軸圧縮・伸張試験結果

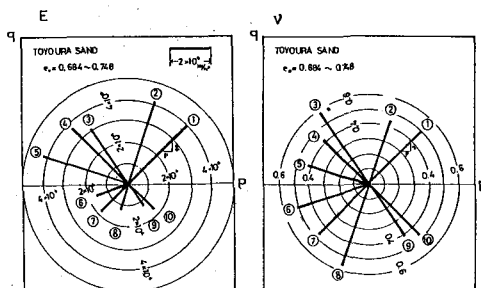


Fig.3 種々の応力経路における E 、 ν

Section II ($q > 0, \Delta p < 0$) E 大, ν 大
 Section III ($q < 0, \Delta p < 0$) E 小, ν 大
 Section IV ($q < 0, \Delta p > 0$) E 小, ν 小
 となる。

3. 弾性論に基づくプレッシャー-X- γ 試験結果の解釈: 今回の σ

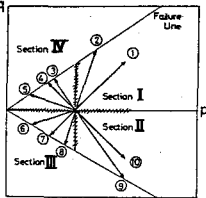


Fig. 4 p - q 平面の分類

プレッシャー-X- γ 室内モデル試験に対応させて内圧 r_i , 外径 r_o の厚肉円筒が内圧 σ_i , 外圧 σ_o のように受ける場合を考える。材料を等方等質線型弾性体と仮定し、ひずみは微小であるとす。また載荷機構より厚肉円筒は軸対称平面ひずみ条件下で変形するものとする。内壁と外壁での半径方向ひずみ増分～内圧増分関係は結局、

$$\Delta \left(\frac{u_i}{r_i} \right) = \frac{(1+\nu)}{E} \cdot \frac{\{(1-2\nu)r_i^2 + r_o^2\}}{r_o^2 - r_i^2} \cdot \Delta \sigma_i$$

$$\Delta \left(\frac{u_o}{r_o} \right) = \frac{2(1-\nu)}{E} \cdot \frac{r_i^2}{r_o^2 - r_i^2} \cdot \Delta \sigma_i$$

となる。ここに u_i , u_o はそれぞれ内壁、外壁の変位である。実験結果 $E \Delta \left(\frac{u_i}{r_i} \right) \sim \Delta \sigma_i$, $E \Delta \left(\frac{u_o}{r_o} \right) \sim \Delta \sigma_i$ 関係で整理し、初期載荷時、繰り返し時と直線とみなし

て上式から E , ν を決定している。また弾性論に基づけば、プレッシャー-X- γ 試験における任意の要素での応力変化は初期載荷過程においては鉛直応力増分 $\Delta \sigma_z < 0$, 半径方向応力増分 $\Delta \sigma_r > 0$, 円周方向応力増分 $\Delta \sigma_\theta < 0$, $|\Delta \sigma_\theta| > |\Delta \sigma_r|$ であることがわかる。また平均主応力増分 $\Delta p < 0$ である。これを Π 平面上で整理すると側圧一定三軸伸張試験の応力状態により近いことがわかる。よって(1)初期載荷過程より得られる E , ν の傾向は Fig. 4 a section III の E , ν の傾向と一致し、 E 大, ν 小となる。(2)繰り返し載荷過程より得られる E , ν はより弾性的であると考えられるから三軸繰り返し載荷試験より得られる E , ν と似てくる、ことが予想される。

4. 結果と考察: 典型的なプレッシャー-X- γ 曲線 Fig. 5 に、結果 Fig. 6～9 に示す。なお実験方法の詳細は文献(2)を参照されたい。実験においては供試体の半径を 5 cm, 10, 14 cm と 2 種類変え、その影響を調べたが、Fig. 6 と Fig. 9 より影響はないことがわかる。Fig. 6 と Fig. 2 と比較するとプレッシャー-X- γ の初期載荷過程より得られる E , ν は側圧一定三軸伸張試験での E , ν に傾向が似ており、また特に繰り返し載荷過程より得られる E , ν は三軸繰り返し載荷試験より得られる E にほぼ等しいことが Fig. 7, 8 と Fig. 2 からわかり、予想に近い結果を示していることがわかる。

参考文献: (1) 小田匡重 (1979) "等方的な岩石質工の变形特性" 第4回土質工学研究会 (2) 志方弘樹 (1983) "砂質地盤の非線形変位試験結果の解析と岩石実験の応用" 京都大学博士論文

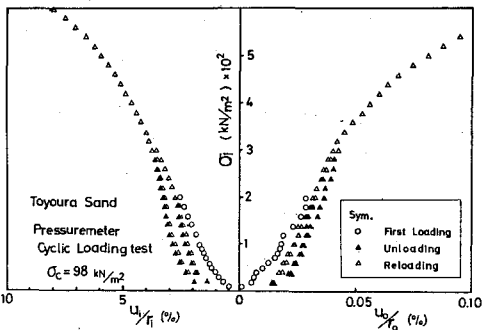


Fig. 5 典型的なプレッシャー-X- γ 曲線

