

III-366 アクリル供試体を用いたプレッシャーメータ試験の模擬実験

(財)電力中央研究所

正会員 谷 和夫、西 好一、吉田保夫

清水建設(株)(元東京理科大学学生)

正会員 ○松本和真

1. はじめに: 岩盤に関する力学的問題において、特に破壊や不連続面の形成を考えないような場合には、岩盤を線形弾性体と仮定して変形解析することが多く、プレッシャーメータ試験(PMT: pressuremeter test)によって地盤の変形特性を評価する解析法も線形弾性理論に基づいている。また、軟岩でも極めて微小なひずみレベルの応力～ひずみ関係は極めて線形弾性的であることが示されている¹⁾。しかし、PMTにより地盤の微小ひずみ領域の剛性を厳密に評価するためには、ゆるみのない孔壁の変位を高精度で計測する必要があることが指摘されている。孔壁変位の計測に対する主要な誤差であるベッディング・エラー(BE: bedding error)は、

① 掘削に伴う孔壁近傍地盤のゆるみに起因するBE、

② 孔壁の変位を直接的に計測していないことに起因するBE、

の2つに大別される。後者②を定量的に評価するために、変形係数が比較的大きなひずみレベルまで線形な合成樹脂²⁾を岩盤の代替材料として用いたPMTの室内模型実験を行い、供試体内に埋設したひずみゲージにより模型地盤内のひずみ分布を測定することを計画している。得られたひずみ分布より線形弾性理論を用いて①の影響の少ない真の孔壁変位を逆算し、プレッシャーメータによって計測された孔壁変位と比較できる。本報告はこの予備的検討として実施した模擬実験について述べる。

2. 供試体作製法と実験方法³⁾: 供試体はひずみゲージを内部に埋込んだ円筒形アクリル樹脂(外径104mm、内径10mm、高さ190mm)で、アクリシラップ(三菱レイヨン(株)、SY-430)を主剤とし、これに硬化剤(日本樹脂(株)、パーメックN)、促進剤(三菱レイヨン(株)、SY-A)、希釈剤(三菱レイヨン(株)、アクリルエステルM)を100:0.5:1:2の割合で混合する積層法により作製した。ひずみゲージ((株)東京測器、GFLA-3, 6-70, 120Ω)は、作製したアクリル樹脂円盤(外径100mm、内径9.2mm、高さ10mm)の両面にそれぞれ半径方向、円周方向のひずみ分布を測定するために $r=7.5, 15, 30\text{mm}$ の位置に90°間隔に4枚ずつ貼布し各位置の平均ひずみを測定できるよう結線した。まず、中央にガイド用の市販アクリルパイプ(外径9mm)を設置した塩ビパイプ(内径108mm)内に高さ90mmまでアクリル樹脂を積層し、ひずみゲージを貼布した円盤をセットしてから上部にアクリル樹脂をさらに90mm積層した。塩ビパイプより脱枠後外面を旋盤で整形し、中心のアクリルパイプをくり抜いて直径10mmの孔をあけ、内側に水圧を加えられるよう両端にコックを接続した。実験は中央の孔に加えた水圧を所定の最高圧まで0.1MPa/30秒で単調载荷・除荷し、孔壁に作用する水圧 p と各位置での半径方向ひずみ ε_r と円周方向ひずみ ε_θ を計測した。

3. 結果と考察: 軸対象平面ひずみ状態を仮定した線形弾性理論においては以下の関係式が成り立つことが知られている。

$$\varepsilon_r = -\varepsilon_\theta = \frac{p - p_0}{2G} \left(-\frac{r_0}{r} \right)^2 \quad \text{式①}$$

ただし、せん断剛性 $G = E / 2(1 + \nu)$ 、(E :ヤング率、 ν :ポアソン比)、初期等方圧 $p_0 (= 0\text{MPa})$ 、初期孔壁半径 $r_0 (= 5\text{mm})$ とする。

図1に示す各位置($r=7.5, 15, 30\text{mm}$)で得られた $p \sim \varepsilon_r, -\varepsilon_\theta$ 関係は、ばらつきが大きいものの今回の実験の範囲内では比較的線形弾性的な挙動を示し、かつ式①に示す $\varepsilon_r = -\varepsilon_\theta$ の関係がほぼ成り立つと言える。図1の $p \sim \varepsilon_r, -\varepsilon_\theta$ 関係の傾きと式①を用いてアクリル樹脂のせん断剛性

Gを逆算すると、 $r=7.5, 15\text{mm}$ でそれぞれ $G=1390, 590\text{MPa}$ となった($r=30\text{mm}$ では傾きを客観的に求められなかった)。このアクリル樹脂の一軸圧縮試験、引張試験、超音波速度試験の結果、 10^{-3} 以下のひずみレベルに対して得られた変形係数は $E \approx 3000\text{MPa}$ 、 $\nu = 0.3^{2)}$ で、これより計算される $G \approx 1150\text{MPa}$ はオーダー的には今回の模擬実験の結果と矛盾しなかった。しかし、供試体内のひずみ分布に関して、これら室内要素試験より得られた変形に関する物性値を用いた理論解(式①)と、今回の載荷時の測定結果を $p=0.5, 1.0\text{MPa}$ において比較すると(図2)、供試体内のひずみ分布より線形弾性理論を用いて真の孔壁変位を精度良く推定するにはまだ課題が多いようである。

なお、この供試体は $p=1.8\text{MPa}$ の圧力で、孔壁近傍に ε_θ に直交する面だけでなく打継ぎ面($r-\theta$ 面)、特にひずみゲージを貼った面にも同時にクラックが発生した。今後は、このような弱面の少ないより均質な供試体の作製法の開発、ゲージの貼布位置の高精度化を図るために供試体を大型化するなどして試験の高度化を図る予定である。

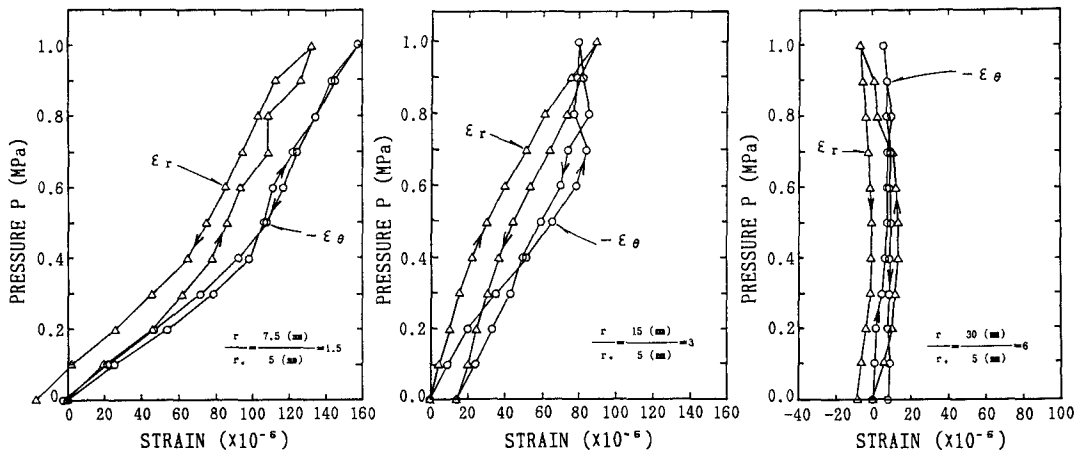


図1: $p \sim \varepsilon_r, -\varepsilon_\theta$ 関係 (左より $r=7.5, 15, 30\text{mm}$)

参考文献:

- 1) Tatsuoka, F. & Shibuya, S. (1991) "Deformation characteristics of soils and rocks from field and laboratory tests", Proc. of 9th ARC, Vol.2, pp.53-114.
- 2) 谷 和夫、松本和真、西 好一 (1992) "岩盤を模擬する樹脂材料のひずみ計測の検討", 第27回土質工学研究発表会。
- 3) 松本和真 (1992) "プレッシャーメータ試験に関する基礎的研究", 東京理科大学卒業論文。

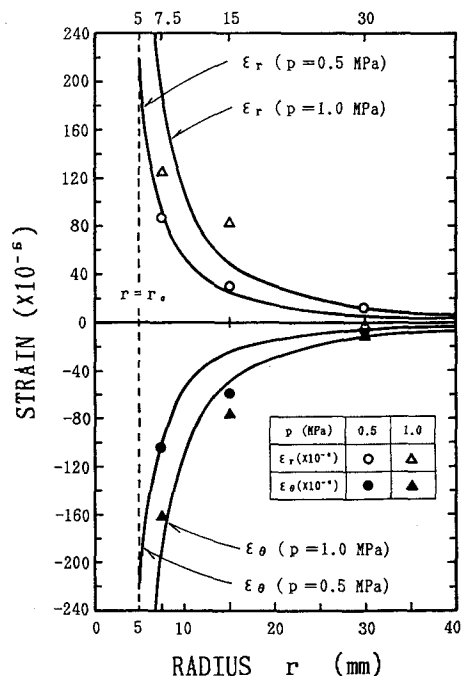


図2: ひずみ分布の理論解と測定値の比較