

III-A 408

軟岩に対する平板载荷試験における地中ひずみ分布

建設省土木研究所 正会員 ○川崎将生 佐藤英隆 山口嘉一
建設省北陸地方建設局 中村 昭

1. はじめに

大型土木構造物の基礎岩盤の変形性を原位置で調査する方法に、平板载荷試験がある。この試験は、通常、岩盤を等方等質な弾性体と仮定して解釈される。しかし、対象岩盤が比較的軟質な場合は、岩盤の非弾性的挙動に起因する現象が顕在化してくる。そのため、この仮定に基づいて試験結果を解釈した場合、岩盤が本来有している変形性を過大評価している可能性がある。

著者らはこれまでに、軟質な砂岩・泥岩を対象に平板载荷試験を実施し、その際計測した载荷板周辺の変位と弾性理論解を比較検討した。また、岩盤の変形性の大小に対する载荷板周辺の変位挙動傾向の違いを、定性的に評価することを試みた^{1),2)}。本論文では、これらの試験の際に計測した载荷板直下の岩盤のひずみ分布について報告する。

2. 試験概要

試験は新第三紀鮮新世～第四紀更新世の泥岩、砂岩に対してそれぞれ1ケースずつ、計2ケース実施した。対象とした岩盤の性状や試験位置、試験方法は参考文献2)を参照されたい。ひずみ計の設置方法は、まず試験面から15cm程度の厚さの岩盤を残した状態でφ56mmのボーリング孔を鉛直に削孔し、グラウト材を充填した後、直列に配置したひずみ計を図-1に示す位置に挿入した。グラウト材はセメント、ベントナイト、水からなり、試験日に周辺の岩盤と同程度の変形性を持つようするため、別途実施した配合試験結果に基づいてその配合を決定した。

グラウト材の硬化後、残りの岩盤を手掘りで掘削し、ひずみ計設置箇所が载荷板の中心になるよう整形を行った。

3. 試験結果

図-2はそれぞれの試験箇所所得られた深度-10cm、-50cm、-90cmでのひずみと载荷応力の関係である。但し、最大応力の繰返し载荷部分とそれに引き続いて最大応力を保持した部分は、今回の検討対象としないので割愛している。この図をもとに、各深度のひずみをその点でのひずみの最終値で除した値と载荷応力の関係を示したものが図-3である。表層部(-10cm)では、除荷時に残留するひずみがそれまでに経験した最大のひずみに対して、泥岩、砂岩のケースともに7割～8割程度であり、それほど差が見られない。両ケースで残留ひずみは深度が大きいほど相対的に小さいものとなっているが、泥岩のケースでは、深度-90cmにおいても5割程度のひずみが残留している。それに対して、砂岩のケースではこの値が深度-50cmで2割未満、-90cmで1割未満であり、この深度では比較的弾性的な挙動を示していると言える。深度-90cmに作用する鉛直応力

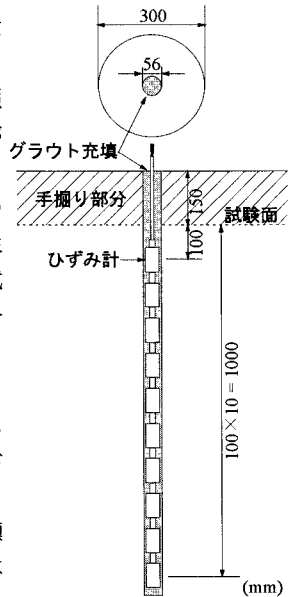


図-1 ひずみ計設置位置

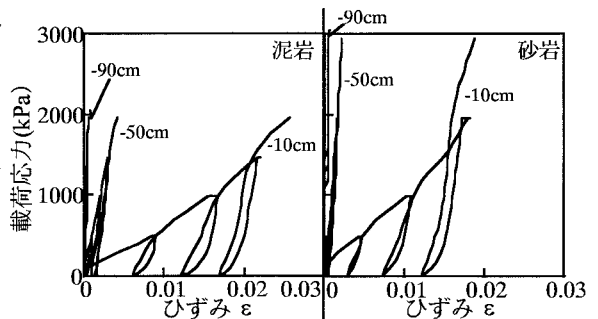


図-2 载荷応力と地中ひずみεの関係

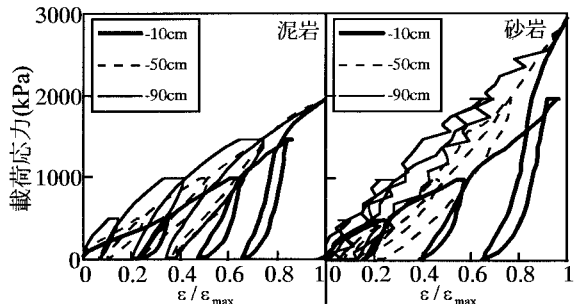


図-3 载荷応力とε/ε_maxの関係

は、深度-10cmに作用する鉛直応力に対して相当小さい（一様な弾性地盤であれば7%程度）ことから断定はできないが、岩盤の目視観察や簡易弾性波探査の結果も踏まえて考えると、砂岩のケースでは表層部において横坑掘削によるゆるみや微細なクラックの影響が現れており、深部ではそれらの影響があまり顕著ではないこと、泥岩は比較的深部まで軟質で非線形挙動を示すこと、等が予想される。

図-4は、各処女載荷応力時での、載荷応力の増加に対するひずみ増加率を深度方向に示したものである。図には一様な弾性地盤に対する理論値を以下の式³⁾で算出し、プロットした。

$$\frac{\Delta \epsilon}{\Delta p} = \frac{(1+\nu) \cdot (1-2\nu) + (3-2\nu)\zeta^2}{2E \cdot (1+\zeta^2)^2}$$

$\Delta \epsilon$: 地中ひずみ増分 Δp : 載荷応力増分(kPa)
 E : 岩盤の弾性係数(kPa) ζ : 深度/載荷板半径
 ν : ポアソン比(=0.3とした)

深度方向の分布形状を理論値と実測値で比較すると、両ケースとも実測値は表層部で大きめ、深部で小さめの値を示している。よってこの図からも、今回対象とした岩盤は、その剛性が深度方向に一樣とは言い難く、表層部はゆるみや微細なクラックの影響で深部に比べて剛性が低下していると考えられる。載荷応力が大きくなると表層部でのひずみ増加率が減少しているが、この理由の一つとして、これらの影響で低下していた剛性が、載荷による締固めの効果である程度回復してくることがうかがわれる。載荷応力の増加に対する表層部でのひずみ増加率の低減傾向は、砂岩のケースで顕著に見られる。砂岩は泥岩に比べて微細なクラックを多く含んでいるため、表層部での乱れの影響は砂岩のケースの方が大きいことに加え、砂岩の方が弾性係数の拘束圧依存性⁴⁾が強いことも一因であると思われる。一方、深部の挙動については、両ケースとも、載荷応力の増加に対してひずみ増加率がほとんど変化していないととれるが、発生したひずみはかなり微小でありバラツキが相対的に大きいため、それほど明瞭な傾向が見いだせない。

また、図中には、載荷応力と載荷板の変位から、従来用いられている方法で算出した変形係数⁵⁾(泥岩: 27MPa、砂岩: 70MPa)による理論ひずみ増加率分布も示してある。載荷応力が小さい段階で表層部の実測値がこれに比較的近い値を示している以外は、全般的に実測値が小さいものとなっており、特に深部では載荷初期から大きく逸脱している。今回対象とした岩盤は前述のようにいずれも一様な弾性体とは言い難いが、仮に上記の弾性理論式に載荷応力増分とひずみ増分の実測値を代入して算出される弾性係数の分布は図-5のようになる。この図からも、載荷板変位から求まる変形係数は剛性が低下した表層部の影響を強く受けていることが推察される。

参考文献

- 1) 佐藤英隆・川崎将生・山口嘉一・中村昭(1996): 平板載荷試験による軟岩基礎の変形性評価における課題, 第31回地盤工学研究発表会講演集.
- 2) 佐藤英隆・川崎将生・山口嘉一・中村昭(1996): 軟岩に対する平板載荷試験における地表面変位, 第51回年次学術講演会講演概要集.
- 3) 船戸明雄・小倉均(1994): 平板載荷試験における載荷板変位と地中ひずみによる弾性係数の比較, 第26回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, pp. 559~563.
- 4) 水本柱輔・内田武志・木幡行宏・龍岡文夫(1993): 堆積軟岩の変形係数の拘束圧依存性について, 第28回土質工学研究発表会講演集, pp. 1369~1372.
- 5) 原位置岩盤の変形およびせん断試験の指針 - 解説と設計への適用 -, 土木学会, 1983.

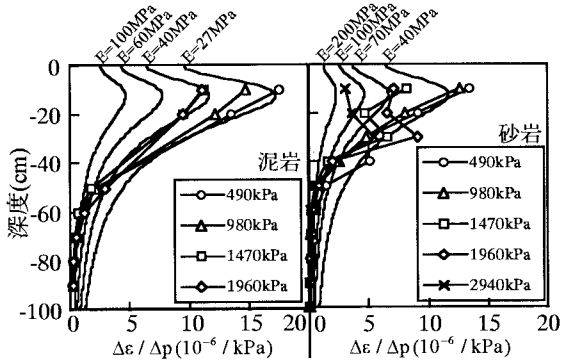


図-4 Δε/Δp分布

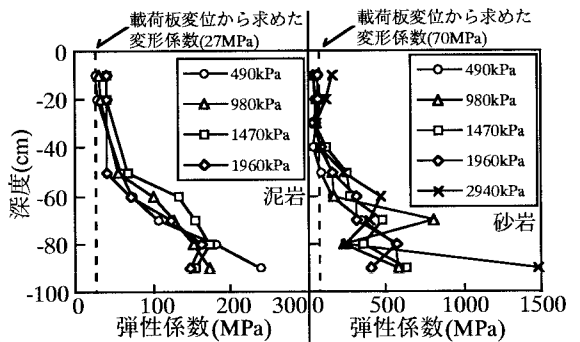


図-5 弾性係数分布