

III - A 407

軟岩に対する平板載荷試験における地表面変位

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

1. はじめに

近年、比較的軟質で変形性が大きい軟岩基礎にも大型土木構造物を建設しなければならない状況にある。このような基礎岩盤の変形性を評価するために、従来より原位置での平板載荷試験が実施されている。しかし、軟岩基礎上で平板載荷試験を行う際には、載荷板端部での応力集中によるせん断破壊などの現象が発生し、実際よりも変形性を過大に評価する可能性がある<sup>1)</sup>。著者等は、既に変形係数 150~600MPa 程度の軟岩基礎に対して平板載荷試験を実施し、前述の問題に対して検討を行っている<sup>2)</sup>。今回は、更に軟質な軟岩基礎で平板載荷試験を行い、同様の検討を行ったので報告する。

2. 試験概要

試験は、新生代第三紀鮮新世~第四紀更新世に属する軟岩地山中に掘削された横坑内の2箇所で行った(図-1参照)。A地点は凝灰質砂岩と縞状をなす泥岩とからなる泥岩層で、ハンマーのピックが貫入する程度の固結度である。B地点は含軽石砂岩と中粒~細粒砂岩からなる砂岩層で、試験面には不規則な割れ目が認められる。最大粒径は共に4.76mmで、一軸圧縮強さはA地点で0.07MPa、B地点で1.05MPa程度である。試験面は、上部に50cm程度の厚さの地盤を残して発破により拡幅し、残した地盤を手作業で取り除いてから慎重に整形した。図-2に示す位置で、載荷板の沈下に伴う周辺地盤の変位を測定した。載荷パターンは、図-3に示すとおりである。その他の試験仕様は、土木学会「平板載荷による原位置岩盤の変形試験方法の基準(1976)」<sup>3)</sup>等に準拠した。

3. 試験結果

図-4に各試験位置で計測された載荷応力と載荷板の変位の関係を示し、表-1に試験結果から求めた変形係数及び弾性係数を示す。載荷板の変位は載荷板上の4点で計測した変位の平均とした。また、表-1のNo.1~3は近傍のR6横坑で砂岩層に対して過去に行った試験結果である<sup>2)</sup>。処女荷重部分の包絡線に着目すると、A・B地点共にほぼ直線的であるが、微視的に見ると下に凸の形状から上に凸の形状に変化している。この現象は、載荷応力が進むにつれて微細な亀裂の閉塞や表面付近のゆるんだ地盤が押し固まり、徐々に硬化していった後に塑性化が進んだと考えられる。

各載荷サイクルで、最大応力載荷時の載荷板の変位(全変位量)に対する除荷後の載荷板の変位(永久変位量)の比を示したのが図-5である。変形係数の小さなケース程この値は大きくなっており、全ケースとも全変位量の増加に伴い永久変位との比も増加する傾向にある。すなわち、変形性が大きくなるにつれて非可逆的な挙動を示す傾向にある。

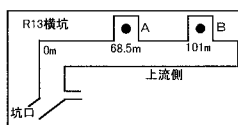


図-1 試験地点位置

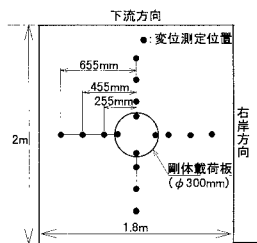


図-2 変位測定位置

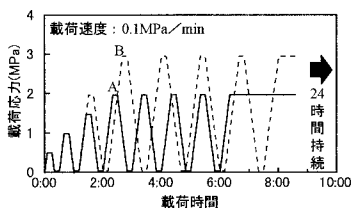


図-3 載荷パターン

表-1 変形係数と弾性係数 (MPa)

地点	横坑	D	Et	Es
A	R13	27	100	82
B	R13	69	185	160
No.1	R6	250	460	340
No.2	R6	630	840	680
No.3	R6	150	290	230

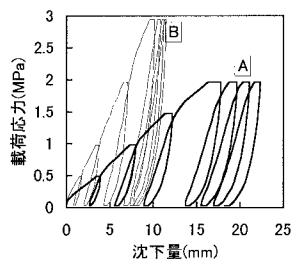


図-4 載荷応力-沈下曲線

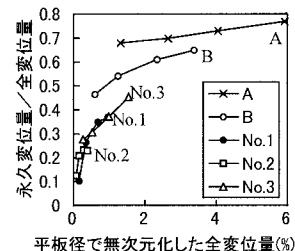


図-5 永久変位量/全変位量の推移

図-6には、最も変形性が大きいA地点において、各載荷応力毎の地表面変位と理論変位分布を示す。各変位は、各サイクルの最大応力時に、載荷板中心から等距離にある4点の変位を平均して求めた。また、載荷板周辺の理論変位分布は半無限弾性地盤を仮定し、載荷板の変位が実測値と一致するようにして求めた。載荷が進むにつれ、また載荷板端部から遠ざかるにつれ地表面変位の理論値に対する実測値の割合は低下している。

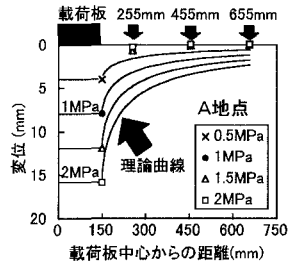


図-6 載荷板と周辺地盤の変位

図-7は載荷板中央から255mm離れた地点において、変位の実測値 $\delta_{255}$ と理論値 $\delta_{T255}$ の比を載荷応力と関連づけたものである。この点は、周辺地盤の変位計測点のうち板端部での応力集中の影響を最も受けやすい点である。載荷初期は沈下量が微小で計測誤差が相対的に大きくなることもあってバラツキがあるが、ある応力レベルに達すると $\delta_{255} / \delta_{T255}$ の値は減少する傾向にある。また、変形係数が小さいケースほど $\delta_{255} / \delta_{T255}$ の値が最大値となる点を迎えるのが早くなっている。

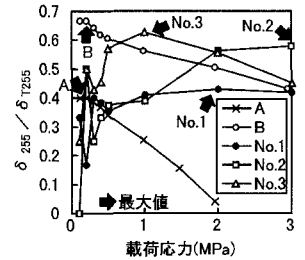


図-7  $\delta_{255} / \delta_{T255}$  の推移

図-6の地表面変位を経時的に示したのが図-8である。周辺地盤の変位は、各載荷サイクルの最大応力時の値をとり、変位は沈下方向（下向き）を正とした。A地点ではすべての変位測定位置において、2回目載荷まではある程度載荷板の沈下に追従して周辺地盤も沈下しているが、更に載荷が進むと盛り上がるの傾向を示している。一方B地点では載荷板から255mm離れた地点において、処女荷重載荷範囲内までは連続的に沈下しているが、その後は盛り上がる傾向にある。また、255地点より遠い地点ではA地点と同様に3回目載荷辺りから盛り上がるの傾向を示している。次に、図-8のA・Bで挙動の異なった255地点の応力沈下曲線を図-9に示す。この図で載荷応力とは載荷板にかかる応力のことであり、変位は沈下方向を正とする。B地点では、ある程度載荷板の沈下に対して追従して沈下しているが、A地点では3回目載荷辺りから次第に盛り上がるの傾向が現れ、特に4回目載荷時にその現象は明らかである。つまり、A地点では載荷が進むと徐々に塑性化し始め、約1.5MPaに達すると側方流動的な動きによって地盤が押し上げられて、除荷によって更に盛り上がっていると考えられる。しかし、変形性の大きい地盤ほどリバウンドの影響は大きいと考えられ、その影響も無視することはできない。

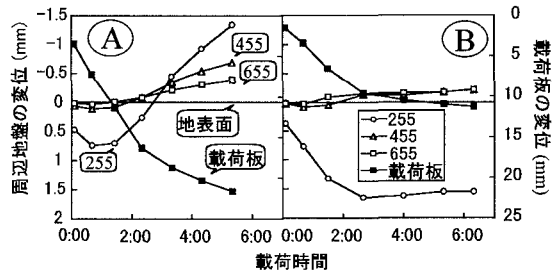


図-8 周辺地盤の変位と載荷時間の関係

#### 4. おわりに

以上の結果から、載荷板の沈下量に対して周辺地盤の沈下量は弾性的な挙動を示さないことがわかった。また、リバウンドの影響は無視できないが、変形係数が100MPa程度以下の軟岩基礎では載荷の進行に伴う周辺地盤の盛り上がり現象が明らかになった。このことから、載荷板端部での応力集中によるせん断破壊・側方流動・盛り上がりなど地盤の塑性化に起因する現象が発生していると推測される。したがって、この試験で評価した変形性は実際よりも過大に評価している可能性がある。このような軟岩に対する的確に変形性を評価するためには、前述の現象が発生しないように周辺地盤を拘束するなどの工夫が必要であろう。

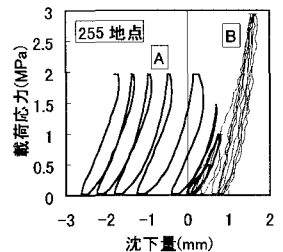


図-9 載荷応力-沈下曲線

#### 参考文献

- 1) N.MATSUMOTO, T. IKEDA & Y. YAMAGUCHI; In-situ deformability test on soft rocks, Fifth International Conference on Numerical Methods in Geomechanics, pp81-pp86, 1985.4
- 2) 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
- 3) 原位置岩盤の変形およびせん断試験の指針 一解説と設計への適用一, 土木学会, 1983.12.