

III-141 載荷機構の違いによる孔内載荷試験結果の評価

京都大学工学部 正 員 荻谷 敬三
 京都大学工学部 正 員 島 昭治郎
 京都大学工学部 正 員 谷本 親伯

1. まえがき

岩盤の変形特性を調査する試験法の一つに孔内載荷試験がある。これは、現場でボーリング孔を利用して行われるものであり、試験装置は軽量で取扱いが容易であるため最近では多く用いられるようになってきている。載荷方式は、ジャッキ形式による等変位方式とゴムチューブ形式による等分布荷重方式の2つに大別され、それぞれ長所、短所を持っている。そこで、今回これらの試験装置の代表的なものを取りあげ、模型地盤および原位置において試験を行うことにより、これらの試験機の特徴を考察した。

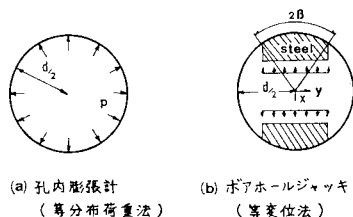
2. 試験装置

等分布荷重形式の試験機としてプレシオメータG型を、また等変位方式のものとしてKKT高圧型を用いた。これらの載荷機構を図-1に示す。プレシオメータは孔内に挿入したゴムチューブを水圧によって加圧膨張させるもので、水圧と送水量の変化から地盤の変形係数を求める。しかし載荷能力が限られた大きな変形係数を有する地盤にはやや問題がある。KKTは金属性の剛体半円柱が孔壁を押す形式のものであり、孔壁付近の応力、変位状態が複雑になるが硬岩に対しても大きな荷重を与えることができる。

3. 模型地盤における試験

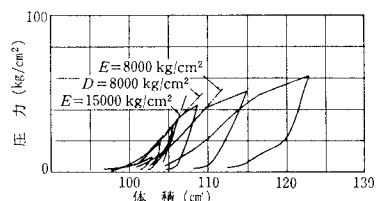
これらの載荷機構の異なる2種の試験機を同条件下で試験することによって、その測定結果について検討を行った。そこで、モルタルとベントナイトを材料とする直径56cm、高さ70cmの人工地盤を作成し、中央にφ60mmの孔を設けて、プレシオメータおよびKKTの試験をそれぞれ行った。この模型地盤の力学特性は、材料試験によれば弾性係数(E)および変形係数(D)は、それぞれ20500 kg/cm²および5300 kg/cm²であった。そして、2種の孔内載荷試験から図-2(a)、(b)に示すような結果が得られた。図中に40~60 kg/cm²の圧力レベルに対応するEおよびDを示してある。プレシオメータおよびKKTより得られた弾性係数(E)は15000 kg/cm²および15000~25000 kg/cm²となり、変形係数(D)はそれぞれ8000 kg/cm²および5000~6000 kg/cm²を示した。若干のばらつきは見られるものの、両試験機共に材料試験から得られた結果とよく一致している。ここに示した実験は理想的な人工地盤で行ったものであり、き裂を含まない連続体とみなすことができたため、このような良好な結果が得られたわけである。しかし現場での適用にあたっては、そのほとんどがき裂等の不連続面を含んだ地盤を対象とする場合がほとんどであり、さらに試験用の孔壁の仕上りが悪い場合も考えられる。したがって試験装置の特性や載荷パターンの相違によってさまざまな結果を与えるものと思われるため、次に現場での試験を行った。

4. トンネルにおける原位置試験

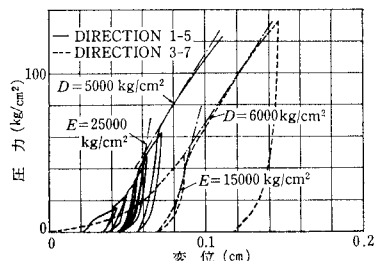


(a) 孔内膨張計 (等分布荷重法) (b) ボアホールジャッキ (等変位法)

図-1 載荷機構



(a) プレシオメータによる圧力・体積曲線



(b) KKTによる圧力・変位曲線

図-2 模型地盤試験結果

対象としたトンネルの地質は、大部分が結晶質流紋岩であり、一部角礫凝灰岩層を含んでいる。そこで岩質の違いによる試験結果の比較を行う上からも角礫凝灰岩層が分布している区間と、結晶質流紋岩が分布している区間の2ヶ所に試験孔をそれぞれ2本ずつ削孔し、プレシオメータおよびKKTの試験を行った。それらの結果を図-3、4、および表-1に示す。角礫凝灰岩の室内で行った岩石試験によれば、変形係数は60000～80000 kg/cm²であるが、原地盤では微少クラックが著しく発達しており弾性波速度も2.5 km/s程になっている。さらにトンネル坑壁付近（深度1.5m～2.0m）の地山のゆるみが見られ、これに関してはボアホールリングを用いたボーリング孔内の目視観察によっても確認している。孔内載荷試験からもその傾向がはっきり確認される。深度およそ2.0mを境にして坑壁側ではD=4000～6000 kg/cm²、それより深い地点ではD=8000～15000 kg/cm²の値が読み取られ、而試験機による結果の大きな相違は見られない。またKKT試験においては感圧紙（フジフィルム製・低圧用）を用いて接触状況を調べたが、比較的均一なものとなっている。

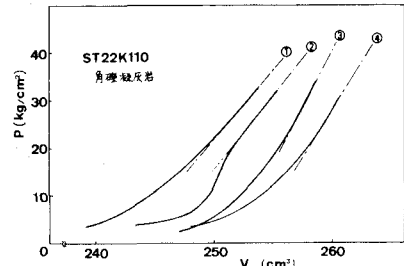
これに対して結晶質流紋岩の試験結果はかなり異なるようである。岩石試料を用いた室内試験からは変形係数が30～50×10⁴ kg/cm²とかなりの硬岩で、地山弾性波速度は5.0 km/s以上を記録している。これに対してプレシオメータ試験からは、D=5000 kg/cm²前後、KKT試験からは30000～50000 kg/cm²と全く異なった結果が求められる。その原因として次のようなことが考えられる。KKTと同時に行った感圧紙による接触状況はきわめて悪く、孔壁の仕上りがかなり乱れていると思われ、プレシオメータ試験の際P=20～25 kg/cm²までの載荷でゴムチューブが破裂を起こしており、それ以上の圧カレベルが得られていない。このためこの曲線が十分に岩盤の変形特性を表現しているとは思われない。

また、KKT試験においても接触状況からさらに補正をする必要が考えられ、岩盤の変形係数はこれよりもさらに大きな値を持つと考えられる。

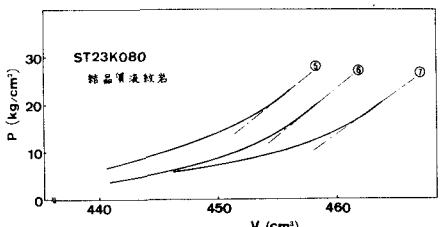
以上、載荷機構の異なる2種類の孔内載荷試験を行ったが、特に孔壁の乱れが大きい場合その結果の検討には十分な考案を必要するものと思われる。最後に、本試験を行うにあたっては、川崎地質株式会社および基礎地盤コンサルタンツ株式会社の関係各位に多大の御協力を戴いた。深甚の謝意を表したい。

表-1 原位置試験結果

岩 種	プレシオメータ (G型)			KKT (高圧型)		
	ST	深 度 (m)	変形係数 (kg/cm ²)	ST	深 度 (m)	変形係数 (kg/cm ²)
角礫凝灰岩	22K110	0.60	6381	22K060	1.00	4464
		1.60	6615		3.00	14950
		2.60	10017		4.00	13424
		3.60	8372			
結晶質流紋岩	23K080	1.00	5214	23K080	1.00	50360
		3.00	5283		3.00	28667
		4.00	4407		5.00	42324

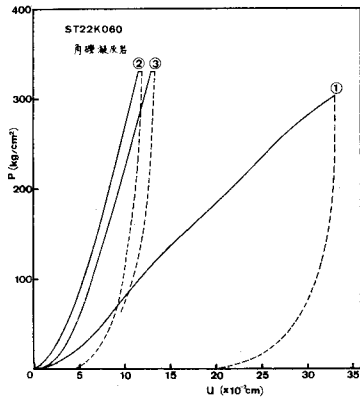


(a) 角礫凝灰岩

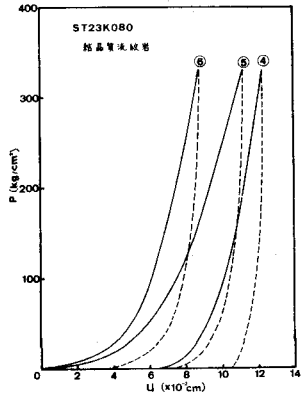


(b) 結晶質流紋岩

図-3 プレシオメータ 試験結果



(a) 角礫凝灰岩



(b) 結晶質流紋岩

図-4 KKT 試験結果