

九州電力(株)総合研究所 正谷 典 赤司 六哉
〃 〃 梶元 勝彦
西日本鉄鋼開発(株) 〃 〇中尾 豊治

1. まえがき

此の度 九州電力では、軟弱な土から硬岩まで利用できるヒン断試験装置として、高圧三軸圧縮試験機と製作し、岩盤コアのヒン断特性ならびに変形特性の究明を行っている。この中で変形特性は、FEM解析手法の発達に伴って、精度の高い、しかも、現実に即応したものが要求される。現在、九州電力においては、斜面の安定に関する研究の一環として、掘削過程における地盤の内部変形と内部応力を、FEMによる解析、実断面の埋設計画による挙動観測、または、室内模型試験などによって多方面からの検討を行っている。これらの一環の研究のうち、ここでは、此の度製作した高圧三軸圧縮試験機の紹介と軟岩を用いた高圧三軸圧縮試験ならびに応力経路試験結果について、その一部を報告するものである。

2. 高圧三軸圧縮試験機について

試験機は、電気油圧サーボシステムにコンピューターシステムと組合せたもので、一部の手動操作を除く他は、すべて自動的にコントロールされる。なお、圧力室は、高圧、中圧、低圧用と三つ準備してある。これらの主仕様は表-1に示すが、土質材料から硬岩まで幅広く利用でき、さらに、一般に採用されている測定機能はすべて網羅している。また、載荷用ピストンは、伏試体と等断面(高圧用と低圧用)とし、比剛制御による応力経路試験、動的載荷試験などの試験機能も有している。なお、図-1に参考までに主要配管系統図を示す。試験機の制御は、コンピューターによって自動コントロールされることはもううん、試験中に急激な変化(破壊発生または、各室オーバー)が発生すれば、自動的に減荷または試験停止の状態に切り替り、試験機や各計測器が保護されるようになっている。一方、試験中の計測は、マイクロコンピューターにより初期値の補正や断面補正の演算を行い、その結果をデジタルプリンター、アナログレコーダー、デジタルモニターに記録表示され、ヒズミ-応力曲線など、必要に応じてX-Yレコーダーに記録されるようになっている。

3. 凝灰岩の三軸圧縮試験結果について

3.1 ヒン断強度

試験に用いた岩石は、福岡県豊前市の近傍に産する耶麻溪層の大山砕屑角岩類で、岩種は凝灰岩である。試験は、圧室排水を行い、伏試体は直径50mm、高さ120mmとし、ヒン断速度は0.1mm/minとした。

まず、今回用いた凝灰岩の一軸圧縮試験と圧装試験の結果を、図-2、図-3に示す。これによると材料の強度に多少のバラツキはあるが、 $\phi = 45^\circ$ 、 $C = 3 \sim 12$ 兆帕の結果が得られる。一方、三軸圧縮試験結果によると、拘束圧の低い領域($\sigma_3 = 10$ 兆帕程度)のヒン断強度は、

表-1 主仕様

試体形状	高圧用	中圧用	低圧用	
直径×高さ (mm)	50×100-125 35×70-87.5	100×200	50×100-125	
負荷能力	最大飽和量 (ton)	200	200	3
	最大静圧 (ton)	1000	200	10
計測要素	飽和量 (ton)	200	200	3
	開圧圧 (MPa)	1000 (油圧)	200 (油圧)	10 (水圧)
および	飽和圧 (MPa)	1000	200	10
	飽和変位 (mm)	25	25	25
最大計測能力	変位変位 (mm)	変位 (6変位)	変位 (6変位)	変位 (2変位)
	破断 (MPa)	—	—	50
制御	変位 (mm)	50	50	50
	変位 (mm)	—	—	—
制御方式	変位制御	0.01 ~ 2 mm/min	—	—
	重量制御	1 g ~ 20 kg/min	—	—
制御方式	変位制御	0.02 ~ 500 mm/min	—	—
	重量制御	0.1 g ~ 20 kg/min	—	—
計測要素	飽和圧 (MPa)	0.01 ~ 1	0.01 ~ 1	0.01 ~ 4
	飽和変位 (mm)	—	—	0.01 ~ 4

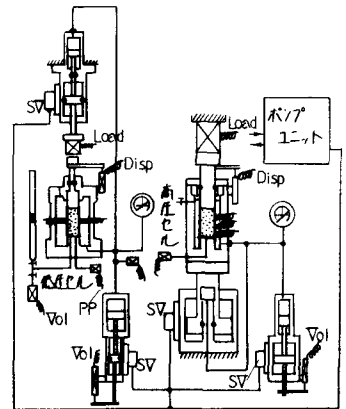


図-1 主要配管系統図

一軸および圧縮試験から求めたそれとは同じ値を示す。

しかし、両側圧の領域になると内部摩擦角は極端に低減する。図-5は、ヒズミ～応力曲線を示すが、低側圧領域では、破壊時を示すピークが1%内外で止じ、しかも残留応力が認められる。しかし、高側圧の状態では、破壊時のピークは示さず、なだらかな曲線を描き、15%付近から勾配の变化が認められる。今回の脆灰岩に限るため、

粘性土に近いヒズミ～応力曲線を示し、粘りのある性質がうかがえる。

(表花圧重2.6、吸水率26.7%乾燥密度1.4-1.7g/cm³)

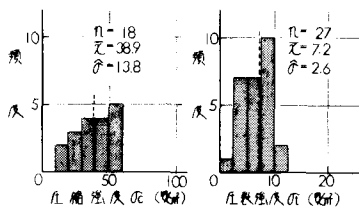


図-2 圧縮および圧縮比の度数分布

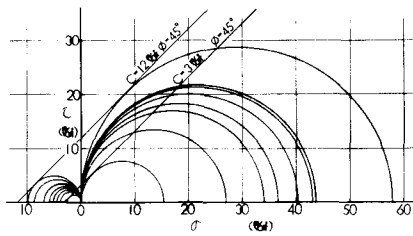


図-3 一軸および圧縮試験によるε-σの応力円

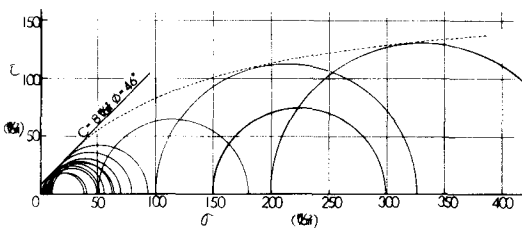


図-4 三軸圧縮試験によるε-σの応力円

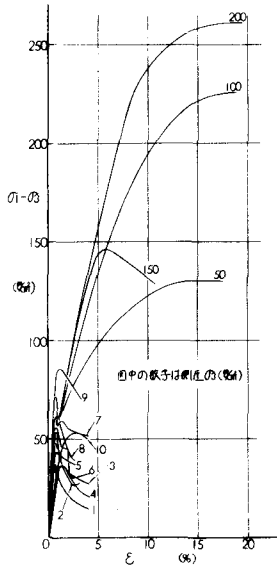


図-5 ヒズミ～応力曲線

3.2 応力経路によるヒズミ断特性

斜面の掘削に伴う応力減少過程の発形特性と、軟岩の供試体と求めたため、圧縮排水での応力経路試験を実施した。試験に用いた供試体は、先に述べた三軸圧縮試験と同じ脆灰岩で形状も同じである。応力除荷速度は、0.5と基準とした場合は、0.02 MPa/min、0.1と基準とした場合は、0.05 MPa/minとした(試験機の制御性能より決定)。

応力経路(応力減少過程)の試験条件は、FEM解析による主応力変化状況に基づいて、その代表を採用した。図-6に応力経路とその試験結果を示す。この結果によると、三つの除荷パターンのうち、特にcase1とcase2については、除荷の進行に伴って発形係数は減少する。case3の場合では、軸差応力の増加(0.1一定で0.2の増加)時と、0.2の減少に伴う軸差応力の増加(0.1一定)時の発形係数に相当の開きが見られる。これらのことから、掘削時の斜面の解析を行う場合の物性値、特に発形特性については十分な検討が必要であることがいえる。

今回の報告は、軟岩のヒズミ断特性および発形特性についての一部の試験データであり、現在も一連の試験と実施中であり、今後、応力経路と主体に軟岩はもとより土質についても研究を進め、応力減少過程、応力増加過程などを説明するつもりである。

4. おわりに

今回の報告は、軟岩のヒズミ断特性および発形特性についての一部の試験データであり、現在も一連の試験と実施中であり、今後、応力経路と主体に軟岩はもとより土質についても研究を進め、応力減少過程、応力増加過程などを説明するつもりである。

(参考文献)

安田、内田：応力減少過程における土供試体の発形係数(第10回土質工学研究発表会-1975)

土質工学会：土質試験法

花尾、松本：土質試験(丸井出版-1974)

徳江、本島、北原：掘削斜面安定に及ぼす残留強度・応力経路の影響に関する一考察(第10回岩盤力学に関するシンポジウム講演集-1978)

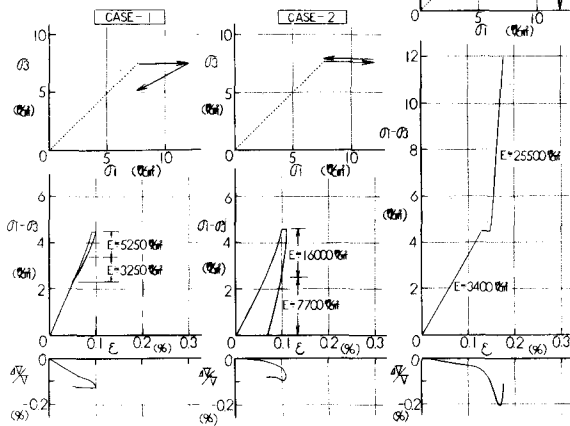


図-6 応力経路とσ-ε、σ-εの相関曲線