

(株)大林組技術研究所	正	丸山	誠
同 上	正	平間	邦興
同 上	正	木村	薫

1. まえがき

室内における岩石強度測定法には種々の方法が提案されており、一部はJ I S規格に規定されているものもある。しかし、実際の岩石試験結果についてはばらつきの多いのが一般的であり、なんらかの統計的な処理を行なうことが望ましい。このばらつきの原因としては、岩石試料の不均質性の他に、試験手法や試験者による相異、あるいは試験個数や供試体寸法効果などが挙げられ、岩石試験の場合には常に試験結果の妥当性を吟味することが必要不可欠となる。ここでは、主に圧縮試験における供試体端面効果について、その強度変形特性への影響を調べるとともに、数多くの試験結果の統計解析を実施して若干の考察を行なった。

2. 試験試料と試験方法の概要

試験に使用した岩石試料は、軟岩では泥岩、凝灰岩を主に4試料、硬岩では石灰岩、閃緑岩の2試料、合計6試料である。泥岩は新第三紀層の三浦層群に属するものである。また、凝灰岩は浮石質～砂質を多様に含む不均質な試料である。供試体成形はすべてJ I S規格に準拠した。

試験は、一軸圧縮および圧裂引張試験を主に実施し、あわせて室内弾性波速度を測定した。一軸圧縮試験では、試料と加圧盤との間に比較的細目のサンドペーパー、あるいはシリコンオイルを挿入して端面の拘束効果について調べた。供試体寸法は、いずれも $\phi 50\text{ mm}$ の円柱供試体を使用した。

3. 圧縮試験における端面効果の影響

圧縮試験結果のうち、強度と弾性波速度の関係を図-1に、強度と変形係数の関係を図-2に示す。いずれも全体的には直線関係があると考えられるが、端面における拘束効果の影響が認められ、岩種によってその傾向が異なるようである。つまり、硬岩では端面効果が明確に認められ、サンドペーパーを挿入した場合のほうが高い圧縮強度が得られている。しかし、強度・変形係数関係では、端面拘束の影響は明確には表われていない。一方、軟岩ではばらつきが大きく、明確な端面効果は認められず、むしろ試料の端面成形過程の影響が大きいと推定される。したがって、従来から指摘されている

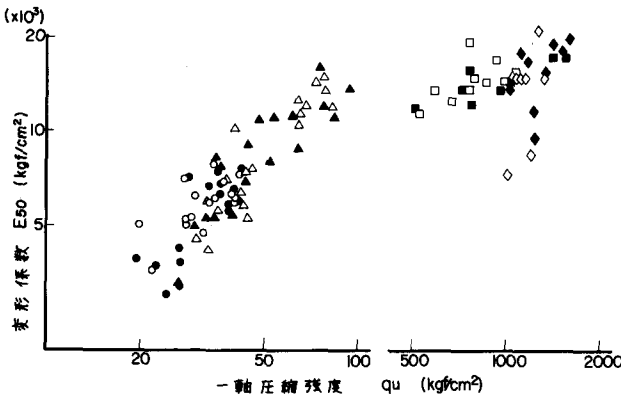


図-2 圧縮強度-変形係数

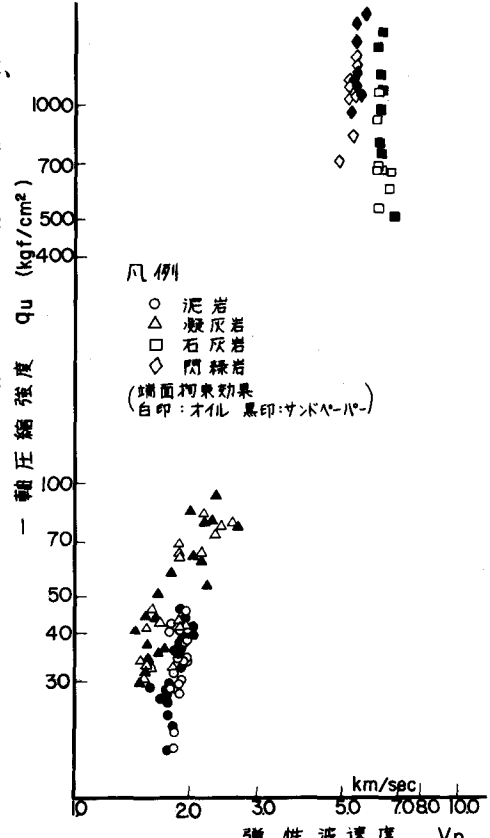


図-1 圧縮強度-弾性波速度

端面の拘束効果は硬岩において顕著に表われるようである。

4. 圧縮，圧裂試験結果の統計解析

圧縮および圧裂引張試験における基礎的な統計解析を試みた。圧縮 σ_c 、引張強度 σ_t と試料条件（弾性波速度 V_p 、単位体積重量 γ_t 、含水比 w ）に関する頻度分布をヒストグラムに示したものが図-3である。また、これらの頻度分布より統計解析を試みたのが表-1である。統計解析では、信頼度95%に対する信頼区間をt分布表より求め、その片側区間幅の平均値に対する百分率などを計算し、試験結果の妥当性を検討した。

統計解析からも、圧縮試験における端面拘束効果の影響が軟岩より硬岩において著しく表われていることがわかる。つまり、供試体端面が拘束→不拘束状態に移っていくにつれて、平均圧縮強度は20～30%低下し、しかも変動係数が小さくなり、ばらつきの少なくなることを意味している。全般的に示せば、岩種によって20%以上の変動係数を示す場合も見受けられ、特に凝灰岩の場合には著しい。今回の試験結果では、95%の信頼度をもった圧縮強度に対して、得られた平均値の±20%以内の範囲にはなく、試験結果の妥当性を検討する必要がある。なお、圧裂引張試験では、試験個数も多く一応妥当な確からしさをもった引張強度が得られていると判断できる。

5. 試験結果に及ぼす物性値の影響

図-3の各試験結果の頻度分布より、同様の統計解析を行ない、その解析結果の一例を示したのが図-4である。平均圧縮強度の変動係数に対して、全試料の単位体積重量、弾性波速度および軟岩の場合は含水比の変動係数との相関々係を試みに示してみた。

圧縮強度の変動係数と、実施した全試料の物性値のそれとを比較してみると、全般的に物性値の変動係数は小さく、そのばらつきの傾向が岩種によって異なることがわかる。例えば、弾性波速度と含水比の傾向を調べてみると、同じ軟岩でも圧縮強度の変動係数が大きくなると、弾性波速度より含水比のそれが逆転して大きく表われている。特に凝灰岩では、圧縮強度のばらつき程度が含水比によって強く左右される状況がわかる。このように、岩石試験結果を検討する上で、その試験結果の他に物性値のばらつき程度をあわせて考慮することも必要となろう。

6. あとがき

岩石試験における端面拘束効果について、試験結果に若干の統計的な検討を加えてみた。不均質材料である岩石の室内試験については、得られた試験結果の平均値のみではなく、どの程度の確からしさを持っているかを常に把握するとともに、事前に試験方法や試験個数などを検討することが肝要と思われる。

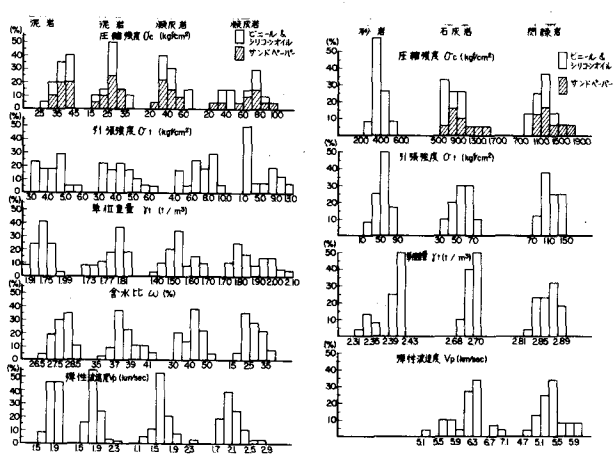


図-3 試験結果の頻度分布（軟岩，硬岩）

岩種	産地	一軸圧縮試験結果				圧裂引張試験結果			
		試験個数	平均値	変動係数	信頼区間の片側値	試験個数	平均値	変動係数	信頼区間の片側値
軟岩	凝灰岩	10	36.6	7.6	± 9.7	17	4.7	16.6	± 5.8
	砂岩	10	37.4	11.4	± 11.2	17	4.7	16.6	± 5.8
硬岩	凝灰岩	10	27.3	18.0	± 13.5	18	4.3	19.7	± 10.0
	砂岩	10	28.7	16.2	± 12.2	18	4.3	19.7	± 10.0
凝灰岩	中野町	11	40.4	20.2	± 14.3	17	7.0	22.1	± 11.7
	前橋市	11	45.2	29.6	± 21.0	17	7.0	22.1	± 11.7
凝灰岩	前橋市	10	65.8	30.1	± 22.7	16	5.7	57.9	± 31.8
	中野町	10	57.7	32.4	± 24.4	16	5.7	57.9	± 31.8
硬岩	凝灰岩	10	100.4	32.3	± 26.3	10	56.4	19.4	± 14.6
	砂岩	10	78.6	23.1	± 17.4	10	56.4	19.4	± 14.6
凝灰岩	前橋市	10	129.8	20.4	± 18.3	10	114.1	16.2	± 14.5
	中野町	10	106.6	18.4	± 16.4	10	114.1	16.2	± 14.5

表-1 統計解析結果一覧

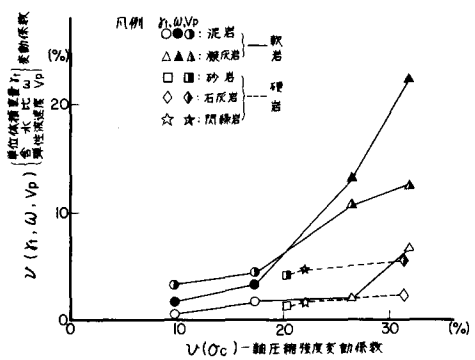


図-4 統計解析結果の比較