

# 異方性岩質材料に対する三軸圧縮試験

京都大学工学部 正 員 赤井浩一  
 京都大学工学部 正 員 山本和夫  
 京都大学大学院 学生員 北上田毅

まえがき 岩盤および岩石は複雑な異方性、不連続性を有しているため、その力学的特性を調べることは容易ではない。ここでは打ちつぎ面をもつモルタルブロックを用いて、このような異方性、不連続性が破壊にどのような影響を与えるかについて実験的考察を行った。

実験概要 実験に用いたモルタルブロックは、 $5.5 \times 5.5 \times 5.5 \text{ cm}^3$ の立方体の型枠に所定の木型を入れブロックの半分を打ち込み、24時間後その木型をはずしまったく同様にして残りの半分を打ちついで作成した。このようにして552個の供試体を作成し、三軸圧縮試験片を用いて実験を行なった。この三軸圧縮試験片は、立方供試体の三軸方向にそれぞれ加圧または減圧できるもので、中間主応力をいろいろかえた三軸圧縮試験が可能である。なお圧縮により破壊した供試体を注意深くとりだして打ちつぎ面の分離の状況についても観察を行なった。

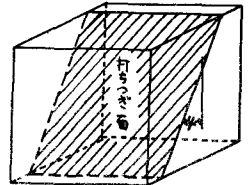


図-1

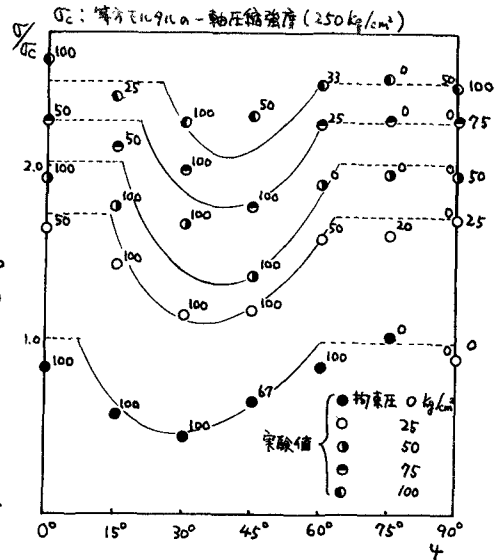
実験結果と考察 一軸および三軸圧縮試験の結果を、破壊強度と打ちつぎ面の角度 $\psi$ との関係として示すと図-2が得られる。

弱面をもつ材料の破壊理論としては、Hoekが初期クラックが弱面にそって優先的に存在していると考えてGriffith理論を適用し、次の式で説明した。

$$2\sigma_1 = \frac{1}{2}[(\sigma_1 + \sigma_3) - (\sigma_1 - \sigma_3)\cos 2\psi] \pm \frac{1}{2}[(\sigma_1 + \sigma_3) - (\sigma_1 - \sigma_3)\cos 2\psi] \dots (1)$$

ここに $\sigma_1, \sigma_3$ は最大、最小主応力、 $\psi$ は $\sigma_1$ とクラックとのなす角度、 $\sigma_1$ は一軸引張強度。

しかしこのGriffith理論は、微視的破壊を説明するもので、巨視的破壊との間にはかなりの差があることがわかってゐる。丹羽らはこのような観点から、微視的破壊から巨視的破壊への移行を説明するのに、パラメータ $k$ を用いてGriffith理論を修正している。McClintockらの修正Griffith理論においても、摩擦係数 $\mu$ が同様に修正係数としての働きをしているものと考えられる。筆者らはこの微視的破壊から巨視的破壊までの強度の増加が拘束圧の関数であると仮定してGriffith理論を修正することを提案する。(1)式を解いて得られる $\sigma_1$ に、修正項として $\alpha\sigma_3$ を加えて計算するとつぎの式が得られる。



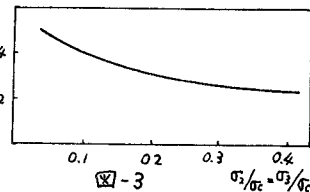
右肩の数字は打ちつぎ面が分離したものの割合(%)

—— 理論値(修正)  
 - - - 立方モルタルの強度

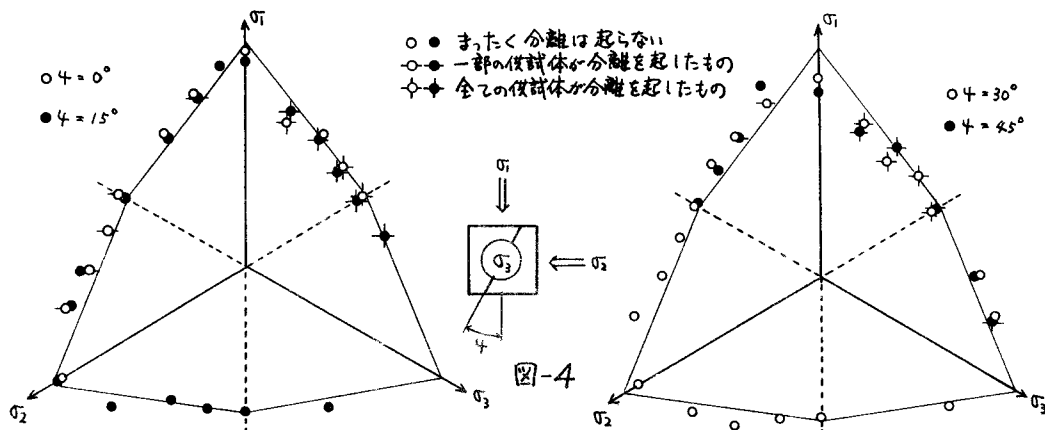
$$\{\sigma_1 - (\alpha + 1)\sigma_3\}^2 + 8\sigma_2\{\sigma_1 - (\alpha - 1)\sigma_3\} = 0 \quad (2)$$

$$\text{限界クラック方向は} \quad \cos 2\varphi_c = \frac{\{\sigma_1 - (\alpha + 1)\sigma_3\}}{2\{\sigma_1 - (\alpha - 1)\sigma_3\}}$$

いま  $\alpha = 0$  とおくと (2) 式は Griffith の式と等しくなる。今回の実験では  $\alpha$  と拘束圧の関係は図-3 のようであり、これにより Griffith の式を修正すると図-2 の曲線のように角度の変化による強度の相違を比較的よく説明することができる。



また破壊曲面の形状を調べるため、 $\sigma_{oct} = \frac{1}{3}(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3) = 200 \text{ kg/cm}^2$  に制御して三軸試験を行なった結果が図-4 に示されている。



この結果より、打ちつぎ面をもつモルタル材料の破壊曲面は、図-5 のようにみずんだ等辺六角錐である等方材料の破壊曲面を、 $\sigma_3$  軸に平行な二つの面で切ったような形になることが考えられる。

**結論** 以上の実験結果からつぎのようなことが結論される。

i) 弱面をもつ材料はその強度がいちじるしく低下する。その程度は弱面の角度によって異なり、 $\varphi = 30^\circ, 45^\circ$  の場合とくにいちじるしい。また拘束圧が大きくなるにつれて弱面の影響はいだいに少なくなっていく。破壊の形態についても、この角度で打ちつぎ面の分離が多く、強度の場合と同様な傾向がみられている。

ii) 中向主応力の方向が弱面に平行な場合に強度の低下がいちじるしい。

iii) 弱面をもつ材料の破壊は、弱面にうって応力集中が起こると考え、微視的破壊から巨視的破壊への移行を考慮するため、拘束圧の関数である修正項を加えて導びかれた修正 Griffith 理論によりよく説明することができる。

