

コンクリート等岩質材料の圧縮試験体長ならびに端面拘束条件が試験体の破壊の機構、強度におよぼす影響について

京都大学工学部 正員 丹羽義久

“ “ “ 小林昭一

“ “ “ 〇中川浩二

はじめに

コンクリート等岩質材料の圧縮試験時における問題点として、試験体端面の圧縮による側方変位拘束がある。通常、一軸圧縮試験においては、試験体と圧盤との弾性係数、ポアソン比が異なるため（一般には試験体のポアソン比と弾性係数との比 ν_p/E_p が圧盤のそれ ν_P/E_P より小さいため）試験体は圧盤によって端面での側方変位を拘束され、一様な変形状態とはなり得ない。そのため、試験体内の応力分布ならびに破壊の進行状況は一様とはならず、得られる試験体の強度が真の一軸圧縮強度と異なることは、今日まで多くの報告にあるとおりである。そこで本研究では、材料の進行性破壊現象を考慮し、試験体の細長比、試験体端面と剛体圧盤との間の摩擦係数が、どのように試験体の破壊の機構、強度に影響をおよぼすかについて有限要素法を用いて数値実験を行った。そして、すでに報告されているコンクリートあるいは岩石の一軸圧縮試験結果と比較することにより、岩質材料の一軸圧縮試験における端面拘束が試験体の強度ならびに破壊の機構におよぼす影響を明らかにすることを試みた。

数値実験

数値実験を行うために、セメント：砂：水 = 1.0 : 2.0 : 0.6（重量比）、20℃ 適温水中養生、我々4個のモルタル試験体を採用した。

破壊条件の決定 試験体内の各要素は少数の例外を除いて、いわゆる拘束圧の小さい三軸圧縮応力状態（ $\sigma_1 \geq \sigma_2 = \sigma_3$ ）に置く、従って強度破壊条件としては *Rankine* 面の圧縮試験部分と考えるのが十分である。拘束圧に応じて、これを次の3本の直線で表わした。

$$\sigma_1 = 8\sigma_3 + \sigma_0, \quad \sigma_3/\sigma_1 \leq 1/20 \quad ; \quad \sigma_1 = 4\sigma_3 + 1.2\sigma_0, \quad 1/20 \leq \sigma_3/\sigma_1 \leq 1/10$$

$$\sigma_1 = 2.5\sigma_3 + 1.5\sigma_0, \quad 1/10 \leq \sigma_3/\sigma_1$$

さらに試験体の破壊の進行状況を知るために、強度破壊曲面の内部に相似比 0.65, 0.85, 0.95, 0.99 とする強度破壊曲面と相似な曲面を仮定した。

そしてこれらの曲面と強度破壊曲面とによって分けられる6つの領域の応力状態に対し、それぞれ定められた弾性係数によって与えられる挙動とすると仮定した。

ポアソン比、弾性係数 それぞれの値は、所定の応力比のモルタル試験体の実験結果である応力-変位図をよき形で表わしうるように選んだ。すなわち各段階のポアソン比は 0.667, 0.200, 0.2500, 0.3500, 0.4500, 0.4800, 弾性係数は無次元化して 1.00, 0.80, 0.40, 0.20, 0.04, 0.01 とした。

くり返し計算 非弾性解析法には修正弾性係数を用いる増分法

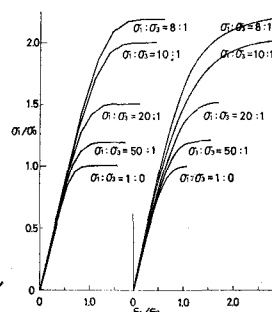


図1 仮定された応力-変位比と実験による応力-変位比

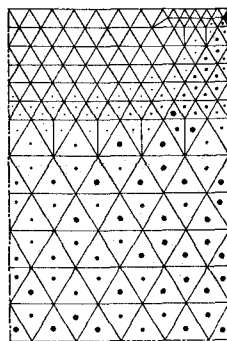
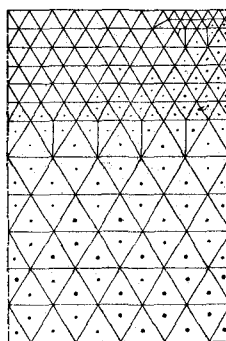
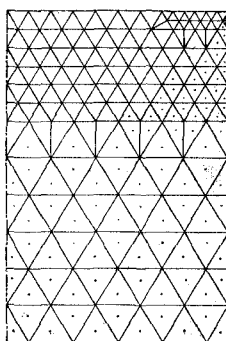
を用いた。 各ステップで与えた端部の変位量は一様一軸圧縮試験での強度増進時の変位量の $1/3$ とした。

供試体端部の拘束 供試体端部の剛体圧盤による拘束は両者の間の摩擦係数によって支配され、この摩擦係数は直径の大きさにかかわらず一定であるという静力学における摩擦係数の考え方を採用した。

結果

1) 供試体の強度の進行は端部拘束の影響を大きく受ける。 尤も拘束は供試体(たと

えば供試体長と直径との比 $l/d = 2.0$) では、供試体の中央断面近くでやはり一様な強度の進行がみられるが、短い供試体(たとえば $l/d = 1.0$) では中央断面近くでも強度の進行は周縁部を早く、中心軸近くで遅い。



2) 供試体内の応力分布は

強度の進行にともなう表 図2 端部変位にともなう供試体の強度の進行, $l/d = 1.5$ $\mu = \infty$

にする。 供試体中央断面近くでの軸方向応力は強度の進行とともに中心軸近くで大きくなり、周縁部では相対的に小さくなる。これは $l/d = 1.0$ の場合に顕著であるが、 $l/d = 2.0$ の場合には特に著しくはない。 また、供試体の中央断面周縁部では強度が進行しても接線方向応力は引張となり、この部分での最小主応力となる。 コンクリートなどの一軸圧縮試験時における供試体表面の軸方向ひびわれはこれに起因する。

3) 供試体の強度の進行、内部応力の分布はともに供試体端部と圧盤との間の摩擦係数の致しにより、一様な状態へと近づく。

しかしここで検討した程度の摩擦係数($\mu = 0.1, 0.05$) ではまだ端部摩擦の影響は大きく、理想的な一軸圧縮状態とは差がある。

4) 供試体内各要素の挙動として互換的な仮定の成立する材料では、供試体端部を拘束することによって、理想的な状態を載荷したときよりも一軸圧縮強度が低下することがある。本研究の仮定では $l/d = 2.0$ のとき得られる強度は理想的な一軸強度の 97% 程度となり、 $l/d < 1.5$ ではこの値の減少とともに急激なみかけ上の強度の増加がみられる。

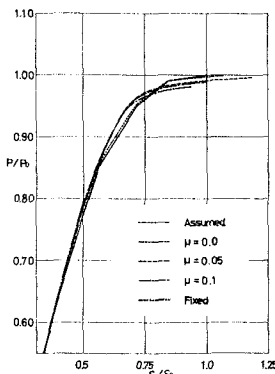


図-3 供試体端部拘束率と強度増進曲線 $l/d = 1.5$

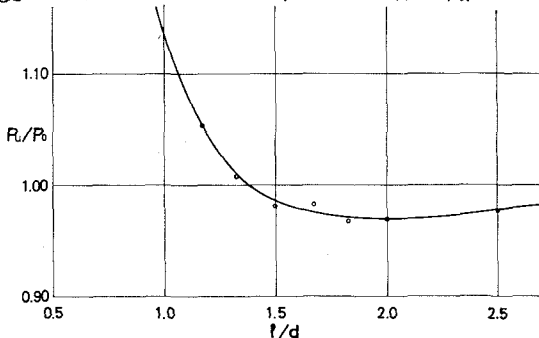


図-4 供試体細径比とみかけ強度、強度安全係数