

圧縮供試体内の応力分布に与える摩擦係数・ポアソン比の影響

京都大学工学部 正員 丹羽 義次

京都大学工学部 正員 小林 昭一

京都大学大学院 学生員の中川 浩二

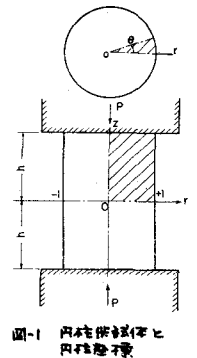
まえがき

コンクリート、岩石などのいわゆる脆性材料の破壊強度、破壊機構を解明するにおいて、圧縮荷重を受ける供試体内の応力分布を知ることが必要である。一般に供試体の圧縮強度は、破壊時の平均応力をもって表わされる。しかしながら、いわゆる一軸圧縮試験において、供試体端面は、摩擦力の作用によって載荷圧盤に拘束され、供試体内の応力分布は一律ではない。この拘束の程度は、供試体端面と載荷圧盤との間の摩擦係数、弾性定数の比、あるいは供試体の細長比などによって決定される。円柱供試体が、剛体圧盤によって圧縮載荷される場合については Pickart により解が得られてゐる。しかし、摩擦係数がある有限の値をとる場合については明らかでない。

ここでは、種々のポアソン比、細長比の円柱供試体が、供試体と種々の摩擦係数を持つ剛体圧盤によって圧縮載荷される場合の供試体内の応力分布を、有限要素法を用いて計算した。

計算方法

剛体圧盤によって圧縮載荷される円柱供試体を考える。図-1のように座標軸をとる。供試体は弾性的に挙動し、供試体端面と圧盤との間の摩擦係数は、応力の大きさにかわらず一定であるとする。x軸方向に圧縮されると、供試体はr方向に膨らもうとするが、端面が摩擦力によって拘束されるため、供試体は一律応力状態ではなくなる。摩擦係数μが十分に大きい場合には、供試体端面は完全に拘束され、圧盤との間に相対変位はない。しかしμがある値より小さくなると、端面の一部は固定、一部は滑動、という状態になる。すなわち、境界において、下記の条件が満足される。



$$\begin{aligned} |\tau_{rz}(r, \pm h)| &< -\sigma_z(r, \pm h) \cdot \mu && \text{固定部分,} \\ &= -\sigma_z(r, \pm h) \cdot \mu && \text{滑動部分.} \end{aligned}$$

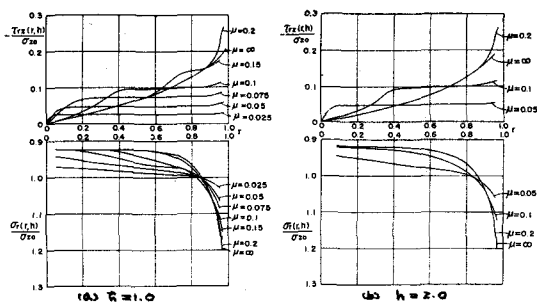
有限要素法では、外力は節点力として与えられるため、これと各節点を代表する面積を除することにより、境界応力を求めた。

解は載荷および、供試体の対称性から、図-1の斜線部分についてのみ行なえば十分あり、計算にはくり返し法を用いた。

結果

計算の結果、次の結果が明らかとなった。

- (1). 端面摩擦の減少にともない、供試体内の応力分布は一律となる。
- (2). 摩擦係数がある値より大きければ、供試体端面は部分的滑動もせず、完全に拘束され



に場合と同じな力状態となる。限界となる
摩擦係数は鉄鉄体のポアソン比 ν に支障する (ν
(鉄鉄体高さ)/ (鉄鉄体直径) = η とし、 $\eta = 2.0$ では $\nu =$
 $1/3, 1/4, 1/5, 1/6$ に対し、 $\mu = 0.52, 0.38,$
 $0.31, 0.26$ となる)。この値は $\eta = 1.0$ 、 $\eta = 0.5$
の場合にありてもほとんど変化しない。

(3). 上記限界値以下の摩擦係数では、境界面に
おけるせん断力は滑動部分において $|Q_{x2}| = |Q_1|$
に制限され、せん断力の分布は、階段状となる。
(4). 供試体端部における主た力方向の供試体軸
からの傾きは、 $\alpha = 2.0$ の場合、ここで用いた分
割において (図-3参照)、 $\nu = 1/6$ で 13.1° 、 $\nu = 1/3$
では 26.2° となる。しかレこの分割を変え
ることにより、他に若干の变化のあることが予想
される。

(5). 完全同率の場合、 $\bar{r}=0.5$ の状況下で断面にお
ける軸方向応力は中心から $3/4$ ほど離れたあたりで最小となり、中心近くでは平均値に近
くなる。この最小値は $V=1/3$ に対して平均応力の 87% となる。 $\bar{r}=1.0$ および $\bar{r}=2.0$
の場合、ポアソン比により軸方向応力は変化するが、中心から $1/2$ より内側ではほぼ一定
値をとる ($V=1/3, 1/4, 1/5, 1/6$ に対して 86, 89, 91, 92%)。この値は摩滅係数の減少
にともない 100% に近づく。