

骨材との付着を考慮したコンクリート円柱
供試体の三次元弾性解析(その2 解析結果)

正会員 岸谷孝^{*1} 同 平居孝之^{*2} 同 村上 聖^{*3}

1 はじめに

コンクリートの圧縮破壊過程を調べるため簡単な形状と構成のモデルを用いて実験または解析を行い、複雑なコンクリートの破壊挙動を考察する試みが多くなされている。簡単なモデルとしては2次元の取扱いによる解析が多く、3次元解析の数は少ない。本稿はコンクリートの圧縮破壊性状に及ぼす骨材とマトリックスの付着特性の影響を検討する目的で、骨材とマトリックスの界面の付着条件を2種類想定し、3次元等方線形静弾性のもとに解析を試みた。解析には(その1)に述べた計算方法を用いた。

2 解析モデル

図1に示すように、直径4cmの剛体球が中心に埋め込まれているφ10×20cmのコンクリートシリンダーを、両端で一様に圧縮する場合を取り上げる。図2に解析に用いたモデルの境界要素分割を示す。要素数は261で、1つのモデルの解析に要したデータ作成時間は約3時間であり、CPUタイムは87秒(HITACM200H)である。剛体球は固定された表面としてモデル化されるので、解析の対象になるのはマトリックスの部分であり、単一領域の問題として解くことができる。対称性により1/8の領域について解析しており、マトリックスのヤング率を $3.0 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ 、ポアソン比を0.2とし、両端の載荷面に均一に作用している圧縮応力度を 300 kgf/cm^2 とする。剛体球とマトリックスの界面は、完全に付着している場合と、界面が滑らかで全く付着のない場合の2種類とする。完全付着の場合の境界条件は、球面上の面内についてx方向とy方向の変位、および球面から外向き法線の方向のz方向の変位を0で与えた。付着のない

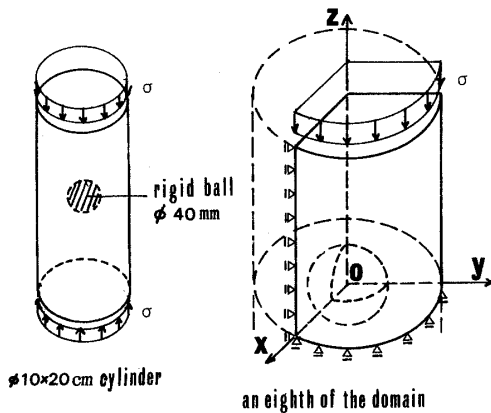


図1 中心に剛体球のあるシリンダーの圧縮

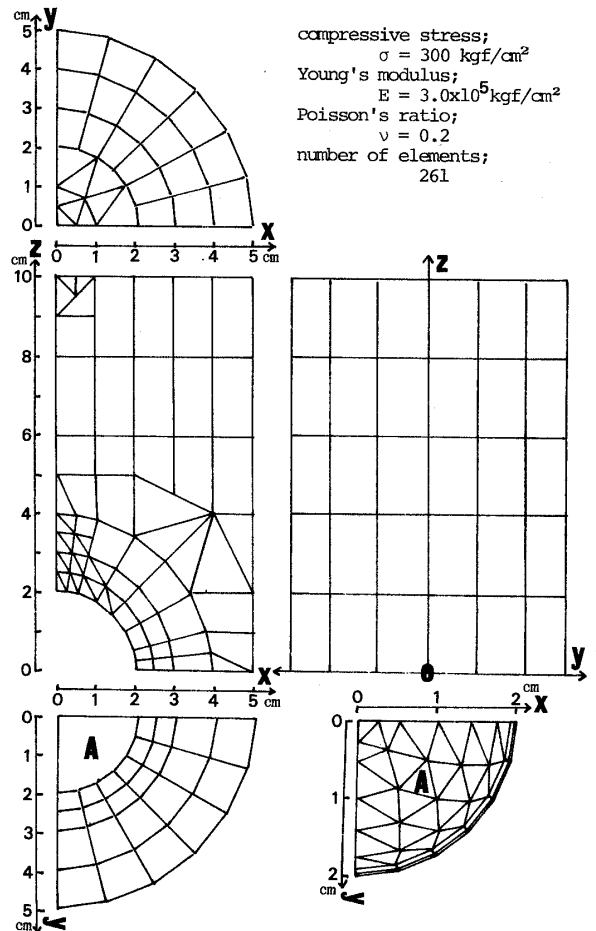


図2 1/8の領域の解析モデル

Three Dimensional Elastic Analysis of Concrete Cylindrical Specimen
Considering Bond on Aggregate Surface (Part II Numerical Solution)

MURAKAMI Kiyoshi et al.

場合の境界条件は、球面上の面内の x 方向と y 方向の表面力が 0 で、付着面が閉じている部分は境界に垂直な z 方向の変位が 0、付着面が開いている部分は境界に垂直な z 方向の表面力が 0 として設定した。なお付着のない場合については、球面上の付着面が閉じているとした場合に境界に垂直な z 方向の表面力が引張となる部分の境界条件を自由表面に変更し、表面力が引張となる部分がなくなるまでその過程を反復計算して最終的な状態を求めた。

3 解析結果

解析結果を表すのに、図 3 のように剛体球の中心を原点 O とする極座標 (r, θ, ψ) と直角座標 XYZ を用いる。図 4 は、 σ_r 、 σ_ψ 、 σ_θ 、 $\tau_{r\psi}$ について剛体球表面上から 0.25 cm 内部の点について計算された値であり、○印が完全付着の場合を、×印が付着のない場合を表している。境界から少し離れた内部の位置で応力度を計算したのは、(その 1) で述べたように境界から要素の寸法以内の部分で応力度の計算結果に生じる誤差が大きいためである。完全付着と付着のない場合の計算結果にかなりの差がみられる。完全付着の場合は、 $\psi = 90^\circ$ の面すなわち XY 面上にある付着面において付着面に垂直な引張応力が生じ、また剛体球面上で大きなせん断応力が生じている。付着のない場合は、 $\psi = 0^\circ$ の位置すなわち剛体球の頂点に球面と平行な方向に大きな引張応力が生じている。これより完全付着の場合には、引張付着破壊およびせん断破壊の発生からコンクリートシステムの崩壊に至ること、付着のない場合には、 σ_ψ 及び σ_θ の分布状態からみて、剛体球頂面からマトリックスにひび割れが生じ、骨材によるクラックアレスター作用が期待できないことなどが考えられる。

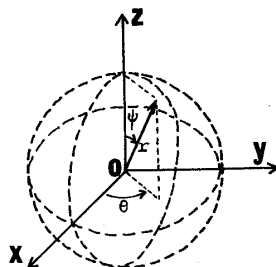


図 3 座標

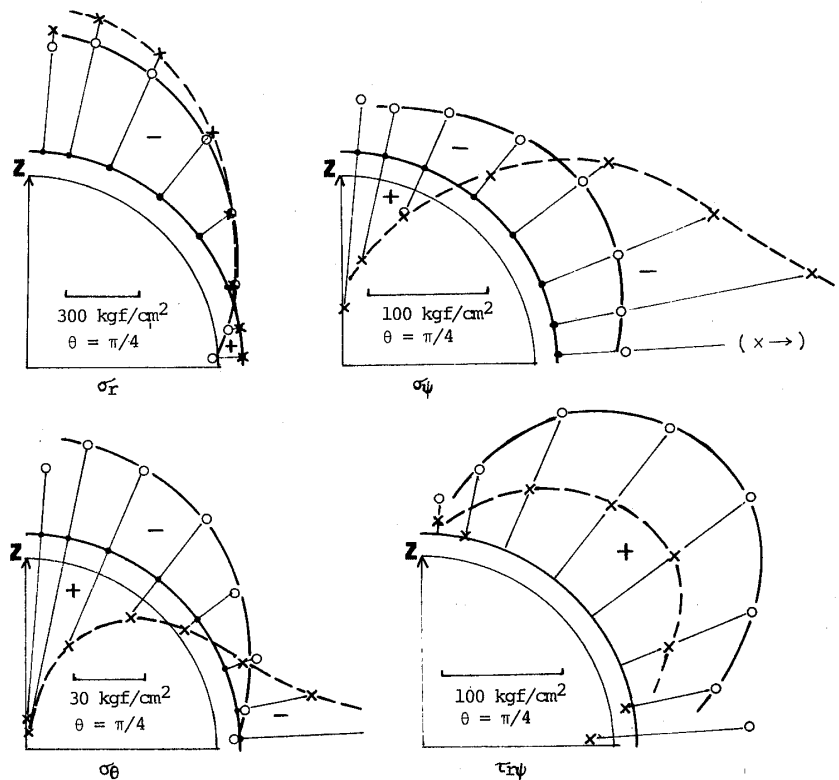


図 4 付着面近傍の応力度の計算結果

4 むすび

骨材とマトリックスの付着が完全である場合と全く付着がない場合を仮定し、骨材を剛体球とした簡単なモデルについて、圧縮応力が作用するときの三次元弾性解析を試みた。付着がある場合とない場合で骨材とマトリックスの界面の付近の応力度には大きな差があり、載荷初期に界面に発生するマトリックスの局部的な破壊の様相が異なると考えられた。またコンクリートの圧縮破壊過程を調べるには、キレツの成長や骨材の形状と付着の程度など二次元や軸対称のモデルとして解けない場合を三次元で解析することが必要と考えられる。

(* 1 東京大学教授 工博、* 2 大分大学助教授 工博、* 3 東京大学大学院)