

コンクリートの骨材周辺部における破壊機構の解析

東北大学工学部 学生員 ○西間木 朗
 同 正員 佐武 正雄
 同 正員 新聞 茂

1. まえがき

複合材料であるコンクリートの微視的破壊機構は複雑であるが、強度発現機構と関係し、またコンクリートの構成方程式の研究の基礎となるものであり非常に重要である。本文は、単一の骨材近傍の微視的破壊機構に注目して、コンクリートをモデル化し、3次元AE位置検定と数値計算結果より考察したものである。

2. 実験方法

供試体は図-1に示すような円柱供試体を用い、供試体中央に直径約3.5cmの擬似骨材を設置した。 $W/C = 35\%$ 、 $S/C = 130\%$ の擬似骨材の材令17日目に $W/C = 65\%$ 、 $S/C = 200\%$ の母材モルタルを打設し、擬似骨材材令14日目に一軸圧縮試験を行ない、同時にAE位置検定を行なった。なお、端面拘束を軽減するため供試体端面にはグリースを塗り、ゴムシートとテフロンシートとアルミはくを載荷板と供試体の間にはさんで載荷した。荷重速度は20 kN/secを原則とし、位置検定のためのAE事象をより多くとり込むために破壊直前では適宜遅くした。

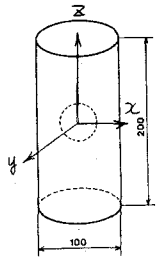


図-1 供試体

3. 結果

一軸圧縮試験の結果 図-2に示すように円柱供試体は数本の柱状供試体に分裂した。このうち一部の柱状供試体は中央でひびわれがはじり二分されていた。また擬似骨材を含んだ柱状供試体は擬似骨材の上側では擬似骨材の大円と底面とする三角柱状に割れ、下側では大円と底面とする高さ約5 cmの円錐形状に割れた。

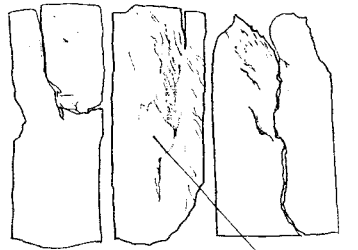


図-2 破壊状況

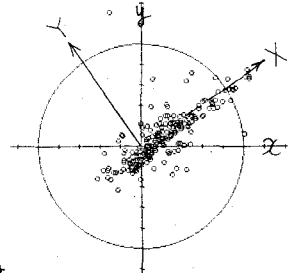


図-3 位置検定結果(全観)

図-3は位置検定した点を円柱供試体の上から透視した図である。図-3によれば位置検定された点がX軸より約35°を軸面(X-Z平面)に沿って多発している。この面上の位置検定点の変化を載荷開始より終局破壊までの5つのStepに分けて示したのが図-4である。

4. 考察

図-3に示された面と供試体に生じた破壊面は一致している。図-4を基にしてStepごとの破壊の進行を考察する。Step 1の荷重は載荷

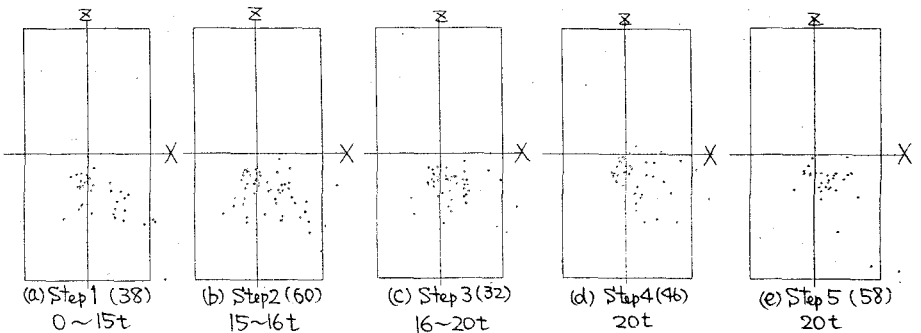


図-4 位置検定結果 ()内は図にプロットされている点の数

開始より15t ($\sigma_{0.1} = 0 \sim 25\%$, σ_1 : 30時点での応力, $\sigma_{0.1}$: 終局強度)。擬似骨材下部近傍及び図の右下部分に破壊

が認められる。この段階ですでに柱状供試体の破壊面を形成する微小破壊が始まっていると考えられる。Step 2の荷重は15tから16tの範囲($\sigma_{cu}=75\sim 80\%$)にある。擬似骨材下部近傍と擬似骨材E中心とした放射状にAEの発生が認められる。Step 3の荷重は16tから20tの範囲($\sigma_{cu}=80\sim 100\%$)にある。AE発生点の分布は骨材付近に集まっているため柱状供試体の破壊面を形成するための破壊は一段落したものと考えられる。それに対し擬似骨材下部近傍の破壊は継続して発生している。Step 4の荷重は20tで以後この荷重を維持している。AE発生点は供試体の右半分に比較集中している。これはStep 3で一段落したと思われる柱状供試体の形成が再び始まったものと考えられる。その理由は、実験後の破壊面観察より、終局破壊の原因となったと推定される柱状供試体の破壊部分が右半分では無く左半分に存在しているためStep 4で見られる右半分のAEが柱状供試体とつながって発生するAEであると考えられるからである。擬似骨材下部近傍ではAEが発生し続ける。Step 5のAE発生点はStep 4のときの右半分に偏った分布から擬似骨材下部近傍に分布するStep 3とよく似た分布を示している。いくつかの柱状供試体の原型から見て、このうち最も強度の低い柱状供試体の破壊が円柱供試体の終局破壊を引き起こすと考えられる。観察の結果より、数本の柱状供試体のうち終局破壊の直接的な原因となったものは擬似骨材も含んだ柱状供試体と含まない柱状供試体の2本あると考えられる。このうち、どちらが終局破壊の原因となったかは決定できない。小阪¹⁾、和泉、三橋²⁾は平板状モデルコンクリートを用いた実験を行ない、骨材上下端近傍のモルタル部分が破壊して供試体は終局的破壊に至ると報告しているが、この結果によると本実験の円柱供試体は擬似骨材を含む柱状供試体の破壊が円柱供試体の終局破壊の原因となったと考えられる。

図-5は材料定数日本実験で使用したものを採用し、ポッドラフはラジッド要素により剛性と修正することによって表現したときの骨材周辺の最大引張と最小引張力の分布を示したものである。図-5が示すように骨材の上部端の応力は二軸圧縮状態であり、また実験後の破壊面の観察より円錐形状のモルタルが擬似骨材に付着したままであることよりポッドラフの発生は考えられない。従って各Stepで擬似骨材下部近傍に

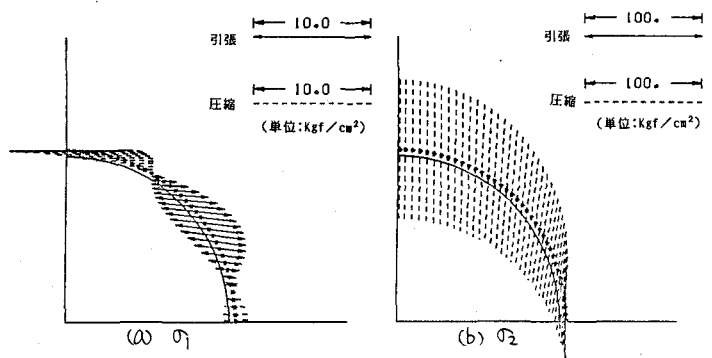


図-5 応力分布

認められるAEはモルタルクラックであると考えられる。このモルタルクラックは破壊面の観察結果との対応より円錐形状のモルタルの形成時に発生したものであると考えられる。円錐形状のモルタルの形成時に発生したと考えられるAEはStep 1で既に発生しており、円錐形状のモルタルの形成は少なくとも終局強度の70%より前に始まると考えられる。参考文献(3)によると配合は必ずしもポッドラフの発生は σ_{cu} が30%以後、モルタルクラックの発生は50%以後、ポッドラフとモルタルクラックの連結は70%以後に起こる。このことも本実験の結果と対応させると円錐形状のモルタルはまずその面上に微小なモルタルクラックが生じ、破壊がある程度まで進むとこれらのモルタルクラックと既に発生しているポッドラフが連結して形成されると考えられる。

5. あとがき

骨材周辺の破壊機構についての考察とモデルコンクリートを使った3次元AE位置推定実験と数値解析の結果を用いて行なった。円錐形状のモルタルは微小なモルタルクラックが発生した後にポッドラフと連結して形成され、モデルコンクリートの破壊は縦に割れた柱状供試体のうち擬似骨材と有する柱状供試体の破壊で終了すると思われる。圧縮荷重下のコンクリートの破壊機構は複雑であるが非常に基本であると同時に重要であるので今後更に研究することが望まれる。

参考文献 1) 小阪、谷川、太田：コンクリートの破壊挙動に及ぼす粗骨材の影響、日本建築学会論文報告集 第222号 昭和54年2月 2) 和泉、三橋、佐々木：コンクリートの圧縮破壊発生機構に関する基礎的研究、日本建築学会論文報告集 第289号 昭和54年3月 3) 西岡木、佐武、新関：AEエネルギー発生特性によるコンクリートの破壊パルの予測、土木学会第39回年次講演会 秘事集V 1984