

神戸大学工学部 フェロー 高田 至郎 伊予県 正会員 Nemat Hassani
 神戸大学大学院 学生会員 中島 健司 東海旅客鉄道 正会員 ○赤堀 義彦

1. はじめに

従来の連続体解析手法では、構造物の損傷後の挙動をモニタリングすることができないため、大変形問題を扱うことは困難であった。本研究では、非連続体解析手法である個別要素法(Distinct Element Method,以下DEM)を用いて、コンクリートせん断供試体をモデル化して破壊挙動のモニタリングを行った。従来のDEMは物性パラメータを経験的な判断で導入されることが多く、コンクリートの特性を必ずしも追従しているとは限らない。そこで幾つかの物性パラメータを実験的手法を用いて求め、神戸大学工学部建設学科耐震工学研究室で開発されたDEMに導入して実験結果との比較を行った。また物性パラメータを求める際に用いた、コンクリート一面せん断試験に新たな試験法の提案を行った。

2. 一面せん断試験

物性パラメータをDEM解析に導入する際に必要なパラメータは、コンクリートの基本的な指標となる圧縮強度(f_c)、引張強度(f_t)に加え、ヤング係数(E)、ポアソン比(ν)、粘着力(c)、摩擦係数(μ)などである。これら物性パラメータの幾つかを実験的手法で求めるのが本研究における目的の一つであり、粘着力と摩擦係数を求める際にコンクリート一面せん断試験を行った。JIS 原案¹⁾に基づいて作製したせん断供試体、ならびに供試体内部の補強鉄筋の配置を図-1示す。

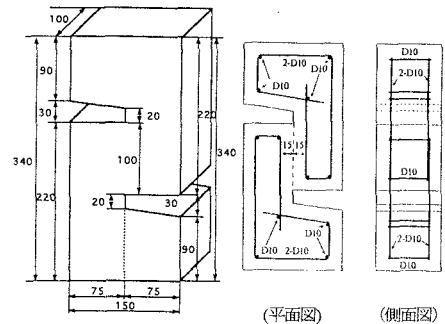


図-1 供試体形状ならびに補強鉄筋配置(単位はmm)

本供試体を用いてせん断試験を行う場合、次のような問題点が生じる。すなわち、載荷点直下での割裂ひび割れや載荷点を挟む剛性の差異による二次的モーメントの発生であり、これらを原因とする破壊モードがせん断破壊に先行することのないように図-2に示すような補強と載荷手法により対処した。載荷点直下の割裂に対してはその引張応力に相当するプレストレスを導入するものとし、また剛性の違いによる二次モーメントの発生を少なくするために、せん断面に対して剛性の高い側(切り欠きと反対側)に少し載荷点をずらすこととした。載荷試験後の供試体のひび割れの状態の例を図-3に示す。

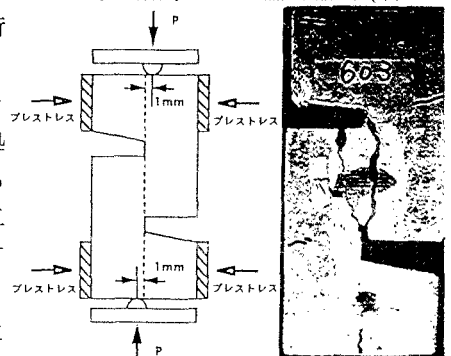


図-2 試験法の工夫

図-3 載荷試験後の供試体形状

3. DEM解析の破壊基準

コンクリートのように脆的な破壊を生じる材料は、以下の3タイプの破壊形態に分類することができる。

①せん断破壊 ②引張破壊 ③圧縮破壊

せん断破壊基準はDEMのほとんどでクーロンの破壊基準が適用されている。また粘性のある土質などのように間隙に結合が生じる粒状体や連続体と見なせる物質の場合には、圧縮せん断、引張せん断両方の破壊を起こすと考えられる。

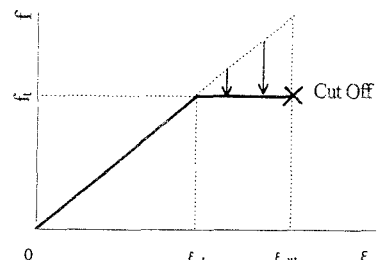


図-4 引張強度と引張限界ひずみ

Shiro TAKADA, Nemat HASSANI, Kenji NAKAJIMA, Yoshihiko AKAHORI

破壊解析において重要となる引張破壊の基準は、計算上の簡便さもあり引張の破壊基準を超えると要素間のバネは完全に切断され、結合力を失うものとする。本論においては引張強度(f_t)の基準と引張限界ひずみ(ϵ_u)を考慮しながら計算を進める。具体的には図-4に示すように、仮に要素間の力が引張強度を越えたとしてもバネは健全な状態を保ち、引張強度を(f_t)に更新するようにする。そして引張ひずみが引張り限界ひずみに達すると、バネは切断され健全ではなくなる。この時引張破壊によって弾性的に働くバネが突然切断されるので計算を不安定化させる要因となりうるが、もしそうなった場合は計算時間のステップを厳しくしなければならない。

4. 物性パラメータ決定にあたって

実験的手法を用いて粘着力と摩擦係数を求める際、1種類の配合に対してせん断供試体を6体製作した。側圧でのせん断強度を求め、側圧の違いによるせん断強度の関係をプロットし、6点の近似直線からこれらのパラメータを決定する。なお粘着力は側圧0の時のせん断応力の値、摩擦係数は近似直線の傾きの値とする。

5. 解析結果および考察

本論で解析を試みた実験ケースは、コンクリートせん断供試体の水-セメント比=60%と同=90%の側圧をかけない供試体をモデル化したものである。なお解析に用いた要素は半径2.5mmの等径円盤要素を2240個を最密配置した。導入した物性パラメータ値を表-1に示し、解析結果を図-5(a),5(b)に示す。概略的に見ると解析結果は実験結果を追従していることが確認できる。さらに両解析結果を比較すると、水-セメント比の高い、言い換えると低強度の結果が全般に実験結果に近い値を示している。また、解析供試体の破壊状況と間隙バネの破壊状況を図-6、図-7に示す。今後は側圧をかけた供試体のモデル化ならびに解析結果の検討が課題として挙げられる。

6. まとめ

本論では、せん断供試体の破壊挙動のシミュレーションをDEMを用いて行い、実験結果を定量的に追従できることが可能であることを示した。また、物性パラメータを求めるのに用いたコンクリート一面せん断試験に対して改善点の提案を行った。今後はより高い精度でのせん断強度の検定を行うために数多くの試験データの収集や、解析も要素半径の影響を踏まえて検討を行うなど多岐にわたる分析が必要であると思われる。

(参考文献)

1)東 洋一・磯 健一：組み合わせ荷重によるコンクリートのせん断強度試験方法(案)。コンクリート工学,

Vol.23,No.3,PP.17-26,1985.3.

表-1 解析に用いた物性パラメータ値

	ヤング係数 ($\times 10^4$ kgf/cm ²)	ポアソン比	粘着力 (kgf/cm ²)	摩擦係数	引張強度(コホート) (kgf/cm ²)	引張限界ひずみ (mm/mm)
水-セメント比60%	2.6	0.15	54	0.43	26.5	400
水-セメント比90%	1.8	0.15	41	0.57	21.7	400

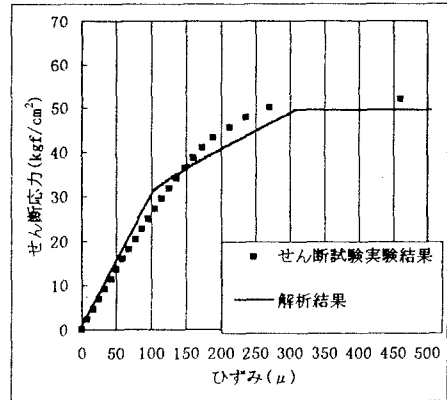


図-5(a) 解析結果(水-セメント比60%)

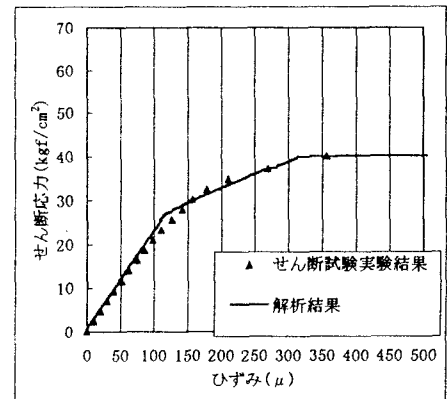


図-5(b) 解析結果(水-セメント比90%)

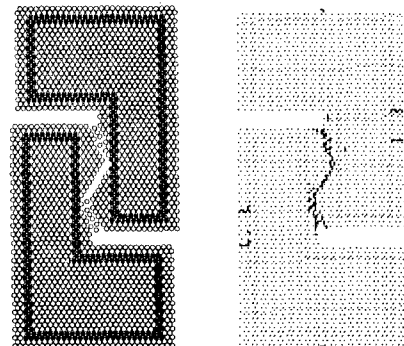


図-6 供試体の破壊形状 図-7 間隙バネの破壊形状