

V-39

レーザースペックル法によるコンクリートの破壊挙動進展メカニズムの解明

北海道大学工学部 学生員 加藤 雅之
北海道大学工学部 正員 上田 多門
北海道大学工学部 正員 角田 與史雄

1. はじめに

近年、コンクリートの破壊力学において顕著な進歩が認められてきたが、それらは多くの実験データに基づいた経験的なものであり、コンクリート内部の構造を解析的に十分加味しているとは言い難いものである。そこで、コンクリートの破壊現象を支配しているメカニズム、特に疲労現象においてコンクリート内部でどのような挙動が起こっているのか観察し解析することが必要となってくる。

本研究では、複合材料としてのコンクリートの破壊現象を、レーザースペックル法を用いて微視的視点から観察し、疲労のメカニズムの解明の一助となることを目的としている。

2. 実験概要

2.1 供試体

本実験に用いた供試体は、コンクリートを2次元的にモデル化するためモデル粗骨材を高強度モルタルで円柱状に製作し、図-1に示すように正六角形状に並べて周囲を低強度モルタルで固めダイヤモンドカッターを用いて厚さ5cmの正方形に整形した。コンクリートの全体積に対するモデル粗骨材の体積比を51.8%としまた、レーザースペックル法が行い易いように供試体表面に40×40の網目を描いた。供試体の配合強度を表-1に示す。

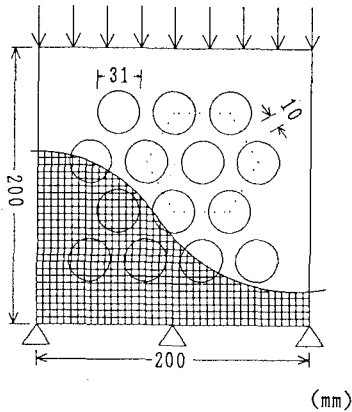


図-1 供試体

2.2 載荷方法

図-3に示すように平板を繰り返し荷重（静的破壊荷重の80%の最大荷重10%の最小荷重）で鉛直方向に載荷し、偏心荷重を防ぐために、載荷板とピ

表-1 供試体諸元

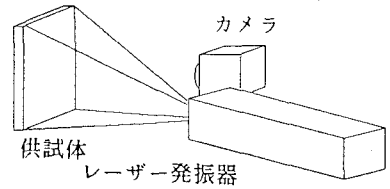
	S/C	W/C	材令 (日)	圧縮強度 (MPa)	弾性係数 (MPa)
高強度モルタル（粗骨材）	2.0	0.33	27	25.9	1.49×10^4
低強度モルタル（ペースト）	4.0	0.70	14	88.9	3.09×10^4
供試体（全体）			14	20.9	1.65×10^4

ストンの間に球座（直径30mm）を挟んだ。また摩擦と拘束を防ぐためにテフロンシートを供試体下端に2枚敷いた。

2.3 測定装置

本実験では、レーザースペックル法により表面変位を測定し裏側にはひずみゲージを取り付けた。実験装置の概要は、図-2に示すようにレーザー発振装置とカメラからなる。レーザーはレンズによってひろげられ供試体全体を照らすように設置される。カメラは供試体正面に置かれ、シャッターによる振動を防ぐため

手製シャッターを用いた。尚、レーザー発振装置、レンズ、カメラ等は、振動やきしみを受けてはならないためそれぞれ別の台に設置した。また、レーザースペックル法においては、変位量が $150\sim 300\mu\text{m}$ の時、最も精密に測定される為、二重露光の前後において、故意にカメラを水平方向に $200\mu\text{m}$ 動かして、供試体全体の変位量を測定しやすくした。尚、撮影中余分な光を防ぐため、装置全体を暗幕で覆った。



2. 4 レーザースペックル法

レーザースペックル法は、スペックルパターンを形成するレーザー光をカメラにより撮影し、分析することにより、2点間相対変位において $\pm 1\mu\text{m}$ の精度で測定することが可能である。図-2に示すように、レンズによって広げられたレーザー光は供試体に照射されスペックルパターンを形成し、このスペックルパターンを変位の前後においてカメラフィルムに二重露光する。このフィルムをスペックルグラムと呼び、このスペックルグラムにレーザー光をあてることにより、そのあてた点に置ける変位量と変位方向が干渉縞となって現れ、この縞の間隔と角度をもとに変位量と変位方向を算定する。

3. 実験結果

図-3に示すように繰り返し荷重を載荷し荷重ステップを6段階に分け、さらにそのステップを3段階に分け、各段階ごとにレーザースペックル法を用いて変位量を測定した。その時の供試体両側面における応力ひずみ曲線を図-4に示す。また、供試体のひび割れ性状を確認するため、実験終了後供試体を静的破壊させ、その時のひびわれ状況を図-5に示す。

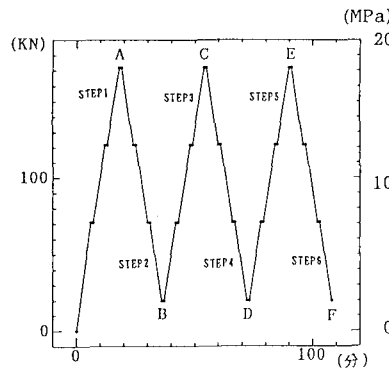


図-3 荷重ステップ

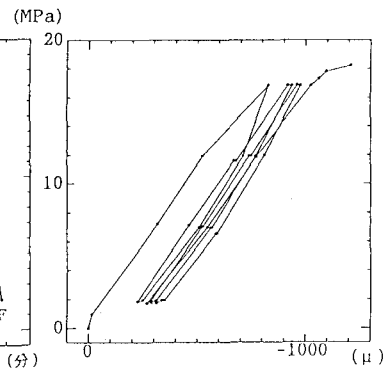


図-4 応力ひずみ曲線

本実験では、モデル粗骨材を剛体とみなし、それぞれの骨材の相対変位量を拡大し絵を用いて表した。その時の測定箇所と変形の様子を図-6と図-7に示す。

4. 考察

はじめに、図-7の全ステップを通していえることは、供試体中央より左側部分が右側部分に比べてX方向の膨らみが大きくでている。またSTEP1における④-⑤間のX方向の膨らみは、STEP2において回復することがなく、その後のステップにおいても同じことがいえる。それに対してY方向の

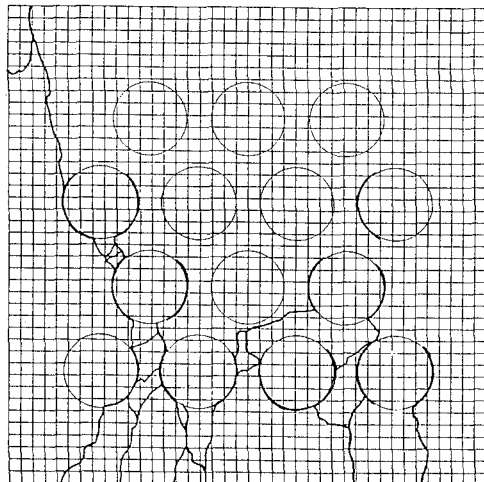


図-5 ひびわれ性状

縮みは全ステップを通して回復がみられるが、供試体中央においてはあまり回復がみれない。また、三角形⑧⑪⑫に着目するとステップが進むにつれて⑪-⑫間と⑪-⑧間の間隔が増し、最終的にこの位置でひび割れが発生したことは、図-6からもわかる。また直線④⑤⑥⑦に着目すると、STEP3の段階で⑥において折れ曲がっていることより⑥-⑦間で破壊と思える現象が発生し、STEP6の段階では⑤にも同じことが起こっていることから④-⑤間にも同様のことが起こったと考えられる。また、全体的に外側に対して中心部分の回復が小さかったのは中心部分は骨材の占める割合が大きく、破壊現象が発生しやすいためだと考えられる。また、荷重が171.5kNの時の変形状況を比較してみると、ステップが進むにつれてライン②-⑤、⑧-⑪の傾きが徐々に小さくなっていくことが観察される。

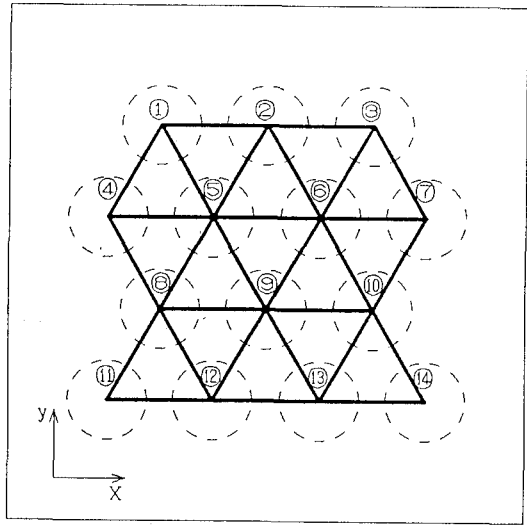
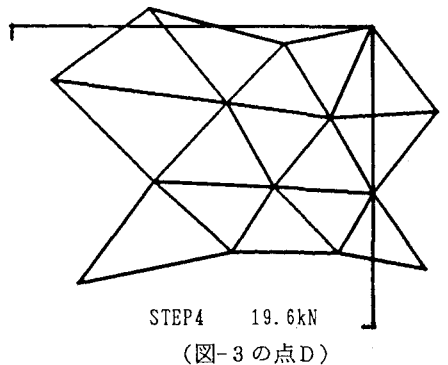
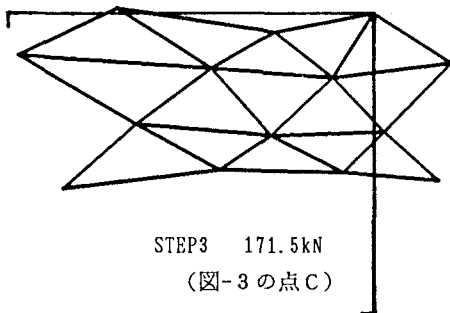
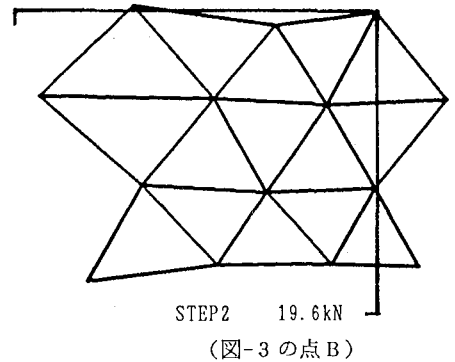
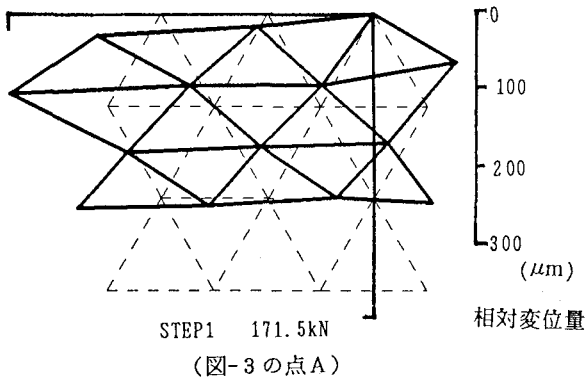


図-6 測定点



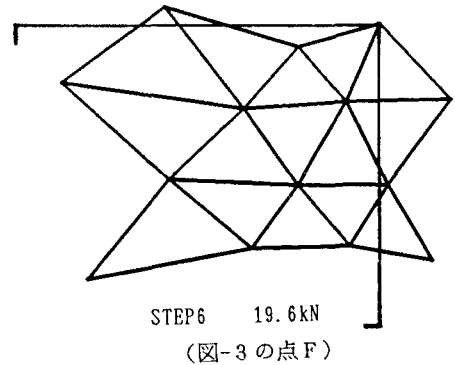
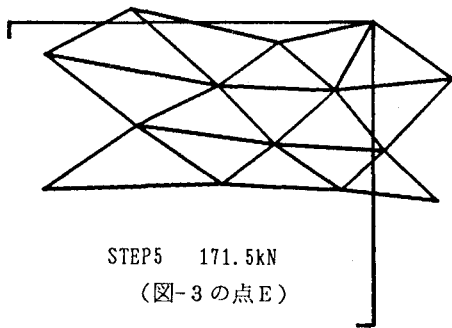


図-7 変形状況

5. おわりに

本研究は、一軸繰り返し圧縮応力下においてモデルコンクリートの変形の様子を観察したものである。今後の研究においては、粗骨材表面に発生するボンドクラックとひびわれの伸展との関係に付いても観察し、供試体の上下両端が拘束された状態での実験も行っていく予定である。

謝辞： 本実験を行うにあたり、北海道大学工学部の木村勉技官、構造工学講座の学生諸君に多大な助力をいただきました。ここに記して深甚なる謝意を表します。

参考文献

- 1) Junichiro NIWA, Ahmed M. FARAHAT and Koji YAMADA : Microscopic Experimental Observation of Concrete , コンクリート年次論文報告集 Vol.14 No.2 , 1992年
- 2) 小坂義夫、谷川恭夫、太田福男 : コンクリートの力学特性についてのモデル解析 , セメント技術年報第28巻 , pp 202 - 206 , 1974年
- 3) 梅原秀哲、張 剣、上田稔、吉田弥智 : ダムコンクリートの圧縮強度に及ぼす粗骨材の影響 , 土木学会論文集 NO.451 , pp 235 - 244 , 1992年8月
- 4) 氏家禎夫 : 繰り返し一軸圧縮載荷によるひびわれの伸展するメカニズム , 北海道大学大学院修士論文 1992年3月