

CS 1-34〔I〕 コンクリートのフラクチャープロセスゾーンの形状に及ぼす骨材寸法の影響について

東北学院大学大学院 学生員 ○勝部宏明
 東北学院大学工学部 正会員 大塚浩司
 東北学院大学大学院 学生員 半田昌博

1. まえがき

本研究は、従来から医学の分野で用いられている X線造影撮影法を、独自の工夫でコンクリートに応用し、コンクリート内部のフラクチャープロセスゾーンを連続的、非破壊的に検出し、その形状に及ぼす骨材寸法の影響について検討することを目的としたものである。

2. 実験材料

セメントは早強ポルトランドセメント、細、粗骨材とも河川産のものを使用した。また骨材の最大寸法としては 5 mm, 10 mm, 15 mm, 20 mm, および 25 mm の 5 種類を使用した。配合はすべて水セメント比を 50% とした。造影剤は、研究室で工業用に開発したものをを使用した。

3. 実験方法

供試体は、モード I に対するもので寸法および形状は、図-1 に示す通りである。この供試体に載荷プレート取付のためのくぼみを設け、さらに X線造影撮影のための造影剤注入孔を設けた。

図-2 に示すように、引張載荷装置の A, B, C, D, E, F, の 6ヶ所は全てヒンジになっており供試体に余分な力がかからないようになっている。またロードセルおよびクリップゲージを設置し、荷重と変位の値を同時に読み取った。

X線検出システムは図-3 に示すようなもので、X線発生装置から X線を放射し、X線イメージングシステムで受けた画像を X線制御室のモニターで観察できるようになっている。さらに画像処理装置により、その画像をより鮮明に観察できるようになっている。このような TV モードの検出方法だけでなく、本研究では X線フィルム直接撮影を行った。この方法は 3 分間荷重を停止させなければならないという問題点はあるが、微細なひびわれをより鮮明に撮影することができる。本報告では主としてこの直接撮影の結果について述べる。

4. 実験結果の概要

実験を行った結果の概要は次のとおりである。

図-4 は荷重-ひびわれ開口変位関係の一例を示すもので、粗骨材の最大寸法が 25 mm のものである。図中の曲線上の ①~⑩の点で X線造影撮影を行った。図-5 および 6 は X線造影撮影法により、微細ひびわれ群よりなるフラクチャープロセスゾーンと考えられる領域を検

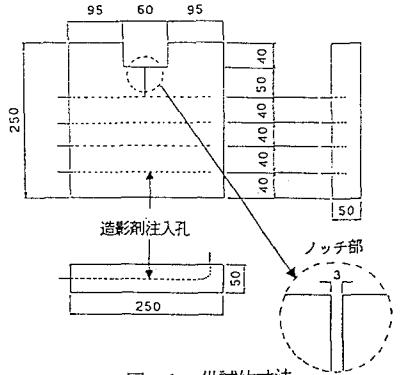


図-1 供試体寸法

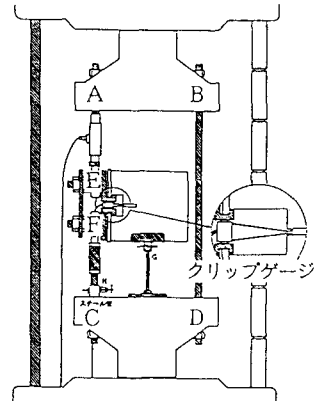


図-2 引張載荷装置

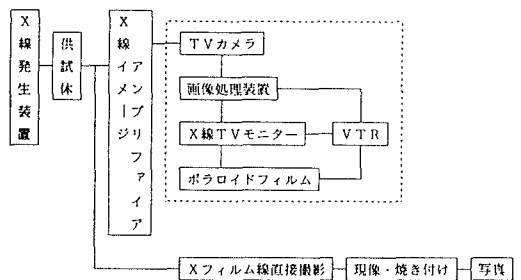


図-3 X線検出システム

出した結果を示したものである。これらの図は、X線フィルムをシャーカステを使ってトレースしたものである。ノッチ先端から発生したひびわれの周囲にひろがる斜線部分は、フィルム上で微細ひびわれ付近に雲状にひろがるやや明るい領域で、この部分は肉眼では観察できない微細ひびわれに造影剤が浸透したためにできた領域と考えられる。これらの領域もフラクチャープロセスゾーンに含めることができると考えられる。また最大荷重に達する前に(図-4の③)ノッチ先端から微細なひびわれが発生しはじめ、そのひびわれ先端が複雑に枝分かれをしながら成長していく状況が観察できた(図-5, 6)。

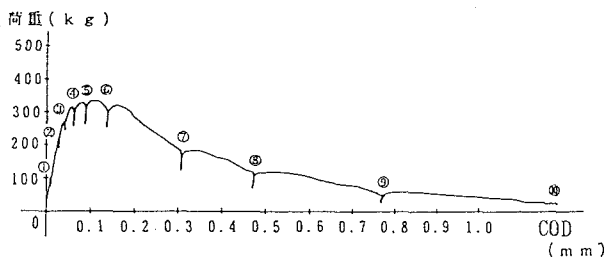


図-4 荷重-ひびわれ開口変位

図-7は、骨材最大寸法が5mmから25mmまで4種類のコンクリートにおける微細ひびわれ群をトレースした図を示すものである。図中にそれぞれの場合の破壊エネルギー G_f の測定値を示している。

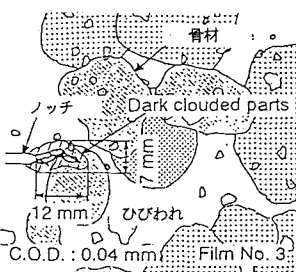


図-5 C.O.D.: 0.09mm におけるひびわれ形状

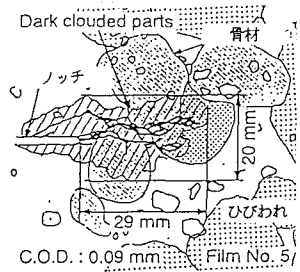


図-6 C.O.D.: 0.04mm におけるひびわれ形状

表-1は、ひびわれ進展方向に対する直角方向の幅、すなわち微細ひびわれ領域の最大水平幅を測定した結果を示す。

表-1 骨材の最大寸法と最大水平幅

Gmax	水平幅: hmax	hmax/Gmax
5mm	11.5mm (17.5)	2.30 (3.50)
10mm	17.0mm (23.0)	1.70 (2.30)
15mm	22.0mm (28.0)	1.47 (1.87)
20mm	31.0mm (33.0)	1.55 (1.65)
25mm	35.0mm (44.0)	1.40 (1.76)

③但し()の値は雲状の領域を含めたものである。

これらの値は、それぞれの G_{max} についての供試体3個の平均であるが、供試体数が少ないこともあり明瞭ではないが、粗骨材の最大寸法の増大に伴って、微細ひびわれ領域の最大水平幅および G_f は大きくなる傾向がみられる。

5. あとがき

本研究では、供試体に造影剤を満した注入孔の数が限られており、主としてそれらの孔を横切ったひびわれのみが検出されていると考えられ、今後は、その孔の数を増やし間隔を小さくすることが必要であると考えられる。また、骨材は河川産を用いず、碎石を用いる方が G_f の測定値のばらつきが少なくなるものと考えられる。

参考文献

- 1) Koji OTSUKA : DETECTION OF FRACTURE PROCESS ZONE IN CONCRETE BY MEANS OF X-RAY WITH CONTRAST MEDIUM, First International Conference on Fracture Mechanics of Concrete Structure, Colorado USA June 1992.
- 2) 勝部宏明、大塚浩司、森 楨夫: X線造影撮影法によるコンクリートのフラクチャープロセスゾーンの検出、第46回年次学術講演会講演概要集第I部

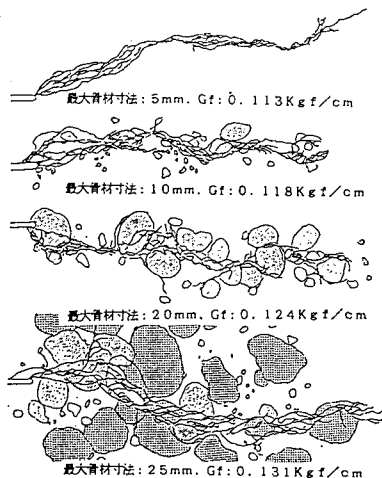


図-7 ひびわれ形状と破壊エネルギーに及ぼす骨材寸法の影響