

V-32

X線造影撮影によるコンクリートの破壊プロセスゾーンの検出

東北学院大学 工学部 学生員○伊藤 伸
東北学院大学 工学部 正会員 大塚 浩司
東北学院大学 工学部 正会員 森 模夫

1. まえがき

近年、鉄筋コンクリートの構造解析技術の進歩や、終局状態での構造物の安全性評価の高まりに伴って、主として、ひびわれに起因するコンクリートの破壊性状の把握が重要な問題となってきた。特に、引張、曲げ、せん断等が作用する場合には、発生したひびわれの急激な伝播によって破壊が生じ、平均的応力評価に基づく従来の破壊基準では、合理的な解析ができない。そのため、金属材料等の分野で発展してきた破壊力学の手法をコンクリートに応用しようとする研究が世界的に盛ん行われるようになってきた。

コンクリートの破壊力学を確立するには、まずその破壊過程を詳細に明らかにすることが重要である。コンクリートの破壊プロセスゾーンの状態については、これまでに光学顕微鏡、電子顕微鏡など種々の方法で測定されているが、それらは全てコンクリート表面を観察するものでコンクリート内部の破壊プロセスゾーンの検出に関する研究は行われおらず、いまだに十分明らかにされているとは言えない。

本研究は、従来、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て、ひびわれ先端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、コンクリートの破壊過程を明らかにしようとするものである。

2. 実験材料及び配合

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、骨材の最大寸法 G_{max} は 10 mm である。配合はすべて水セメント比を 50% 、単位水量を 190 kg とし、細骨材と粗骨材との割合を $1:1$ とした。造影剤は、造影効果、流動性、取り扱い易さ等の点から選定したヨード系のもの 1 種を使用した。

表-1 供試体の寸法

	寸法 (mm)		寸法 (mm)		寸法 (mm)
b	250	A	95	D	80
h	250	B	60	E	40
t	50	C	50	F	3

3. 実験方法

供試体は表-1に示すようなものを用い、その形状寸法を、図-1に示した。また供試体に、特殊接着剤で鋼製の載荷プレートを接着し、それを図-2に示す引張試験機のL型フックに引っ掛ける。供試体内に図-1のように設けた造影剤注入孔より、造影剤を圧入しながら引張試験機を用い供試体を引張り、同時にX線造影撮影を行った。また、ひびわれ検出システムには図-3に示すような方法を用いた。

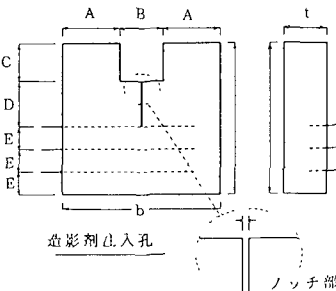


図-1 供試体の形状寸法

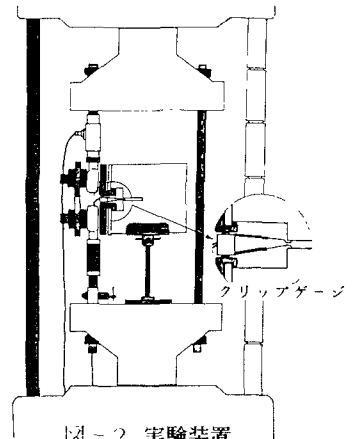


図-2 実験装置

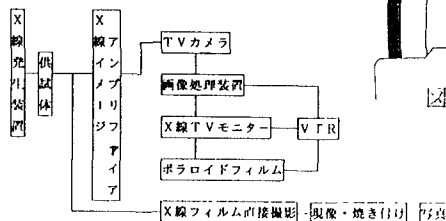


図-3 ひびわれ検出システム

4. 実験結果の概要

実験結果の2、3の例を示すと以下の通りである。

図-4は、上述の試験における荷重-ひびわれ幅との関係を示すものである。図中にX線撮影時の位置を示す。また、図-6A、B、C、Dは、ノッチ部の状況をX線フィルム直接撮影をし、それをトレースした図である。これらの場合のひびわれ幅は、それぞれ0.18mm、0.35mm、0.45mm、0.60mmであった。

これらの図からまずノッチ部に数本の微細なひびわれが発生し、引張り荷重の増加につれそれらのひびわれが発生し、引張り荷重の増加につれそれらのひびわれが複雑に交差し領域の幅をひろげながら次第に成長していく様子が分かる。

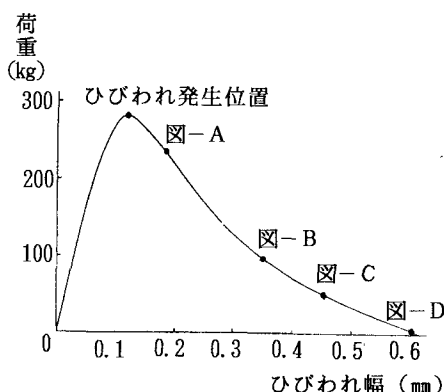


図-4 荷重-変位（ひびわれ幅）軟化曲線

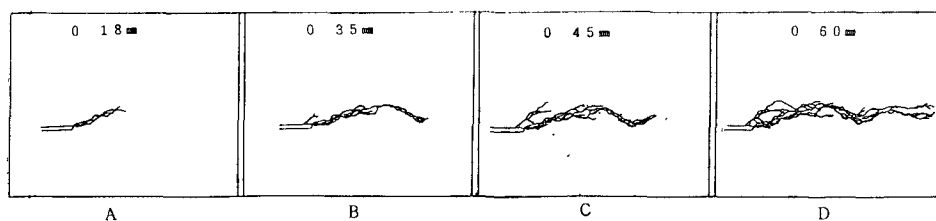


図-5 ひびわれ進展状況

5. まとめ

X線造影撮影により、コンクリートのひびわれ先端破壊プロセスゾーンを検出する実験を行った結果、実験の範囲内で次のことがいえる。

(1) 荷重とひびわれ幅の関係を調べた結果、同じ配合および同じサイズの供試体では、ほぼ一定のひびわれ軟化曲線になることがわかった。また本研究で使用した供試体では、ノッチ開口変位（ひびわれ幅）0.08mm～0.115mmで最大荷重に達し、ノッチ先端部にひびわれが発生し、その後荷重が低下していくと共に、ひびわれ幅が増加して行き約0.5mm～0.8mmで完全にコンクリートが破壊して行くことが明らかになった。

(2) X線造影撮影法によって、供試体内部のひびわれの挙動について観察した結果、ノッチ部から発生したひびわれが荷重・変位の増大に伴って進展していく過程において、その先端部に多数の微細なひびわれが発生し、それらの微細なひびわれがある程度の広がりを見せながら成長していく状況を観察することができた。

(3) X線造影撮影により得られた写真と同じ供試体による荷重-ひびわれ軟化曲線とを比較することにより、ノッチ先端から発生し徐々に進展していく微細なひびわれ群の成長状況と、その時点のひびわれ軟化曲線上の位置との関係を求めることができた。

6. あとがき

この研究は、平成2年度東北学院大学工学部土木工学科卒業研修として、発表者のほかに、佐藤哲哉、米田直司が行ったものである。なお、この研究の一部は平成2年度文部省化学研究費補助金（一般研究C）を受けて行ったものである。