

V-139 コンクリート構造物のクラック深さ測定法

鹿島建設技術研究所 正員 戸井田 克
 同上 正員 広野 進
 同上 正員 青木 謙治
 関西大学工学部 正員 中野 正吉

1. はじめに

従来、コンクリート構造物を対象としたクラック深さ測定のための非破壊試験法としては、超音波速度測定法（衝撃法も含める）、X線透過法、熱赤外線法等があるが、これらの方法は測定条件（鉄筋の影響、クラック形状、装置の特性等）によっては測定が不能であったり、データが信頼性に乏しいなど、いずれも現状では確立された技術とは考えられない。このうち超音波速度測定法は現在最も多く実施されている方法であるが、筆者らは模擬クラックの入った供試体を用いてその測定精度をはじめとする適用性を高めるための実験を行っている。この実験過程に置いて、伝播速度よりクラック深さを算出する現状の測定方法とは別に、伝播波形の初動の位相によりクラック深さを判定する有効な手法を見出すことができたのでここに報告する。

2. 実験概要

供試体は、図-1に示す通り、コンクリート打設前に黄銅板を所定の位置に配置し、打設後、これらを抜き取り模擬クラックを製作した。供試体の諸元は以下の通りである。

- (1) クラック深さ：20, 30, 50, 100 (mm)
 (2) クラック幅：0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 2.0 (mm)

クラックの深さ測定のための超音波速度測定法は図-2に示す通りの2方法（ $T_c - T_0$ 法及びT法）により実施した。 $T_c - T_0$ 法とは発・受振子をクラックを挟んだ両側に距離 ℓ の位置に配置した時の伝播時間 T_c とクラックのない近傍での発・受振点間の距離 2ℓ の伝播時間 T_0 から次式で計算するものである。

$$y = \ell \sqrt{(T_c / T_0)^2 - 1}$$

また、T法とは発振子を固定し受振子を一定間隔で移動した時の走時曲線から図-2に示す式でクラック深さを算出するものである。

本測定に用いた発・受振子は圧電型加速度計で発振は10kHzのパルス波形である。増幅器の倍率は約80dbで、内蔵された0.5~50kHzのバンドパス・フィルターによりノイズを除去した。また、測定の分解能を向上させるためトランジェントメモリーにより1 μ secのサンプリング間隔でA-D変換し、波形処理装置（岩通電子製、SM-2100）に画面表示し、伝播時間を読取った。

表-1 測定結果

供試体 深さ y (cm)	幅 d (mm)	T _c - T ₀ 法		T 法	
		yの測定値 (cm)	平均値 (cm)	yの測定値 (cm)	平均値 (cm)
2.0	0.1	—	2.9	—	1.1
	0.2	1.7		1.1	
	0.5	4.5		0.5	
	1.0	2.5		1.8	
3.0	0.1	3.1	3.7	3.8	3.5
	0.2	2.2		4.5	
	0.5	2.5		2.0	
	1.0	7.1		3.5	
5.0	0.1	4.2	4.4	7.1	6.1
	0.2	4.0		6.8	
	0.5	4.8		5.4	
	1.0	4.5		5.0	
10.0	0.1	7.5	8.8	18.3	14.4
	0.2	9.7		15.1	
	0.5	8.6		12.7	
	1.0	9.2		11.6	

平均値 y : d を変化させた時のすべての平均値

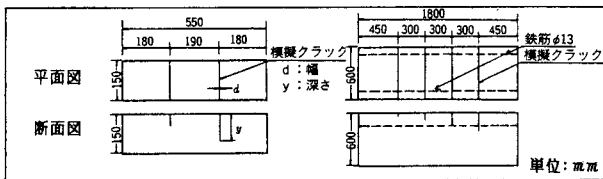


図-1 供試体諸元

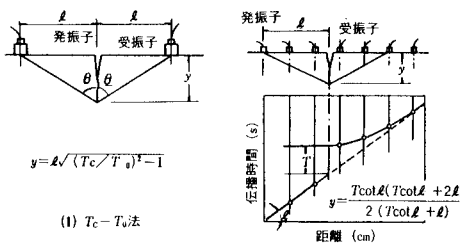


図-2 測定方法

(2) T-法

3. 実験結果

i) 伝播速度よりクラック深さをもとめる方法

実験の概要で述べた通りTc-T0法及びT法により速度値を基にクラック深さを算出した結果を表-1に示す。この結果、両方法共に亀裂の深さ（ y ）が小さい程、測定値のばらつきが大きく、測定精度の低下が認められる。これらの誤差は、測定方法の原理と記録波形の読取りのばらつきに起因するものと考えられる。つまり、伝播時間から亀裂深さを計算する方法であるために亀裂深さ（ y ）が小さく伝播時間の短い場合には、読取り誤差の含まれる割合が大きくなるためと考えられ、両測定法ともに高精度の結果が得られたとは考えにくい。

ii) 記録波形初動部の位相による方法

上記、Tc-T0法による測定時にクラックから発・受振子までの距離を変化させたところ、その距離（ ℓ ）がクラック深さ（ y ）より短い範囲内では図-4に示す通り記録波形の初動が上に立上がり、 $\ell = y$ を境に距離がクラックの深さを越えると初動が下になる。この現象はクラックの幅には影響されず、クラックの深さのみに支配されているように見え、実際のクラック深さとの差異は本実験では1cm以内であった。

4. 波動理論による検討

そこで、図-2に示したようにクラックを挟んで等距離の所に発・受振器を配置した場合の波形初動部つまりクラックの先端を通過する回折波の位相についての理論計算を行った。その結果、以下に示すような事実が明らかとなった。

i) クラック先端を通過する回折P波の位相は、ある入射角 θ_0 を境界として反転する。

ii) この臨界入射角 θ_0 は図-5に示したように媒質のポアソン比 ν によって変化するが、一般のコンクリートとして $\nu = 0.25$ を想定すれば $\theta_0 \approx 45^\circ$ と見なすことができる。

このように実験結果ii)の事実が成立することは、理論的に証明される。すなわち、図-6に示すようにクラックの両側等距離の所に発・受振器を配置し、順次距離を増加させて位相の反転が生じた時の ℓ を測定し、コンクリートの臨界入射角を $\theta_0 = 45^\circ$ と見なせばクラック深さ（ y ）は $y \approx \ell$ として簡単に求められることがわかった。

5. おわりに

コンクリートのクラック深さ測定の実験を実施し、現在最も多用されている超音波速度測定法における速度値を用いた方法では亀裂深さが小さい程、誤差が大きいことを確認した。一方、記録波形の初動の位相によりクラック深さを判断する方法を見出すことができ、この方法は室内実験の結果では亀裂深さに影響される誤差が少ないことがわかった。今後は実構造物に生じているクラックへの当方法の適用性について検討を行う予定である。

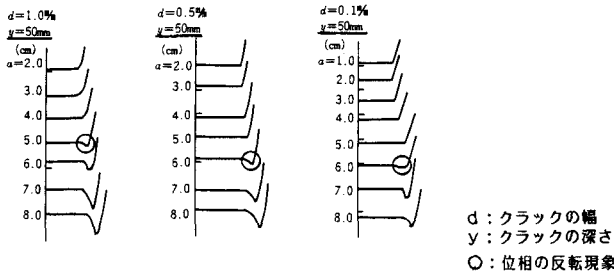


図-4 記録波形の初動部分

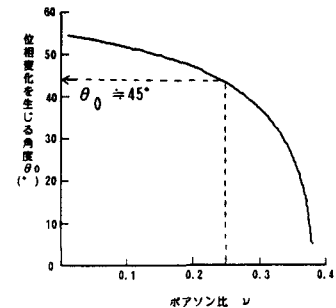


図-5 ポアソン比と位相変化角度の関係

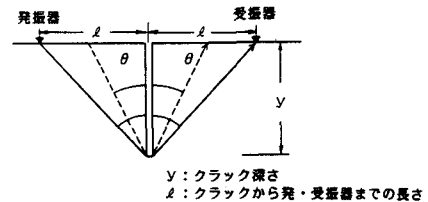


図-6 クラック深さの測定方法