

モルタル曲げ供試体における微小クラックの発生について.

京都大学工学部 正員 丹羽義次 正員 小林昭一
正員 小沢 治 学生員 中川浩二

1. まえがき.

コンクリートの破壊を研究するにおいて、(1)均質体と考えて、巨視的な変形、破壊に対する抵抗力、(2)クラックの発生と応力、歪の再分配にもとづき、コンクリートとある構造体と考える場合の破壊の進行機構、(3)セメント・ペーストという特殊な性質にもとづく破壊現象の追跡、という三つの問題点が考えられる。

ここではモルタル曲げ供試体ととりあげ、前報⁽¹⁾に基づいてクラックの発生と供試体の変形という点に主眼を置き、これにとともに、強度の低下、表面エネルギーなどについて考察を加える。

2. 実験と実験結果.

実験供試体は $40 \times 7 \times 7$ cm の角柱の一面に、深さ 5 mm のノットをつけた曲げ供試体である。電気抵抗線歪計を用いてノットの周りと、その反対面の歪と X-Y レコーダーを用い、荷重との関係において連続的に記録した。発生したクラック深さを検討のため、くり返し載荷によって適当な長さのクラック発生後、前サイクルの 60~70% の荷重で荷重増加を停止し、インクを塗布させた。インクによるクラックの追跡はかならずしも完全ではないので、除荷した供試体をほぼ 1 cm 厚さに切断し、アセトンで滴下してさらに正確な追跡を行なった。測定結果を次に示す：

(図-1) 荷重-変位量曲線： 載荷速度は約 3.5 kg/sec

であり、曲線がある予定の変位量に達するか、ほぼ変位軸に平行になるまで載荷する。後者の領域ではそれ以上の荷重増加はなくとも破壊は進行するので急激に除荷する。これをある変位量で得られるまで繰り返して得た曲線である。

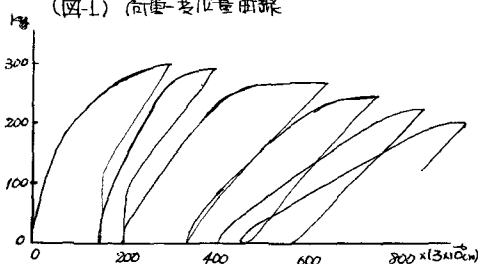
(図-2) クラック深さ-勾配関係： ある供試体の荷重-変位量曲線の勾配とその時のクラック深さの関係を示す。クラックの深さは一様でないが平均値をとっている。

(図-3) クラック深さ-最大変位量関係： ノットと反対面に接合されたゲージ接点間の最大変位量とクラック深さとの関係を示す。

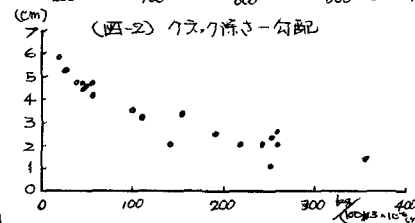
(図-4) クラック深さ-残留変位量関係： ある変位量まで載荷し、その後荷重を完全に除荷した時の残留変位量とクラック深さとの関係を示す。

3. 考察

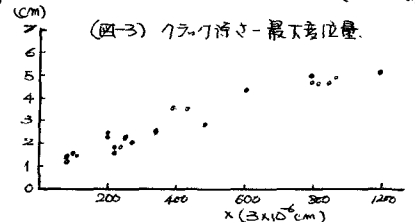
(1) クラック深さの推定： 図-2 の関係は断面減小による曲げ抵抗力の変化と与えるものを



(図-1) 荷重-変位量曲線

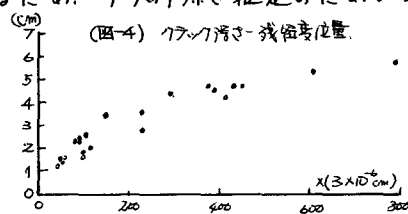


(図-2) クラック深さ-勾配



(図-3) クラック深さ-最大変位量

ある。断面減少はそのまま compliance の決定要因となるため、クラック深さ推定のための長き因子であると考えられる。またノット部の厚の部分はクラックがある程度深くなると、ほとんど無効力状態となる。したがって最大変位量はクラックの深さに支配される回転中心までの距離と供試体の回転量を決定する。クラック深さを推定しよう。



(ii) 回転中心の推定: クラックの発生とともに、ノット直下の回転中心位置は変化する。その位置を求めるため、供試体はノット面上で回転中心のまわりの剛体的な回転中心を中心とした剛体回転をすると仮定し、上下両面に接着したゲージの歪量から回転中心位置と計算した。また光弾性等色線偏光写真からも、このようにして求めた位置はほぼ正しいことを認めた。

(iii) 表面エネルギーについて:

固体の材料定数と考えられる表面エネルギーとモルタル・コンクリートにおいて求める試みは Kaplan によって始められた。たとえば Grubbish は曲げ載荷の場合の弾性式

$$G_c = \sigma_u^2 h (1 - \nu^2) / f(\alpha) \quad \text{----- (1)}$$

を用いて計算し、fracture toughness として約 0.1100 lb/in という値を得ている。(fracture toughness は表面エネルギーの値に相当する。) 本実験で得られた結果をこの式に代入して G_c を求めるとクラックの浅い間と深くなってからでは G_c に下がる差が生じ、その比は 10 以上にもなる。すなわち (1) 式はこの場合不適当である。これは繰り返し載荷によって発生したクラックでは三次元的な発生が起こるなどの理由によると考えられるが明らかではない。

ここでは表面エネルギーを求めるために次のように考えた。すなわちノットを有する供試体の変形を次の二つのものの合成として考える。(i) ノットを有さない供試体としての変形、(ii) ノット先端部分をヒンジとする剛体回転。いま外荷重の作用によりクラックが発生したとすると、(i) の形式による供試体内の弾性的なエネルギーは大きな変化と厚けないうと仮定する。その時、(ii) の形式によって荷重点の低下により外荷重のなした仕事はそのまま新しいクラックの作製に費やされたと考えられる。すなわち変位量の増加量に対して外力のする仕事量、クラックの伸縮長さ dc が求められ、そこから表面エネルギーが計算される。

例として (図-1) の供試体を考える。変位量に対するクラックの深さは (図-3) から、その時の荷重は (図-1) から求められる。これを用いて (ii) の形式で供試体でクラックの発生により回転したとして、外部仕事量と新しくできた表面積を求めると、最大変位量の各段階で

最大変位量 = 200 ~ 400 ($\times 10^{-6} \text{ cm}$)	$\gamma_0 = G_c / z = 6.65 \text{ g/cm}^2$
" 400 ~ 600 (")	" " 7.90 g/cm^2
" 600 ~ 800 (")	" " 7.06 g/cm^2

となる。

参考文献

- (1) 丹科、小林、小柳、中川 "モルタル曲げ供試体における notch 先端からの微小クラックについて"
土木学会関西支部講演報告集、IV、36、第 42。