

V-18 コンクリート中の骨材と破壊過程

京都大学工学部 正員 〇小柳 玲
日本電信電話公社 " 境 賢治

まえがき

セメントコンクリートあるいはモルタルは、結合材と骨材とから成る二相材料として取扱うことが可能である。このような材料の破壊は、主として結合材と骨材界面に存在する材料内の欠陥からの界面および結合材内に進展するいびわれ伝播の過程である。この破壊過程には、結合材との界面を含めた骨材も大きな影響をもつことが予測される。本文はとくに破壊過程における骨材のいびわれ伝播拘束作用に注目し、破壊過程を定量化するパラメタとしてのフラクチュアタフネスをもとに検討を試みたものである。

実験概要

実験は破壊過程におよぼす骨材の影響を明確にするため、結合材の性質を固定し、すなわち配合も一定としたセメントペーストあるいはモルタルに、単一粒度を原則とする細あるいは粗骨材を体積比を変化させて混入したモルタルあるいはコンクリートについで、切欠きを有する供試体の曲げ載荷試験により行なった。実験種別を使用材料と共に表-1に示す。

モルタルおよび供試体は、寸法 $4.7 \times 10.0 \times 38.8$ cm

表-1 実験概要

のほり供試体で、引張り側中央に開角 60° 、深さ 1.0 cmのV型切欠きを有するものである。供試体は一配合種別につき12本作成し、試験は材料令28日にて、3等分負載荷(スパン36 cm)で行なった。

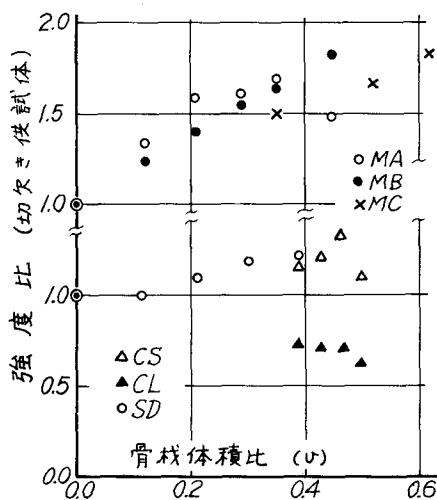
実験結果と考察

切欠き供試体の破壊荷重と骨材体積比(V)との関係を図-1に示す。これより破壊荷重は、結合材の性質が一定とみられる範囲内では(CLシリーズを除き)、 V あるいは V_c の増大と共にほぼ直線的に増大する。これは、骨材の存在によりいびわれ拘束作用などで破壊過程が変化することを示すものと考えられる。

コンクリートの破壊過程に対し、定性的にはGriffithの概念が有効であると認められているが、破壊過程の計数化としては、いびわれ伝播速度の変化限界に対応する限界いすみエネルギー解放率(フラクチュアタフネス) G_c および限界応力強度係数 k_c が考えられる。 G_c あるいは k_c は、柔のいすみエネルギーおよび材料の表面エネルギーと関連するが、本実験では限界いびわれ近傍の変形計測が成功しなかったため、Kaplan^{*}の示すWinnieとWundtの応力解析をもと

記号	結合材	骨材体積比(V)	備考
M	セメント	0.0	ニセメントペースト
MA 1-5	ペースト	0.12, 0.21, 0.29	豊浦標準砂
MB 1-5	($V_c = 0.4$)	0.35, 0.45	相馬砂
MC 1-3		0.35, 0.52, 0.62	野洲川砂 (F.M. = 3.01)
MD	同上(0.5)	0.49	
CS 1-4	1:2モルタル	0.39, 0.43,	砕石(M.S. = 15 mm)
CL 1-4	($V_c = 0.4$)	0.47, 0.50	軽量骨材(同上)
SD 1-4	同上(0.5)	0.11, 0.21, 0.30, 0.39	砕石(同上)

図-1



に次式で G_c および K_c を算出した。結果をモルタルおよび
コンクリートについてそれぞれ図2および図3に示す。

$$G_c = \{0.5 f_h (1 - v^2) / E\} \cdot (\pi / d) \cdot (1 - c/d)^3$$

$$K_c = \sqrt{E G_c / \pi (1 - v^2)}$$

ここに f_h : 切欠き先端公称応力, c : 切欠き深さ,

d : はり全高, $h = (d - c)$: 切欠きまでの高さ

ここで求めた値の絶対値には問題が残るが、同一試験方法による場合にはこれらの値は骨材量の変化による破壊過程の変化を相対比較するためのパラメタとして有効性は失われまいと考えられる。

図2, 3より明らかなように、 γ と直線関係のある G_c は、結合材の性質があまり変化しないと考えられる範囲では (CL シリーズを除き)、骨材比の増加につれて増大し、その程度はモルタルにおいてより顕著である。すなわち骨材比の増加と共に γ あるいは G_{cr} などの増大があることを示すと共に、同一骨材比でも結合材自体あるいは骨材の表面特性、骨材強度などにより破壊のタフネスが異なることがわかる。

K_c についても G_c と同様の傾向であるが、ヤング係数は骨材量と関係するため、 v による差は G_c より大である。

骨材量によるこれらの変化を説明する一つの方法として、骨材を半径 r の等球集合体とし結合材の単位長さ l の立方体内に1個の骨材が入ったモデル(図4a)を考える。もし l がわれが単位長さ l を進展する間に l がわれが骨材界面に沿って(図4b)のように伝播するならば、 l がわれ面積は l^2 から $(l^2 + 4\pi r^2 / 3l)$ に増大する(増加率は $1 + v$)。この間の平均表面エネルギー $\bar{\sigma}$ は、結合材自体の表面エネルギー σ_c と骨材-マトリックス間の表面エネルギー σ_i との関係で次式で定まる。 $\bar{\sigma} = \sigma_c + (1.5\sigma_i - \sigma_c)v \dots (A)$ また骨材自体の表面エネルギー σ_i が σ_c より小であれば、 l がわれれば界面では γ が骨材中を通過し、その時の平均表面エネルギーは $\bar{\sigma} = \sigma_i + (\sigma_c - \sigma_i)v \dots (B)$ となる。これより(A)の場合は σ_c と σ_i との関係で $\bar{\sigma}$ が骨材比 v と共に増加あるいは減少し、また(B)の場合は σ_c と σ_i との関係で $\bar{\sigma}$ の低下の割合 v が定まるものと考えることができよう。

* Kaplan, M.F.; Jour. ACI, Proc. V. 58, No. 5, 1961

図-2

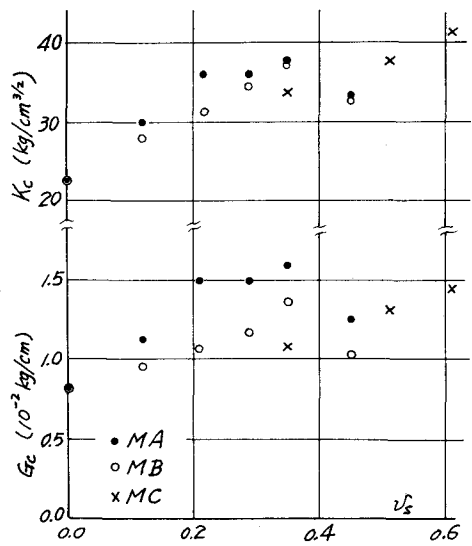


図-3

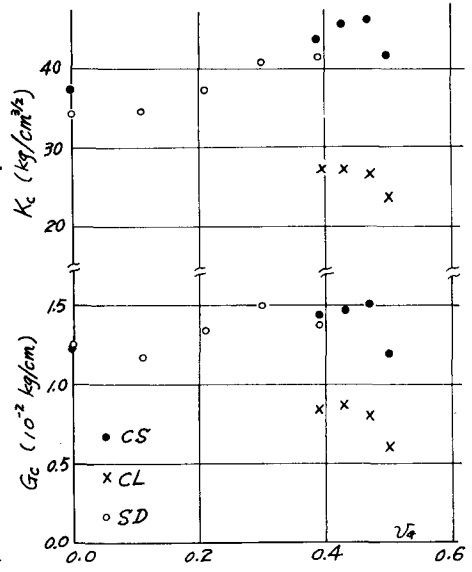


図-4

