

コンクリートの曲げ強度試験法に関する研究

正会員 岸谷 孝一* 同 平居 孝文**
同 ○ 村上 聖***

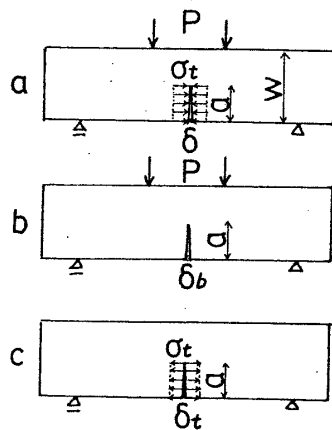
1、序

最近、SFRCのように特に引張特性のすぐれた高靱性材料が実用化されるようになり、標準強度試験法の規格化が急がれている。その際プレーンコンクリートでは問題とならなかった諸点についても十分な注意を要することが予想される。その意味で試験条件の影響について再検討が必要である。そこで、本研究はSFRCの標準強度試験法の一つとして有望視されている曲げ強度試験法において載荷形式の違いおよび支承部拘束などの試験条件の影響について考察した。

2、解析方法

本解析では、コンクリートの引張破壊に結合カモデルを適用した。結合カモデルは、稜形破壊力学を小規模降伏の範囲を越えて外挿する手段としてDugdaleによって提案され、塑性域がき裂方向に細長く進展するという仮定の下に塑性域は仮想き裂面に結合カ(降伏応力)が作用するモデルで近似できるというのがその基礎的概念である。コンクリートへの適用にあたっては、結合カモデルにおける塑性域をコンクリートにおいて主ひび割れの発生に先行するマイクロクラックの発生領域と定義する。以下に、結合カモデルの解析手順について述べる。

右図に示すように、曲げ引張稜の塑性域を仮想き裂面に一様な引張強度 σ_t が作用するモデルaで近似する。モデルaの応力場は、モデルbおよびcの応力場の重ね合せによって求められ、仮想き裂先端でもはや応力の特異性を生じない条件および応力の連続条件からモデルbおよびcにおけるき裂先端の応力拡大係数 $K_{Ib} = \sigma_b \sqrt{a} F_b(a/W)$ および $K_{It} =$



$\sigma_t \sqrt{a} F_t(a/W)$ は相等しい。即ち、 $K_{Ib} = K_{It}$ より
 $\sigma_b / \sigma_t = F_t(a/W) / F_b(a/W)$ (1)

(E, E', σ_b ; 公称曲げ強度, σ_t ; 引張強度, F_b, F_t ; 形状係数)

また、破断条件として仮想き裂端部の開口変位 δ を考える。 δ は、モデルbおよびcにおけるき裂端部の開口変位 $\delta_b = \frac{4\sigma_b a}{E'} V_b(a/W)$ および $\delta_t = \frac{4\sigma_t a}{E'} V_t(a/W)$ の差として求められ、 $\delta = \delta_b - \delta_t$ より

$$\frac{\delta E'}{\sigma_t W} = 4 \frac{a}{W} \left\{ \frac{\sigma_b}{\sigma_t} V_b(a/W) - V_t(a/W) \right\} \quad (2)$$

(E, E' ; E (平面応力), $E/(1-\nu^2)$ (平面ひずみ), ヤング率, V_b, V_t ; 形状係数)

(2)式の左辺は破断条件として定義したパラメータであり、形状係数の解析には境界要素法(重み荷重一定の間接法)を用いた。

3、実験方法

本実験は、モルタルおよび繊維補強モルタルについて材令28日で割裂引張強度($\phi 10 \times 20$ cm シリンダー)および曲げ強度($10 \times 10 \times 40$ cm 角柱)を測定した。使用材料は、セメント; 普通ポルトランド, 砂; 大井川産, 最大寸法5.0 mm, FM 2,85, 鋼繊維; 市販のせん断ファイバー, 寸法 $0.5 \times 0.5 \times 30$ mm であり、使用割合はW/c 55%と一定にし、モルタルについては砂体積率を0.3~0.7, また繊維補強モルタルについては砂体積率0.5, 繊維体積率を1.0~3.0%まで種々変えた各種割合を用いた。図-1は、本実験に用いた曲げ載荷装置を示す。支承部は軸方向の自由回転により水平方向の移動拘束をなくし、ねじれの影響を除くために一方の支承部に鋼棒を挿入した構造となっている。

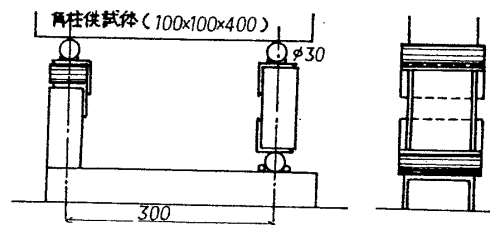


図.1 本実験に用いた曲げ載荷装置

る。また、支承部拘束の影響を調べるための比較として用いた曲げ載荷装置は、試験機据え付けのもの(ローラ支承)および図-1に示す装置の支承部間を鋼平板で連結したもの(支承はローラ)を用いた。

4. 結果および考察

図-2は、載荷形式の違いによる影響を示す、結合カモデルによる解析結果である。図中には、本実験および既往の実験結果も示している。ただし、実験結果は引張強度に対する曲げ強度比から破断パラメータを推定し、図中にプロットした。図から、塑性域が大きくなる程3等分点曲げ強度に対する中点曲げ強度比は若干低下することが解析的に予測され、実験結果にもその傾向が見られる。このことから、載荷形式の違いによる影響はプレーンコンクリートと比較した場合SFRCにおいて特に重要な因子とならないことが予想される。

図-3は、支承部拘束の影響を示す、結合カモデルによる解析結果である。図中には、本実験結果も示す。解析は、拘束度として完全拘束の場合、完全拘束のときの支承部水平反力のそれぞれ200/3%および100/3%の反力が作用する場合の3種類について調べた。図から、拘束が大きくなる程見掛けの曲げ強度が増大すること、同一拘束度でも塑性域が大きくなる程無拘束の場合に対する見掛けの曲げ強度比が増大し、その傾向は拘束の大きい程顕著であることが解析的に予測される。実験結果は、ローラ支承によるものであり、支承間を連結した鋼平板の中央に貼り付けたひずみゲージによるひずみ測定値とキャリブレーションとの比較から拘束度が約20%であったことから図中に拘束度20%の場合の解析結果とともに示す。実験および解析結果の比較はさらに広範な実験的検討を要するが、ローラ支承においても無視できない影響があり、特に繊維補強モルタルにおいて主ひび割れ発生後の耐力増加はローラ支承において大きかった。このことから、支承部拘束の影響はSFRCにおいては特に重要な因子となることが予想される。

謝 辞

本実験にあたって、住友セメントの佐藤利幸氏の御助力を受けたこと、解析にあたって、東大大型計算機センターのHITAC 200H を用いたことを記し、ここに厚く感謝致します。

関連文献; 岸谷, 平田, 村上, コンクリートの各種強度試験法に関する研究, 関東支部研報, S. 58.7

(* 東京大学教授・工博 ** 大分大学助教授・工博 *** 東京大学大学院生)

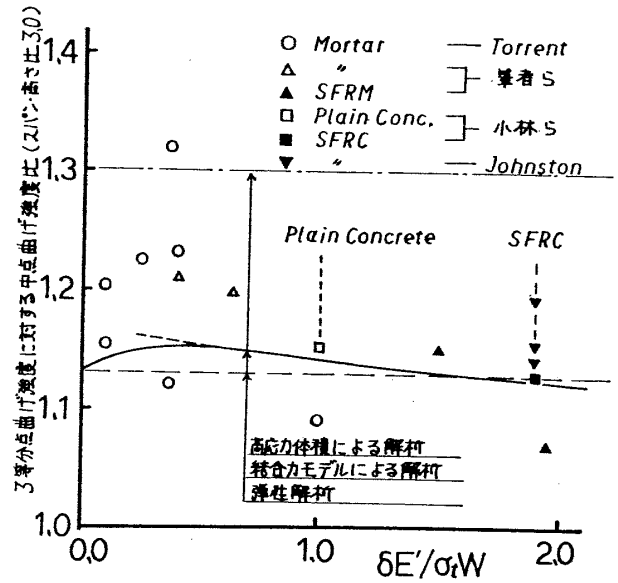


図.2 載荷形式の違いによる影響

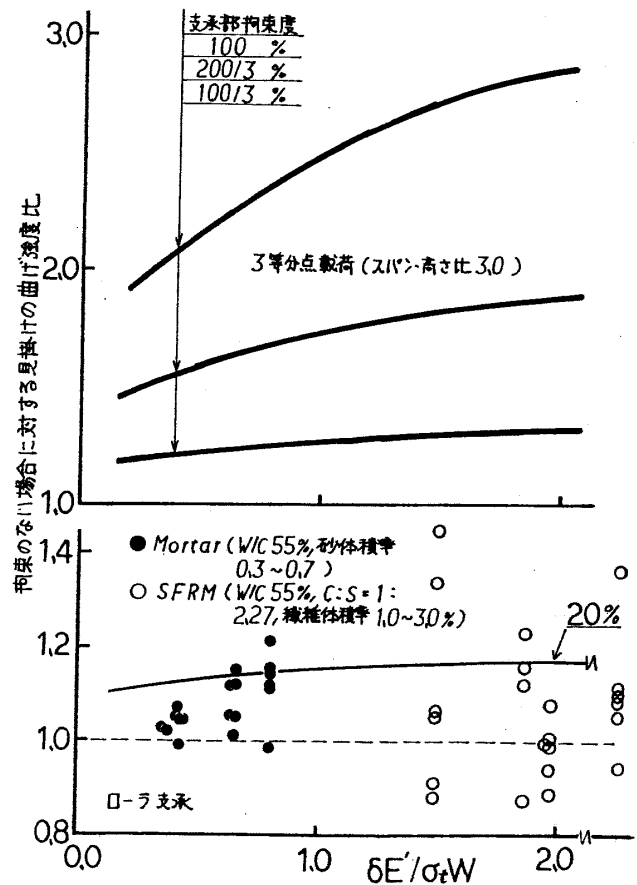


図.3 支承部拘束による影響