

切欠きはりを用いた EPS モルタルの破壊エネルギー試験

山口大学大学院 正会員 ○松尾 栄治
 山口大学大学院 正会員 川崎 秀明
 中外テクノス (株) 藤井 太成
 山口大学大学院 学生会員 大塚 良

1. はじめに

引張応力によるひび割れの発生および進展による軟化特性を把握することは、限界荷重時のひび割れを前提としたコンクリート構造体の挙動を把握するうえで重要である。本論文は、発泡スチロール廃材を骨材として混入した軽量モルタル（以下 EPS モルタル）を対象に、切欠きを設けたはりの 3 点曲げ载荷試験を実施し、その荷重－ひび割れ肩口開口変位（以下 CMOD）曲線を求めることを目的とする。すなわち、ビニロン短繊維（以下 VF）を混入した EPS モルタルについても同様の 3 点曲げ载荷試験をおこない、その効果を確認した。

2. 試験方法

使用材料は普通ポルトランドセメント，上水道水，EPS 細骨材（密度 $0.51\sim0.53\text{g/cm}^3$ ，F.M.=3.95，吸水率 0.0%，損失質量百分率 0.55%）である。配合は水セメント比 40%，EPS 混入率 50%（体積比）を一定とした。これに VF（直径 $660\mu\text{m}$ ，平均繊維長 30mm，引張強度 900MPa，切断伸度 9.0%，ヤング率 23GPa）を外割り体積比で 0.5%混入したもの，および無混入の場合の 2 種類とした。打設の翌日から水中養生を施して，材齢 28 日および 91 日において 2 体ずつ曲げ試験に供した。本稿では材齢 28 日について報告する。

曲げ試験は JCI 基準にしたがって実施した^{1)~2)}。すなわち，供試体寸法は $100\times100\times400\text{ mm}$ の角柱とし，図-1 のように中央部の切欠き（幅 5 mm 以下，高さ 30 mm）を金鋸で形成した。载荷は変位制御式の試験機を使用し，载荷速度は 0.1mm/min とした。最大荷重点を超えてからは，荷重と CMOD が急激に変化しないように注意しながら，完全に破断するまで载荷を続けた。荷重は，最大荷重の 0.1%の精度を有するロードセルによって計測し，CMOD は， $1/1000\text{ mm}$ の精度を有するクリップゲージを用いて計測した（写真-1 参照）。なおクリップゲージは，角柱供試体下面の切欠き部において接着剤で固定したナイフエッジに取付けた。载荷はクロスヘッド変位をデジタル制御した。破断状況について，写真-2 に VF 無し，写真-3 に VF 入りを示す。

3. 荷重-CMOD 曲線および破壊エネルギー

VF 無しの供試体は，最大荷重点を超えると，ひび割れの発生によって急激に荷重が低下し，供試体によってばらつきは

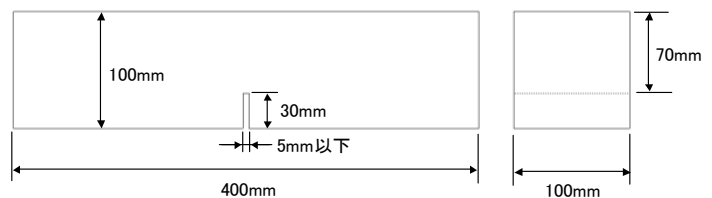


図-1 供試体寸法

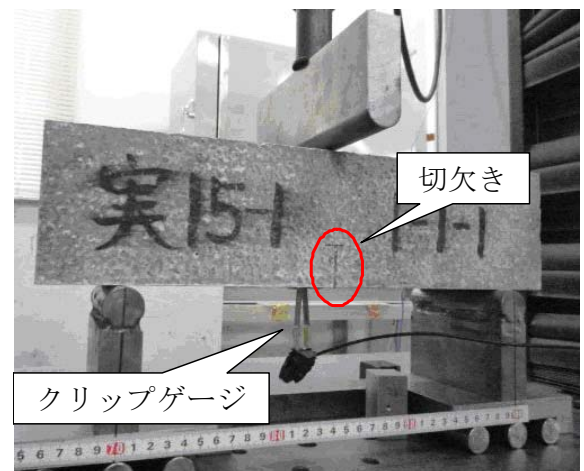


写真-1 供試体設置状況



写真-2 供試体破断後（VF 無し）

キーワード：EPS，ビニロン繊維，3 点曲げ载荷試験，荷重－CMOD 曲線，破壊エネルギー

連絡先：〒755-8611 宇部市常盤台 2-16-1 山口大学大学院理工学研究科 TEL:0836-85-9698

あるが CMOD が 3～5 mm の間で完全に破断した．一方 VF 入りの供試体は，最大荷重点を超えて急激な荷重低下をみせたが，最大荷重の 40% 付近で，VF による補強効果により荷重が徐々に上昇し始めた．その後，また荷重は非常に緩やかに低下し始め，CMOD が 20mm 程度まで開いたときに完全に破断した．

図-2 に各供試体の荷重の平均値で平均化した荷重－CMOD 曲線を示す．破壊エネルギーを下式より求めると，VF 無しでは $G_F = 0.150 \text{ N/mm}$ ，VF を混入した場合は $G_F = 1.192 \text{ N/mm}$ であった．

$$G_F = \frac{0.75W_0 + W_1}{A_{lig}}$$

$$W_1 = 0.75 \left[\frac{S}{L} m_1 + 2m_2 \right] g \cdot CMOD_c$$

ここで，

G_F : 破壊エネルギー (N/mm)

S : 載荷スパン (=300mm)

L : 供試体の全長 (=400mm)

g : 重力加速度 (=9.807m/s²)

W_0 : 供試体が破断するまでの荷重－CMOD 曲線下の面積 (N・mm)

W_1 : 供試体の自重および載荷治具がなす仕事 (N・mm)

A_{lig} : リガメントの面積 (=幅 $b \times$ 非切欠き高 $h = 100\text{mm} \times 70\text{mm} = 7000\text{mm}^2$)

m_1 : 供試体の質量 (=2 体平均で 4,927g)

m_2 : 試験機に取付けられておらず，破断するまで供試体に載っている治具の質量 (kg)

$CMOD_c$: 破壊時のひび割れ開口変位 (mm)

4. まとめ

- (1) VF 無しの EPS モルタルは，ひび割れが発生すると荷重は急激に低下し，CMOD が 2 mm を超えると最大荷重の 1% 以下まで低下した．
- (2) VF 入りの EPS モルタルは，ひび割れ発生後，急激に荷重が低下するが，最大荷重の約 40% 付近まで下がると，VF の補強効果によって一時荷重が上昇した．その後は非常に緩やかに荷重が低下していき，完全に破断したときの CMOD は約 20 mm であった．
- (3) VF 入りの EPS モルタルの破壊エネルギーは，VF 無しに比べて約 8 倍も大きく，VF 混入による補強が，曲げ強度に対して効果的であることが確認できた．
- (4) 今後は荷重－CMOD 曲線から多直線近似法による逆解析をおこない，EPS モルタルの引張軟化曲線を推定し，FEM 解析に組み込む予定である．

【参考文献】

- 1) JCI 基準 JCI-S-001-2003 切欠きはりをを用いたコンクリートの破壊エネルギー試験方法
- 2) JCI 基準 JCI-S-002-2003 切欠きはりをを用いた繊維補強コンクリートの荷重－変位曲線試験方法

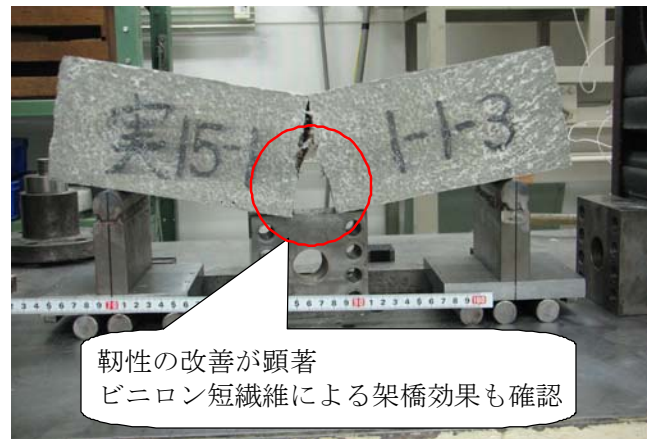


写真-3 供試体破断後（VF 入り）

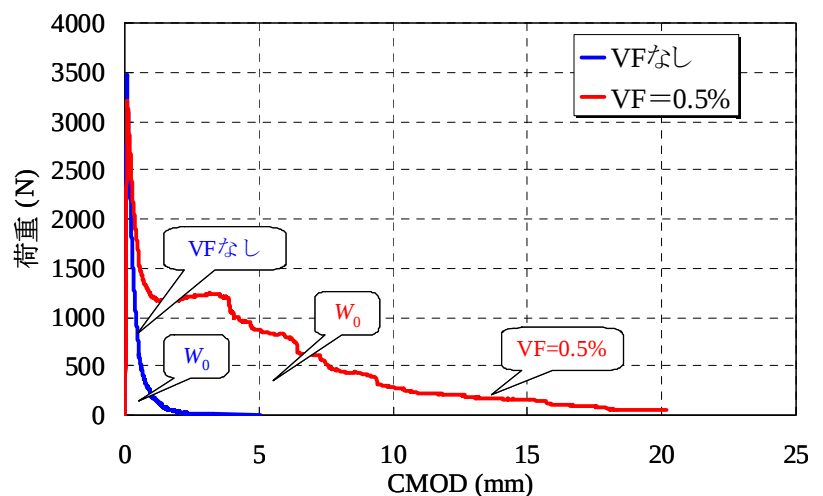


図-2 荷重と CMOD の関係