

PSV-21 コンクリートの引張軟化特性と試験法

岐阜大学大学院 学生会員○鈴木泰生 岩佐正徳
岐阜大学工学部 正会員 六郷恵哲 小柳 治

1. まえがき ひび割れの進展によるコンクリートの破壊現象を解析するために、コンクリートの引張軟化特性（引張軟化曲線の形状と引張軟化曲線下の面積で表される破壊エネルギー）の計測手法の確立が重要となってきた。引張軟化特性の試験法には、RILEM が提案している試験法[1]、Li等が提案しているJ積分法[2]、これを改良し、筆者等が提案している新J積分法[4]等がある。本研究では、これらの試験法をシミュレーションによる検討結果とともに紹介し、載荷試験時のデータから引張軟化曲線と破壊エネルギーを求めた計測例を示す。

2. RILEM の試験法 RILEM の試験法は、切欠きはりの3点曲げ試験を行いその荷重-変位曲線下の面積（ W_0 ）から、供試体自重の補正を行い、次式によって破壊エネルギー（ G_F ）を求める方法である[1]。

$$G_F = (W_0 + m g \cdot \delta_0) / A \quad (1)$$

ここに、 $m g$ はスパン間の供試体重量、 δ_0 は供試体破断時の変位、 A は投影破断面積である。

ここでは、プレーンコンクリートを対象としたシミュレーションによって、供試体自重の補正項の妥当性について検討した。シミュレーションの条件を表-1に示す。はり供試体の寸法、入力する引張軟化曲線のモデル（図-1）、入力する破壊エネルギーを変化させ、曲げ荷重-変位曲線のシミュレーションを行った。シミュレーション結果をもとに（1）式により計算して求めた破壊エネルギー G_F の値と入力した G_F の値に対する誤差を表-1に示す。得られた破壊エネルギーは入力した破壊エネルギーとほぼ一致した（誤差4%以内）。このことからRILEM の試験法の自重の補正項は妥当であると考えられる。

3. J積分に基づく引張軟化特性の推定法 Li等は、切欠き長さがわずかに異なる2種類のはり供試体の曲げ試験からJ積分を用いて引張軟化曲線を推定する方法を提案している[2]。また、筆者らは、Li等の方法をもとに1種類の切欠き長さの供試体から引張軟化曲線を推定する新J積分法を提案した[4]。ここではシミュレーションにより、両方法について検討した。荷重-変位曲線のシミュレーション結果から、Li等の方法により切欠き長さの組合せを変化させて得た引張軟化曲線を図-2に示す。Li等の方法によって、引張軟化曲線の概略がほぼ正しく推定

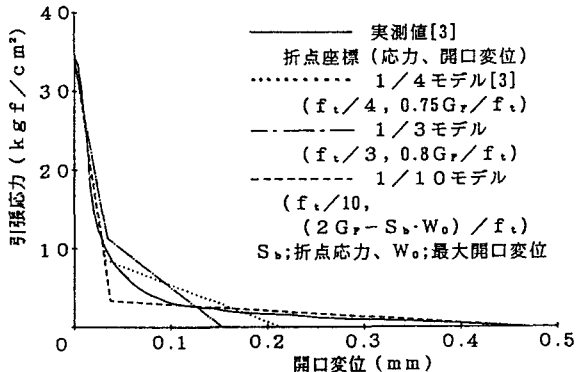


図-1 引張軟化曲線の2直線近似モデル

表-1 RILEMの方法（供試体自重の補正項の検討）

シリーズ名	スパン (cm)	引張軟化曲線のモデル	切欠き長さ (cm)	破壊エネルギー		誤差 (%)
				入力値 (kgf/cm)	計算値 (kgf/cm)	
S-10	80.0	1/4	5.0	0.144	0.146	1
S-20	113.0	"	10.0	"	0.147	2
S-30	138.5	"	15.0	"	0.150	4
S-40	160.0	"	20.0	"	0.149	3
M-04	80.0	1/4	5.0	"	0.146	1
M-03	"	1/3	"	"	0.149	3
M-10	"	1/10	"	"	0.144	0
G-Sm	"	1/4	"	"	0.146	1
G-La	"	"	"	0.216	0.220	2

4. 引張軟化特性の計測例 切欠きはり供試体の3点曲げ試験を行って荷重-変位曲線を計測し、引張軟化曲線と破壊エネルギーを求めた結果について述べる。供試体寸法は10x10x84（ス

注)・誤差は、破壊エネルギーの入力値に対する計算値の誤差
・はり高さは切欠き長さの2倍
・はり幅は、S-30は15cm、S-40は20cm、残りはすべて10cm

パン80)(cm)、切欠き長さは5(cm)とした。圧縮強度が $397(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ のコンクリートを対象とした。載荷方法を図-4に示す。ロードセルと変位計で計測した荷重・載荷点変位・切欠き先端の開口変位の各データをデータログを使用して計測し、フロッピーディスクに保存した。そのデータを用いて新J積分法によって引張軟化曲線を、RILEMの試験法によって破壊エネルギーを求めた。実験によって得られた供試体ごと(合計3個)の荷重-変位曲線を図-5に示す。新J積分法により供試体ごとに求めた引張軟化曲線を図-6に示し、またRILEMの試験法により測定した破壊エネルギーを図-5に示す。割合容易に載荷試験のデータから引張軟化特性を求めることができた。

5. まとめ 引張軟化特性の試験法の中で、RILEMが提案している試験法、Li等が提案しているJ積分法、筆者等が提案している新J積分法をシミュレーションによって検討し、いずれも有用であることを確認した。さらに、載荷試験時のデータを用いて新J積分法によって引張軟化曲線を、RILEMの試験法によって破壊エネルギーを求めた一例を示した。

[参考文献] [1] RILEM Draft Recommendation (50-FMC): Materials and Structures, Vol.18, No.106, 1985, pp.285~290.

[2] Li V.C. and Ward R.J.: Proc. International Workshop on Fracture Toughness and Fracture Energy, Sendai, 1988, pp.139~156.

[3] Rokugo k. et al: ibid, pp.128~138.

[4] 小柳治, 六郷恵哲, 岩佐正徳, 瀬古繁喜: J積分法を用いた曲げ試験によるコンクリートの引張軟化曲線の定量化, セメント技術大会講演集, 1989.

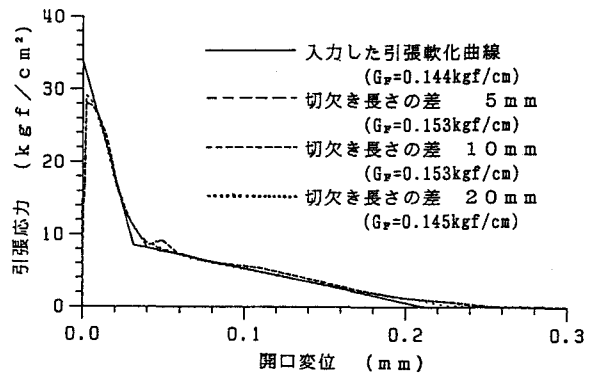


図-2 J積分法より求めた引張軟化曲線

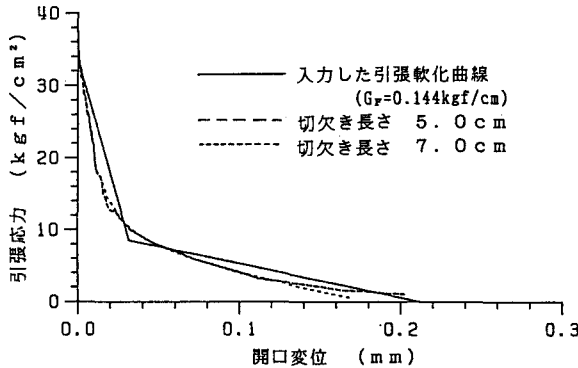


図-3 新J積分法より求めた引張軟化曲線

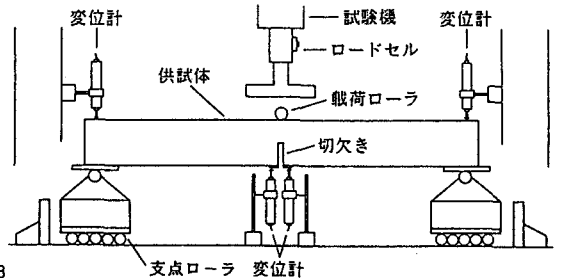


図-4 3点曲げ試験方法

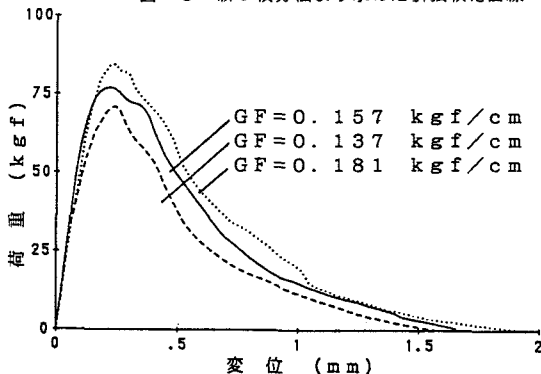


図-5 3点曲げ試験より求めた荷重-変位曲線

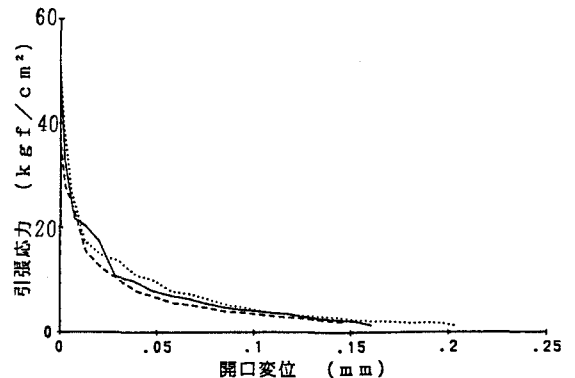


図-6 3点曲げ試験より求めた引張軟化曲線