

V-185

載荷速度がコンクリートの引張軟化曲線の形状に及ぼす影響

岐阜大学 正会員 栗原哲彦

岐阜大学 学生員 名和真一

岐阜大学 正会員 六郷恵哲

1. はじめに

現在、地震時におけるコンクリート構造物の動的挙動の解析精度を向上させることが、重要と考えられている。ダムをはじめとするコンクリート構造物の耐震設計の高度化のためには、部材だけでなく材料についても動的特性を明らかにすることが必要である。

本研究では、コンクリート供試体の高速載荷試験結果[1]から、多直線近似法[2]により引張軟化曲線を求め、載荷速度がコンクリートの引張軟化特性に与える影響について検討する。

2. 実験および解析概要

高速載荷試験は、図-1に示すような一辺 200mmの立方体に切欠きを設けたくさび挿入試験用の供試体で行われている。リガメントの面積は、 $75 \times 200 \text{ mm}^2$ である。載荷速度は、静的載荷時を1とした場合の1、100、1000、5000倍の4パターン（それぞれ V1、V100、V1000、V5000シリーズとする）である。静的載荷時の5000倍の載荷速度とは、切欠き先端でのひずみ増加速度が $10^{-2}/\text{sec}$ 、切欠き口の開口速度が 5.0 mm/sec に相当する。荷重および切欠き口の開口変位(CMOD)が計測されている。コンクリートの圧縮強度、引張強度、弾性係数は、それぞれ 39.0 MPa、4.3 MPa、30.5 GPaである。ここでは、実測の荷重-CMOD曲線から多直線近似法[2]を介して引張軟化曲線を推定した。

3. 荷重-CMOD曲線および引張軟化曲線

実験により得られた荷重-CMOD曲線[1]を図-2に示す。なお、図中の荷重は、鉛直荷重を水平方向成分に換算したものである。載荷速度の違いが荷重-CMOD曲線に現れており、載荷速度が速いほど最大荷重が大きく、荷重-CMOD曲線の初期剛性（傾き）も大きくなることから分かる。

多直線近似法により得られた引張軟化曲線を図-3に示す。軟化開始点応力および破壊エネルギーを表-1に示す。なお、便宜上ひび割れ幅 0.1 mmまでの引張軟化曲線下の面積を破壊エネルギーとして算出した。図-3ならびに表-1から分かるように、軟化開始点応力（引張強度）および破壊エネルギーは、載荷速度の増加にともない増加した。

4. ひび割れ先端速度とCMOD速度

引張軟化曲線および荷重-CMOD曲線の解析結果とCMOD速度からひび割れが1節点ごと進展するときのひび割れ先端（応力が引張強度に達し、軟化開始）速度を算出した。その結果を図-4に示す。これによると、最初にひび割れが発生するときの速度が最も大きくなり、その後、ひび割れがリガメントを進展するに伴い、速度は小さくなり供試体の破断が近づくと速度はゼロ近くにまで小さくなった。これにより、ひび割れは一定速度で進展していないことが明らかとなった。地震時における部材の挙動を考えた場合、ひび割れ先端速度が重要となると考えられる。ひび割れ先端速度は、破壊性状（形成される面の形状、

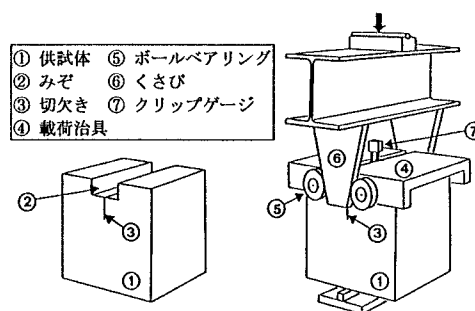


図-1 供試体とくさび挿入試験の概要

キーワード：CMOD速度、ひび割れ先端速度、引張軟化曲線、破壊エネルギー

連絡先：〒501-11 岐阜市柳戸1-1 岐阜大学工学部土木工学科、TEL/FAX 058-293-2408

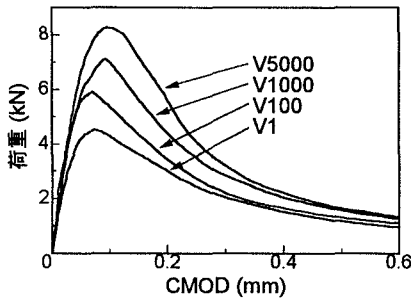


図-2 荷重-CMOD 曲線[1]

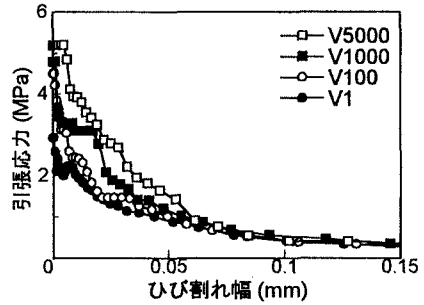


図-3 多直線型の引張軟化曲線

等)に大きな影響を与え、引張軟化曲線の形状に影響を与えると考えられる。ひび割れ先端速度を一定とした条件下での引張軟化曲線の推定が必要となると考えられる。

ひび割れ先端速度を一定と仮定した場合のCMOD速度の経時変化を図-5に示す。ここでは、ひび割れ先端速度が一定となる試験を行い、V100の引張軟化曲線（図-3）が得られたものと仮定した。図-5から分かるようにリガメントをひび割れが進展するにともないCMOD速度を徐々に増していき、最後は急激に速度を速める必要があることが分かる。CMOD速度を図-5のように制御することにより、ひび割れ先端速度を一定にする試験が可能であると考えられる。

5. まとめ

載荷速度が引張軟化特性に与える影響について検討した結果、載荷速度の増加にともない引張軟化曲線の軟化開始点応力や破壊エネルギーが増加すること、CMOD速度を一定としてもひび割れ先端速度は一定とはならないことを明らかにした。また、ひび割れ先端速度を一定にするためのCMOD速度の経時変化の例を示し、ひび割れ先端速度を一定とする試験法のヒントを示した。

参考文献

- [1] Bruhwiler, E., Wittmann, F. H. and Rokugo, K. : Influence of Rate of Loading on Fracture Energy and Strain Softening of Concrete, Transactions of the 9th Int. Conf. on Structural Mechanics in Reactor Technology, Lausanne, Rotterdam, pp. 25-33, 1987.
- [2] 栗原哲彦、安藤貴宏、国枝 稔、内田裕市、六郷恵哲：多直線近似法による引張軟化曲線の推定と短繊維補強コンクリートの曲げ破壊性状、土木学会論文集、No. 532/V-30、pp. 119-129、1996. 2.

表-1 軟化開始点応力と破壊エネルギー

シリーズ	軟化開始点 応力 (MPa)	破壊エネルギー (N/m)
V1	2.94	106
V100	4.51	124
V1000	4.81	153
V5000	5.20	187

*ひび割れ幅 0.1mmまでの破壊エネルギー

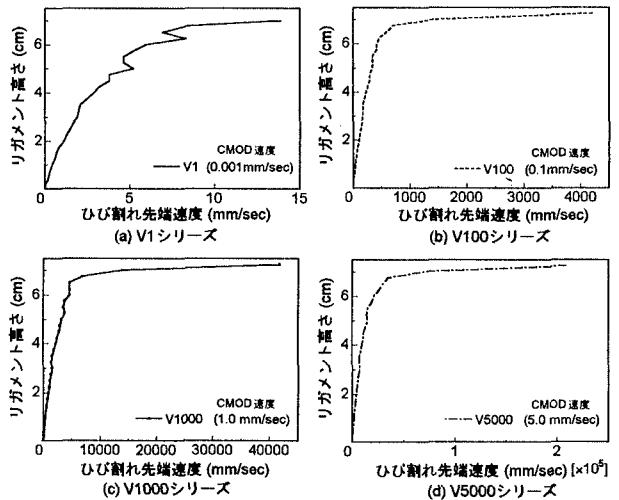


図-4 ひび割れ先端速度

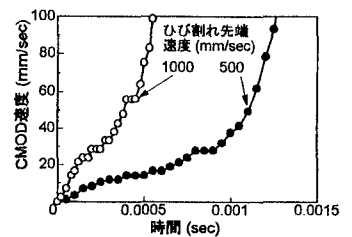


図-5 CMOD 速度の経時変化