

V-64 鋼繊維補強コンクリートの曲げ靱性に関する研究

東京大学 学生員 ○梅 山 和 成
 日本大学 学生員 岡 村 雄 樹
 東大生研 正 員 小 林 一 輔

1. はじめに

鋼繊維補強コンクリートは、従来のコンクリートに比べ引張強度及び曲げ強度が改善されるのみでなく曲げ靱性が非常に大きい材料である。本研究は、鋼繊維補強コンクリートの曲げ靱性の評価方法及び曲げ靱性に影響を及ぼす各種要因について検討したものである。

2. 実験概要

2-1 使用材料及び配合 粗骨材は最大寸法 15 mm の碎石、細骨材は川砂としセメントは早強及び普通ポルトランドセメントを用いた。鋼繊維は寸法が $0.5 \times 0.5 \times 30$ mm のせん断品を用いた。配合はスランブの値が 8 cm となるように定めた。

2-2 供試体の作製方法及び試験方法 普通コンクリートに比べ鋼繊維補強コンクリートにおいては、供試体の作製方法が曲げ強度及びそのばらつきに大きな影響を与える。本研究では、この点について筆者らが既に検討した結果¹⁾に基づいて供試体を作製した。曲げ試験は、島津電子管自動平衡式油圧型試験機を用い三等分点載荷法によって行なった。載荷は、最大荷重に達するまでは縁応力度が一定 ($9 \text{ Kg/cm}^2/\text{min}$, JIS A 1106 の規定による) となるようにし、その後はその状態のまま試験機の油の送りを一定として行なった。

3. 曲げ靱性の評価方法に関する検討

3-1 評価方法に対する考え方 図-1 に各種の繊維補強コンクリートの曲げ試験における荷重-たわみ曲線を模式的に示した。タイプⅠは初期ひびわれ荷重が最大荷重となるもの、タイプⅡは初期ひびわれ後最大荷重に達するもの、タイプⅢは初期ひびわれ時のたわみに比べ最大荷重時のたわみがかなり大きいものをそれぞれ表している。曲げ靱性はこれらの荷重-たわみ曲線の形状によって評価することができると考えられるが、ある指数を用いることにより種々の荷重-たわみ曲線を簡便に比較することができると思われる。そのための 1 つの考え方は荷重-たわみ曲線と横軸とで囲まれた面積²⁾によって曲げ靱性を代表させるというものである。ACI 544 委員会報告では、その具体的方法として Toughness Index (T.I.) なる指数を提案している。これは図-2 に示したように初期ひびわれ荷重時までに曲線によって囲まれる面積を A_1 、支間中央のたわみが 1.9 mm になるまでの曲線によって囲まれる面積を $A_1 + A_2$ とし $\frac{A_1 + A_2}{A_1}$ をもって曲げ靱性の指標とするものである。本研究ではこの評価方法を取りあげ、まずその試験方法における問題点について検討した。

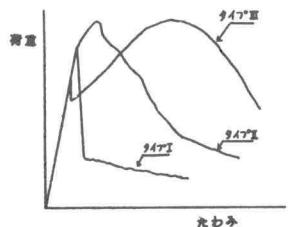


図-1 各種の荷重-たわみ曲線

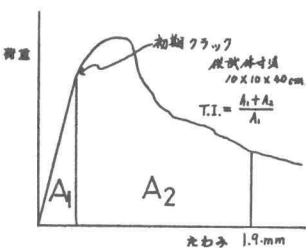
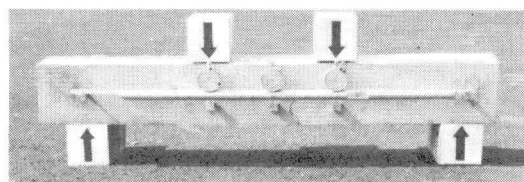


図-2 Toughness Index (T.I.) の定義

3-2 試験方法における問題点

(1) 支点沈下とたわみ たわみに対し支点沈下量がどの程度であるかを調べるため以下の実験を行なった。写真に示したような装置を用いることによって支点沈下を含まない真のたわみを測定し、同時に変位計によって支点沈下を含んだみかけのたわみを測定した。真のたわみを測定する装置は両端支点直上の点を結んだ直線を基準線としてたわみを表示するようにしたもののである。その結果を図-3 に示した。ACI 544 委員会報告では A_2 を定めるために用いるたわみ = 1.9 mm なる数



値は初期ひびわれ時のたわみ 0.125 mm の約 1.5 倍に相当すると述べている。しかし、以上のようにして実測した初期ひびわれ時のたわみは 0.05 mm 程度(引張縁の曲げ応力度 75 Kg/cm^2 の場合)であってたかだか ACI の値の $\frac{1}{2}$ にすぎないことがわかった。この原因は ACI の方法が支点沈下の影響を考慮していないことによるものと考えられる。次に支点沈下が T.I. に及ぼす影響について表-1 に示した。これより支点沈下は主として A_1 に影響を与えその結果 T.I. が大きく変化することがわかる。以下本研究では真の荷重-たわみ曲線から T.I. を求めた。

(2) たわみの測定位置とタフネス 図-4 は最大荷重に達した後の供試体の変形状況を示したものである。これより最大荷重以後荷重が下がるに従ってひびわれ幅が大きくなり鋼繊維のブリッジ効果によってひびわれ部がヒンジのような役割を果たしていることがわかる。そのため測定位置によってたわみはかなり異なるが、その影響を図-5 に示した。これよりたわみを等モーメント区間中少くとも3点測定し破壊位置に一番近い点における荷重-たわみ曲線によって十分真の値に近い T.I. が得られることがわかる。

4. 曲げ靱性に及ぼす各種要因

載荷速度を最大荷重まで縁応力度が9及び $64\text{ Kg/cm}^2/\text{min}$ の割合で増加するようにした実験を行なったが、その範囲内では載荷速度が曲げ靱性に及ぼす影響は小さかった。

繊維混入率が $0.5, 1, 1.5, 2\%$ の場合 T.I. はそれぞれ $20, 33, 37, 46$ となり繊維混入率の増加に伴い曲げ靱性は大きくなった。

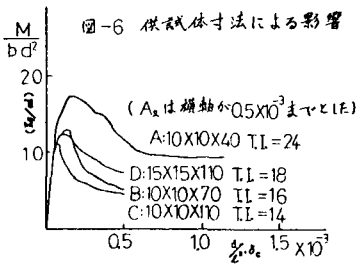
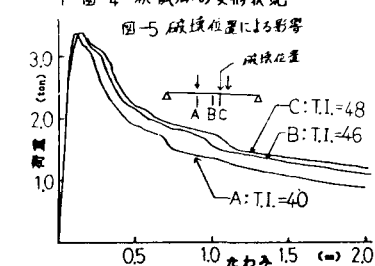
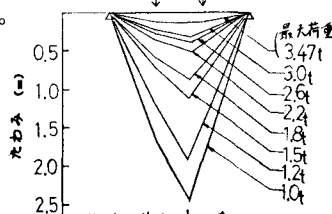
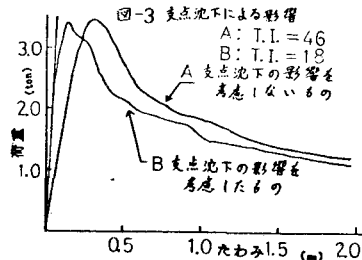
材令3日、7日、14日、28日、91日に対し T.I. はそれぞれ $52, 45, 40, 39$ となった。曲げ靱性は材令28日までは材令と共に低下するが、材令28日以後になるとほとんど変化しないことがわかる。

供試体寸法による影響を図-6 に示した。これによるとスパンが長くなるに従って曲げ靱性は低下しているが、これは破壊断面における繊維の本数の違いによるものと考えられる。又、断面寸法の大きい方が曲げ靱性は大きくなっている。次にセメント比による影響を表-2 に示した。 T.I. は w/c が $40, 50\%$ の場合に比べ 60% では大きくなっている。これは、 A_1+A_2 があまり変わらないのに対し A_1 すなわち初期ひびわれ荷重が異なることに因る。

5. ま と め

(1) ACI の T.I. を正確に求めるためには支点沈下を含まないたわみを等モーメント区間中少くとも3点で測定する必要がある。(2) 鋼繊維補強コンクリートの曲げ靱性を T.I. によって評価する場合次のような問題点がある。即ち i) 荷重-たわみ曲線から初期ひびわれ荷重を定めることが難しい、 ii) 初期ひびわれ荷重と最大荷重との割合が大きくと変わると T.I. の持つ意味が変わる、 iii) 荷重-たわみ曲線のタイプが基本的に異なる場合には T.I. によって比較できないこと、などである。(3) しかし、載荷速度、繊維混入率、材令、供試体寸法、水セメント比が曲げ靱性に及ぼす影響がある程度明らかになった。(4) T.I. による曲げ靱性評価方法についてはなお多くの問題点があり今後さらに検討を要するものと思われる。

参考文献 1) 梅山、岡村、小林、生産研究 Vol 31 No.2 2) ACI 544 委員会報告



	A_1	A_1+A_2	T.I.
真のたわみによる (本研究)	3.0	138.9	46
みかけのたわみによる (ACI)	8.3	146.7	18

表-1 支点沈下による影響

V_f	w/c	A_1	A_1+A_2	T.I.
2%	40	3.8	199.8	53
	50	4.0	184.0	46
	60	2.2	193.2	88

表-2 水セメント比による影響