

PFRCの曲げタフネス試験における変位ジャンプ制御アタッチメントの効果

An Effect of Displacement Jump Control Attachment in the Bending Toughness Test of Plastic Fiber Reinforced Concrete

道南地区コンクリート技術センター ○正 員 中村 大(NAKAMURA Dai)
 函館工業高等専門学校 環境都市工学科 石田 俊介(ISHIDA Shunsuke)
 道南地区コンクリート技術センター 松井 和義(MATSUI Kazuyoshi)
 函館工業高等専門学校 環境都市工学科 正 員 澤村 秀治(SAWAMURA Shuji)

1. はじめに

トンネル2次覆工や高架橋など、その下部の空間を利用するコンクリート構造物では、コンクリート剥落事故に対する予防的措置として、近年、プラスチック短繊維補強コンクリートが積極的に用いられるようになってきた。このようなプラスチック短繊維補強コンクリート(以下、PFRC)の性能評価および品質管理のためには、基本的に土木学会基準¹⁾・「鋼繊維補強コンクリートの曲げ強度および曲げタフネス試験法」(JSCE-G 552-1999)に準拠した試験が行われている。

鋼繊維補強コンクリートの曲げタフネス試験では、曲げひび割れ発生後の供試体の破壊が緩やかに進行するため、一般に滑らかな荷重-変位曲線を得ることができる。一方、PFRCの場合は、曲げひび割れ発生時における供試体の曲げ剛性の低下が著しいため、最大荷重の直後の大きな変位ジャンプによって計測データに空白を生じ、このことが試験結果の評価を難しくしている²⁾。

筆者らの既往の研究では、このような変位ジャンプには、供試体の強度、繊維補強量および試験機のフレーム剛性が密接に関与していることを明らかにしている²⁾。また、特に変位ジャンプの著しいケースでは、計測データの空白の間に供試体に著しく大きな曲げ変形(変位のオーバージャンプ)が存在することを動的計測によって確認している²⁾。

本研究では、曲げタフネス供試体に生じる変位のオーバージャンプを制御することで曲げタフネス試験の安定性を向上させることを目的とし、試験機にジャンプ制御アタッチメントを取り付けた実験を行い、計測データからその効果について検討した。

2. 実験概要

2.1 実験の要因と水準

本研究では、PFRCの曲げタフネス試験の条件が、変位(たわみ)の計測結果に及ぼす影響を考察するために、実験の要因を①ジャンプ制御アタッチメントの有無、②コンクリートの繊維混入量、③コンクリートの圧縮(曲げ)強度とし、それぞれの水準を表-1のように設定した。また、試験機については、参考文献2)で検討した試験機のうち、函館高専・コンクリート構造実験室のものを使用した。

実験で用いたコンクリートの配合を表-2に、使用材料を表-3に示す。プラスチック短繊維補強材は、セメントとの接着性に優れるとされている、PVA 繊維系(カット長=40mm)のものを使用した。コンクリートの強度については、配合を変えて3水準を設定しており、曲げタフネス試験実施時に測定した圧縮強度の平均値は、L=24.0N/mm²、M=56.1N/mm²、H=90.7N/mm²であった。

表-1 実験の要因と水準

実験の要因	実験の水準	
繊維混入量	3水準	0.15%, 0.30%, 0.60% (体積混入率)
コンクリート強度	3水準	L(低強度), M(中強度), H(高強度)
制御アタッチメント	2水準	有, 無

表-2 繊維補強コンクリートの配合

Name	Fiber		W/C	s/a	単位質量(kg/m ³)						
	vol%	kg			W	C	S1	S2	G	混和剤	助剤
L015	0.15	1.95	70.0	54.4	180	253	595	399	856	2.5	0.0
L030	0.30	3.90									
L060	0.60	7.80									
M015	0.15	1.95	48.0	51.2	166	346	548	367	896	2.4	0.0
M030	0.30	3.90									
M060	0.60	7.80									
H015	0.15	1.95	30.0	51.2	170	567	487	327	797	8.5	3.4
H030	0.30	3.90									
H060	0.60	7.80									

2.2 ジャンプ制御アタッチメント

図-1にジャンプ制御アタッチメントを取り付けた状態の供試体を示す。ジャンプ制御アタッチメントは、

試験機に上側荷重装置を取り付けるボルトを加工し、この部分に接続したφ7mmの全ねじボルトと鋼管によって供試体を上載荷点との間に挟むように固定する構造になっている。ただし、上側荷重装置と反力フレームの間には試験機の球座が位置しているため、このアタッチメントによっても供試体の動きを完全に拘束することはできない。

2.2 曲げタフネスの計測

コンクリート供試体のたわみ、試験機各部の変位は、高感度変位計によって計測した。計測装置の概要を図-2に示す。供試体のたわみの測定(TD5, TD6)は、専用のたわみ測定装置に変位計を取り付けて行った。上側反力フレームの変位(TD2)、荷重テーブルの変位(TD1)、荷重点の変位(TD3, TD4)については、試験機から完全に独立した不動梁を設置し、ここを不動点として絶対変位を測定した。データの収録は各変位計に動ひずみアンプを接続し、高速 A/D



図-1 ジャンプ制御アタッチメント

図-7 オーバージャンプと変位ジャンプ量の関係

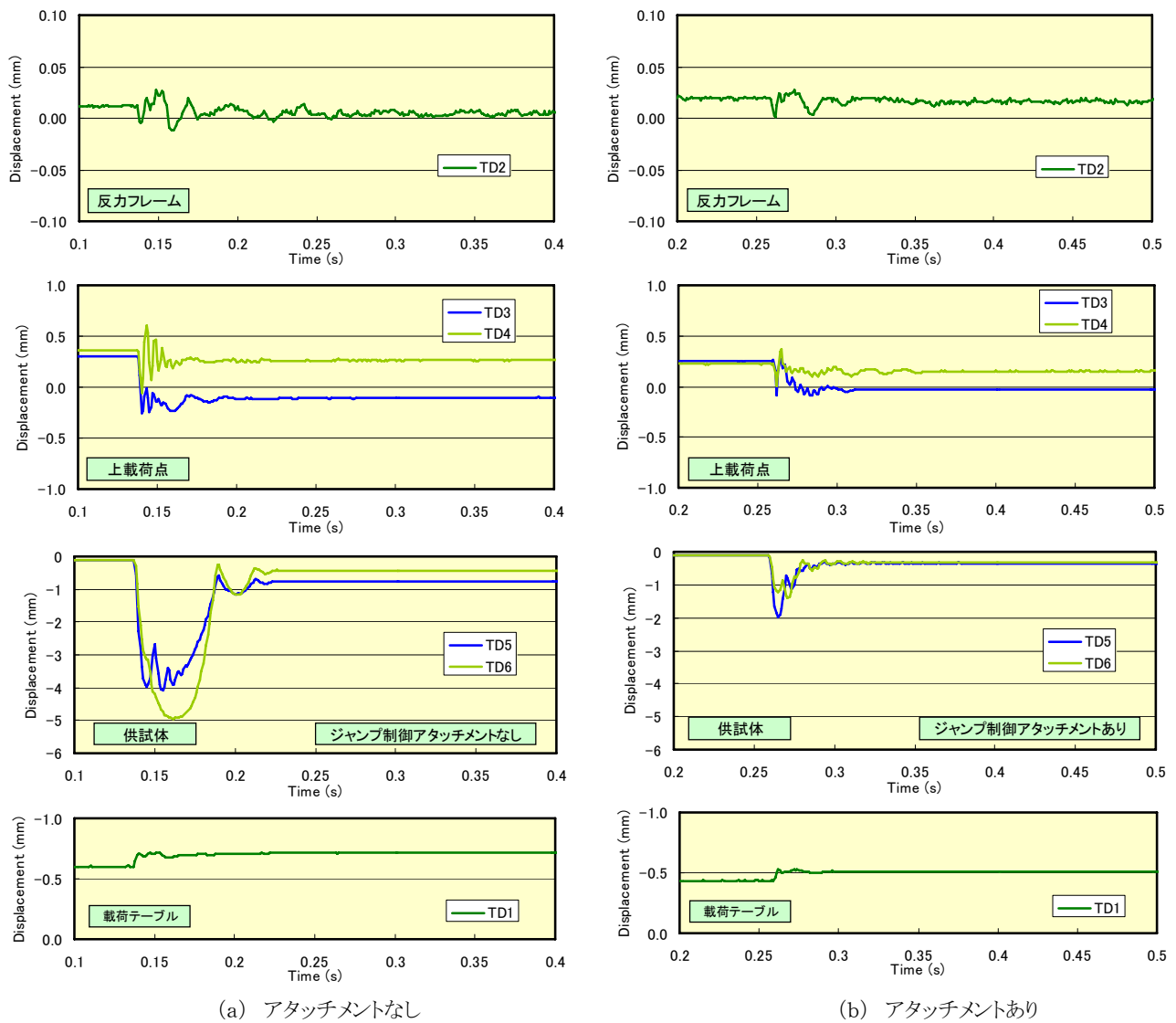


図-8 ジャンプ制御アタッチメントが供試体・試験機の挙動に及ぼす効果(H高強度・繊維量=0.3%)

行った実験結果の中から、供試体に曲げひび割れが発生した瞬間の供試体および試験機の挙動の例を示す。図(a)のアタッチメントを取り付けない場合には、曲げひび割れ発生瞬間に、変位計 TD5, TD6 に大きな変位が記録され、また供試体は振動していることがわかる。これに対して、図(b)のアタッチメントを取り付けた場合には、変位のオーバージャンプは制御され、供試体の振動も短時間で終息していることがわかる。これらの結果により、ジャンプ制御アタッチメントは変位のオーバージャンプをゼロにすることはできないものの、一定の効果を発揮することが確認できた。また、図-8には、曲げひび割れ発生時の上側反力フレーム、上側載荷点、下側載荷テーブルの変位を併せて示した。載荷テーブルは、コンピュータにより0.3mm/minの等速ストローク速度で制御されているものの、荷重開放にはその制御が追従できず、不連続な動きを示している。供試体に曲げひび割れが発生する瞬間の変位ジャンプ量には、このような荷重開放による試験機の変形が含まれている。

3.3 変位ジャンプ量に関する検討

図-9に、ジャンプ制御アタッチメントを用いない場合の供試体の曲げ強度・繊維混入率と変位ジャンプ量の関係を示

す。供試体に曲げひび割れが発生する際に生じる変位ジャンプは、コンクリートの曲げ強度が大きいほど、繊維混入率が小さいほど大きくなる傾向がある。供試体の変位ジャンプ量には、曲げひび割れの発生による供試体の曲げ剛性低下の程度と、解放される荷重の規模が関係している。これらのデータの中で、中強度(M)のうち繊維混入率が0.6%のケース、および低強度の全てのケースでは、荷重の開放と変位の進行が緩やかであったため、変位のオーバージャンプは生じなかった。

図-10にジャンプ制御アタッチメントを用いた場合の結果を示す。データにはややばらつきはあるものの、コンクリートの曲げ強度が大きく、繊維混入率の小さいケースで、変位ジャンプを抑制する効果が認められた。これらのケースは、アタッチメントを用いなければ、過大な変位のオーバージャンプを生じるものである。その他、もともと変位のオーバージャンプが小さいケースでは、ジャンプ制御アタッチメントの効果は明確には認められない。

3.4 曲げタフネス値に関する検討

図-11に、曲げタフネス値の計算における荷重-変位曲線の算入面積の考え方を示す。Type-1は、荷重-変位曲線

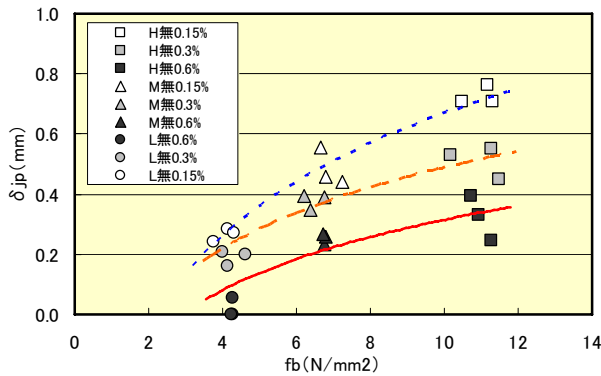


図-9 曲げ強度と変位ジャンプ量(拘束アタッチメントなし)

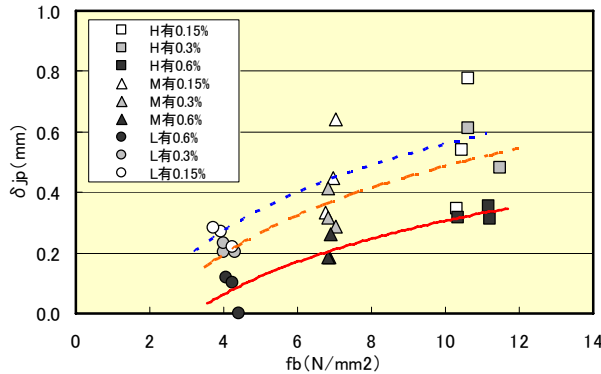


図-10 曲げ強度と変位ジャンプ量(拘束アタッチメントあり)

で囲まれる全ての面積を算入するもので、現在、広く用いられているものであるが、変位ジャンプによる計測の空白に生じる面積 T_{b5} を含むので、条件によっては、曲げタフネス値を著しく過大評価する。参考文献2)では、曲げタフネスを評価するうえで妥当なものとして、Type-3 の算入面積の考え方を推奨している。今回の検討では計測データの実態があるもののみを考慮するとしたため、曲げタフネス値の計算はType-2 により行うこととした。

図-12(アタッチメントなし)と図-13(アタッチメントあり)に曲げタフネス計算値の比較を示す。この図における曲げタフネス値の計算は、変位ジャンプの影響を受けにくい図-11の Type-2 で行っているため、曲げタフネス値に対してジャンプ制御アタッチメントの効果は明瞭には認められない。しかしながら、図-13によるとジャンプ制御アタッチメントを用いることにより繊維混入率の各水準で曲げタフネス値のばらつきは小さくなる傾向がある。ジャンプ制御アタッチメントは、個々の供試体の曲げタフネス値のばらつきを抑制し、データを安定させる効果がある。

4. まとめ

本研究における実験の結果から、以下の知見を得た。

- ① PFRC の曲げタフネス試験で発生する、変位データのジャンプ(計測の空白)は、供試体強度が大きく繊維混入率が小さいほど大きい、すなわち、曲げひび割れ発生時の荷重開放の規模と供試体曲げ剛性低下の影響を受ける。
- ② 1/1000 秒インターバルの計測では、曲げひび割れ発生時に変位のオーバージャンプを生じていることが確認できた。変位のオーバージャンプは、曲げひび割れ発生

後の荷重-変位関係に影響を及ぼし、曲げタフネス試験の結果を不安定なものにしている。

- ③ 変位のオーバージャンプを抑制するジャンプ制御アタッチメントの効果は、供試体強度が高く、繊維混入率が小さいほどに明瞭に表れる。
- ④ ジャンプ制御アタッチメントは、供試体の変位ジャンプを抑制するとともに、曲げタフネス値のばらつきを低減し、試験結果を安定させる効果がある。

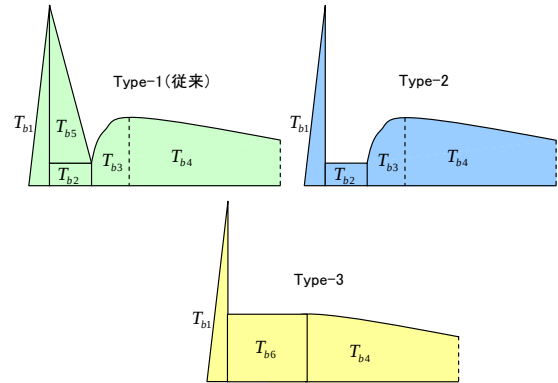


図-11 曲げタフネス評価のための算入面積の考え方

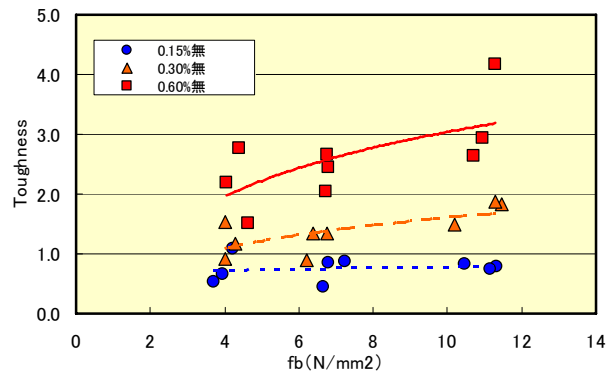


図-12 曲げ強度と曲げタフネス(拘束アタッチメントなし)

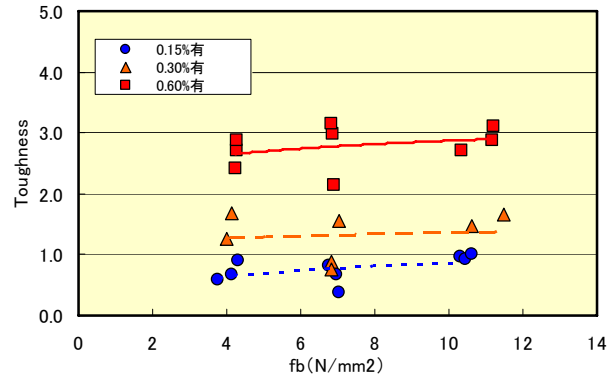


図-13 曲げ強度と曲げタフネス(拘束アタッチメントあり)

参考文献

- 1) 土木学会コンクリート標準示方書〔基準編〕, 鋼繊維補強コンクリートの曲げ強度および曲げタフネス試験法 (JSCE-G 552-1999), pp217~219, 2002
- 2) 中塚祥憲, 中村大, 澤村秀治: プラスチック短繊維補強コンクリートの曲げタフネス計測における変位ジャンプ問題の分析, 平成17年度土木学会北海道支部論文報告集第62号, V-13, 2006