

高じん性コンクリートの開発

－ 高じん性コンクリートのさらなる高性能化に向けて －

Development of Ductile Fiber Reinforced Concrete

－ Examination of Performance Improvement of Ductile Fiber Reinforced Concrete －

谷口 秀明 HIDEAKI TANIGUCHI

樋口 正典 MASANORI HIGUCHI

佐々木 亘 WATARU SASAKI

三上 浩 HIROSHI MIKAMI

筆者らは、高じん性コンクリートのさらなる高性能化に向け、次の3つの試みを実施し、実験によりその効果や実現性を確認した。①はく落防止等を目的とし、少量のビニロン繊維を使用した、自己充てん性を有する高流動コンクリートの製造が可能である。②高じん性コンクリートを供試体の一部に使用した場合にも、短繊維混入率を高めれば、高いじん性を得ることができる。③ビニロン繊維と鋼繊維を複合使用すれば、それぞれの短繊維の特性を活かした力学的特性の高じん性コンクリートが得られる。

キーワード：高じん性コンクリート、ビニロン繊維、鋼繊維、人工軽量骨材、自己充てん性、曲げタフネス

This paper describes the examination results of performance improvement of ductile fiber reinforced concrete (DFRC). As a result, followings were obtained; 1) Self-Compacting Concrete which includes a small amount of PVA fiber for prevention of concrete splinter from coming off can be manufactured. 2) Partially using of a large amount of fiber to DFRC gives high toughness to the specimens. 3) Mixed use of PVA fiber and steel fiber shows the best performance of DFRC utilizing the characteristics of both fibers.

Key Words: Fiber Reinforced Concrete, PVA Fiber, Steel Fiber, Artificial Lightweight Aggregate, Self-Compactability, Flexural Toughness

1. はじめに

短繊維をコンクリートやモルタル中に均一に分散させると、引張強度、曲げ強度、ひび割れに対する抵抗性、じん性、せん断強度、疲労強度、耐衝撃性などのさまざまな性能を改善することができる。最近では、ごく少量の合成繊維を混入して、プラスチック収縮の低減や乾燥収縮ひび割れの防止、はく落の防止、火災時の爆裂防止などの用途にも使用されている。

筆者らは、さまざまなタイプの高じん性コンクリート・モルタルの開発および用途展開を行っている。既報¹⁾では、コンクリート用ビニロン繊維を用いてじん性を付与した普通コンクリートおよび人工軽量骨材コンクリートについて実験結果を報告した。本報では、高じん性

コンクリートの高性能化に向け、次の3点に着目した検討内容について述べる。

- 1) はく落防止等を目的とし、少量のビニロン繊維を使用したコンクリートに対し、施工性と充てん性を向上させるため、自己充てん性（高流動性）を付与する。
- 2) ビニロン繊維を使用した高じん性コンクリートの経済的、合理的な使用方法として、供試体中の一部分に高じん性コンクリートを使用し、通常のコンクリートを打ち重ねることにより、通常のコンクリートに比べてじん性を改善する。
- 3) 短繊維の物理的性質が異なるビニロン繊維と鋼繊維を併用し、それぞれの短繊維の特性を有効的に活用した高じん性コンクリートの開発を行う。

2. はく落防止を目的に短繊維を混入した高流動コンクリートの開発

(1) 目的

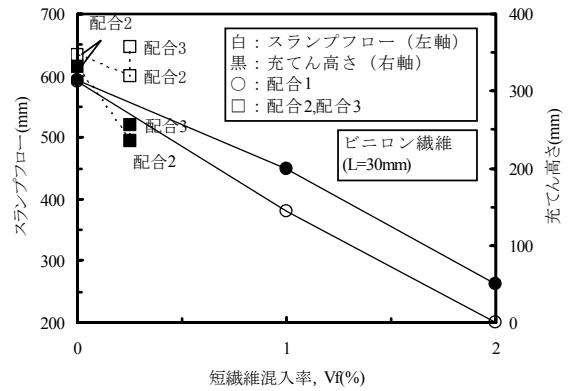
ここでは、はく落の防止等を目的に、少量のビニロン繊維を混入したコンクリートを対象とする。はく落防止を目的とした、少量のビニロン繊維を混入したコンクリートは、すでにさまざまな構造物に適用されているたとえば²⁾。コンクリート補強用ビニロン繊維（径 0.66mm、長さ 30mm）を使用した場合、コンクリート 1m³における容積比率（短繊維混入率）を 0.35%程度とすることで、はく落防止効果が得られている。最近では、これよりも微細な短繊維を使用した場合、短繊維混入率が 0.04~0.1%程度であっても効果があると言われている³⁾。そのような微細な短繊維は、建築分野では火災時の爆裂防止用途にも使用されている。このように、短繊維は、少量であっても、コンクリートの特定の性能を高めることができる。

土木工事では、短繊維を混入したコンクリートは、通常のコンクリートと同程度のスランプにすることが多い。しかし、見かけ上、スランプが通常のコンクリートと同一であっても、短繊維の拘束により、振動・締固めエネルギーを与えた状態でのコンクリートの流動性および充てん性は変化する。このため、振動・締固めは入念に行うことが重要である。しかし、はく落防止を期待する部位は、必ずしも打ち込みやすい形状寸法や配筋であるとは限らない。特に、補修・補強の箇所等では、コンクリートを充てんしにくい場合も多い。このため、狭隘であっても密実にコンクリートが充てんされ、供用後にもはく落を生じないことが要求される。

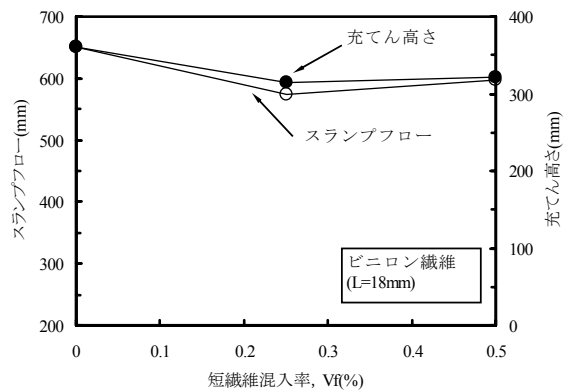
その解決策の一つとして、本章では、はく落防止を目的とし、少量のビニロン繊維を混入した、自己充てん性を有する高流動コンクリートの製造の実現性について検討を行った。検討の対象は、普通粗骨材を使用した普通コンクリートと、人工軽量粗骨材を使用した軽量コンクリート 1種の2種類である。

(2) 普通粗骨材を使用した高流動コンクリート

PC（プレストレストコンクリート）部材への適用を想定し、セメントには早強ポルトランドセメントを使用した。セメント、細骨材（川砂と砕砂の混合砂）および粗骨材（砕石 2005A）の品質は、既報¹⁾と同じである。セメントのみではコンクリートの粘性が高くなるので、石灰石微粉末（比表面積 4,000cm²/g 級）を組み合わせた。高性能 AE 減水剤（ポリカルボン酸系）と AE 剤の使用により、コンクリートの流動性と空気量を調整した。



(a) ビニロン繊維 A を使用した場合



(b) ビニロン繊維 B を使用した場合

図-1 短繊維混入率とスランプフローおよび充てん高さの関係（一例）

短繊維は、コンクリート補強用として一般的なビニロン繊維 A（径 0.66mm、長さ 30mm）と、これよりも若干短く、細いビニロン繊維 B（径 0.20mm、長さ 18mm）を使用した。

フレッシュコンクリートの品質は、高流動コンクリート施工指針⁴⁾に準拠し、スランプフロー（写真-1 参照）、スランプフロー500mm 到達時間、充てん高さ（写真-2 参照）、V₇₅ 漏斗流下時間および空気量を測定した。スランプフローは 600mm 程度、空気量は 4.5±1.0%になるよう、混和剤の使用量を調整した。高流動コンクリートの自己充てん性は、充てん高さが 300mm 以上であることによって判定できる。今回の実験では、U 型充てん試験装置を使用し、装置内には自己充てん性ランク 2（標準的なランク）に相当する鉄筋障害を設けた。

図-1 は、短繊維混入率とスランプフローおよび充てん高さの関係を示している。まず、ビニロン繊維 A を使用した場合について述べる。図-1(a)中の配合 1 は、水粉体比 (W/P) を 30.9%、水セメント比 (W/C) を 34.9%、細骨材率 (s/a) を 54.4%、単位水量 (W) を

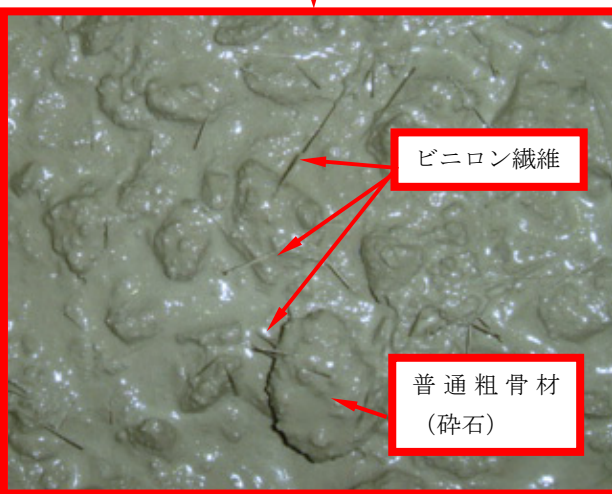
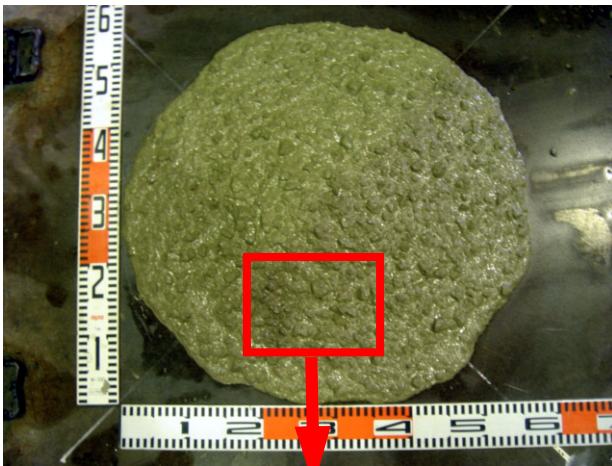


写真-1 ビニロン繊維を混入した高流動コンクリートのスランブフロー試験の状況

178kg/m³としたコンクリートである。ビニロン繊維 A を混入しない場合には、スランブフローは 600mm 程度、充てん高さ 300mm 以上を確保できる。しかし、この配合に対して、ビニロン繊維 A を混入すると、短繊維混入率の増加に伴い、スランブフローおよび充てん高さが急激に低下する。短繊維混入率を 1%、2%まで増加させると、コンクリートの流動性は、スランブフローではなく、通常のコンクリートと同様にスランブで評価するまで低下した。

ビニロン繊維は、少量であってもはく落防止効果が期待できるため、短繊維混入率を 0.25%とした場合のフレッシュ性状を確認した。配合 2 (W/P=32.5%, W/C=40.0%, s/a=54.6%, W=180kg/m³) は、ビニロン繊維を使用しない場合には充てん高さが 300mm 以上となるが、短繊維混入率を 0.25%とした場合にはスランブフローは 600mm 程度を確保できるものの、充てん高さは 300mm に達しなかった。これに対して、セメントと石灰石微粉末の比率調整等を行った配合 3 では、配合 2 に比べてスランブフローは容易に高めることが可能である

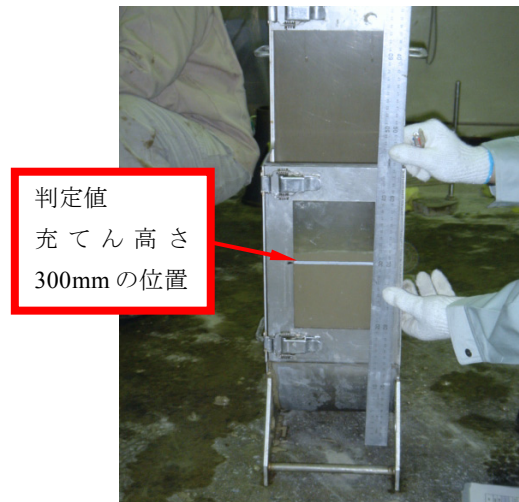


写真-2 ビニロン繊維を混入した高流動コンクリートの自己充てん性評価試験の状況

が、充てん高さに関しては配合 2 と同様に 300mm に達していない。すなわち、ビニロン繊維を混入しても、スランブフローについては高流動コンクリートの標準的な値に調整することは比較的容易であるが、充てん高さを確保するためには鉄筋間（障害となる鉄筋のあきが 35mm および 50mm）の円滑な通過が要求されるため、一層の材料・配合の工夫が必要であると言える。

そこで、使用する短繊維をビニロン繊維 B に変更し、配合の修正を行った。図-1(b)中の短繊維混入率 0%と 0.25%では、W/C=34.9%, W/P=30.9%, s/a=52.4%および W=178kg/m³としたコンクリートに変更した。また、短繊維混入率を 0.50%まで大きくした場合には、細骨材率および単位水量を、それぞれ、s/a =64.6%, W=185kg/m³まで増やすとともに、セメントと石灰石微粉末の混合比率の変更により粘性の調整も行った。これらの配合修正を行えば、短繊維混入率が 0.50%まで所定のスランブフローおよび充てん高さが得られる高流動コンクリートの製造が可能である。

(3) 人工軽量粗骨材を使用した高流動コンクリート

粗骨材を人工軽量粗骨材に変更した場合のビニロン繊維を混入した高流動軽量コンクリートの検討を行った。筆者らは、人工軽量粗骨材を使用した場合には、自己充てん性ランク 1 (最高水準) の高流動コンクリートが比較的容易に得られることを確認している⁵⁾。このため、自己充てん性ランク 2 に目標水準を下げれば、普通粗骨材を使用した場合よりも高流動コンクリートが得やすいと考えられた。

表-1 は、試験練りの結果から得られた配合の一例である。使用した人工軽量粗骨材は、既報^{1),5)}で使用した

表-1 ビニロン繊維を混入した高流動軽量コンクリート（高強度・収縮低減タイプ）の配合と試験結果の一例

W/P (%)	W/B (%)	s/a (%)	Vf (%)	単位量 (kg/m ³)										試験結果		
				W	P		S	G	VF	RS	SP	スランプフロー (mm)	V漏斗流下時間 (秒)	充てん高さ (mm)		
					B	LF										
					C										Ex	
30.2	40.7	45.9	0.5	185	434	20	158	661	495	6.5	12	6.7	705	9.5	358	

W/P: 水粉体比, W/B: 水結合材比, s/a: 細骨材率, Vf: 短繊維混入率, W: 水道水, P: 粉体, B: 結合材, C: 早強ポルトランドセメント, Ex: 膨張材, S: 川砂と砕砂の混合砂, G: 人工軽量粗骨材, VF: ビニロン繊維(L=30mm), RS: 収縮低減剤, SP: 高性能AE減水剤



写真-3 ビニロン繊維を混入した高流動軽量コンクリートのスランプフロー試験の状況

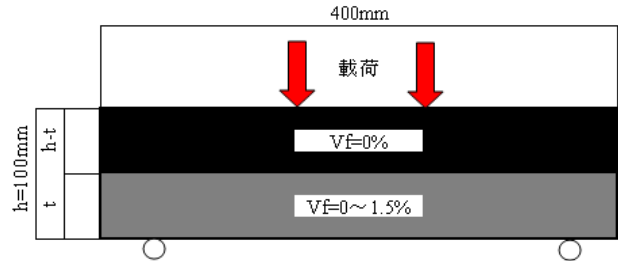


図-2 供試体および載荷方法

一般的な生コン工場で使用される非造粒タイプのものである。表中に示すとおり、ビニロン繊維 A を使用し、短繊維混入率を 0.5%まで増やしても、いずれの試験値も、示方書⁴⁾に示された高流動コンクリートの判定値もしくは標準値を満足している。写真-3 は、スランプフロー試験におけるコンクリートの状態である。なお、表-1 で示したものは、はく落防止、高流動（自己充てん性）、高強度、低収縮性⁶⁾および軽量の性能を総合的に高めた高性能コンクリートである。

3. 高じん性コンクリートと普通コンクリートの打重ね供試体の曲げ特性

(1) 目的

短繊維は、コンクリートの力学的特性、ひび割れ抵抗性、はく落の防止、火災時の爆裂防止などのさまざまな性能を付与することができる。しかし、短繊維は高価な材料であるため、高い性能を得ようとして短繊維混入率を増加させると、これに伴って、コンクリート単価が大幅に増加する。また、それらの性能は、必ずしも部材全体に必要なわけではなく、部材の中心部よりもコ

ンクリート表面に近い部分であったり、圧縮縁よりも引張縁であったりすることが多い。

そこで、本章では、ビニロン繊維を使用した高じん性コンクリートと、これを使用しない普通コンクリートを打ち重ねた曲げ供試体の特性を把握し、より経済的で実構造物に展開しやすい方法を検討することとした。

(2) 実験方法

人工軽量骨材コンクリートは、高強度域では割裂引張強度と圧縮強度の比が小さく（1/15～1/20 程度）⁵⁾、ぜい性的な破壊を示し、圧縮あるいは引張による破壊後には粗骨材自体の破壊も生じる。しかし、せん断耐力なども普通骨材コンクリートに比べてかなり小さくなるが、ビニロン繊維を適切に使用すれば、大幅に改善できることがこれまでの筆者らの研究によって明らかになっている。そこで、この実験では、ビニロン繊維 A を混入した人工軽量骨材コンクリートを実験に使用することとした。人工軽量骨材コンクリートの使用材料および配合は、既報¹⁾と同一であるが、そのなかで、水セメント比が 40%、短繊維混入率が 0～1.5%の範囲のコンクリートを対象とした。

硬化コンクリートの品質は、曲げタフネス試験（JSCE-G552）で得られる曲げひび割れ発生応力、曲げ強度および曲げじん性係数によって評価することとした。図-2 に示すとおり、供試体の下縁側にビニロン繊維 A を含む高じん性コンクリートを使用し、その上に通常のコンクリートを打ち重ねた供試体に対して 3 等分載荷を

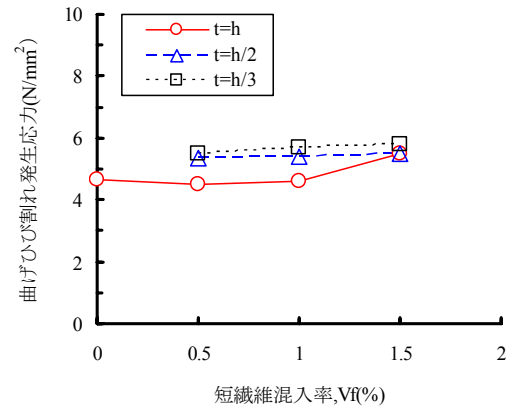
行った。高じん性コンクリートを打ち込んだ下層の厚さ t (以下、「高じん性厚さ t 」と呼ぶ) は、供試体の高さ $h=100\text{mm}$ に対して、 $h/2$ および $h/3$ とした。打重ね時間間隔は 10 分程度とし、一体性を確保するため、打重ね時には下層まで突き棒を入れた。したがって、下層の打込み高さは前述のように定め、打込み時に管理を行ったが、突固めによって上層境界との混じり合いによる短繊維混入率の若干の変化は発生していると考えられる。

(3) 実験結果および考察

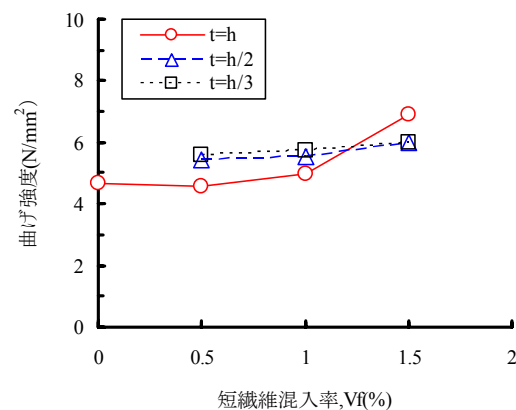
図-3 は、高じん性厚さ t に着目し、短繊維混入率と曲げひび割れ発生応力、曲げ強度および曲げじん性係数の関係を示したものである。曲げひび割れ発生応力および曲げ強度に及ぼす高じん性厚さ t の影響は比較的小さいことがわかる。高じん性厚さ $t=h$ の曲げ強度が、短繊維混入率 1.0% から 1.5% の間に大きくなっているのは、後述のとおり、荷重-たわみ曲線において、曲げひび割れを発生し、荷重が低下した後、たわみの増加とともに再び荷重が大きくなり、最大荷重が曲げひび割れ発生時の荷重を上回ること起因するものである。高じん性厚さ t が $h/2$ および $h/3$ においては、最大荷重が曲げひび割れ発生時の荷重であることを意味する。なお、高じん性厚さ $t=h$ 、すなわち、すべて高じん性コンクリートで供試体を製作した場合の試験値は既報¹⁾のものであり、高じん性厚さ t を $h/2$ および $h/3$ とした試験値と若干の不整合が認められるが、双方の品質を比較するうえで問題になるものではない。

高じん性厚さ $t=h$ の曲げじん性係数は、短繊維混入率の増加に伴い、原点から直線的に増加する。一方、高じん性厚さ t を $h/2$ または $h/3$ とした場合の曲げじん性係数は、短繊維混入率 0.5% では、高じん性厚さ $t=h$ の値とほぼ一致するが、短繊維混入率をさらに増加させると、高じん性厚さ $t=h$ の場合よりも小さな傾きで増加する。しかし、高じん性厚さ t が $h/2$ または $h/3$ の曲げじん性係数は、短繊維混入率が 1.0 および 1.5% においても、高じん性厚さ $t=h$ の試験値に対して 60~85% 程度の値である。したがって、要求される曲げじん性係数と経済性の双方を検討し、適切な高じん性厚さ t を決めればよいと考えられる。

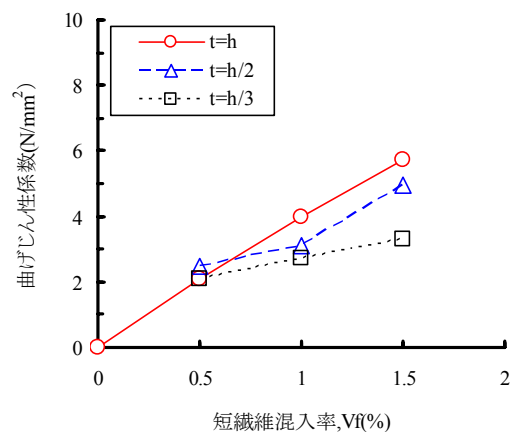
図-4 は、曲げタフネス試験における荷重-たわみ曲線を示したものである。曲げじん性係数は、たわみが 2.0mm までの荷重-たわみ曲線に囲まれる部分の面積から求めたものである。したがって、荷重-たわみ曲線が全く異なっても、その面積が同じであれば、曲げじん性係数も同値になる。ビニロン繊維等の合成繊維を使用したコンクリートでは、短繊維混入率 V_f が小さい



(a) 曲げひび割れ発生応力



(b) 曲げ強度



(c) 曲げじん性係数

図-3 短繊維混入率と曲げタフネス試験で求めた各試験値との関係

場合には最大荷重に達した後、急激にたわみが増加し、荷重が低下する。その後は、曲げ供試体が破壊に至らない状態で、荷重に大きな変化がなく、たわみのみが増加していく。短繊維混入率が大きくなると、最大荷重に達した後の荷重の低下およびたわみの増加が小さく、その

後はたわみの増加に伴って再び荷重が大きくなる傾向を示す。高じん性厚さ t の影響を検討するうえでは、このような荷重-たわみ曲線の相違を考慮する必要があると考えられる。

図-3 に示すとおり、短繊維混入率 $V_f=0.5\%$ では、曲げじん性係数は、高じん性厚さ t に関係なく、ほぼ一定になった。しかし、図-4 に示す荷重-たわみ曲線は、高じん性厚さ t によって大きく異なり、高じん性厚さ t が小さいほど、最大荷重以降のたわみ増分が急激に大きくなり、高じん性厚さ t に応じて低下後の荷重も小さい。短繊維混入率 V_f を 1.0% に増加させると、最大荷重以降の荷重低下とたわみ増加の比率はかなり近くなり、特に高じん性厚さが $t=h/2$ の最大荷重から低下した後の荷重は $t=h$ と大きく異ならない。ただし、高じん性厚さ $t=h$ の場合は、最大荷重から荷重が低下した後、再度荷重の増加が認められるが、高じん性厚さ $t=h/2$ の場合には荷重の増加が見られない。短繊維混入率 V_f を 1.5% まで増加させると、最大荷重から荷重低下を生じた後の荷重の再増加が認められる。

以上の傾向をさらに詳しく検討するため、図-5 に示すように、荷重-たわみ曲線を3区間に分割し、それぞれの区間の面積を求めた。図-6 および図-7 は、各区間の荷重-たわみ曲線で囲まれる部分の面積を算出した結果である。図-6 においては、曲げひび割れ発生時、変曲点および曲げじん性係数を求める 2mm の各たわみと面積をプロットしている。

ビニロン繊維を使用したコンクリートは、ひび割れが発生した時点でビニロン繊維が引張応力を受け持つ。しかし、ビニロン繊維のヤング係数が小さいことと、セメントマトリックスからのビニロン繊維の多少の抜けを生じることによって直ちにビニロン繊維が荷重を負担することができず、その後、ビニロン繊維が伸長しながら耐力を回復して再び荷重が増加する現象を生じる。このような現象は、鋼繊維を用いたコンクリートでは見られず、ビニロン繊維等の有機繊維を用いたコンクリートの特徴である。

高じん性厚さ t を $h/2$ または $h/3$ とした場合には、曲げひび割れ発生時のたわみは $t=h$ および区間 a の面積とほぼ一致する。しかし、曲げひび割れ発生後では、高じん性厚さ t が小さいほど、荷重を負担できず、たわみが急激に増加して、変曲点のたわみおよび区間 b の面積が大きくなる。その後、ビニロン繊維が伸長しながら耐力を回復して再び荷重が増加しようとするが、高じん性厚さ t を $h/2$ または $h/3$ とした場合には、短繊維混入率が 1.0% 以下では再び荷重が増加する現象はほとんど見られず、短繊維混入率を 1.5% とすることで変曲点からの

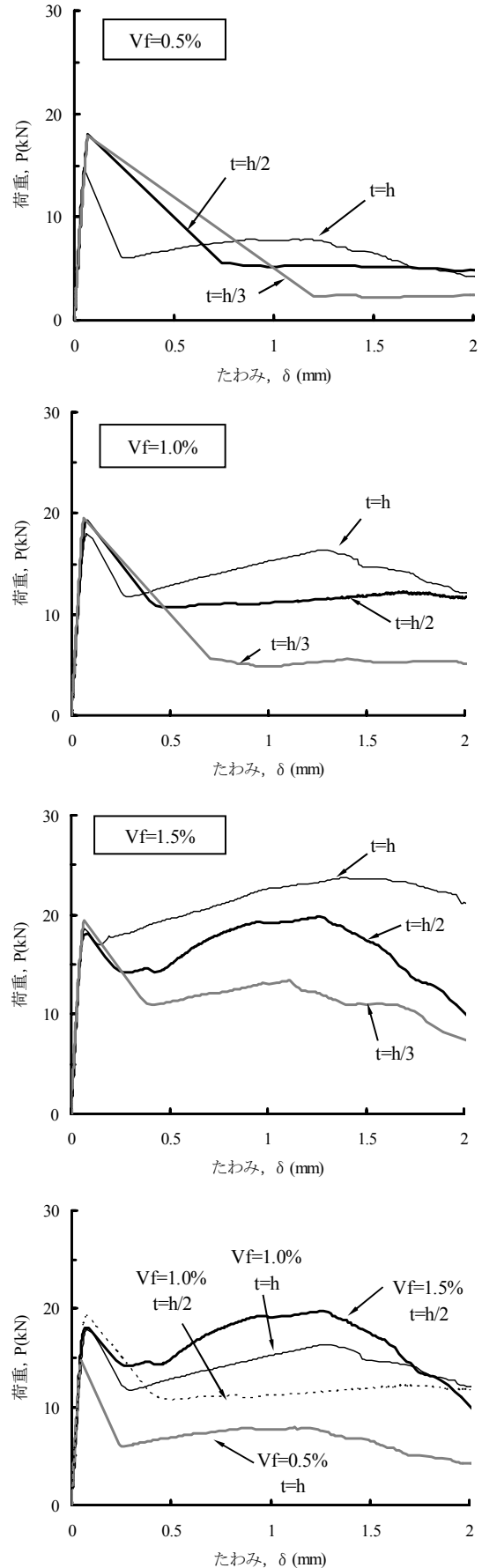


図-4 曲げタフネス試験における荷重-たわみ曲線

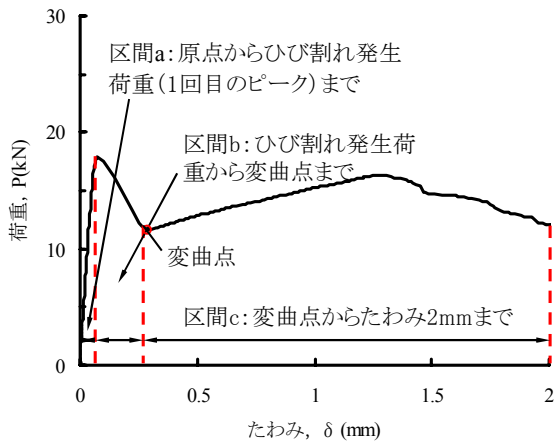


図-5 荷重-たわみ曲線の区間分割

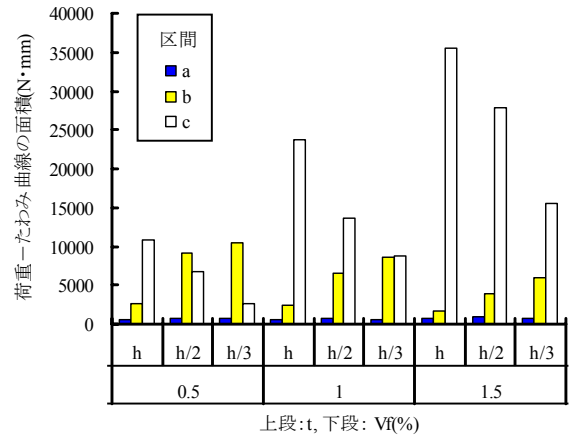


図-7 高じん性厚さ t および短繊維混入率 V_f と荷重-たわみ曲線における各区間の面積の関係

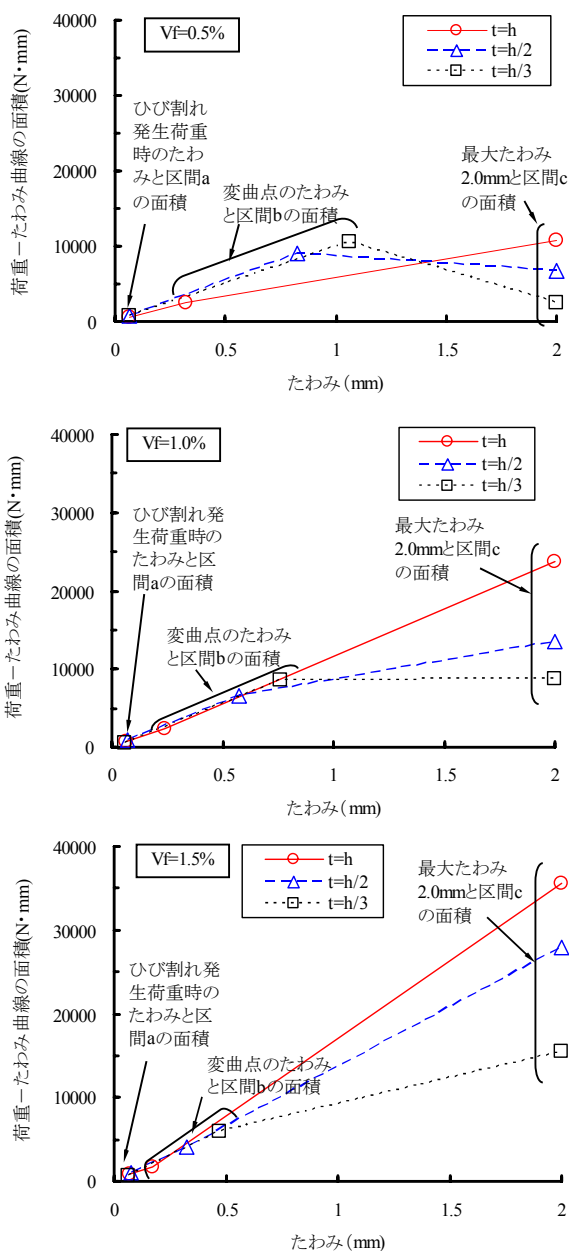


図-6 曲げタフネス試験における荷重-たわみ曲線

荷重増加が顕著になる。このような履歴をたどるため、変曲点から最大たわみ 2mm までの区間 c の面積は、高じん性厚さが小さいほど、明確に減少している。

以上のように、高じん性コンクリートを一部分に使用する場合には、荷重-たわみ曲線における曲げひび割れ発生後の挙動を理解し、高じん性厚さと短繊維混入率を決定する必要があると考えられる。

4. ビニロン繊維と鋼繊維の双方を使用した高じん性コンクリートの特性

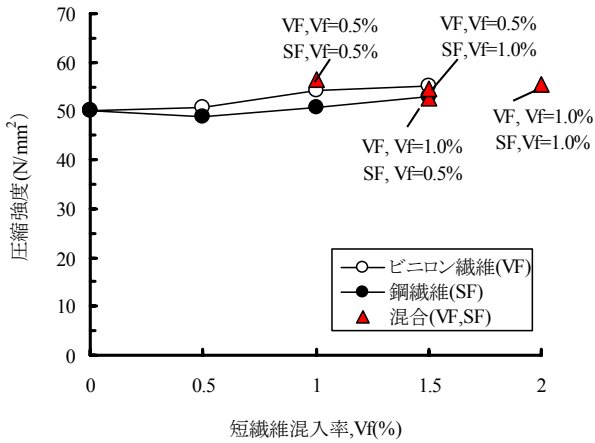
(1) 目的

ビニロン繊維を使用した高じん性コンクリートの荷重-たわみ曲線が、鋼繊維を使用した場合とは大きく異なることは、これまで報告してきたとおりである。しかし、ビニロン繊維を用いた場合には、曲げじん性などの力学特性が改善できる以外にも、繊維の密度が小さく、変形しやすいために施工が容易で、コンクリート表面にさびが浮き出ることもない等の利点がある。また、海外において鋼材需要が急増した場合には、国内の鋼繊維の供給やコストに影響を与えることになる。このため、短繊維の使用にあたっては、それぞれの短繊維を用いたコンクリートの特性をよく理解したうえで、適材適所で使用するとともに、それぞれの特性を活かした使用方法も見いだしておくことが重要である。

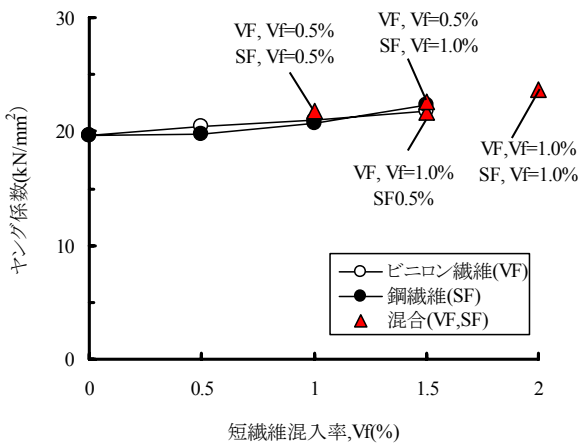
この章では、ビニロン繊維と鋼繊維の双方を使用した高じん性コンクリートの力学的特性を把握し、今後の展開の可能性を検討することとした。

(2) 実験方法

この実験で使用する材料および配合は、鋼繊維を除



(a) 圧縮強度



(b) ヤング係数

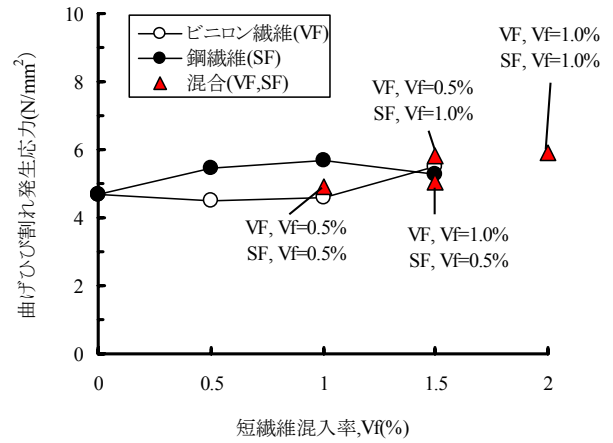
図-8 短繊維混入率と圧縮強度およびヤング係数の関係

けば、4. と同じ早強ポルトランドセメントを使用した水セメント比 $W/C=40\%$ の人工軽量骨材コンクリートを使用した。使用した鋼繊維は、道路橋床版増厚補強コンクリートやトンネル吹付けコンクリート等に使用されるもので、繊維径 0.6mm、繊維長 30mm で、両端にはフックを有する。ビニロン繊維および鋼繊維は、それぞれの短繊維混入率 Vf を 0.5% または 1.0% とした。

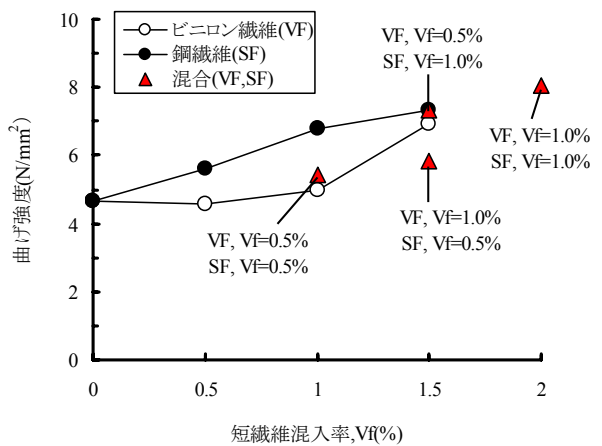
(3) 実験結果および考察

図-8 および図-9 は、短繊維混入率と圧縮強度、ヤング係数、曲げひび割れ発生応力、曲げ強度および曲げじん性係数の関係を表したものである。図-8 に示すとおり、ビニロン繊維、鋼繊維ともに、短繊維混入率と圧縮強度およびヤング係数の関係には相違が認められず、短繊維混入率の増加に伴って両値は微増している。両繊維を組み合わせた場合においても、単独でを使用した場合との違いは見られない。

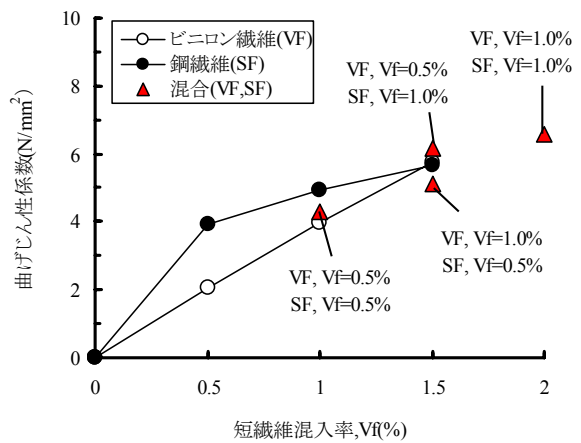
曲げタフネス試験から得られる諸値は、図-9 に示す



(a) 曲げひび割れ発生応力



(b) 曲げ強度



(c) 曲げじん性係数

図-9 短繊維混入率と曲げタフネス試験で得られる各試験値との関係

ように、短繊維の種類によって短繊維混入率の影響度が異なる。すなわち、短繊維混入率が 0.5% および 1.0% では、曲げひび割れ発生応力、曲げ強度および曲げじん性係数は、鋼繊維を使用したほうがビニロン繊維を使用した場合よりも高い値となるが、短繊維混入率を 1.5% ま

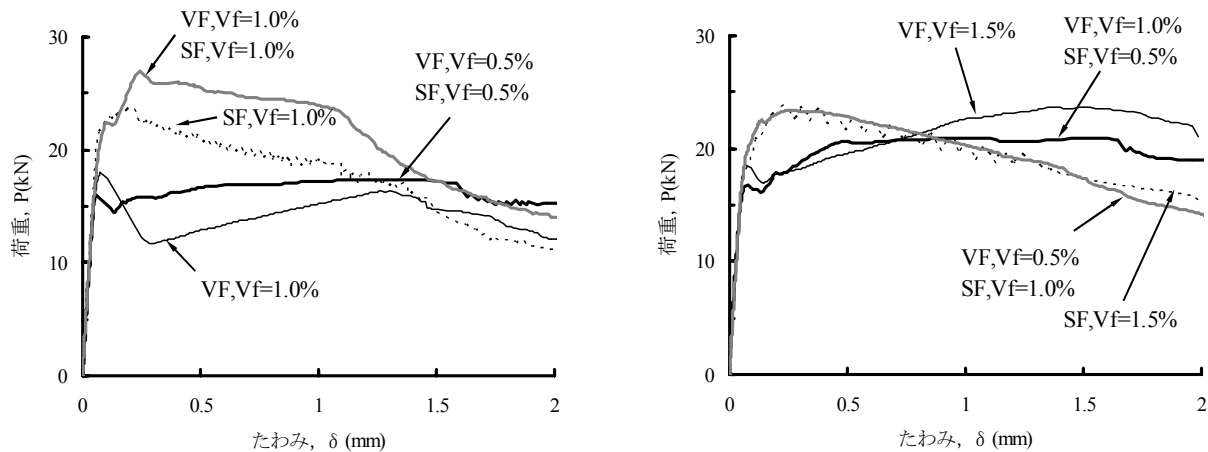


図-10 曲げタフネス試験における荷重-たわみ曲線

で増加させると、ビニロン繊維との違いが認められず、両者はほぼ同等の性能を有している。ビニロン繊維と鋼繊維を組み合わせた場合、それぞれの短繊維混入率によって、単独で使用した場合と異なる結果になることがわかる。双方の短繊維混入率を 0.5%とした場合には、ビニロン繊維を 1.0%使用した場合と同等である。しかし、いずれかの短繊維混入率を 1.0%に増加させた場合、ビニロン繊維よりも鋼繊維を 1.0%に増加させたほうが効果的であり、おおむね、鋼繊維を 1.5%使用した場合の性能と同等以上の結果が得られている。

曲げ強度および曲げじん性係数を評価するうえでは、4. と同様に荷重-たわみ曲線の相違にも着目しておく必要がある。図-10 に示すとおり、鋼繊維を単独で使用したコンクリートの荷重-たわみ曲線は、ビニロン繊維を単独で使用した場合とは異なり、最大荷重（ひび割れ発生荷重）以降の荷重の急激な低下およびたわみの増加や、荷重が低下した後の荷重の再増加を発生しない。双方の短繊維混入率を 0.5%とした場合、曲げ強度や曲げじん性係数がビニロン繊維の短繊維混入率を 1.0%とした場合と同等であると述べたが、荷重-たわみ曲線においては、ひび割れ発生荷重以降の荷重低下およびたわみ増加はかなり小さく、それらの値が見かけ上同じであっても、荷重-たわみ曲線は大きく異なる。

ビニロン繊維と鋼繊維の短繊維混入率を、それぞれ、0.5%、1.0%とした場合の荷重-たわみ曲線は、鋼繊維単独で 1.5%使用した場合とほぼ一致する。しかし、それぞれの短繊維混入率を 1.0%、0.5%とした場合の荷重-たわみ曲線は、たわみが約 0.8mm まではビニロン繊維を単独で 1.5%使用した場合と同等であるが、これよりもたわみが大きくなると、それぞれの短繊維を単独で 1.5%使用した場合のほぼ中間的な推移を示すことがわ

かる。このように、それぞれの短繊維の短繊維混入率の設定により、荷重-たわみ曲線は大きく異なるため、目的に応じて適切な組合せで使用する必要がある。

5. まとめ

高じん性コンクリートの高性能化に向け、諸検討を行った結果、以下のことが明らかになった。

- ① はく落防止等を目的とし、少量のビニロン繊維を使用した高流動（自己充てん）コンクリートの製造の可能性が確認できた。特に、人工軽量骨材コンクリートの自己充てん性は、ビニロン繊維を 0.5%混入しても容易に得られる。
- ② 高じん性コンクリートの部分的な使用に関する検討を行った結果、短繊維混入率を高めれば、部分的な使用であっても高いじん性を得ることができる。ビニロン繊維を使用した高じん性コンクリートにおいて、特に供試体の一部に使用する場合には、荷重-たわみの特性を理解し、ひび割れ発生荷重から抜け出し等により急激に荷重が低下し、たわみが大きくなった変曲点までの区間と、その後の荷重が増加あるいは一定となり、たわみ 2mm までの区間の面積を把握することにより、じん性を適切に評価することができる。
- ③ ビニロン繊維と鋼繊維を複合使用することにより、それぞれの短繊維の特性を活かした力学的特性を有する高じん性コンクリートの製造が可能である。

参考文献

- 1) 谷口秀明, 三上浩, 浅井洋, 樋口正典, 藤田学: 高じん性コンクリートの開発-ビニロン繊維補強コン

クリートの基礎物性ー，三井住友建設技術研究所報告，第6号，pp.73-82, 2008.11

- 2) 青木圭一，小室弥一郎，多田壽，中積健一：第二東名高速道路山切第1号高架橋の設計と施工，橋梁と基礎，pp.2-12, 2005.10
- 3) 細野暁，菅野貴浩，石橋忠良：合成短繊維混入によるコンクリート片の剥落対策，コンクリート工学年次論文集，Vol.25, NO.1, pp.275-280, 2003
- 4) 土木学会：2007年改定コンクリート標準示方書，施工編，2008.3
- 5) 谷口秀明，三上浩，浅井洋，樋口正典，藤田学：人工軽量骨材コンクリートの品質向上に関する研究ー基礎物性および自己充てん性ー，三井住友建設技術研究所報告，第6号，pp.83-90, 2008.11
- 6) 谷口秀明，浅井洋，樋口正典，三上浩，藤田学：低収縮コンクリートの開発と実構造物への適用，三井住友建設技術研究所報告，第6号，pp.65-72, 2008.11