

# 論文 高靱性ポリマーセメントモルタルを用いた下面増厚によるRCはりの曲げ補強効果

水越 睦視\*1・川上 明大\*2・榊原 弘幸\*3・東山 浩士\*4

**要旨:** 高靱性ポリマーセメントモルタル (高靱性PCM) の下面増厚材料としての曲げ補強効果の検討を目的とし, 3種類の高靱性PCMと2種類の下面増厚工法 (吹付け, 流し込み) を適用し増厚部の鉄筋の有無も含めRCはりの載荷試験により補強効果を評価した。いずれの高靱性PCMを用いた下面増厚についても曲げ耐力, ひび割れ分散性が向上した。増厚部のPCMのみによる補強効果は, PCMの引張強度と引張終局ひずみの影響を受け, ひずみ硬化特性を有することが必要条件であること, 増厚部鉄筋補強の曲げ耐力向上への寄与率はPCM補強の4倍であり, 鉄筋の併用はひび割れ分散性の向上にも有用であることが確認された。

**キーワード:** 高靱性, ポリマーセメントモルタル, 吹付け, 下面増厚, 曲げ補強, ひび割れ分散

## 1. はじめに

供用中の橋梁床版の代表的な補修・補強方法として, 下面から劣化損傷した断面をポリマーセメントモルタル (PCM) で修復する断面修復工法, 下面に補強用の鉄筋や炭素繊維メッシュを配置しPCMで増厚補強する下面増厚工法がある (以下, 両工法を併せて下面増厚工法という)。本工法では, PCMを人力で施工する左官工法が主流であったが, 最近では施工速度に優れる吹付け工法が注目されている。また, 吹付け作業が適用できない状況下では型枠を配置しPCMを流し込む工法も採用されている。これら下面増厚材料には, 少量の短繊維を混入した付着性能に優れたPCMが従来から用いられている。一方, 短繊維を多量に混入することにより, 引張応力下で疑似ひずみ硬化特性を示し, 複数の微細ひび割れが分散する高靱性モルタル (HPFRCC) が開発されている<sup>1)</sup>。HPFRCCは一般的なセメント系材料の脆性的な性質を克服しており, 高性能補修材としての利用にも期待が持て, 吹付け用下面増厚材料としての適用性についても幾つかの検討がなされている<sup>2),3)</sup>。しかしながら, HPFRCCの吹付け工法への適用性に関するデータは十分ではなく, 吹付け用の高靱性PCMの種類を要因とし, ひずみ硬化特性を示さない従来型の汎用品PCMとの比較で曲げ補強効果を検討した報告はなされていない。

本研究ではHPFRCCに接着性を高めるために適量のポリマーを混和したモルタル (高靱性PCM) の下面増厚材料としての性能評価を目的とし, 3種類の高靱性PCMと2種類の下面増厚工法 (吹付け, 流し込み) を適用した。各材料・工法の性能は, かぶり部を欠損させたRCはり下面を増厚し一体化したRCはりを曲げ載荷試験に

供し, ひび割れ特性や耐荷力などを一体打ちの無補強はり, 汎用品PCM吹付け工法との比較で検討評価した。

## 2. 実験概要

### 2.1 供試体および載荷方法

実験に使用したRCはり供試体の概要を表-1に, 供試体の形状寸法, 配筋と載荷状況を図-1に示す。供試体寸法は, 断面 $b \times h = 150 \times 200$ (mm), 有効高さ $d = 143.5$ mm, スターラップ間隔 $s = 143$ mm (せん断補強鉄筋比 $p_s = 0.665$ %) とした。主鉄筋にD13(SD295A)を2本, スターラップおよび増厚部補強鉄筋にはD10(SD295A)を使用した。また, 供試体の種類は, 全部で6種類とし, 各種類で2体, 合計12体のはりを作製した。実験要因は下面増厚の有無, 下面増厚材料の種類 (高靱性PCMを3配合, 汎用品PCMは1配合), 下面増厚工法の種類 (吹付け, 流し込み), 下面増厚部の補強鉄筋の有無である。

Nはりは, 設計基準圧縮強度 $f'_{ck} = 30$ N/mm<sup>2</sup>配合のコンクリートを用いた一体打ち供試体である。その他の増厚はりは, かぶり部分が塩害などの損傷を受けた場合を想定し, 事前にかぶり部分を欠損させ, コンクリート打設

表-1 RCはり供試体の概要

No.	供試体の種類	実験要因		
		増厚工法	増厚材料	下面補強鉄筋の有無
1	N (一体はり)	-	-	-
2	PE①-Shot	吹付け	高靱性1	D10@2
3	PE①-Shot-D10		高靱性1	
4	PE②-Shot-D10		高靱性2	
5	PVA①-Shot-D10		汎用品	
6	PVA②-Pour-D10		高靱性3	
		流し込み		

\*1 香川高等専門学校准教授 建設環境工学科 博 (工) (正会員)

\*2 住友大阪セメント (株) セメント・コンクリート研究所関連製品研究グループ

\*3 住友大阪セメント (株) セメント・コンクリート研究所関連製品研究グループリーダー 博 (工) (正会員)

\*4 近畿大学講師 理工学部社会環境工学科 博 (工) (正会員)

後28日以降に、かぶり部分を各種PCMで断面補修したものである。打継ぎは、既存のRC部と増厚部が一体化するように断面を上下反転し、吹付け施工、流し込み施工ともに、打設翌日にワイヤーブラシで目荒した旧コンクリート上面にプライマー処理（アクリル系ポリマーデイスパーションを塗布）した後、各種PCMを増厚した。なお、吹付け施工は湿式（ノズル先端チップ径16mm、コンプレッサ吐出圧力0.7N/mm<sup>2</sup>）で実施した。養生はPCM施工後7日間はドライアウトを防ぐため湿空養生を行い、その後試験に供するまでは気中養生とした。

載荷方法は、図-1に示すせん断スパン有効高さ比(a/d)3.0の曲げ卓越型の4点曲げ載荷とした。測定項目は、スパン中央たわみ、純曲げスパン内のコンクリートひずみおよび鉄筋ひずみ、ひび割れ幅、ひび割れ進展状況、打継ぎ界面のずれ量などである。

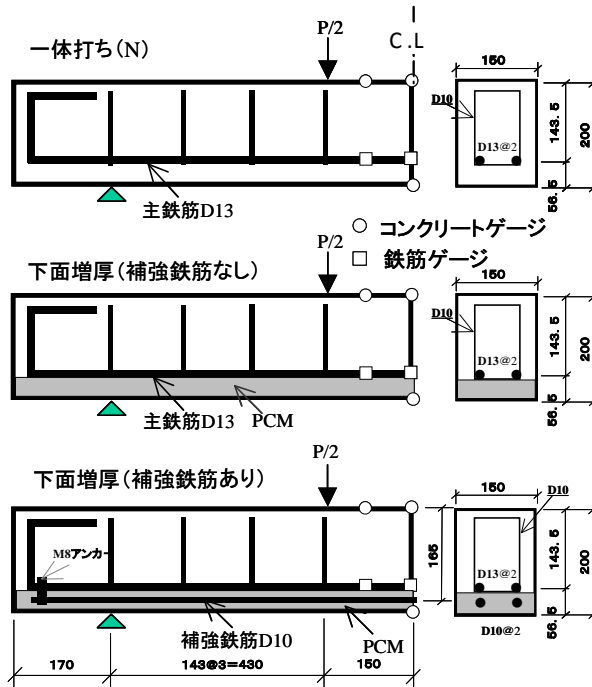


図-1 RCはり供試体の形状寸法と載荷状況

## 2.2 使用材料および配合

本実験では、材料特性と施工方法の異なる4種類のPCMを増厚材料として使用した。RC部に用いたコンクリートの配合とともにPCMの配合を表-2に示す。コンクリートは目標スランプ10cm、目標空気量4.5%のAEコンクリートとした。なお、PCMの結合材にはセメント、フライアッシュ、膨張材などを、混和剤としてポリマー及び減水剤を適量用いた。PCMに混入したポリエチレン繊維 (PE) およびビニロン (PVA) 繊維の諸元と物性を表-3に、RCはり供試体に用いた鉄筋の機械的性質を表-4に示す。

## 2.3 材料特性

RCはり載荷試験時のコンクリートおよびPCMの材料

表-2 コンクリートおよびPCMの配合

配合の種類	W/B (%)	S/B	P/B (%)	Vf (vol.%)	繊維の種類	適用工法
コンクリート	55	-	-	-	-	RC部に打設
PE①-Shot	34.3	0.69	1.7	1.1	PE①	高靱性PCM吹付け
PE②-Shot	30	0.32	1.0	1.5	PE②	高靱性PCM吹付け
PVA①-Shot	32.9	1.03	1.0	0.2	PVA①	汎用品PCM吹付け
PVA②-Pour	48.4	1.07	6.6	2.0	PVA②	高靱性PCM流し込み

表-3 使用した短繊維の諸元と物性

繊維種類	繊維長 (mm)	繊維径 ( $\mu$ m)	密度 ( $g/cm^3$ )	引張強度 ( $N/mm^2$ )	破断伸度 (%)	引張弾性率 ( $kN/mm^2$ )
PE①	9	12	0.97	2600	3.0	88.0
PE②	12	12	0.97	2600	3.0	88.0
PVA①	6	26	1.3	1510	5.5	34.3
PVA②	12	40	1.3	1600	6.0	40.0

注) : PE(ポリエチレン繊維), PVA(ビニロン繊維)

表-4 使用した鉄筋の機械的性質

鉄筋種類	適用箇所	降伏応力 ( $N/mm^2$ )	降伏ひずみ ( $\mu$ )	弾性係数 ( $kN/mm^2$ )
D13	主鉄筋	351	1755	200
D10	せん断補強筋	345	1725	200
D10	増厚部補強筋	353	1765	200

特性を以下に示す。載荷時の材齢はRC部コンクリートで130日以上、増厚部PCMで70日から100日である。

PCMのフレッシュ性状の管理値は、吹付け配合ではPCM用スランプ値 (JIS A 1171) が $45\pm 25$ mm、流し込み配合は、コンクリート用スランプフロー値が練上り時で $600\pm 50$ mmとした。

RCはり載荷試験時のコンクリートおよびPCMの強度特性を表-5に示す。ここで、PCMの引張強度は土木学会HPFRCC指針に示されている一軸直接引張試験により求めた。終局ひずみは引張応力-ひずみ曲線における軟化開始点のひずみである。表より、終局ひずみは高靱性PCM配合では、流し込み配合は1.57%、吹付けのPE①-Shot配合は0.85%と土木学会HPFRCC指針の規定0.5%以上を満足している。しかし、PE①-Shot-D10に用いたPE①-Shot配合は0.42%、PE②-Shot配合は0.39%と規定値より約0.1%小さかった。これは、吹付け配合では、引張試験用供試体の試料を吹付けノズルの筒先より採取したため、流し込み施工時のミキサ排出試料よりも短繊維の混入量のバラツキが大きかったものと考えられる。高靱性配合でないPVA①-Shot配合は、圧縮強度が $74.9N/mm^2$ と最も大きいにも関わらず終局ひずみは0.09%と引張降伏点に達すると同時に破断に至り、引張強度は $2.7N/mm^2$ と小さい。引張強度が最も大きかったのはPE②-Shot配合で $5.0N/mm^2$ であった。PCMの弾性係数はポリマー混和量とPVA混入率の大きい流し込みPVA②-Pour配合で

表-5 RCはり載荷試験時のコンクリートおよびPCMの強度特性

はりの種類	材料の種類	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	引張降伏強度 (N/mm <sup>2</sup> )	引張終局 ひずみ (%)
N	コンクリート	42.7	29.1	3.8	-	-
PE①-Shot	コンクリート	34.3	25.2	2.8	-	-
	高靱性吹付けPCM	57.8	23.1	3.6	2.5	0.85
PE①-Shot-D10	コンクリート	39.1	27.7	3.2	-	-
	高靱性吹付けPCM	60.3	23.6	3.4	3.1	0.42
PE②-Shot-D10	コンクリート	39.1	28.4	2.8	-	-
	高靱性吹付けPCM	76.0	20.3	5.0	4.2	0.39
PVA①-Shot-D10	コンクリート	40.1	29.6	3.3	-	-
	汎用品吹付けPCM	74.9	30.3	2.7	2.7	0.09
PVA②-Pour-D10	コンクリート	36.6	29.0	2.6	-	-
	流し込みPCM	40.3	16.6	3.5	2.7	1.57

は16.6kN/mm<sup>2</sup>と、コンクリートの50%程度の低い値であった。

#### 2.4 曲げ終局耐力の計算方法

下面増厚はりの降伏耐力および曲げ耐力の計算は土木学会HPFRCC指針に示されている方法により行った<sup>1)</sup>。RC断面の引張側に増厚された高靱性PCMの全断面が引張力に抵抗すると仮定し、図-2に示す等価応力ブロックを用いた応力分布モデルより導びかれた式(1)~式(3)により曲げ耐力を算定するものである。増厚部に補強鉄筋を配置した場合は、これに補強鉄筋の引張抵抗を加算する。また、降伏耐力は引張側の増厚部PCMは引張に抵抗するものとし、圧縮部コンクリートの応力は弾性域のRC計算で使用される直線分布を仮定し算出した。計算に使用した設計用値は表-5に示した材料特性値である。なお、既存RC部と増厚部は完全に一体化していることが計算の前提条件である。

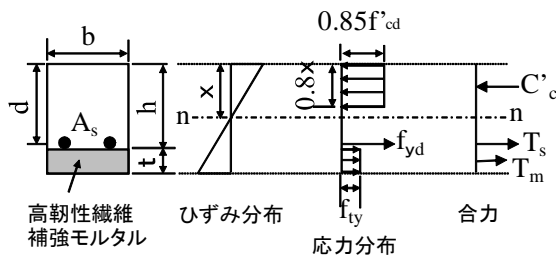


図-2 RC増厚はりの曲げ終局耐力算定モデル

$$p_w = \frac{A_s}{bd} \quad (1)$$

$$x = \frac{p_w d f_{yd} + t f_{ty}}{0.68 f'_{cd}} \quad (2)$$

$$Mu = 0.408 b f'_{cd} x^2 + A_s f_{yd} (d - x) + f_{ty} b t \left( h - x + \frac{t}{2} \right) \quad (3)$$

ここに、 $x$ ：中立軸位置、 $Mu$ ：曲げ耐力、 $f'_{cd}$ ：コンクリートの圧縮強度、 $f_{yd}$ ：主鉄筋の降伏強度、 $b$ ：部材

幅、 $h$ ：部材厚、 $t$ ：補強厚、 $A_s$ ：主鉄筋の断面積、 $d$ ：有効高さ、 $f_{ty}$ ：高靱性PCMの引張降伏強度

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 曲げ耐力の評価

RCはりの載荷試験結果および降伏および終局荷重の計算値を表-6に示す。一体打ちのNはりを除く増厚はりの実験結果と計算結果の比較値(実験値/計算値)を検討すると、曲げ降伏耐力は0.99~1.14の範囲にあり比較的よく一致している。一方、曲げ終局耐力の比較値は1.10~1.26であり、全ての増厚はりで実験値は計算値を上回り安全側に評価できている。一般的なRC部材の設計ではコンクリートの引張抵抗無視の応力分布が用いられるが、普通コンクリートのNはりの比較値は平均1.25であり、増厚部の引張抵抗(高靱性PCMの引張降伏強度相当)を考慮した土木学会HPFRCC指針の応力モデルを用いた下面増厚はりの耐力評価は妥当であるといえる。また、この曲げ耐力算定法は既存RC部と増厚部PCMの一体化が確保されている場合に成立することから、全ての増厚はりで最大荷重到達までは打継ぎ界面の大きなずれは生じなかったものと考えられる。実際、目視の破壊状況の観察から、PVA②-Pour-D10はりでは最大荷重到達直後に打継ぎ界面のずれが生じたが、吹付け施工した全ての供試体で、ずれは認められなかった。

高靱性PCM増厚による曲げ耐力の向上効果を以下の方法で曲げ補強効果比を求め数値化し検討した。各はり供試体において、 $Pe/Pc$ (曲げ耐力の実験値/コンクリートの引張無視の曲げ耐力計算値)を求め、このNはりの $Pe/Pc$ 値に対する各はりの $Pe/Pc$ 値の比((増厚はりの $Pe/Pc$ )/(一体はりの $Pe/Pc$ ))をPCM増厚のみによる補強効果比と考えた。また、Nはりの終局荷重の実験値 $Pe$ [Nはり]に対する各増厚はりの終局荷重の実験値 $Pe$ [増厚はり]の比( $Pe$ [増厚はり]/ $Pe$ [Nはり])をPCM増厚+増厚部補強鉄筋による補強効果を表していると考

表-6 RCはり載荷試験結果と耐力の計算値

はりの種類	曲げひび割れ発生荷重 (KN)	降伏荷重 (KN) モルタル降伏強度を使用			終局荷重 (KN) モルタル降伏強度を使用		
	①実験値	①実験値	②計算値	①/②	①実験値	②計算値	①/②
N-1	13.5	58.0	[52.8]	1.10	69.0	[55.9]	1.23
N-2	14.0	58.0	[52.8]	1.10	71.0	[55.9]	1.27
PE①-Shot-1	12.0	67.5	67.2	1.00	77.0	69.9	1.10
PE①-Shot-2	12.0	68.0	67.2	1.01	77.5	69.9	1.11
PE①-Shot-D10-1	12.0	102.5	103.0	1.00	117.5	105.9	1.11
PE①-Shot-D10-2	10.0	102.5	103.0	1.00	119.0	105.9	1.12
PE②-Shot-D10-1	14.0	108.0	109.0	0.99	132.0	111.5	1.18
PE②-Shot-D10-2	30.0	114.0	109.0	1.05	136.0	111.5	1.22
PVA①-Shot-D10-1	10.0	90.0	[87.4]	1.03	104.5	[88.9]	1.18
PVA①-Shot-D10-2	16.0	90.0	[87.4]	1.03	105.5	[88.9]	1.19
PVA②-Pour-D10-1	28.0	115.0	100.9	1.14	125.0	102.8	1.22
PVA②-Pour-D10-2	20.0	110.5	100.9	1.10	130.0	102.8	1.26

[ ] はコンクリートの引張無視

えた。この考えに基づき終局耐力より算出した曲げ補強効果比を図-3に示す。図中で曲げ効果比が1.0より大きい場合は補強効果があると判断される。ひずみ硬化特性を示さない汎用品PCMを吹き付けたPVA①-Shot-D10では、増厚PCMのみによる曲げ補強効果は認められず、増厚部に補強鉄筋を配置する必要がある。これに対し高靱性PCMを使用した全ての増厚はりで増厚PCMによる曲げ補強効果が認められた。また、増厚部の配合が同じで増厚部補強鉄筋の有無のみが違うPE①-ShotとPE①-Shot-D10を比較すると、曲げ補強効果比は前者が1.12、後者で1.06と増厚PCMのみによる補強効果に差が生じている。これは、表-5に示したように、PCMの引張強度にほとんど差はなかったが、引張終局ひずみは前者が0.85%であったのに対し後者では0.42%と半分になっており、PCMのバッチ間のばらつきの影響によるものと考えられる。PCMの引張強度がPE①-Shot配合と同等で引張終局ひずみが1.57%と大きかった流し込み施工により増厚したPVA②-Pour-D10でも曲げ補強効果比は1.16と大きかった。したがって、PCMの引張強度が同程度であれば、引張終局ひずみが大きいほど、増厚によるPCMの曲げ補強効果が大きいといえる。しかしながら、引張終局ひずみが0.39と高靱性PCM配合の中で最も小さかったPE②-Shot-D10の曲げ補強効果比は1.21と最も大きかった。これは、引張強度が $5.0\text{N/mm}^2$ とPE①-Shot配合に比べ $1.5\text{N/mm}^2$ 大きく、より大きな引張力を分担したためであると考えられる。一方、増厚PCMの補強効果と鉄筋による補強効果を比べると、水田らの報告と同様、増厚部を鉄筋補強すると曲げ補強効果比が著しく大きくなっている<sup>2)</sup>。補強鉄筋比によっても異なるが、本実験での補強効果割合を概算すると、増厚PCMの効果に対して鉄筋補

強による効果は約4倍あり、補強鉄筋とPCM増厚を併用した場合、補強効果への寄与率は、鉄筋の方が相当に大きいといえる。

以上より、本実験の範囲では、下面増厚部PCMの曲げ補強効果には、ひずみ硬化特性を示す高靱性PCMの引張強度と引張終局ひずみの両方が影響し、引張強度が同等の場合、終局ひずみが大きいほど補強効果は大きくなることがわかった。しかしながら、今回の検討では、引張終局ひずみと引張強度のうちどちらが曲げ補強効果に大きく寄与するかまでは明確にできなかった。今後、補強効果を得るための引張強度と引張終局ひずみの関係をさらに明らかにしていく必要がある。

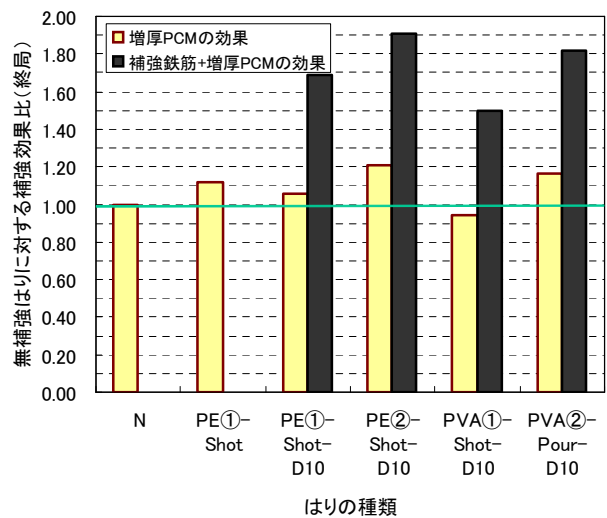


図-3 終局耐力より算出した曲げ補強効果比

### 3.2 変形状

各種類で2体のRCはりの載荷試験を実施したが、2体

間の試験値や曲げ挙動に大きな差異は認められなかった。そこで、代表的な荷重-スパン中央たわみの関係を図-4に示す。PVA②-Pour-D10-2以外の増厚はりでは、増厚部PCMに既存RC部のコンクリートとの乾燥収縮量の違いから外部拘束による収縮ひび割れが載荷前に発生していた。しかし、同じ増厚部に補強鉄筋を有するPE①-Shot-D10, PE②-Shot-D10, PVA①-Shot-D10の初期剛性は、収縮ひび割れのないPVA②-Pour-D10-2とほぼ同じであった。また、増厚部補強鉄筋なしのPE①-Shot-1は同一配筋のN-1と初期剛性は同等であった。これらより、下面引張部の収縮ひび割れの有無および材料特性の違いが初期剛性に与える影響はほとんどないといえる。むしろ増厚部鉄筋の有無が初期剛性に与える影響の方が大きい。なお、今回の収縮ひび割れは0.05mm以下と微細であり耐久性には大きな悪影響を及ぼさないとと思われるが、今後、配合、施工方法を工夫し対策を講じたい。

引張側コンクリートの抵抗が期待できないN-1, PVA①-Shot-D10では一般的に認められる曲げ降伏以後の鉄筋によるひずみ硬化現象がみられた。一方、増厚PCMの引張抵抗が見込める他の高靱性PCM増厚はりでは、PCMも引張力に抵抗するため降伏耐力および終局耐力が向上し、最大荷重に達した後しばらくは荷重は維持されたが、N-1, PVA①-Shot-D10よりも最大荷重以降の荷重低下が著しい。この顕著な荷重低下は、増厚部PCMが引張終局ひずみに達したことよりある1本のひび割れが集中的に拡大し、引張力の分担が全て鉄筋に移行したためである。特に、PVA②-Pour-D10-2では終局時に打継ぎ界面のずれを伴う曲げ破壊が生じたため荷重低下が大きくなったものと考えられる。また、増厚部にD10の鉄筋を2本配置した増厚はりでは、増厚部鉄筋補強なしの場合よりも圧縮部コンクリートの圧壊が早い時期に生じ変形性能が小さくなった。今後、増厚部の鉄筋補強量についても検討する必要がある。

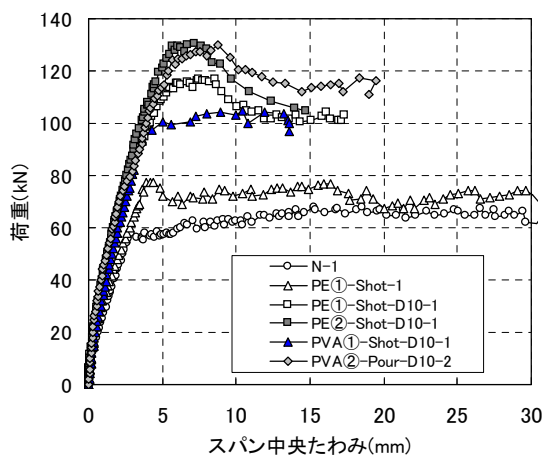


図-4 荷重-スパン中央たわみの関係

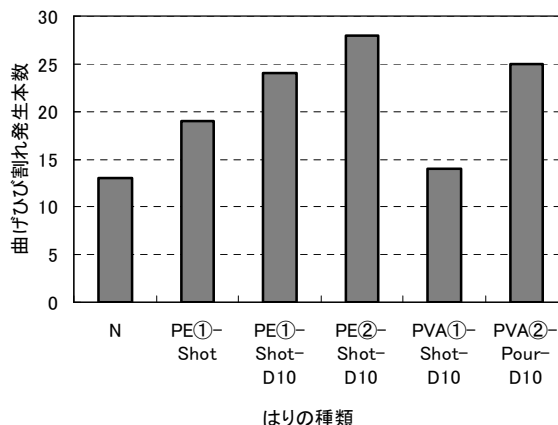


図-5 供試体種類毎の曲げひび割れ発生本数

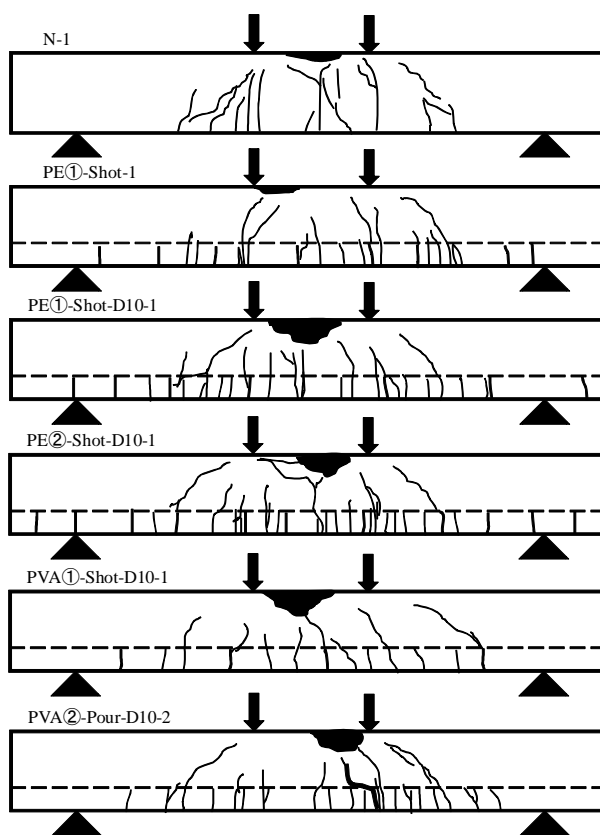


図-6 ひび割れ・破壊状況

### 3.3 ひび割れおよび破壊性状

支点間に発生した曲げひび割れの発生本数を図-5に示す。本数には乾燥収縮ひび割れも含まれている。また、ひび割れと破壊の状況を図-6に示す。図中の中太線のひび割れは乾燥収縮ひび割れである。破壊形式は全てのはりにおいて、設計通り曲げ引張破壊となり破壊時に引張鉄筋は全て降伏していた。流し込み施工のPVA②-Pour-D10の2体だけは、曲げ破壊時に打継ぎ部のずれを伴った。流し込み施工は、吹付け施工に比べ接着圧力が弱いことが一つの原因であると考えられる。また、曲げひび割れの本数は、高靱性PCMではPE②-Shot配合が最

も多く、次にPVA②-Pour配合、PE①-Shot配合であり、一体打ちのN、汎用品PCM吹付けに比べてひび割れ分散性は明らかに向上した。主鉄筋位置のひび割れ幅は、Nはりの曲げ降伏荷重である58kNで最大0.4mmであったのに対し、高靱性PCM増厚はりでは全て0.1mm以下であり、ひび割れ幅の抑制効果に優れていることがわかった。しかしながら、引張終局ひずみが最も小さかったPE②-Shot-D10が最もひび割れ分散性に優れており、PCMの引張靱性との相関は認められなかった。また、PE①-ShotとPE①-Shot-D10を比較すると、後者の方がひび割れ分散性に優れている。これは増厚部に鉄筋を配置することにより、応力の再分配が進み、ひび割れが鉄筋補強なしの場合に比べ分散したためであると思われる。

### 3.4 打継ぎ面のずれ

鉄筋を配置した増厚はり供試体の降伏時および終局時のひずみ分布の代表例を図-7に示す。降伏時のひずみ分布はほぼ直線関係を示していることから、部材が降伏するまでは既存RC部と増厚部の一体化が確保されていると考えられる。一方、終局時のひずみ分布は比較用の一体打ちNはりでも直線関係が得られていないため、引張主鉄筋のひずみゲージに問題が生じたとも考えられる。しかし、目視でも打継ぎ目のずれが確認できたPVA②-Pour-D10-2では降伏時から終局時にかけて増厚部補強鉄筋のひずみが全く伸びておらず既存部と増厚部の一体性が失われたことがわかる。スポット的に貼付したクリップゲージにより測定したずれ量も0.25mmを示していた。なお、吹付け増厚したRCはりでは、目視では打継ぎ界面のずれは確認できなかったが、ひずみ分布からは最大荷重近傍でずれが生じている可能性も考えられる。しかし、クリップゲージの値はスポット測定ではあるが、概ね0.03mm以下であり、破壊直前まで一体性はほぼ完全に確保されていたものと思われる。今後、既

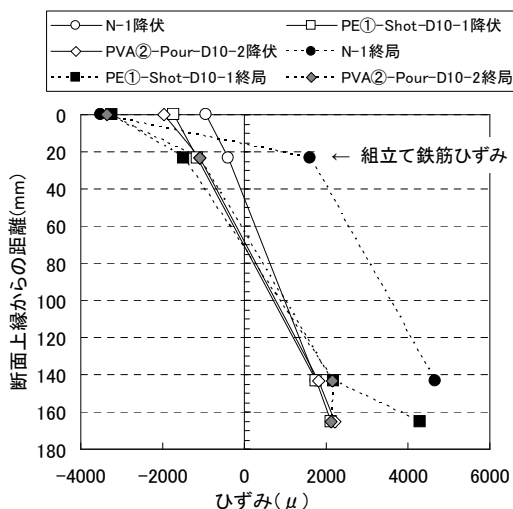


図-7 代表的なはり断面のひずみ分布

設コンクリートとPCM界面の付着強度と一体化の関係を検討し明確にする予定である。

## 4. まとめ

高靱性PCM下面増厚によるRCはりの曲げ補強効果を実験的に検討した結果、本実験の範囲内で以下の知見が得られた。

- (1) 下面増厚したRC部材の曲げ終局耐力は、引張側に増厚されたPCMの全断面が引張力に抵抗すると仮定する土木学会HPFRCC指針の算定方法により、安全側に評価される。
- (2) 増厚部の高靱性PCMのみによるRC部材の曲げ耐力向上効果は、ひずみ硬化特性を有する高靱性PCMの引張強度が同等であれば、引張終局ひずみが大きい方が補強効果は大きくなる。
- (3) 本実験の鉄筋量では、増厚部鉄筋補強の曲げ耐力向上への寄与率はPCMのみの増厚補強の4倍であり、鉄筋の併用はひび割れ分散性の向上にも有用である。しかし、ひび割れ分散性と高靱性PCMの引張靱性との相関は明確ではなかった。
- (4) 下面増厚部の高靱性PCMの種類がRC部材の初期剛性に与える影響はほとんどなく、むしろ増厚部の補強鉄筋量の影響が大きい。
- (5) 高靱性PCM増厚はりでは、降伏耐力および終局耐力が向上し最大荷重に達した後しばらくは荷重が維持されるが、その後の荷重の低下は一般的なRC部材よりも大きい。これは増厚部PCMが引張終局ひずみに達したことよりある1本のひび割れが集中的に拡大し、引張力の分担が全て鉄筋に移行したためである。
- (6) 本実験の打継ぎ処理では、吹付け増厚したRCはりでは打継ぎ面に適当なプライマー処理を施すことにより既存部と増厚部の一体性を確保できた。一方、流し込み施工では、最大荷重近傍で打継ぎ界面にずれが生じる可能性が吹付け工法よりも高い。

## 参考文献

- 1) 土木学会：複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料設計・施工指針(案)、コンクリートライブラリー127, 2007.3
- 2) 水田武利, 稲熊唯史, 林承燦, 六郷恵哲：HPFRCCにより下面増厚したRC部材の曲げ性状に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.30, No.1, pp.291-296, 2008.7
- 3) 磯雅人：梁下面を高靱性セメント複合材料により補修した梁部材の構造性能, コンクリート工学年次論文集, Vol.27, No.2, pp.1345-1350, 2005.6