土木学会論文集 No. 538／V-31, 15-26, 1996.5

ポリマーセメントモルタルを打継ぎ材に用いた新旧コンクリートの打継ぎ強度特性

森脇貴志[1]・辻 幸和[2]・橋本親典[3]・中島貴弘[4]

[1]正会員 工博 日本化成株式会社 中央研究所（〒355 埼玉県比企郡滑川町大字都25-11）
[2]正会員 工博 群馬大学教授 工学部建設工学科（〒376 群馬県桐生市天神町一丁目5-1）
[3]正会員 工博 群馬大学助教授 工学部建設工学科（〒376 群馬県桐生市天神町一丁目5-1）
[4]正会員 工修 株式会社間組 北陸支店 富山営業所（〒930 富山県富山市栄町2-1-2）

従来，新旧コンクリートの打継ぎ材としては，モルタルや湿潤面用エポキシ樹脂などが用いられてきた．本研究では，打継ぎ材としてポリマーセメントモルタルに着目し，実施工を想定した種々の条件下で作製した鉛直打継目あるいは水平打継目を有するコンクリートの角柱供試体について曲げ強度試験を行い，打継ぎ材としてのポリマーセメントモルタルの性能について検討するものである．ポリマーセメントモルタルの塗布から新コンクリートを打ち込むまでの時間であるオープンタイム，塗布厚さ，旧コンクリートの材齢，新コンクリートの材齢，打継ぎ面の処理方法および養生方法等を要因にとり，これらの要因が打継ぎ強度と破断状況に及ぼす影響を実験的に検討している．

Key Words : *polymer-modified mortar, vertical construction joint, horizontal construction joint, strength of construction joint, ratio of flexural strength*

1．はじめに

コンクリート構造物を造る際に，コンクリートを連続して打ち込むことが理想であるが，大規模な構造物になるほど，構造上および施工上の理由から一定の単位に分割してコンクリートを打ち込むため，新旧コンクリートの打継目が必然的に存在することになる．また，防潮堤等のかさ上げ工事，道路橋の拡幅工事，増厚工法によるＲＣ床版の補強工事などの既設構造物の増設あるいは補強を行う場合には，当然ながら新旧コンクリートの鉛直打継目あるいは水平打継目が存在することとなる．これらの打継目は入念に施工しないと，打継目の強度や水密性が低下し，構造物の耐力および耐久性が失われるおそれがある．

これまで，打継目の施工に際しては，セメントペースト，モルタルあるいは湿潤面用エポキシ樹脂を旧コンクリートの打継ぎ面に塗布して直ちに新コンクリートを打ち込む方法が採られてきた．これらの打継ぎ材を用いる場合，打継ぎ材を塗布後，新コンクリートを打ち込むまでの時間（以下，オープンタイムと称する）に制約があり，打継ぎ面に多数の鉄筋が配置されている場合等は，打継目の施工は非常に困難となる．このような事情から，オープンタイムが十分長くとれ，かつ新旧コンクリートの一体化が確保できる高品質な打継ぎ材の開発が望まれてきた．打継ぎ材にセメントペースト，モルタルやエポキシ樹脂系接着剤を用いた研究は，これまでいくつか報告されている[1)~3)]．しかしながら，ポリマーセメントモルタルを用いた研究はほとんど報告されていない．

本研究は，これまでに報告してきた結果[4)~7)]に，旧コンクリートの材齢，打継ぎ面の処理方法および養生方法の差異が打継ぎ強度に及ぼす影響について得られた知見を加え，とりまとめたものであって，コンクリートの打継目に関しての基本的な性質や強度について把握するため，数種類の打継ぎ材を使用したコンクリートの角柱供試体を作製し，曲げ強度試験を実施することにより打継目の強度特性等を評価するとともに，ポリマーセメントモルタルを使用して，種々の条件下で作製した鉛直打継目あるいは水平打継目を有するコンクリートの角柱供試体の曲げ強度試験から，ポリマーセメントモルタルを用いた新旧コンクリート打継目の打継ぎ強度の特性について検討するものである．

2．実験概要

表-1 コンクリートの配合

配合名	粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量(kg/m³) 水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤 (ℓ/m³)
250A	20	8	4.0	65	46.4	164	253	866	1006	0.64
250B	20	8	4.0	65	44.4	156	241	832	1069	0.61
250C	20	8	4.0	65	46.3	169	260	833	1005	0.64
400A	20	8	4.0	45	40.4	160	356	720	1081	1.20

表-2 ポリマーセメントモルタルの配合および物性

配合名	粉体:混和液*:水 (質量比)	フロー値	水結合材比 (%)	材齢28日曲げ強さ (kgf/cm²)	材齢28日圧縮強さ (kgf/cm²)	材齢28日ヤング係数 (X10⁵kgf/cm²)
配合A	1:0.08:0.2	227	45.5	42	216	1.14
配合B	1:0.12:0.11	187	26.9	62	367	1.28
配合C	1:0.10:0.125	171	27.9	71	399	1.86

注） *エチレン酢酸ビニルエマルション

本研究では，次の５つのシリーズについて実験し，新旧コンクリートの打継ぎ強度特性の検討を行った．

実験Ａ：ポリマーセメントモルタルの塗布から新コンクリートを打ち込むまでの時間であるオープンタイムの影響

実験Ｂ：ポリマーセメントモルタルの塗布厚さの影響

実験Ｃ：旧コンクリートの材齢の影響

実験Ｄ：旧コンクリートの材齢および打継ぎ面の処理方法の影響

実験Ｅ：新コンクリートの材齢，打継ぎ材の種類および養生方法の影響

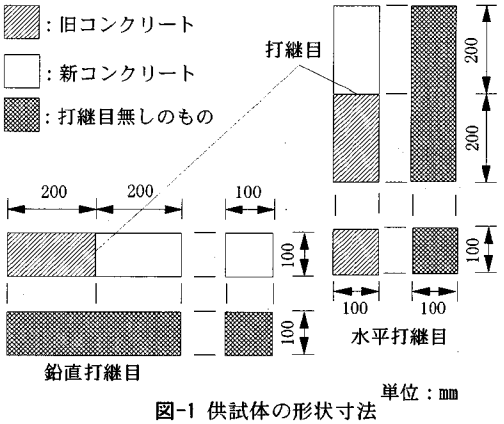

図-1 供試体の形状寸法

(1)使用材料

a)コンクリート

セメントは普通ポルトランドセメントを，骨材は渡良瀬川産の川砂利（最大寸法：20mm，粗粒率：7.12，比重：2.62，吸水率：1.65%）および川砂（粗粒率：2.65，比重：2.59，吸水率：2.77%）を用いた．また混和剤は，ＡＥ減水剤を用いた．コンクリートは，配合強度が250kgf/cm²および400kgf/cm²の２種類を用いた．各実験に用いたコンクリートの配合を**表-1**に示す．

b)打継ぎ用材料

ポリマーセメントモルタルとしては，**表-2**に示す３種類のエチレン酢酸ビニル（ＥＶＡ）混入ポリマーセメントモルタルを使用した．粉体には，普通ポルトランドセメントおよび天然けい砂（愛知県藤岡産，最大粒径；1.2mm，比重；2.62）を主成分とし，それらの質量比を１：（０．７～１）で混合するとともに，吹付け施工が可能なことおよび打継ぎ材の圧縮強さが200kgf/cm²～400kgf/cm²程度となることのために，メチルセルロース系の増粘剤およびメラミン系の減水剤を配合したものを用いた．

エポキシ樹脂には，主成分がエポキシ樹脂および変性芳香族アミンからなる市販の新旧コンクリートの打継ぎ用エポキシ樹脂を用いた．

(2)打継ぎ材の調製

ポリマーセメントモルタルについてはJIS A 1171（試験室におけるポリマーセメントモルタルの作り方）に準じて，調製した．エポキシ樹脂は主剤：硬化剤＝２：１（質量比）とし，色調が均一になるまで混合した．

(3)供試体の作製

供試体の形状寸法は，**図-1**に示す寸法が10×10×40cmとし，JIS A 1132（コンクリートの強度試験用供試体の作り方）に準じて作製した．打継目は，曲げスパン中央に設置した．打込み表面に対して打継目が鉛直にくるように作製したものを鉛直打継目，打込み表面に対して打継目が水平にくるように作製したものを水平打継目とし，予め寸法が10×10×20cmの角柱を旧コンクリートとして作製した．

旧コンクリートの打込み後，所定の時期にワイヤーブラシを用いて打継ぎ面を約２mm削って，レイタンス等を除去した．この処理は，実験Ｄにおいて打継ぎ面の処理方法を変化させた場合を除き，コンクリートの品質によって変え，配合強度が250kgf/cm²の場合，旧コンクリートの打込み後48時間において，また，配合強度が400kgf/cm²の場合，旧コンクリー

表-3 各シリーズにおける打継目の処理方法

シリーズ	打継ぎ材の種類	塗布厚さ (mm)	オープンタイム	コンクリートの配合
実験A	ポリマーセメントモルタル配合A	2	0，1時間，2時間，3日，7日，14日	250A
	エポキシ樹脂		0，10分，20分	
	ポリマーセメントモルタル配合A，配合B，配合C	2	0，3日，14日	400A
実験B	ポリマーセメントモルタル配合B，配合C	2	0，3日	400A
		5		
		10		
実験C	ポリマーセメントモルタル配合B	2	3日，14日	250B
実験D	ポリマーセメントモルタル配合B，配合C	2	14日	250C
実験E	ポリマーセメントモルタル配合B	2	3日，14日	250B
	エポキシ樹脂		0	
	無処理*	−	−	

注）＊無処理；打継ぎ材を塗布しないで新コンクリートを打ち継いだ

トの打込み後24時間において，それぞれ処理するものとした．

先ず実験Aでは，施工上重要な問題となるオープンタイムが打継ぎ強度に及ぼす影響と角柱供試体での強度特性をみるために旧コンクリートの材齢を標準的な28日とし，またエポキシ樹脂を使用することから旧コンクリートの打継ぎ面が比較的乾燥状態であることを想定し，旧コンクリートの材齢が21日となるまで湿布養生を行った後，材齢28日まで実験室内にて気中養生を行った．実験Bでは打継ぎ強度に及ぼす打継ぎ材の塗布厚さの影響を把握するために、旧コンクリートの材齢を実際の施工に比べて少し遅い14日となるまで，また実験Eでは，新コンクリートの材齢が打継ぎ強度に及ぼす影響を把握するために無処理でも比較的一体化が期待できるような旧コンクリートの材齢が7日となるまで，それぞれ湿布養生を行った．

実験Cでは旧コンクリートの材齢を3日，7日，14日，28日，84日および168日と変化させ，いずれの場合においても，材齢28日までは湿布養生とし，それ以降所定の材齢まで実験室内にて気中養生を行った．旧コンクリートが所定の材齢に達した後，打継ぎ面の埃等を水洗いにより除去し，打継ぎ材を塗布した．また，実験Dでは旧コンクリートの材齢を28日，84日および365日と変化させ，所定の材齢に達した時点でワイヤーブラシ掛けあるいはチッピングにより打継ぎ面を処理し，水洗いを行った後打継ぎ材を塗布した．なお，旧コンクリートの養生は材齢28日までは湿布養生とし，その後所定の材齢まで実験室内にて気中養生を行った．

打継ぎ材を塗布してから新コンクリートを打ち込むまでの期間のオープンタイムの期間には湿布養生を行い，その後，新コンクリートを打ち継いだ．次に，実験Eにおいて新コンクリートの材齢を変化させた場合を除き，新コンクリートの材齢が21日に達するまで湿布養生を行い，その後，材齢28日まで実験室内にて気中養生を行った．実験Eでは，新コンクリートの材齢を14日，28日，84日および168日と変化させ，材齢28日までは湿布養生とし，材齢28日以降も湿布養生したものと，実験室内にて気中養生したものの2種類とした．

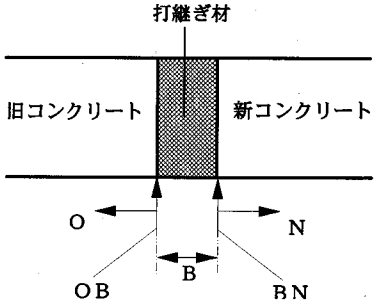

図-2 破断箇所の名称

新および旧コンクリートの打込み時に，打継目を有しない供試体も同時に作製した．

各シリーズにおける打継目の処理方法（使用した打継ぎ材やオープンタイムなど）を，とりまとめて**表-3**に示す．なお，各水準とも供試体を3本ずつ作製した．

(4) 打継ぎ強度試験

JIS A 1106（コンクリートの曲げ強度試験方法）に準じて，スパンが30cmの3等分点載荷により曲げ強度試験を行い，曲げ強度を求め，打継ぎ強度とした．また，新および旧コンクリートの打継目を有しない供試体の低い方の曲げ強度に対する打継ぎ強度の比率を式(1)により求め，曲げ強度比とした．

$$\gamma_b = \sigma_{fj} / \sigma_f \times 100 \qquad (1)$$

ここに，γ_b ：曲げ強度比（%）

σ_{fj} ：打継ぎ強度（kgf/cm²）

σ_f ：打継ぎ目を有しないものの曲げ強度（kgf/cm²）

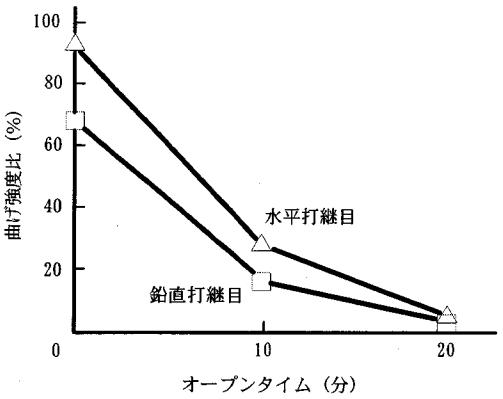

図-3 エポキシ樹脂を用いた場合のオープンタイムと曲げ強度比との関係

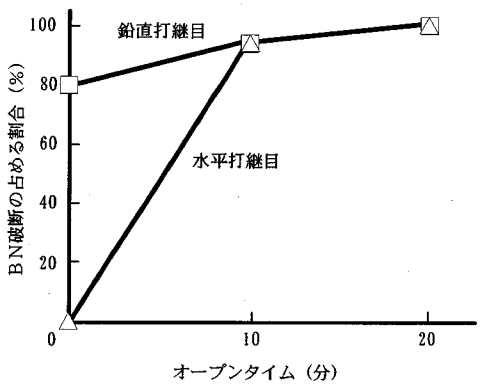

図-4 エポキシ樹脂を用いた場合の打継ぎ材と新コンクリートとの界面破断率とオープンタイムとの関係

(5) 破断状況の観察

曲げ強度試験後の供試体について，**図-2**に示すように，旧コンクリートの内部凝集破断をＯ破断，旧コンクリートと打継ぎ材との界面接着破断をＯＢ破断，打継ぎ材の内部凝集破断をＢ破断，打継ぎ材と新コンクリートとの界面接着破断をＢＮ破断，新コンクリートの内部凝集破断をＮ破断とした．そして，目視により測定した各破断箇所の占める面積を，全破断面積で除した破断率で表した．なお，各界面近傍で破断した場合，コンクリートあるいは打継ぎ材が部分的に残着している程度であれば，界面破断とした．

３．オープンタイムが打継ぎ強度に及ぼす影響

図-3には，エポキシ樹脂を用いた場合のオープンタイムと曲げ強度比との関係を示す．鉛直打継目および水平打継目のいずれの場合においても，エポキシ樹脂を用いた供試体では，オープンタイムの増加に伴う曲げ強度比の減少傾向が顕著に示されている．

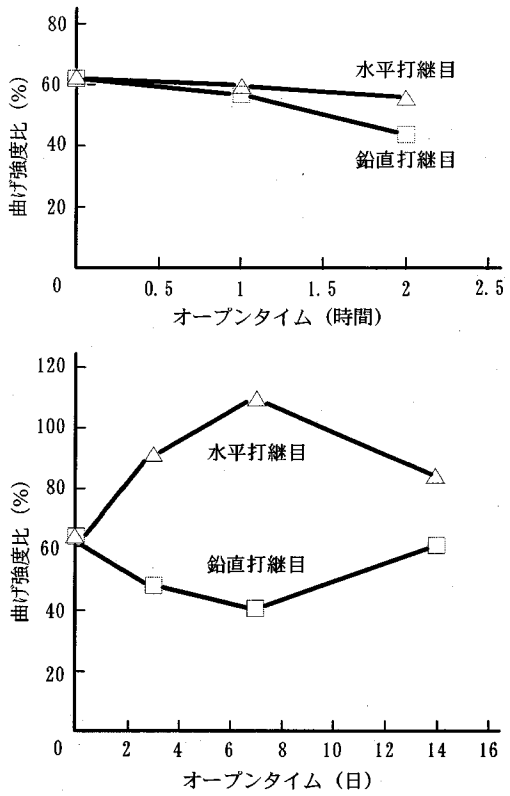

図-5 配合Ａのポリマーセメントモルタルを用いた場合のオープタイムと曲げ強度比との関係（コンクリート配合250A）

図-4に示すように，水平打継目ではオープンタイムを10分以上とった場合は，エポキシ樹脂と新コンクリートとの界面での破断であるＢＮ破断がほとんどを占めていた．鉛直打継目では，新コンクリートの打込み時におけるブリーディング水の影響を加味する必要があるものの，オープンタイムの増加に伴い，エポキシ樹脂と新コンクリートとの界面での破断の占める割合が増加する傾向にあり，オープンタイムが10分以上ではＢＮ破断がほとんどを占めている．これらのことは，エポキシ樹脂がある程度硬化してしまうと，新コンクリートとの接着強度がほとんど期待できないことを示している．

図-5には，コンクリートの配合名を250Aとし，配合Ａのポリマーセメントモルタルを用いた場合のオープンタイムと曲げ強度比との関係を示す．また，**表-4**にはオープンタイムと破断状況の関係を示す．鉛直打継目の曲げ強度比は，オープンタイムが７日までの間では若干低下する傾向にある．しかしながら，その後は，曲げ強度比は増加し，オープンタイ

表-4 配合Aの打継ぎ材を用いた場合のオープンタイムと破断状況との関係

オープンタイム	鉛直打継目 破断状況*					水平打継目 破断状況*				
	O	OB	B	BN	N	O	OB	B	BN	N
0		1	92	5	2	1	5	94		
1時間			86	14			5	94	1	
2時間		33	63			2	6	92		
3日		3	1	94	2				7	93
7日				100				2	8	90
14日				99	1			2	32	66

注）破断状況；O：旧コンクリート内部凝集破断，
OB：旧コンクリートと打継ぎ材との界面接着破断，
B：打継ぎ材内部凝集破断，
BN：打継ぎ材と新コンクリートとの界面接着破断，
N：新コンクリート内部凝集破断

ムが14日ではオープンタイムをとらなかった場合の曲げ強度比と同程度の値を示している．なお，この理由については，本研究の範囲では明らかではない．水平打継目の曲げ強度比は，オープンタイムの増加に伴い上昇し，オープンタイムが14日で若干低下しているものの，3日以上のオープンタイムでは，曲げ強度比は80％以上であった．また，これらの破断状況は，表-4に示すように，いずれの打継目においてもオープンタイムが2時間までは打継ぎ材の内部凝集破断がほとんどを占めていた．また，オープンタイムを3日以上とった鉛直打継目の破断状況は，打継ぎ材と新コンクリートとの界面での破断がほとんどを占めていた．

これは，打継ぎ材がまだ固まらない間に新コンクリートを打ち込むと，打込み時の衝撃や振動により打継ぎ材と新コンクリートが部分的に混ざり，見掛け上ポリマーセメントモルタルの水セメント比が増加して打継ぎ材の強度が低下することが主原因と考えられる．また，オープンタイムを3日以上とった鉛直打継目では，新コンクリートの打込み時のブリーディング水が打継ぎ材との界面を上昇し，この界面が相対的に弱点となることも一因と考えられる．

コンクリートの配合名を400Aとした場合のオープンタイムと曲げ強度比との関係を**図-6**に示す．また，**表-5**にはそれらの破断状況を示す．若干の例外を除けば，いずれの打継目においても，打継ぎ材の配合にかかわらず，オープンタイムの増加に伴い，その曲げ強度比は増加する傾向にある．

配合Aのポリマーセメントモルタルを用いた場合，配合400Aのコンクリートを用いた鉛直打継目および水平打継目のいずれの曲げ強度比も，コンクリート配合250Aの場合より小さい値を示している．これは，コンクリート自体の強度が大きくなると，打継目が相対的に弱点となるためであると考えられる．また，水平打継目に比べて鉛直打継目における曲げ強度比の低下は，配合400Aのコンクリートに比べ，250Aの方が大きい．また，水平打継目においては，オープンタイムが14日においてもその曲げ強度比が約60％

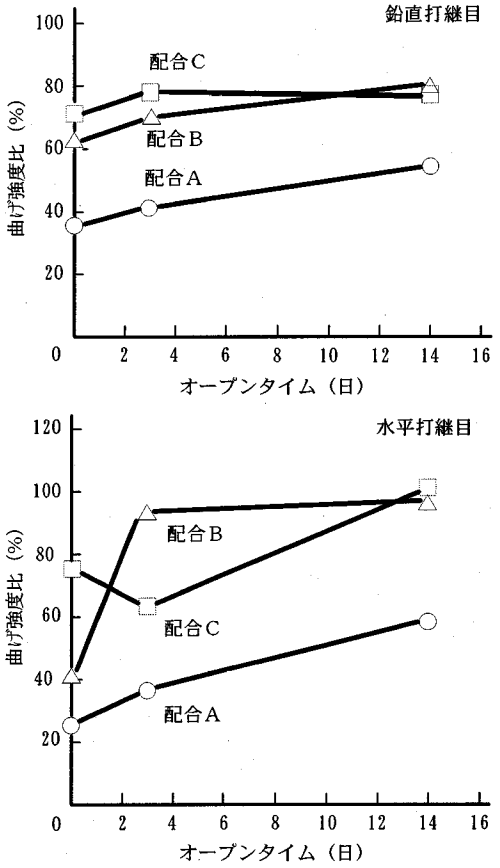

図-6 配合の異なるポリマーセメントモルタルを用いた場合のオープンタイムと曲げ強度比との関係（コンクリート配合400A）

とかなり低い値となった．これは，その破断箇所が**表-4**で示した結果と異なり，旧コンクリートと打継ぎ材との界面破断が占める割合が大きくなっていたことから，ワイヤーブラシによる打継ぎ面の処理が不完全であったこともその一因と思われる．このことは，水平打継目では旧コンクリート打継ぎ面が供試体作製時の上面となるため，表層部の品質低下が

表-5 配合の異なる打継ぎ材を用いた場合のオープンタイムと破断状況との関係

打継ぎ材の種類	オープンタイム（日）	鉛直打継目 破断状況*					水平打継目 破断状況*				
		O	OB	B	BN	N	O	OB	B	BN	N
ポリマーセメントモルタル配合A	0	2	53	18		27		98	2		
	3		98		1	1		100			
	14	1	17		82		2	70	1	25	2
ポリマーセメントモルタル配合B	0	6	72	10	4	9	3	95	1	1	1
	3	7	34	19	22	18	14	62		20	4
	14	8	6	1	84	1		6		8	86
ポリマーセメントモルタル配合C	0	18	32	10		40	8	63	2		27
	3	27	33	10	22	8	2	90		8	
	14	2	6	1	79	12	4	3		11	82

注）破断状況；O：旧コンクリート内部凝集破断，
OB：旧コンクリートと打継ぎ材との界面接着破断，
B：打継ぎ材内部凝集破断，
BN：打継ぎ材と新コンクリートとの界面接着破断，
N：新コンクリート内部凝集破断

接着性に及ぼす影響を排除するために表面の処理が重要となる事を示唆しているものと考えられる．

配合Bおよび配合Cのポリマーセメントモルタルを用いた場合，水平打継目における配合Bのオープンタイムが無い場合および配合Cのオープンタイムが3日の曲げ強度比は，他のオープンタイムより小さい値を示したが，これらはいずれも，その破断箇所に占める旧コンクリートと打継ぎ材との界面破断の割合が大きくなっていた．しかしながら，配合Aに比べその曲げ強度比は大きな値を示している．これは，配合Aに比べ配合Bおよび配合Cでは強度が大きかったことと，ポリマー混和量も多くて界面での接着性に優れていたことによると考えられる．他の場合の曲げ強度比は，鉛直打継目ではその曲げ強度比は70％から80％，水平打継目では90％以上であった．鉛直打継目では，オープンタイムの増加に伴い，打継ぎ材と新コンクリートとの界面破断が多くなる傾向が認められた．また，水平打継目では，オープンタイムの増加に伴い，新コンクリートの内部凝集破断が多くなる傾向が認められ，オープンタイムが14日では新コンクリートの内部での凝集破断がほとんどを占めていた．水平打継目においては，鉛直打継目のように新コンクリートとの界面において，ブリーディング水の影響を受けなかったため，新コンクリートとの界面破断も増えず，また曲げ強度比も低下しなかったためと考えられる．

これらのことから，ポリマーセメントモルタルを用いて打継目施工を行う場合，少なくとも3日程度以上のオープンタイムをとってポリマーセメントモルタルを硬化させてから新コンクリートを打ち込んだ方が，高い打継ぎ強度が得られる．そして，オープンタイムが増加すると，ポリマーセメントモルタルと新コンクリートとの付着強度が低下する鉛直打継目ではブリーディング水の悪影響が相殺する状態となって打継ぎ強度の変化が小さく，またその傾向が認められない水平打継目では，打継ぎ強度が上昇するものと考えられる．

4．打継ぎ材の塗布厚さが打継ぎ強度に及ぼす影響

塗布厚さと曲げ強度比との関係を，**図-7**に示す．鉛直打継目では，いずれの配合のポリマーセメントモルタルを用いた場合においても，塗布直後に新コンクリートを打ち継いだ時の曲げ強度比は，塗布厚さが2㎜から10㎜まで変化してもほぼ一定の値を示しており，塗布厚さの影響をほとんど受けないようである．オープンタイムを3日とった場合には，配合Bのポリマーセメントモルタルを用いた場合では塗布厚さの増加に伴い，曲げ強度比は若干低下する傾向が認められる．しかしながら，いずれの塗布厚さにおいてもその曲げ強度比は，オープンタイムをとらなかった場合に比べて大きく，塗布厚さが10㎜においても曲げ強度比は80％を下回ることはなかった．配合Cのポリマーセメントモルタルを用いた場合の曲げ強度比は，塗布厚さの増加に伴い低下し，塗布厚さが10㎜では2㎜の場合に比べ曲げ強度比で約20％低下している．

水平打継目では，配合Bの塗布直後に新コンクリートを打ち継いだ場合は，塗布厚さが変化しても，曲げ強度比はそれほど変化がなかった．また，塗布厚さの違いによる曲げ強度比の変動は，いずれのオープンタイムにおいても10％程度にとどまっていることから，塗布厚さによる影響はほとんどなかったものと思われる．これに対して，配合Cを用いたものは，塗布直後に新コンクリートを打ち継いだ塗布厚さが10㎜のものは，塗布厚さが2㎜のものに比べて曲げ強度比が約20％低下しており，塗布厚さを厚くしたことにより，打継ぎ強度が低下したことが認められた．また，オープンタイムを3日とったものは，塗布厚さが厚くなるにつれて，曲げ強度比が少し低下する傾向にあったが，低下の程度は約10％であった．

塗布厚さの増加に伴い曲げ強度比の低下が認められた配合Cのポリマーセメントモルタルを用いた鉛

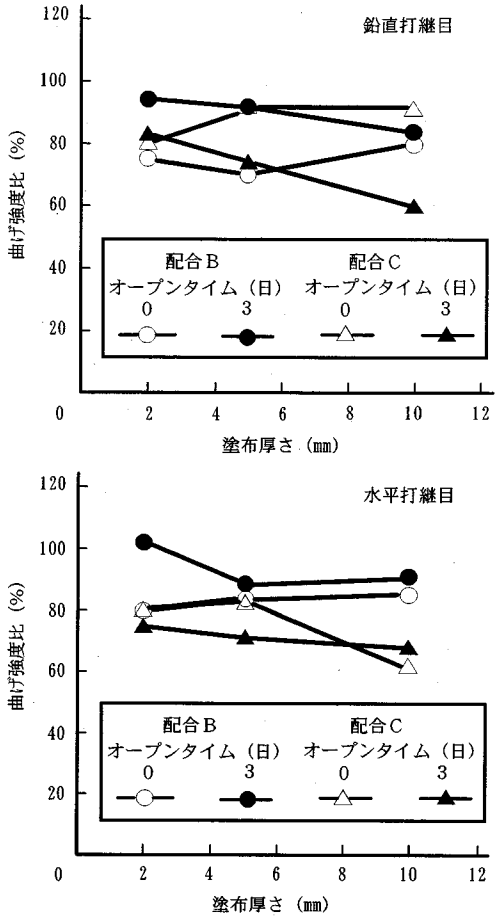

図-7 ポリマーセメントモルタルの塗布厚さと曲げ強度比との関係

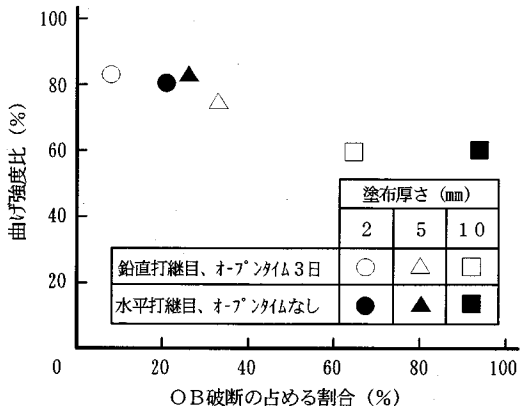

図-8 旧コンクリートと打継ぎ材との界面破断率と曲げ強度比との関係

直打継目のオープンタイムが3日のものと，水平打継目のオープンタイムなしのものについて，曲げ強度比と旧コンクリートと打継ぎ材の界面破断率との関係を示したのものが**図-8**である．それぞれ打継目処理が異なっているものの，いずれも塗布厚さが厚くなるにしたがって，旧コンクリートと打継ぎ材との界面破断のＯＢ破断の割合が増加し，曲げ強度比が低下する傾向が認められる．また，その他の打継目処理においては，このような傾向は認められなかった．このことから，配合Ｃのポリマーセメントモルタルは，配合Ｂよりもフロー値が小さいため，塗布厚さが厚いと，旧コンクリートと打継ぎ材との間にわずかな間隙が生じ，付着面積が減少し，これが旧コンクリートとの界面破断を引き起こすとともに，打継ぎ強度の低下を生じさせたものと考えられる．すなわち，塗布厚さが厚くなると，こて圧をかけて塗布することが難しく，ポリマーセメントモルタルを打継ぎ面にこて圧をかけないで載せるという状態であった．このことを考慮すると，フロー値が大きいポリマーセメントモルタルは，打継ぎ面に載せられただけでも，旧コンクリートとのなじみが良好で，凸凹な面に充填されていき，付着面積は減少しない．これに対して，フロー値が小さいと，旧コンクリートの凸凹な面を充填していくことが難しかったものと考えられる．塗布厚さが2㎜と5㎜でそれほど破断状況が異ならなかったのは，塗布厚さが薄いため旧コンクリートとの界面にこて圧がかかりやすかったことと，新コンクリートの締固めの際に，まだ固まらない打継ぎ材にも間接的に締固めが行われたため，旧コンクリートとの間に生じた間隙がつぶされたものと考えられる．これに対して，塗布厚さが10㎜のものは，2㎜に比べて5倍の厚さがあったため，打継ぎ時の間接的な締固めが行われても，間隙をつぶすことが難しかったものと思われる．また，**図-9**には，配合Ｃを用いた場合の３本ずつの供試体の内，旧コンクリートと打継ぎ材との界面破断率が80％未満の供試体１本ごとの曲げ強度比と塗布厚さとの関係を示す．塗布厚さが10㎜となると，わずかながら曲げ強度比が低下するものの，その低下の程度は2㎜のものに比べて約10％であり，塗布厚さが変化しても，曲げ強度比は大きな変化はなく，ほぼ同程度となることが認められた．このことからも，塗布厚さを厚くすることは，打継ぎ強度の低下を引き起こす直接的な原因ではなく，こてにより塗布厚さを厚くすることが難しかったことや，塗布するポリマーセメントモルタル自体のコンシステンシーの不良等により，旧コンクリートとの付着面積を減少させ，旧コンクリートと打継ぎ材との界面を弱くしたためであると考えられる．

このように，塗布厚さが大きいときの曲げ強度比の低下は，旧コンクリートと打継ぎ用材料との結合力の低減に起因するものであり，この結合力は，式(2)で表されるものと考えられる．

（結合力）＝（付着面積）×（接着強度）　(2)

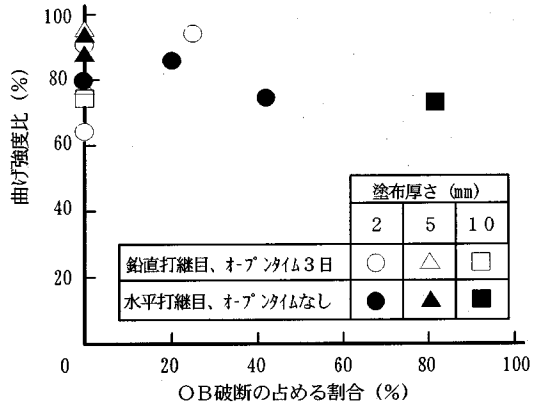

図-9 旧コンクリートと打継ぎ材との界面破断率が80％未満の曲げ強度比と塗布厚さの関係

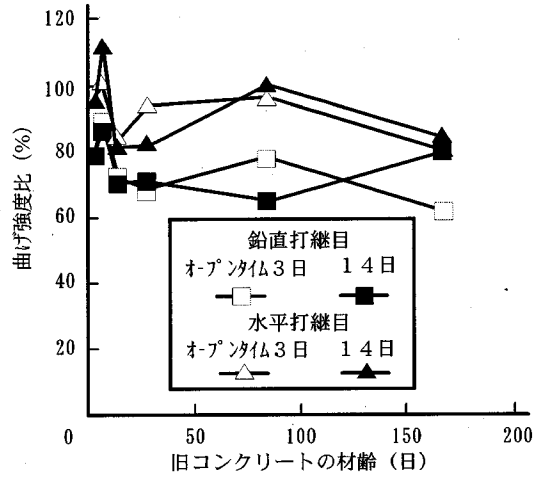

図-10 旧コンクリートの材齢と配合Bを用いた打継目の曲げ強度比との関係

この場合の接着強度とは，旧コンクリートと接している部分での最大引張応力であり，これはポリマーセメントモルタルの材齢とともに増加するものと考えられる．すなわち，旧コンクリート中のセメント粒子とポリマーセメントモルタル中のセメント粒子との間に，材齢とともに密実な網状構造が形成されるとともに，ポリマーセメントモルタル中に接着性に優れるポリマーフィルムが形成され[8),9)]，相互の接着が強化されていくものと推測される．

これに対して，付着面積は塗布した際に決定される．すなわち，塗布したポリマーセメントモルタルに加えられたこて圧の低下や，コンシステンシーの不良等により，旧コンクリートとの付着面積が減少すると，ポリマーセメントモルタルがまだ固まらないうちに締固め等を行わない限り，オープンタイムの大小にかかわらず付着面積は増加することなく一定なものとなる．したがって，接着強度がオープンタイムとともに増加しても，付着面積がそれを上回るほど減少していれば，打継ぎ強度が低下するのである．

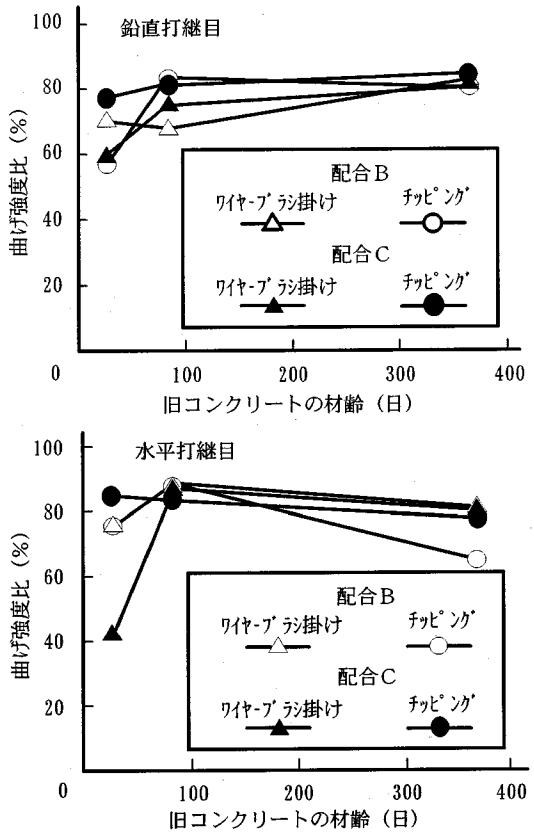

図-11 打継ぎ面の処理方法を変化させた場合の旧コンクリートの材齢と曲げ強度比との関係

5．旧コンクリートの材齢および打継ぎ面の処理方法が打継ぎ強度に及ぼす影響

図-10には，旧コンクリートの材齢と曲げ強度比との関係を示す．オープンタイムにかかわらず，鉛直打継目および水平打継目の曲げ強度比は，旧コンクリートの材齢が3日から7日にかけて若干増加した後，材齢14日で若干低下している．それ以降材齢の増加に伴う曲げ強度比の変化はほとんど認められない．若干の例外を除けば，旧コンクリートの材齢が変化しても，鉛直打継目では70％から85％の曲げ強度比を示しており，オープンタイムを3日以上とした場合には，ポリマーセメントモルタルを塗布するまでの旧コンクリートの影響はほとんど受けないものと考えられる．また，**表-6**からも明らかなように，旧コンクリートの材齢およびオープンタイムに関係なく，これらの破断箇所は，鉛直打継目では打

表-6 旧コンクリートの材齢と破断状況の関係

オープンタイム（日）	旧コンクリートの材齢（日）	鉛直打継目 破断状況*					水平打継目 破断状況*				
		O	OB	B	BN	N	O	OB	B	BN	N
3	3	5		1	90	4				13	87
	7				78	22	33			5	62
	14				97	3				18	82
	28			5	23	72	27	1	4	10	56
	84	7	1		83	9	11	1	1	4	83
	168				84	16				19	81
14	3	1			99					20	80
	7				87	13				2	98
	14				30	70				18	82
	28				22	78				9	91
	84				94	6	37	1	1	5	56
	168				75	25	33			15	52

注）破断状況；O ：旧コンクリート内部凝集破断，
OB：旧コンクリートと打継ぎ材との界面接着破断，
B ：打継ぎ材内部凝集破断，
BN：打継ぎ材と新コンクリートとの界面接着破断，
N ：新コンクリート内部凝集破断

表-7 打継ぎ面の処理方法を変化させ場合の旧コンクリートの材齢とポリマーセメントモルタルを用いた水平打継目の破断状況との関係

打継ぎ面の処理方法	旧コンクリートの材齢（日）	打継ぎ材の種類 配合B 破断状況*					配合C 破断状況*				
		O	OB	B	BN	N	O	OB	B	BN	N
ワイヤーブラシ掛け	28				79	21				55	45
	84				5	95	35			1	63
	365				4	96				11	89
チッピング	28	11	20	8	37	24	1	13	5	40	41
	84	3	15	2	6	74	30	22	4	13	31
	365	35	32	5	13	15	56	3	12	0	29

注）破断状況；O ：旧コンクリート内部凝集破断、
OB：旧コンクリートと打継ぎ材との界面接着破断、
B ：打継ぎ材内部凝集破断、
BN：打継ぎ材と新コンクリートとの界面接着破断、
N ：新コンクリート内部凝集破断

継ぎ材と新コンクリートとの界面での破断が，水平打継目では新コンクリートあるいは旧コンクリートの内部凝集破断が，それぞれほとんどを占めていた．

打継ぎ面の処理方法を変化させた場合の旧コンクリートの材齢と曲げ強度比との関係を，**図-11**に示す．若干の例外を除けば，いずれの打継目においてもポリマーセメントモルタルを用いた場合には，旧コンクリートの材齢が増加してもその曲げ強度比にほとんど変化はなく，また，いずれの旧コンクリートの材齢においても打継ぎ面の処理方法の差異による曲げ強度比の差はほとんど認められない．旧コンクリートの材齢28日における鉛直打継目のチッピング処理を行い配合Bを用いたものおよびワイヤーブラシ掛け処理を行い配合Cを用いたものは，他の場合より小さい曲げ強度比を示したが，材齢が84日では他の場合と同程度の曲げ強度比を示し，その後材齢が増加してもその曲げ強度比はほとんど変化しなかった．

旧コンクリートの材齢365日における水平打継目のチッピング処理を行い配合Bを塗布したものは，他の打継ぎ面処理方法に比べ若干小さな曲げ強度比を示した．**表-7**に示した水平打継目の破断状況を見ると，曲げ強度比の低下は伴わなかったものの，ワイヤーブラシ掛け処理を行った場合に比べ，チッピング処理を行ったものは旧コンクリート内部での凝集破断が比較的多く見受けられる．またこれらの曲げ強度比は，ワイヤーブラシ掛け処理および**図-10**に示した結果に比べ若干小さい値を示していることから，チッピング処理により旧コンクリートの打継ぎ面において骨材等の緩みが生じたためと考えられる．

これらのことから，旧コンクリートの材齢が長期間であっても，ポリマーセメントモルタルを用いオープンタイムが14日と十分長くても，打継ぎ面をワイヤーブラシ掛け処理を行うことによって，十分な旧コンクリートとポリマーセメントモルタルとの接着強度が期待できる．その強度は，チッピング処理により付着面積を増やした場合と比べても同程度以上であると考えられる．いずれにしても，ポリマーセメントモルタルを用いた打継目の曲げ強度比は，旧コンクリートの材齢にほとんど影響を受けない．これは，主に旧コンクリートに対するポリマーセメ

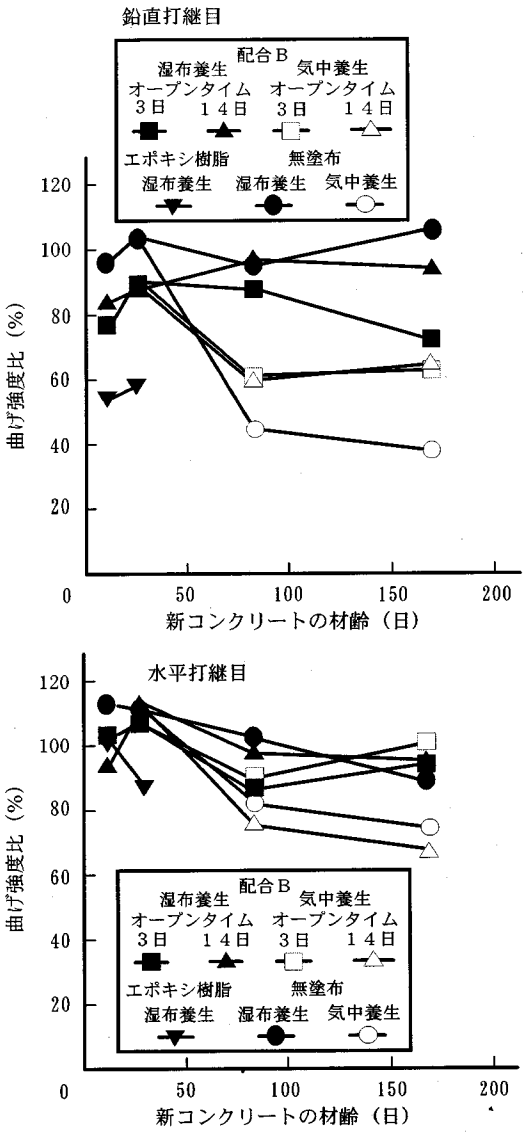

図-12 新コンクリートの材齢と曲げ強度比との関係

ントモルタルの優れた接着性に起因するものと考えられる．

6．新コンクリートの材齢および養生方法が打継ぎ強度に及ぼす影響

新コンクリートの材齢と曲げ強度比との関係を，**図-12**に示す．打継ぎ材の種類として，ポリマーセメントモルタル以外にエポキシ樹脂と無塗布についても示している．鉛直打継目では，いずれの打継ぎ材を用いても，新コンクリートの材齢が14日から28日まで増加すると，曲げ強度比はわずかながら増加する傾向が認められる．エポキシ樹脂を用いたものは，他の打継ぎ材を用いた場合に比べてかなり小さい曲げ強度比を示した．鉛直打継目においては，新コンクリートのブリーディング水の影響により新コンクリートとの界面が弱点となると考えられるが，**表-8**に示すようにエポキシ樹脂を用いた場合，実験Aでの結果とは異なり，いずれの新コンクリートの材齢においても，旧コンクリートとエポキシ樹脂との界面接着破断が多くなっている．これは，実験Aに比べ，旧コンクリートの打継ぎ面が比較的湿潤状態であったことによりエポキシ樹脂との接着力が小さかったことが原因の一つと考えられる．新コンクリートの材齢が28日以上では，全期間湿布養生としたものは，打継ぎ材の種類が異なっても，また材齢が増加しても，その曲げ強度比はほぼ一定の値を示している．

表-8 エポキシ樹脂を用いた場合の新コンクリートの材齢と鉛直打継目の破断状況との関係

新コンクリートの材齢および養生方法	破断状況*				
	O	OB	B	BN	N
14日（湿布養生）		61		32	7
28日（湿布養生）		90		5	5

注）破断状況；O:旧コンクリート内部凝集破断，
OB:旧コンクリートと打継ぎ材との界面接着破断，
B:打継ぎ材内部凝集破断，
BN:打継ぎ材と新コンクリートとの界面接着破断，
N:新コンクリート内部凝集破断

材齢28日以後気中養生とした場合には，ポリマーセメントモルタルを使用したものでは，新コンクリートの材齢の増加に伴う曲げ強度比の変化は認められない．また，無塗布のものでは，新コンクリートの材齢の増加に伴いその曲げ強度比は低下する傾向にある．材齢が84日で約25%，168日では約45%の強度低下を示した．いずれの種類の打継ぎ材を用いても，新コンクリートの材齢に関係なく，湿布養生した場合に比べその曲げ強度比は低下している．これは，気中養生したものは旧コンクリートと新コンクリートがおのおの乾燥収縮を起こすために，一体化が低下したものと考えられる．無塗布の場合，湿布養生しているものについてはポリマーセメントモルタルを用いたものと同程度の曲げ強度比を示した．これは，旧コンクリートの材齢が7日と若いため，旧コンクリート自体の水和反応がまだ活発な状態で打ち継いだために，無塗布のものでも，新旧コンクリートの結合力が大きかったためと思われる．しかしながら，気中養生したものは，ポリマーセメントモルタルを用いたものに比べて，新コンクリートの材齢が長期化するにしたがって，曲げ強度比の低下が認められた．

ポリマーセメントモルタルを用いた場合の鉛直打継目の破断状況は，オープンタイムを14日と長くす

表-9 打継ぎ材無塗布の場合の新コンクリートの材齢と鉛直打継目の破断状況との関係

新コンクリートの材齢および養生方法	破断状況***		
	O	ON	N
１４日（湿布養生）	81	18	1
２８日（湿布養生）	14	79	7
８４日（湿布養生）	4	93	3
１６８日（湿布養生）	1	30	69
８４日（気中養生）*		98	2
１６８日（気中養生）**		98	2

注）*気中養生；湿布養生28日，気中養生56日
**気中養生；湿布養生28日，気中養生140日
***破断状況；O:旧コンクリート内部凝集破断，
ON:旧コンクリートと新コンクリートとの界面接着破断，
N:新コンクリート内部凝集破断

ると，ポリマーセメントモルタル自体の硬化が進んでおり，ブリーディング水等の原因による新コンクリートとの界面破断の割合がオープンタイム３日に比べ若干増加していた．しかしながら，オープンタイムが３日との曲げ強度比の差はほとんど認められなかった．打継ぎ材無塗布の場合では，**表-9**に示すように，新コンクリートの材齢が84日までは湿布養生材齢の増加に伴い，旧コンクリートの内部凝集破断の割合が減少し，新旧コンクリートの界面破断が増える傾向にある．材齢１６８日になると新コンクリートの凝集破断が増加しているものの，いずれの材齢においてもその曲げ強度比は90％以上の値を示していた．このように，無塗布について，材齢の増加に伴い界面破断が増加した原因としては，新旧コンクリートの強度が増加したため，相対的に打継ぎ面が弱点となったことが考えられる．界面破断の増加に伴う打継ぎ強度の低下が認められないことから，新旧コンクリートの界面での結合力も，新コンクリートの材齢に伴い増加していたものと考えられる．また，長期間乾燥させると，界面破断がほとんどを占めるとともに，湿布養生に比べその曲げ強度比も明らかに低下していた．

このように，鉛直打継目では，乾燥させると界面破断の割合が増加し，それに伴い曲げ強度比の低下が認められた．これは，鉛直打継目では，新コンクリートの打込みの際にブリーディング水が打継目に沿って上昇するために，ポリマーセメントモルタルあるいは旧コンクリートとの界面における接着力の低下をもたらしたものと考えられる．また，乾燥させたために，旧コンクリートおよび新コンクリートが個々に乾燥収縮を受け，打継目において接着力の低下をもたらしたものと考えられる．これは，無塗布で打ち継いだものが顕著な傾向を示したことからも推察できる．そして，無塗布の場合には，新旧コンクリートは，セメントの水和反応の進行に伴って生成されたセメント水和物によってのみ互いに結合されるのに対して，ポリマーセメントモルタルでは，セメントとポリマーとの相乗効果によって強固に結合されることから，長期の材齢においても，ポリマーセメントモルタルを塗布することにより，気中養生としても，打継ぎ材を塗布しないものよりも強度の低下が小さかったものと考えられる．

水平打継目では，エポキシ樹脂を用いたものを除き，新コンクリートの材齢が14日から28日までは，曲げ強度比は100％から120％を示している．これに対し，エポキシ樹脂を用いたものは，材齢14日では約１００％の曲げ強度比を示しているが，材齢28日における曲げ強度比は約90％と若干低下していた．これは，コンクリートの材齢に伴い強度が増加していることを考慮すると，このことは，セメント系でない打継ぎ材であるエポキシ樹脂を用いると，無塗布あるいはポリマーセメントモルタルを用いたものよりも，材齢に伴う強度の増加が期待できないことを示唆している．

ポリマーセメントモルタルを用い，材齢28日以降の全期間を湿布養生とした場合では，材齢の増加に伴いその曲げ強度比は若干低下するもの，材齢１６８日においてもおよそ90％以上の曲げ強度比を示した．また，気中養生した場合，オープンタイムを14日とったものでは，湿布養生したものに比べ，小さい曲げ強度比を示した．オープンタイムを３日としたものでは，養生方法の違いによる強度比の差は認められなかった．無塗布の場合，養生方法の違いにかかわらず，材齢の増加に伴い曲げ強度比が低下する傾向が認められた．また，鉛直打継目に比べ，気中養生した場合の曲げ強度比の低下は小さかった．

７．結論

鉛直打継目あるいは水平打継目を有する角柱供試体について曲げ強度試験を実施し，まず，コンクリートの打継目に関しての基本的な性質や強度特性について把握した．その後，ポリマーセメントモルタルを用いて実現場を想定し作製条件を種々変化させた鉛直打継目あるいは水平打継目を有する角柱供試体について行った打継ぎ強度試験結果から，新旧コンクリート打継ぎ材の強度特性について検討した．そして，以下の結論を得た．

(1)　打継ぎ材を塗布してから新コンクリートを打ち継ぐまでの期間であるオープンタイムを変化させた場合，エポキシ樹脂を打継ぎ材に用いると，曲げ強度比はオープンタイムの増加に伴い，急激に減少する場合がある．これに対して，ポリマーセメントモルタルを用いた場合には，オープンタイムの増加に伴う急激な曲げ強度比の低下は認められない．

また，配合Ａに比べ配合Ｂおよび配合Ｃを用いた方が大きな曲げ強度比を示す．

(2)　ポリマーセメントモルタルを用いて打継目施工を行う場合，少なくとも３日程度以上のオープンタイムをとってポリマーセメントモルタルをある程度硬化させてから新コンクリートを打ち込んだ方が，高い打継ぎ強度が得られる．

(3)　ポリマーセメントモルタルの塗布厚さを２㎜から５㎜まで変化させても，打継ぎ強度に及ぼす影響は顕著ではない．塗布厚さが10㎜では，打継ぎ強度が若干ではあるが低下する傾向がフロー値の小さいポリマーセメントモルタルを用いた場合で認められた．

(4)　ポリマーセメントモルタルを用いオープンタイムを３日以上とった場合，その打継ぎ強度は旧コンクリートの材齢の影響はほとんど受けない．また，旧コンクリートの材齢を１年まで変化させても，打継ぎ強度に及ぼす打継ぎ面の処理方法の差異の影響はほとんど認められず，旧コンクリートの材齢が１年と長期間であっても，ポリマーセメントモルタルを用いオープンタイムを14日と十分長くとっても，打継ぎ面をワイヤーブラシ掛け処理を行うことによって，十分な旧コンクリートとポリマーセメントモルタルとの接着強度が期待できる．

(5)　各種の打継ぎ材を用いて，新コンクリートの材齢が１６８日と長期に及んでも，水平打継目を有する場合と鉛直打継目が長期にわたる乾燥を受けない場合には，曲げ強度比の低下は認められない．また，鉛直打継目が長期にわたる乾燥を受けた場合には，曲げ強度比が低下するものの，打継ぎ材としてポリマーセメントモルタルを使用することにより，打継ぎ材を塗布しないものに比べ，その低下の程度は小さい．

謝辞：本研究の実施に際しては，群馬大学工学部，大学院に在学中であった田中浩一（大林組），古沢政夫（秩父小野田），長谷川幹央（大日本土木），木暮健（鹿島建設）各氏のご協力を得た．ここに感謝の意を表する次第である．

参考文献

1) 国分正胤：新旧コンクリートの打継目に関する研究，土木学会論文集第８号， pp.1-24, 1950.11
2) 町田篤彦：コンクリート接着剤の使用方法，セメント・コンクリート， No.226, pp.11- 15, 1974.4
3) 野口　豊，小林一輔，森　弥広：エポキシ樹脂による新旧コンクリートの打継ぎ強度について，土木学会第28回学術講演会講演概要集第５部， pp.30-31, 1973.10
4) 辻　幸和，古澤政夫，長谷川幹央，森脇貴志：ポリマーセメントモルタルを用いた新旧コンクリートの打継目施工，コンクリート工学年次論文報告集， Vol.11, No.1, pp.721-726, 1989.6
5) 辻　幸和，田中浩一，古澤政夫，森脇貴志：鉛直・水平打継目をもつＲＣはりの力学的性状，コンクリート工学年次論文報告集， Vol.12, No.2, pp.209- 214, 1990.6
6) 辻　幸和，森脇貴志，田中浩一，木暮健：打継ぎ用材料の塗布厚さと施工時期が新旧コンクリートの打継ぎ強度に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.13, No.1, pp.381-386, 1991.6
7) 中島貴弘，辻幸和，森脇貴志，木暮健：打継ぎ強度に及ぼす新旧コンクリートの材齢の影響，土木学会第47回年次学術講演会講演概要集第５部， pp.532-533, 1992.9
8) 波木　守，大濱嘉彦：プラスチックコンクリート，高分子刊行会， pp.130-134, 1968.9
9) 大濱嘉彦：建築用ポリマーセメントモルタルの性状と調合設計に関する研究，建築研究報告， No.65, pp.83-105, 1973.10

(1994. 10. 6受付)

CHARACTERISTICS FOR STRENGTH OF CONSTRUCTION JOINT USING POLYMER-MODIFIED MORTAR AS JOINT MATERIALS

Takashi MORIWAKI, Yukikazu TSUJI, Chikanori HASHIMOTO and Takahiro NAKAJIMA

RC structures certainly have construction joints because of their structural and executional reasons. Construction joint works are done at reinforcement or extension of reinforced concrete structures such as heap up of sea wall, lane width expansion of RC bridge and so on. Generally, cement paste, cement mortar or epoxy resin is used as a joint material. Polymer-modified mortars are promising materials as joint materials. In this paper, chracteristics for strength of construction joint are investigated concerning to flexural strength of concrete beams which have a vertical or horizontal joint.