

投稿論文(和文)

PAPERS

鉄筋コンクリートはりによるポリマーセメントモルタルを打継ぎ材に用いた打継目の性能評価

森脇貴志¹・辻 幸和²・橋本親典³・木暮 健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 鹿島建設株式会社 土木設計本部 (〒107 東京都港区赤坂6-5-13)

新旧コンクリートの打継目は、構造物の強度、耐久性および美観等に大きな影響を及ぼすため、入念に施工する必要がある。打継目の施工に際しては、打継ぎ面を処理した後、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の打継ぎ材を塗布して直ちに新コンクリートを打ち込む方法が一般的である。本研究では、ポリマーセメントモルタルを打継ぎ材に適用することを目的に、打継ぎ面に塗布してから新コンクリートを打ち込むまでの時間としてのオープンタイム、塗布厚さ等を変化させた鉛直打継目あるいは水平打継目を有する鉄筋コンクリートはりの曲げ性状およびせん断性状から、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実験的に検討したものである。

Key Words : *polymer-modified mortar, vertical construction joint, horizontal construction joint, RC beam, flexural behavior, shearing behavior*

1. はじめに

大規模な鉄筋コンクリート構造物では、コンクリートを連続して打ち込むことは、構造上および施工上の理由から困難であるばかりでなく、不経済でもある。またコンクリートの温度上昇あるいは容積変化などによるひび割れの発生を最小限にするために、一定の単位に分割して打ち込むのが一般的である。

このため、必然的に新旧コンクリートの打継目が生じることになる。また、プレストレストコンクリート橋の場所打ち張出し架設工法、あるいはPC合成床版工法、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、美観を損なうばかりでなく、構造物の強度、耐久性および水密性を損なう恐れがある。

打継目の施工に際しては、旧コンクリートの打込み後適当な時期に打継ぎ面をグリーンカット等により凹凸にした後、また旧コンクリートが硬化した後はチッピング等の処理をした後、打継ぎ面にセメントペースト、セメントモルタルあるいは湿潤面用エポキシ樹脂を塗布し、直ちに新コンクリートを打ち込む方法が一般的である。これらの打継ぎ材の使用に際しては、打継ぎ材の塗布後、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、打継ぎ材の塗布後に型枠工、鉄筋工などの施工は不可能である。また、打継ぎ面に多数の鉄筋やシースが配置された場合には、塗布施工そのものが非常に困難となる。このような事情から、塗布作業性に優れ、オープンタイムが十分長く許容でき、かつ新旧コンクリートの一体化が確保できる打継ぎ材の開発が望まれていた。

これまで、従来の打継ぎ材を用いた研究はいくつか報告されている^{1)・2)}。しかしながら、これらは円柱や角柱のコンクリート供試体による研究成果であり、実構造物を想定した鉄筋コンクリートはりなどの部材での研究はほとんど報告されていない。著者等は、作業性および接着性に優れ³⁾、また、オープンタイムを十分長くとれる打継ぎ材として、ポリマーセメントモルタルに着目し、その有効性について検討してきた^{4)~8)}。

本研究では、これまで報告してきた結果^{5)~8)}に、新コンクリートの材齢を変化させた場合および大型の鉄筋コンクリートはり（以下、RCはりと呼ぶ）による実験結果を加え、各種の打継ぎ材を用いて作製した鉛直打継目あるいは水平打継目を有するRCはりの曲げ性状およびせん断性状から、新旧コンクリートの打継ぎ材の性能について検討するとともに、打継ぎ材としてのポリマーセメントモルタルの実用性についても言及する。

表-1 コンクリートの配合

配合名	粗骨材の最大寸法 (mm)	スラブ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)				混和剤 (ℓ/m ³)
						水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	
250A	20	8	4.0	6.5	46.4	164	253	866	1006	0.64
250B	20	8	4.0	6.5	44.4	156	241	832	1069	0.61
400A	20	8	4.0	4.5	42.4	164	365	752	1027	0.90
400B	20	8	4.0	4.5	42.9	164	365	761	1025	0.90
400C	20	8	4.0	4.5	42.3	163	362	733	1075	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)	フロ一値	材齢28日 曲げ強さ (MPa)	材齢28日 圧縮強さ (MPa)	材齢28日 ヤング係数 (GPa)
配合A	1:0.12:0.11	187	6.1	36.0	12.6
配合B	1:0.10:0.125	171	7.0	39.1	18.2

注) *エチレン酢酸ビニルエマルジョン

表-3 鉄筋の機械的性質

鉄筋の種類	降伏点 (MPa)	引張強さ (MPa)	弾性係数 (GPa)
D10	367.7	470.7	20.5
D13	389.3	568.8	19.8
D16	375.6	558.0	18.4
φ6	357.9	519.8	19.6

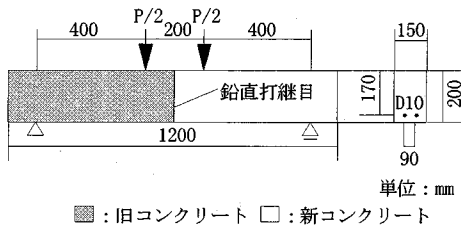


図-1 等曲げモーメント区間に鉛直打継目を有するRCはり供試体の形状寸法および荷重方法

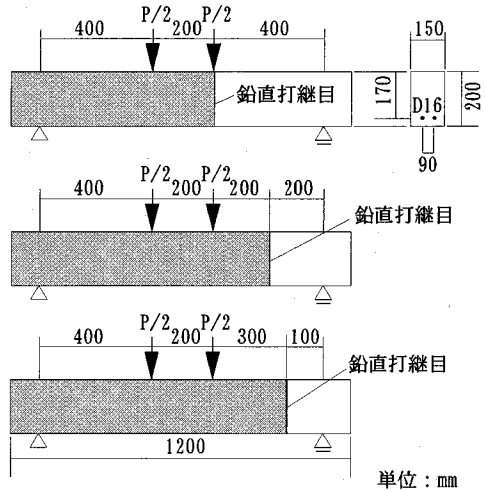


図-2 せん断スパン内に鉛直打継目を有するRCはり供試体の形状寸法および荷重方法

2. 実験概要

本研究では、次の4つのシリーズについて実験し、打継ぎ材の性能を検討した。

実験A：等曲げモーメント区間に鉛直打継目を有するRCはりの曲げ性状

実験B：せん断スパン内に鉛直打継目を有するRCはりの曲げ・せん断性状

実験C：水平打継目を有するRCはりのせん断性状

実験D：せん断スパン内に鉛直打継目あるいは水平打継目を有する大型RCはりの曲げ・せん断性状

なお、実験Aおよび実験Cでは、オープンタイム、塗布厚さおよび新コンクリートの材齢を主要因にとり検討した。

(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。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と400kgf/cm²の2種類を用いた。それらの配合を表-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に示す物性の異なる2種類を用いた。混和液にはエチレン酢酸ビニルエマルジョンを、また、粉体には普通ポルトランドセメントと珪砂を主成分とし、両者の質量比を1：（0.7～1）に配合したものを用いた。普通セメントペーストには、水セメント比を30%としたものを用いた。

c) 鉄筋

主鉄筋には、供試体の形状寸法に応じて、D10 (SD295A)，D13 (SD345)あるいはD16 (SD345)を使用した。また、せん断補強鉄筋にはφ6 (SR295)を用いた。それらの機械的性質を表-3に示す。

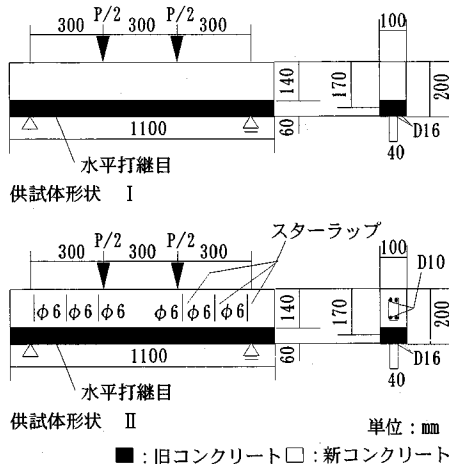


図-3 水平打継目を有するRCはり供試体の形状寸法および荷荷方法

(2) 供試体の作製

図-1に示す実験Aで用いた供試体は、幅が150mm、高さが200mm、長さが1200mmとし、RCはり中央に鉛直打継目を有するものである。図-2に示す実験Bで用いた供試体は、実験Aと同寸法とし、引張鉄筋にD16を配置した。はり中央より支点側に100mm離れた位置（以下、荷荷点位置と称する）、せん断スパンが400mmの中央位置、あるいは支点側よりせん断スパン長の1/4中央側に離れた位置（以下、支点側1/4と称する）にそれぞれ鉛直打継目を有するものとした。実験Cで用いた供試体は、図-3に示すように幅が100mm、高さが200mm、長さが1100mmで、引張縁から60mmの位置に水平打継目を有するものとしたスターラップの無い供試体形状Iおよびスターラップを配置した供試体形状IIの2種類とした。実験Dで用いた供試体は、図-4に示すように幅が150mm、高さが200mm、長さが2300mmとした。せん断スパンは850mmとし、打継目は、支点側より400mm離れたせん断スパン内に鉛直打継目、あるいは引張縁から60mmの位置に水平打継目を有するものとした。

実験Aおよび実験Cでは、所定の位置に打継目がくるよう旧コンクリートを作製した後、コンクリートの水セメント比が65%のときには、旧コンクリートの打込みから48時間後に、また、水セメント比が45%のときには24時間後に、それぞれワイヤブラシにより打継ぎ面のレイタンスの除去を行った。新コンクリートの材齢を変化させた供試体を除き、旧コンクリートの材齢が14日となるまで湿布養生を行った後、打継ぎ面を水洗いし打継ぎ材を塗布した。打継ぎ材の塗布直後およびポリマーセメントモルタルを用いた場合には所定のオープンタイムの期間に湿布養生を行った後、新コンクリートを打ち継いだ。

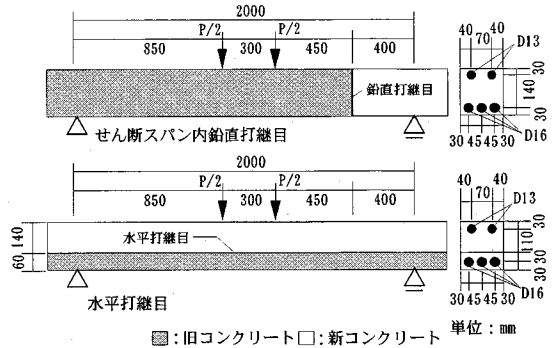


図-4 大型RCはり供試体の形状寸法および荷荷方法

次に、新コンクリートの材齢が28日に達するまで湿布養生を行い、曲げ荷荷試験に供した。

新コンクリートの材齢を変化させた供試体では、旧コンクリートの材齢が7日となるまで湿布養生を行い、打継ぎ材を塗布した。新コンクリートの材齢は4週および12週とし、いずれの場合も材齢4週まで湿布養生とし、その後12週までは実験室内に放置した。

実験Bおよび実験Dでは、所定の位置に打継目がくるように旧コンクリートを打ち込み、28日間湿布養生した。次に、打継ぎ面のレイタンス等をワイヤブラシを用いて除去し水洗いした後、打継ぎ材を塗布した。ポリマーセメントモルタルを用いた場合には、オープンタイムを14日（湿布養生）とり、新コンクリートを打ち継いだ。そして、新コンクリートの材齢が28日に達するまで湿布養生を行い、曲げ荷荷試験に供した。

また、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およびφ10×20cmの円柱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として、使用した打継ぎ材の種類や塗布厚さ、およびオープンタイムなどを表-4に示す。

(3) 荷荷方法

荷荷方法は、図-1～図-4に示したように、実験Aおよび実験Bでは支点長が1000mm、曲げモーメント一定区間が200mmの2点集中荷荷により行った。実験Cでは支点長が900mmの3等分点荷荷、また、実験Dでは支点長が2000mm、曲げモーメント一定区間が300mmの2点集中荷荷により行った。

実験Aでは打継目を介して、また、実験Bおよび実験Dの鉛直打継目を有する大型RCはりでは等曲げモーメント区間および打継目を介して、それぞれ引張縁にゲージ長60mmのワイヤストレインゲージを貼付し、引張縁のひずみとして測定した。また、実験Cでは、RCはり中央の引張縁にワイヤストレインゲージを貼付した。そして、引張縁のひずみが急

表-4 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 (日)	コンクリートの配合	
実験 A, 実験 C*	オープンタイムを変化させた場合	セメントペースト	5	0	250A, 400A
		ポリマーセメントモルタル配合 B	2	0	
			2	1 3	
	塗布厚さを変化した場合	ポリマーセメントモルタル配合 A, 配合 B	2	3	400B
			5		
			10		
新コンクリートの材齢を変化した場合	ポリマーセメントモルタル配合 A	2	3	250B	
実験 B	載荷点位置, 支点側 1/4	無処理**	-	400C	
		セメントペースト	5		0
	せん断スパン中央	ポリマーセメントモルタル配合 B	2		1 4
		無処理**	-		-
せん断スパン中央	セメントペースト	2, 5	0		
	ポリマーセメントモルタル配合 B	2, 10	1 4		
実験 D	ポリマーセメントモルタル配合 B	2	1 4	400C	

注) * 実験 C ; オープンタイムを変化させた場合には供試体形状Ⅱ, 塗布厚さあるいは新コンクリートの材齢を変化させた場合には供試体形状Ⅰを用いた。
 ** 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。

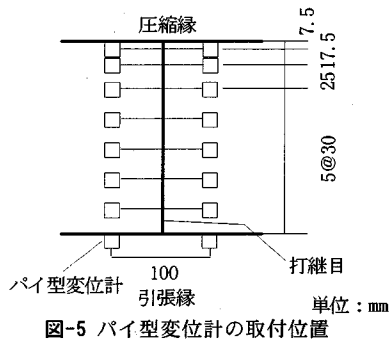


図-5 パイ型変位計の取付位置

激に変化したときの曲げモーメントを、曲げひび割れ発生モーメントとした。なお、実験 B および実験 D の等曲げモーメント区間内の引張線には、それぞれ 3 枚および 5 枚のワイヤストレインゲージを貼付し、その内最大値を示したゲージの値を採用した。いずれの供試体においても引張鉄筋には中央位置に、また実験 A については打継目から新および旧コンクリート側に 80mm 離れた位置に、実験 D については中央位置から支点側に 600mm 離れた位置にもゲージ長 6 mm のワイヤストレインゲージを予め貼付しておき、引張鉄筋のひずみを測定した。

図-5 に示すように、実験 A では供試体側面にパイ型変位計を、打継目を有する供試体は打継目を介して、打継目を有しない供試体は打継目を有する供試体と同位置に取り付け、各位置における変位を測定した。また、支点およびはり中央にダイヤルゲージを配置し、はり中央における相対たわみも測定した。また、JIS A 1108 (コンクリートの圧縮強度試験方法) に準じて、載荷試験と同一材齢時における新お

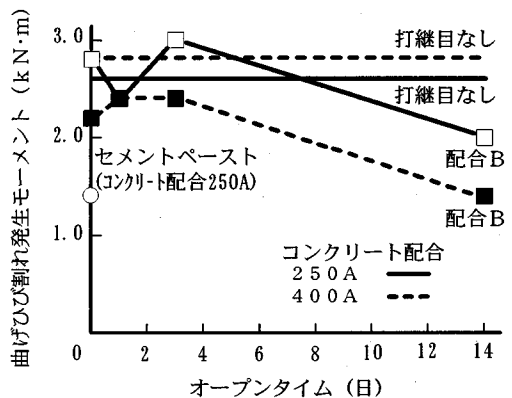


図-6 配合 B を用いた場合のオープンタイムと鉛直打継目を有する RC はりの曲げひび割れ発生モーメントとの関係

よび旧コンクリートの圧縮強度を測定した。

3. 等曲げモーメント区間内に鉛直打継目を有する RC はりにおける打継目の性能

図-6 および図-7 には、それぞれオープンタイムおよび塗布厚さと曲げひび割れ発生モーメントとの関係を示す。ポリマーセメントモルタルのオープンタイムが 3 日までは、曲げひび割れ発生モーメントはほぼ一定の値を示し、打継目を有しない RC はりと同程度の値を示している。オープンタイムが 14 日と長くとると、曲げひび割れ発生モーメントは若干低下する傾向にある。しかしながら、コンクリートの

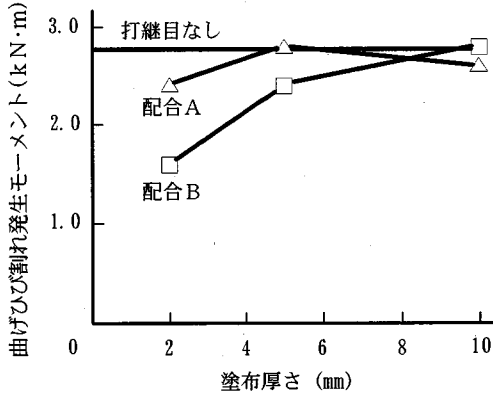


図-7 ポリマーセメントモルタルの塗布厚さと鉛直打継目を有するRCはりの曲げひび割れ発生モーメントとの関係

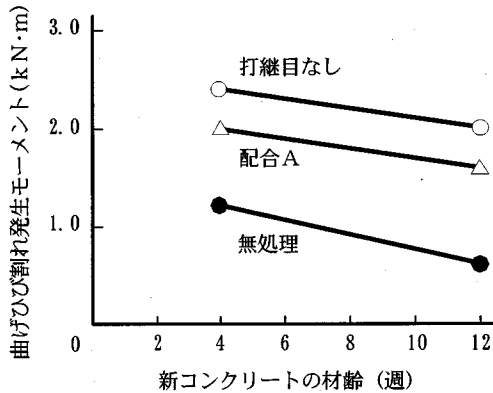


図-8 新コンクリートの材齢と鉛直打継目を有するRCはりの曲げひび割れ発生モーメントとの関係

配合が250Aの配合Bのポリマーセメントモルタルを用いた場合でも、セメントペーストを用いオープンタイムをとらずに新コンクリートを打ち継いだRCはりよりも大きな曲げひび割れ発生モーメントを示している。また図-6に示すように、オープンタイムにかかわらず、打継目を有するRCはりでは、コンクリートの圧縮強度が大きいと曲げひび割れ発生モーメントは小さくなっている。この現象は、コンクリートの角柱供試体の打継ぎ強度についても認められたこと⁵⁾、コンクリートの強度が増すと、鉛直打継目の弱点が顕著となり、打継目から生じる曲げひび割れを誘発させやすくなるためと思われる。

配合AおよびBのポリマーセメントモルタルを用いて打ち継いだRCはりの曲げひび割れ発生モーメントは、塗布厚さが増すに従い、図-7に示すように、増加している。打継目部の曲げひび割れ状況を観察した結果、曲げひび割れは引張鉄筋位置までは、ポ

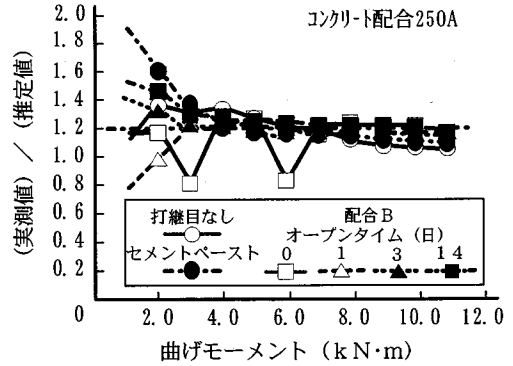


図-9 曲げモーメントと配合Bを用いた場合の鉛直打継目を有するRCはりの曲げひび割れ幅の推定値と実測値の比との関係

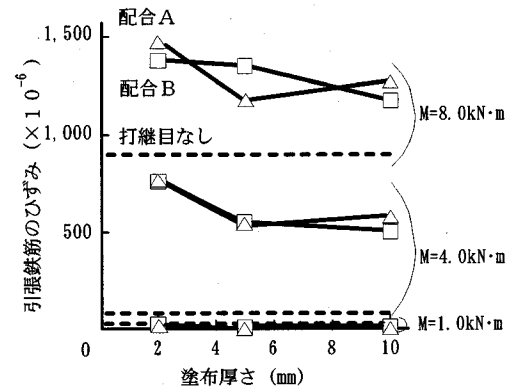


図-10 ポリマーセメントモルタルの塗布厚さと打継目部における引張鉄筋のひずみとの関係

リマーセメントモルタルの内部で生じていたことから、ポリマーセメントモルタルのヤング係数が表-2に示したように、コンクリートの約1/2と小さいため、塗布厚さが増すにしたがって曲げひび割れが生じる引張ひずみが増大し、それに伴って曲げひび割れ発生モーメントも大きくなったためと考えられる。また、塗布厚さが薄いRCはりほど、打継目における応力集中が顕著であることにも起因すると考えられる。

図-8には、新コンクリートの材齢と曲げひび割れ発生モーメントとの関係を示す。いずれのRCはりにおいても、材齢4週より実験室内に放置して新コンクリートの材齢が長くなると、乾燥により曲げひび割れ発生モーメントは低下する傾向にある。無処理で打ち継いだRCはりが、低下の程度は若干大きく、4週と12週とも最も小さな曲げモーメントで曲げひび割れが発生しており、ポリマーセメントモルタルを用いた場合の約1/2の値であった。ポリマー

表-5 等曲げモーメント区間内に鉛直打継目を有するRCはりの破壊時の曲げモーメントおよび破壊形式 (オープンタイムを変化させた場合)

コンクリートの配合	打継ぎ材の種類	塗布厚さ (mm)	オープンタイム (日)	圧縮強度 (MPa)		破壊モーメント (kN・m)	破壊形式
				旧コンクリート	新コンクリート		
250A	打継目なし	—	—	27.5	—	11.6	曲げ引張
	セメントペースト	5	0	26.8	24.3	12.2	曲げ引張
	ポリマーセメントモルタル配合B	2	0	27.6	21.6	11.0	曲げ引張
			1	28.2	19.9	9.2	せん断
			3	27.1	21.0	10.5	曲げ引張
14			27.7	24.6	11.8	曲げ引張	
400A	打継目なし	—	—	41.8	—	12.0	曲げ引張
	ポリマーセメントモルタル配合B	2	0	41.8	38.0	12.6	曲げ引張
			1	43.8	44.5	12.7	曲げ引張
			3	50.2	43.6	12.2	曲げ引張
			14	47.2	44.5	12.0	曲げ引張

セメントモルタルの使用により、曲げひび割れ発生モーメントの増加が認められるのである。

パイ型変位計の測定結果から、コンクリート引張縁に生じた曲げひび割れ幅を実測値とし、各曲げモーメントにおける中立軸の位置と鉄筋位置の曲げひび割れ幅から外挿してコンクリート引張縁に生じたと推定されるひび割れ幅を推定値と称し、この推定値と実測値との比をオープンタイムをパラメータにとって曲げモーメントとの関係について示したのが、図-9である。打継目を有するRCはりにおける推定値と実測値との比は、打継目の処理方法の違いにより多少差はあるものの、曲げひび割れの発生後は、曲げモーメントにかかわらずほぼ一定の値を示し、この値は約1.2であった。なお、打継目のないはりでは、曲げモーメントが大きくなると、この比の値は1.0に近づいている。この現象は、配合が400Aのコンクリートを用いたはりにおいても等しく認められた。このように、実測値が推定値より大きくなったことから、鉛直打継目を有するRCはりの引張縁から引張鉄筋位置までのかぶりの区間では、曲げひび割れが打継目に集中するために、引張鉄筋がコンクリートを拘束する効果が減少すると考えられるのである。

図-10には、塗布厚さを変化させたRCはりの引張鉄筋ひずみを示す。ポリマーセメントモルタルの配合の差異にかかわらず、曲げひび割れ発生モーメントを超えた各曲げモーメントにおける引張鉄筋のひずみは、塗布厚さが厚くなると小さくなる傾向にある。これは、前述したように塗布厚さが薄いと応力集中が著しくなるために、曲げひび割れの進展が早く、塗布厚さが大きいものよりも引張力を鉄筋が多く受け持ったためである。また、曲げひび割れが発生した後は、打継目から新コンクリート側および旧コンクリート側へそれぞれ80mm離れた位置の引張鉄筋のひずみは、等しい曲げモーメントが作用していても打継目位置のひずみよりも小さな値を示した。鉛直打継目部分に曲げひび割れが集中するために、

打継目位置の引張ひずみが大きくなり、新コンクリート側および旧コンクリート側の引張鉄筋の受け持つ引張応力が減少したためである。

以上の結果は、等曲げモーメント区間中央に位置する鉛直打継目が、構造上の弱点となることを示している。これは、鉛直打継目では、新コンクリートのブリーディング水が打継ぎ面に沿って上昇するためである。しかしながら、ポリマーセメントモルタルを用いた場合には、オープンタイムが14日になると曲げひび割れ発生モーメントそのものは小さくなるものの、セメントペーストを用いた場合や打継ぎ材を塗布しない場合に比べて曲げひび割れ発生モーメントが大きくなることから、作業に必要なオープンタイムが確保でき、打継目の施工性が改善できることがわかる。

表-5には、オープンタイムを変化させたRCはりの破壊時の曲げモーメントおよび破壊形式を示す。ほとんどの供試体は、引張鉄筋が降伏する曲げ引張破壊となった。この場合は、鉛直打継目を有するRCはりには、打継目を有しないRCはりとはほぼ等しい曲げモーメントで破壊した。このことは、塗布厚さを変化させた場合と新コンクリートの材齢を変化させた場合に等しく認められた。断面諸元が打継目を有しないRCはりと同じであったことと、コンクリートは本来圧縮力を負担する材料であるから、鉛直打継目が圧縮力に対して十分な強度を有していたためである。なお、配合が250Aのコンクリートを用いたRCはりの中で、曲げ引張破壊時よりも少し小さな荷重段階でせん断破壊したものがあった。この原因については明かではないが、曲げ引張破壊したRCはりにおいても、斜めひび割れが生じて発達していたことから、コンクリート自体の強度が小さいため斜めひび割れが発生しやすくなっていたこと、せん断スパンと有効高さの比 a/d が小さかったこと、はり断面の幅が小さくてせん断応力度が大きくなってしまったこと、また、打継目施工時に、新旧コンクリート間にわずかなねじれが生じて、斜めひび割

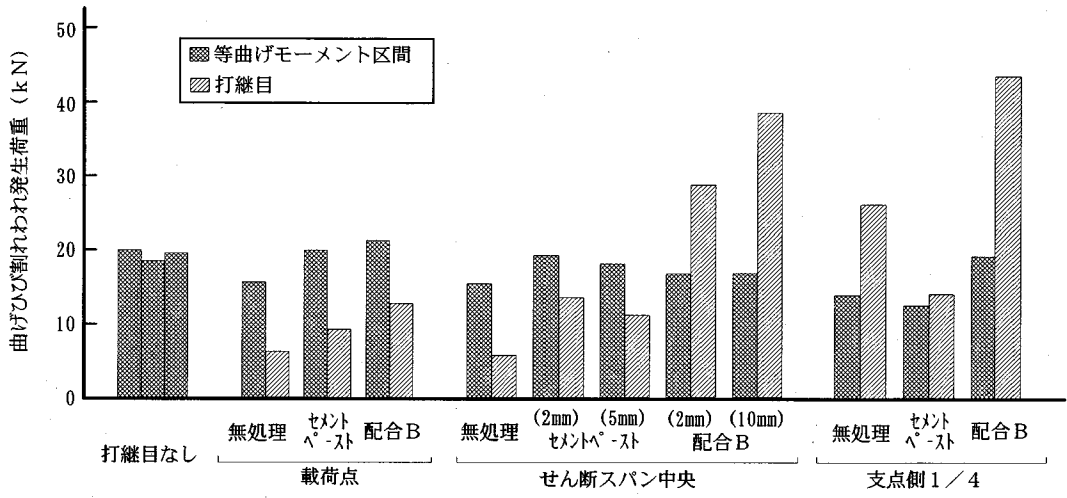


図-11 せん断スパン内に鉛直打継目を有するRCはりの曲げひび割れ発生荷重

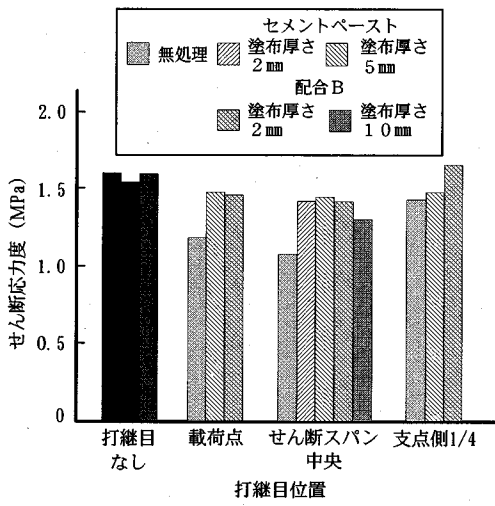


図-12 打継目位置と鉛直打継目を有するRCはりの斜めひび割れ発生時のせん断応力度との関係

れの発達を助長したことが主原因と考えられる。

4. せん断スパン内に鉛直打継目を有するRCはりにおける打継目の性能

打継目位置および打継目の処理方法と、RCはりの等曲げモーメント区間および打継目位置にそれぞれ曲げひび割れが発生した時の荷重との関係を図-11に示す。打継目を有するRCはりの等曲げモーメント区間に曲げひび割れが発生したときの荷重には多少のばらつきはあるものの、せん断スパン中央位置の打継目にポリマーセメントモルタルを使用した場合および支点側1/4の位置の打継目に各種の

処理を施した場合を除き、打継目位置および打継目の処理方法にかかわらず、等曲げモーメント区間よりも小さい荷重で、RCはりの打継目に曲げひび割れが生じている。また、いずれの打継目位置においても、前述の等曲げモーメント区間に鉛直打継目を有するはりと同様に、ポリマーセメントモルタルを用いた場合、他の打継目処理に比べ大きな荷重で、RCはりの打継目に曲げひび割れが発生している。これは、無処理やセメントペーストを塗布した打継目に比べ、ポリマーセメントモルタルを塗布した打継目の方が接着性に優れているためである。

図-12には、打継目位置とRCはりの斜めひび割れ発生時のせん断応力度との関係を示す。斜めひび割れ発生時のせん断応力度は、無処理で打ち継いだ载荷点およびせん断スパン中央位置を除き、打継目を有しないRCはりの斜めひび割れ発生時のせん断応力度と同程度か若干大きな値を示した。これは、斜めひび割れの発生までの打継目の接着力が充分であり、せん断力による多少のずれがあるものの新旧コンクリートが一体化出来ていたためと考えられる。そして、斜めひび割れの発生が打継目の有無、打継目位置および打継目の処理方法の違いによる影響を受けにくく、コンクリートの強度によって支配されるものと考えられる。無処理とした場合に斜めひび割れ発生時のせん断応力度が小さかったのは、打継目の接着力が弱かったためである。つまり、载荷点位置に打継目がある場合、小さい荷重の段階で曲げひび割れが発生し、その後打継目に沿って曲げひび割れが急激に進展しており、新コンクリート側のせん断スパンにおいてせん断力を多く受けたためである。また、せん断スパン中央位置に打継目がある場合は、斜めひび割れが、打継目位置の付近で発生している。打継目の接着力が充分でなかったために、

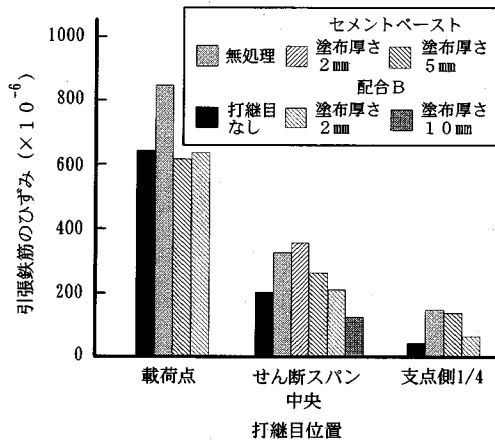


図-13 等曲げモーメント区間に10kN・mの曲げモーメントが作用したときの各打継目位置における引張鉄筋のひずみ

打継目位置においてはせん断力により他のRCはりよりも大きなずれを生じてしまい、斜めひび割れを誘発してしまったものと考えられる。

等曲げモーメント区間に10kN・mの曲げモーメントが作用しているときの打継目位置における引張鉄筋のひずみを、図-13に示す。載荷点位置に打継目を有するRCはりの引張鉄筋のひずみは、無処理の場合が最も大きく、打継ぎ材を用いた場合には打継目を有しないRCはりのそれと同程度の値を示した。打継目位置がせん断スパン中央および支点側1/4の場合、ポリマーセメントモルタルを用いて打ち継いだRCはりの引張鉄筋のひずみは、打継目を有しないRCはりと同程度か若干小さい値となっている。これに対して他の打継目を有するRCはりの引張鉄筋のひずみは、若干大きな値となった。また、等曲げモーメント区間に10kN・mの曲げモーメントが作用したときの各RCはりのたわみを、図-14に示す。打継目の処理を無処理とし、せん断スパン中央位置に鉛直打継目を有するRCはりの方が比較的大きなたわみ量を示したのを除けば、いずれの打継目を有するRCはりにおいても、そのたわみ量は打継目を有しないRCはりと同程度の値を示している。

表-6には、せん断スパン内に鉛直打継目を有する各RCはりのせん断耐力および破壊形式を示す。表中の計算値は、式(1)⁹⁾により求めた。なお、コンクリートの圧縮強度は、新あるいは旧コンクリートの小さい方を採用した。

$$V_{c,d} = \frac{0.53(f_c')^{2/3} \{1+(100p_w)^{1/2}\} (1+3.33r/d) b_w \cdot d}{\{1+(a/d)^2\}} \quad (1)$$

ここに、 f_c' : 圧縮強度 (kgf/cm²)
 $p_w = A_s / (b_w \cdot d)$

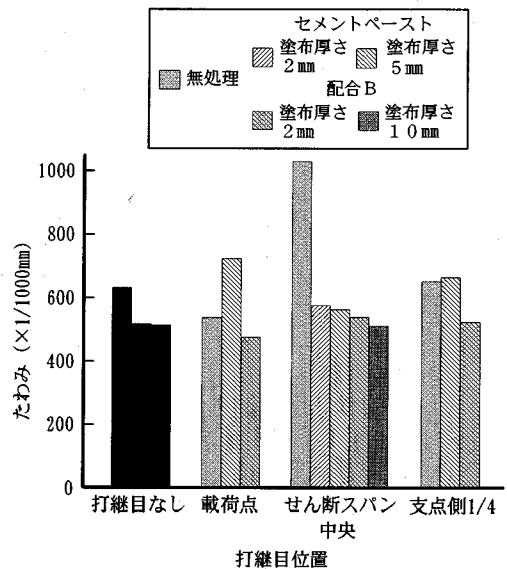


図-14 等曲げモーメント区間に10kN・mの曲げモーメントが作用したときの各RCはりの中央のたわみ

- r : 載荷板の幅 (cm)
- d : 有効高さ (cm)
- b_w : ウェブ幅 (cm)
- a : せん断スパン (cm)
- A_s : 引張鉄筋の断面積 (cm²)

せん断スパン内に打継目を有するRCはりの破壊形式は、打継目の有無、打継目の処理方法および打継目位置にかかわらず、せん断圧縮破壊であった。

塗布厚さを2mmとし、せん断スパン中央位置に鉛直打継目を有する場合を除き、ポリマーセメントモルタルを用いてオープンタイムを14日とって打ち継いでも、RCはりのせん断耐力は、打継目を有しないRCはりと同程度の値を示した。これに対して、無処理で打ち継いだRCはりでは、載荷点とせん断スパン中央位置に打継目を有する場合に、最も小さいせん断耐力を示した。また、セメントペーストを用いた場合では、ポリマーセメントモルタルを用いた場合と同程度か若干小さいせん断耐力を示している。

せん断スパン中央位置に打継目を有するRCはりでは、無処理、セメントペーストの塗布厚さが2mmおよびポリマーセメントモルタルの塗布厚さが2mmとした場合では、計算値および打継目を有しないRCはりに比べかなり小さいせん断耐力を示した。この理由として、図-15に示すように、斜めひび割れがRCはりのせん断スパン中央付近の旧コンクリート側より発生し、鉛直打継目を直線的に横切らずに打継目に沿って、引張鉄筋位置付近まで進展し、その後新コンクリート側の引張鉄筋位置に沿ってコ

表-6 せん断スパン内に鉛直打継目を有するRCはりのせん断耐力および破壊形式

打継目位置	打継ぎ材の種類	塗布厚さ (mm)	圧縮強度 (MPa)		せん断耐力 (kN)		破壊形式
			旧コンクリート	新コンクリート	計算値	実測値	
載荷点	無処理	—	41.0	42.9	65.7	41.2	せん断圧縮
	セメントペースト	5	40.9	47.6	65.7	56.9	せん断圧縮
	ポリマーセメントモルタル配合B	2	38.5	44.4	62.4	62.8	せん断圧縮
せん断中央	無処理	—	41.0	42.9	65.7	27.5	*せん断圧縮
	セメントペースト	2	—	—	—	37.3	*せん断圧縮
	セメントペースト	5	40.9	47.6	65.7	45.1	*せん断圧縮
	ポリマーセメントモルタル配合B	2	38.5	44.4	62.4	35.3	*せん断圧縮
支点側 1/4	無処理	—	41.0	42.9	65.7	56.9	せん断圧縮
	セメントペースト	5	40.9	47.6	62.4	45.1	せん断圧縮
打継目なし	—	—	41.0	—	64.6	51.0	せん断圧縮
	—	—	—	42.9	66.8	47.1	せん断圧縮
	—	—	—	47.6	72.4	64.7	せん断圧縮

注) * ; コンクリートが圧壊しているものの、図-15に示すように打継目に沿ってひび割れが進展した

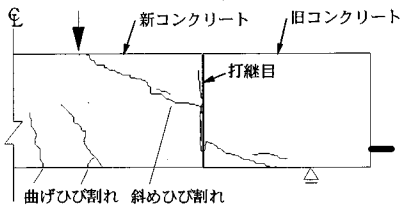


図-15 せん断スパン中央位置に鉛直打継目を有するRCはりの破壊時のひび割れ状況

コンクリートが割裂した破壊形式を示したため、せん断耐力が低下したものと考えられる。セメントペーストの塗布厚さが5mmのRCはりでも、打継目に沿って多少ひび割れが進展したことから、せん断耐力の若干の低下があったものと考えられる。また、斜めひび割れが打継目と接した点は、打継目に発生した曲げひび割れが下縁から進展した地点である。つまり、斜めひび割れは中立軸よりも引張側で打継目と接したために、打継目に引張力が作用しており、打継目の接着力を減少させ、打継目位置におけるそれを促進させたものと考えられる。

これらの結果は、打継ぎ材を用いた場合に比べ、打継目処理を無処理とした場合の打継目では、十分な新旧コンクリートの一体化が図られておらず、せん断力が良好に伝達されていないことを示している。また、セメントペーストを用いた場合に比べ、ポリマーセメントモルタルを用いることにより、オープンタイムを14日とっても新旧コンクリートが一体化し、せん断力の影響を受けにくいことがわかる。

5. 水平打継目を有するRCはりにおける水平打継目の性能

図-16には、オープンタイムと斜めひび割れ発生

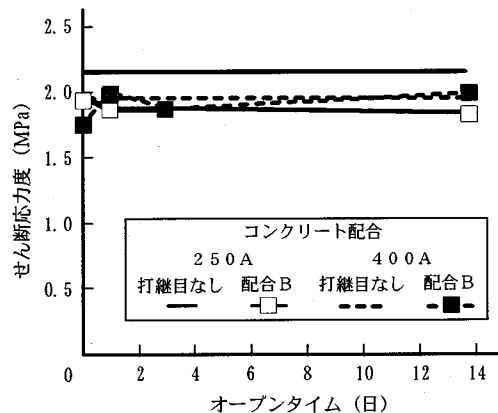


図-16 配合Bを用いた場合のオープンタイムと水平打継目を有するRCはりの斜めひび割れ発生時のせん断応力度との関係

時のせん断応力度との関係を示す。コンクリートの配合にかかわらず、水平打継目を有するRCはりの斜めひび割れ発生時のせん断応力度は、打継目を有しないRCはりと同程度か若干小さい値を示し、またそのせん断応力度に及ぼすオープンタイムの影響は、ほとんど認められない。

2種類のポリマーセメントモルタルを用いた水平打継目を有するRCはりの斜めひび割れ発生時のせん断応力度は、塗布厚さが厚くなると、大きくなる傾向にある(図-17参照)。これは、ポリマーセメントモルタルの塗布厚さが大きくなるとRCはりの剛性が向上したためと考えられる。そして、実験室内に4週から12週まで放置すると、図-18から明らかのように、新コンクリート自体の強度の増加のため、曲げひび割れ発生荷重とは反対に、いずれのRCはりにおいても斜めひび割れ発生時のせん断応力度は大きくなっている。

図-17、図-18および図-19には、水平打継目を

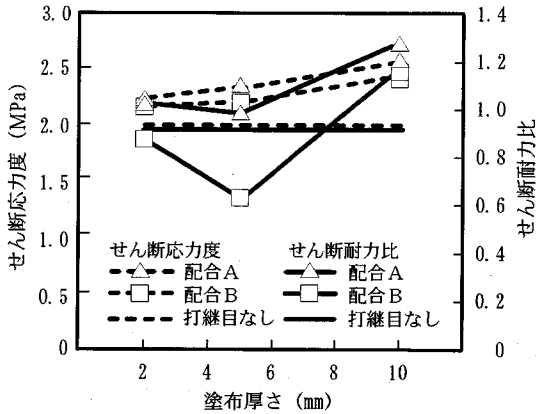


図-17 ポリマーセメントモルタルの塗布厚さと水平打継目を有するRCはりの斜めひび割れ発生時のせん断応力度およびせん断耐力比との関係

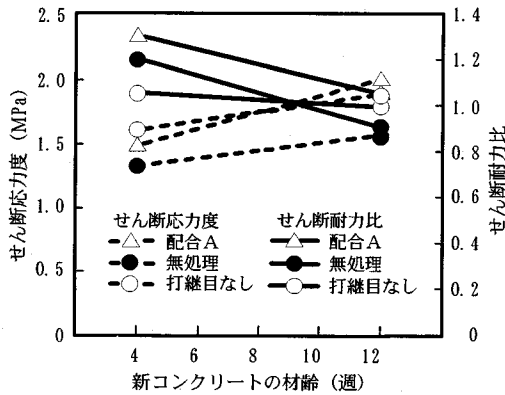


図-18 新コンクリートの材齢と水平打継目を有するRCはりの斜めひび割れ発生時のせん断応力度およびせん断耐力比との関係

有するRCはりのせん断耐力の実測値と計算値との比をせん断耐力比として示す。なお、計算値は、式(2)⁹⁾により求めた。コンクリートの圧縮強度は表-5および表-7に示した通りである。

$$V_{yd} = V_{cd} + V_{wd} \quad (2)$$

ここに、 V_{cd} は式(1)による

$$V_{wd} = A_w f_{wy} (\sin \alpha + \cos \alpha) (z/s)$$

A_w : せん断補強鉄筋の断面積 (cm²)

f_{wy} : せん断補強鉄筋の実測降伏強度 (kgf/cm²)

α : せん断補強鉄筋と部材軸のなす角度

s : せん断補強鉄筋の間隔 (cm)

z : 応力中心間距離 (cm)

打継目部分でせん断補強筋が不連続に配置されているものの、大部分の水平打継目を有するRCはり

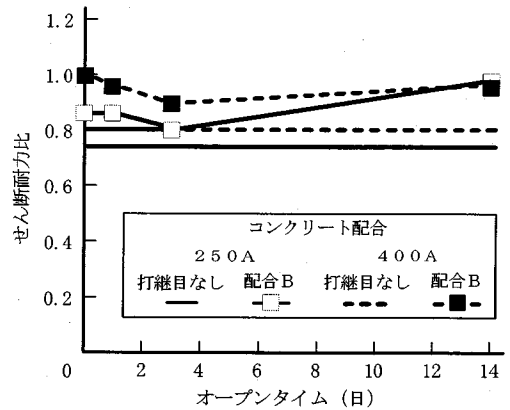


図-19 配合Bを用いた場合のオープンタイムと水平打継目を有するRCはりのせん断耐力比との関係

表-7 実験Cに用いたコンクリートの圧縮強度 (塗布厚さを変化させた場合)

コンクリートの配合	打継ぎ材の種類	塗布厚さ (mm)	圧縮強度 (MPa)	
			旧コンクリート	新コンクリート
400B	打継目なし	—	41.8	—
	ポリマーセメントモルタル配合A	2	46.8	38.2
		5		
		10		
	ポリマーセメントモルタル配合B	2	50.2	43.6
10				

(新コンクリートの材齢を変化させた場合)

コンクリートの配合	打継ぎ材の種類	新コンクリートの材齢 (週)	圧縮強度 (MPa)		
			旧コンクリート	新コンクリート	
250B	打継目なし	—	—	24.1	
	ポリマーセメントモルタル配合A	2	26.5	23.3	
					無処理
					打継目なし
	ポリマーセメントモルタル配合A	4	33.8	29.8	
無処理					

は、オープンタイムに関係なく、打継目でせん断破壊することなく、新旧コンクリートが一体となってせん断圧縮破壊した。また、コンクリートの配合が異なっても、オープンタイムにかかわらず、ほぼ一定のせん断耐力比を示し、計算値とよく一致し、そのせん断耐力比は、打継目を有しないRCはりに比べ同程度以上の値を示した。配合Bのポリマーセメントモルタルを用い塗布厚さを5mmとしたRCはりを除けば、塗布厚さが2mm~10mmに変化しても、水平打継目を有するRCはりのせん断耐力比は、配合が異なってもほとんど変化せず、打継目を有しないRCはりと同程度か若干大きなせん断耐力比を示した。また、配合AとBのポリマーセメントモルタルを用いても、塗布厚さが2mmに比べ塗布厚さを10mm

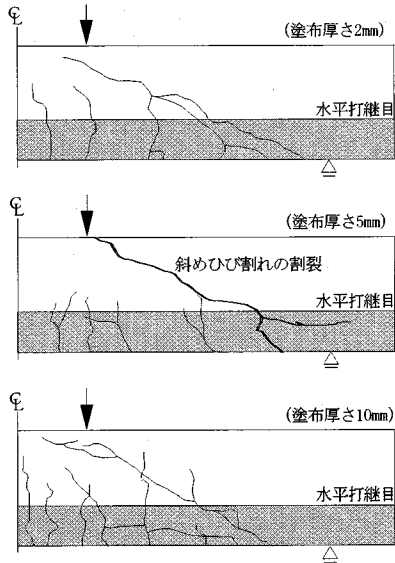


図-20 ポリマーセメントモルタルの塗布厚さを変化させた場合の水平打継目を有するRCはりの破壊時のひび割れ状況図

と厚くした方が、せん断耐力が大きくなる傾向がある。RCはりは、一般に、新旧コンクリートが一体となってせん断圧縮破壊した。しかしながら、図-20に示すように、配合Bの塗布厚さが5mmのRCはりでは、ひび割れが引張鉄筋の位置に沿って進展していることから、他のRCはりに比べ鉄筋の定着が不十分であったと推察でき、その結果斜めひび割れに沿ってずれが生じ、斜めひび割れ部の割裂による破壊となり、そのために破壊荷重が低下したものと考えられる。

新コンクリートの材齢が増加しても、打継目を有しないRCはりのせん断耐力比は、ほぼ一定の値を示すが、水平打継目を有するRCはりでは、新コンクリートの材齢の増加に伴い、斜めひび割れ発生時のせん断応力度と反対に、せん断耐力比は低下する傾向にある。これは、水平打継目を有することにより水平打継目にせん断力が作用し、打継目で若干のずれを生じ、新コンクリートの強度が増加したにもかかわらず、せん断耐力の低下をもたらしたものと考えられる。また、いずれの材齢においても、無処理に比べ、ポリマーセメントモルタルを用いたRCはりの方が若干大きいせん断耐力比を示した。

6. 大型RCはりにおける打継目の性能

図-21には、各大型RCはりの等曲げモーメント

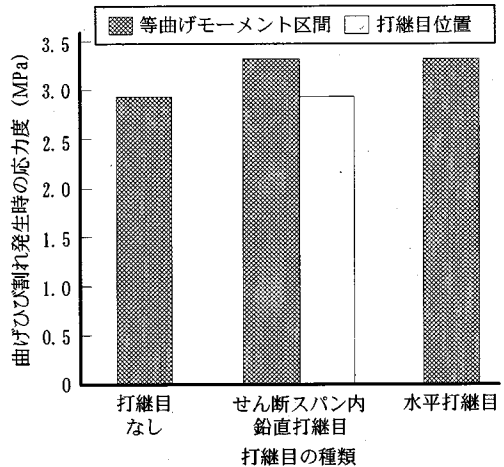


図-21 各大型RCはりの曲げひび割れ発生時の応力度

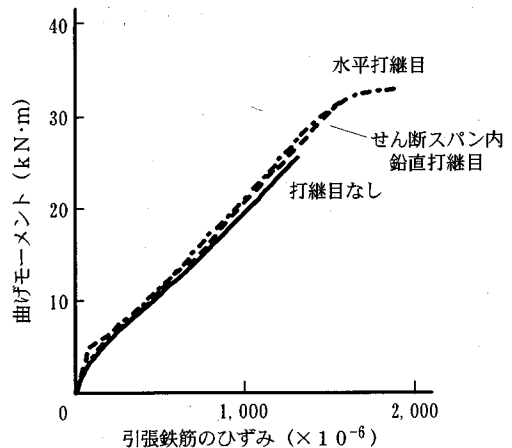


図-22 各大型RCはり中央における引張鉄筋のひずみと曲げモーメントとの関係

区間およびせん断スパン内の鉛直打継目に曲げひび割れが発生したときの曲げ引張応力度を示す。この図からも明らかなように、ポリマーセメントモルタルを用いてオープンタイムを14日と十分長くとして打ち継ぐと、図-6～図-8で示したものと同様に、打継目位置には小さい応力度で曲げひび割れが発生した。

図-22には、大型RCはりの中央位置における引張鉄筋のひずみと曲げモーメントとの関係を示す。打継目の有無および打継目の種類にかかわらず、引張鉄筋中央のひずみには大きな差は認められず、同様なひずみ変化を示している。また、いずれの大型RCはりについても、破壊するまで引張鉄筋の降伏はほとんど認められなかった。また、図-23には、大型RCはり中央位置より支点側に600mm離れた位置における引張鉄筋のひずみと曲げモーメントとの

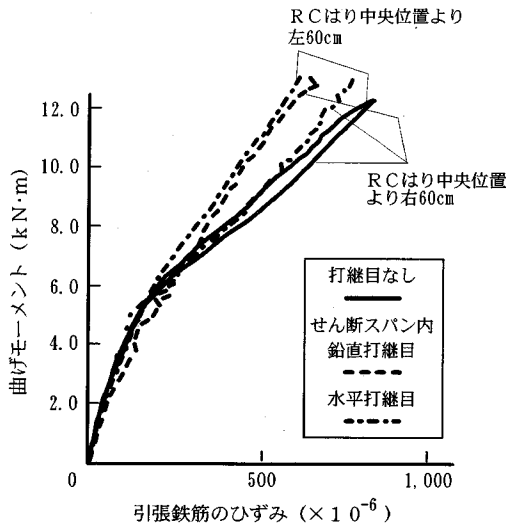


図-23 各大型RCはりのせん断スパン内各位置における引張鉄筋のひずみと曲げモーメントとの関係

関係を示す。なお、この位置は、せん断スパン内に配置した鉛直打継目の位置に相当する。せん断スパン内に鉛直打継目を有する大型RCはりの打継目部における引張鉄筋のひずみは、他の大型RCと比べても大差はない。このことから、せん断スパン内中央付近の鉛直打継目に曲げひび割れが卓越していないことが分かる。

表-8には、大型RCはりのせん断耐力および破壊形式を示す。表中の計算値はせん断スパンとはり有効高さの比 a/d が大きいため、式(1)ではなく式(3)⁹⁾により求めた。

$$V_{cd} = 0.94 (f_c')^{1/3} \{0.75 + 1.4 / (a/d)\} / (1 + \beta_p + \beta_d) b_w \cdot d \quad (3)$$

ここに、 f_c' : 圧縮強度 (kgf/cm²)

$$\beta_p = (100 p_w)^{1/2} - 1,$$

ただし、 $p_w = A_s / (b_w \cdot d)$

$p_w \geq 0.03$ の場合は $\beta_p = 0.73$ とする

$$\beta_d = (1/d)^{1/4}$$

d : 有効高さ (m)

b_w : ウェブ幅 (cm)

a : せん断スパン (cm)

A_s : 軸方向鉄筋の断面積 (cm²)

大型RCはりには曲げひび割れが十分発達したが、その破壊形式は、いずれも斜めひび割れの進展と同時に破壊する斜め引張破壊であった。原因については明確ではないが、打継目を有しないRCはりの破壊荷重が小さかったため、打継目を有する大型RCはりのせん断耐力が打継目のないはりよりも大きくなり、鉛直打継目および水平打継目においてせん断力によるずれも生じなく、新旧コンクリートが一体

表-8 大型RCはりのせん断耐力および破壊形式

打継目の種類	圧縮強度 (MPa)		せん断耐力 (kN)		破壊形式
	旧コンクリート	新コンクリート	計算値	実測値	
打継目なし	—	44.4	42.2	30.4	斜め引張破壊
せん断スパン内鉛直打継目	38.5	44.4	41.2	37.3	斜め引張破壊
水平打継目				39.2	斜め引張破壊

化されていた。また、鉛直打継目あるいは水平打継目を有する大型RCはりのせん断耐力は、いずれも計算値とよく一致している。

7. 結論

鉛直打継目あるいは水平打継目を有する鉄筋コンクリートはり供試体についての載荷試験を実施し、打継目の性能について検討するとともに、打継ぎ材としてのポリマーセメントモルタルの実用性について検討した結果、以下の結論を得た。

(1) 等曲げモーメント区間中央に位置する鉛直打継目は、曲げひび割れを誘発しやすく、曲げひび割れ幅が大きくなる。しかしながら、打継ぎ材にポリマーセメントモルタルを用いる場合には、オープンタイムにかかわらず、セメントペーストを用いる場合や打継ぎ材を塗布しない場合に比べ、曲げひび割れ性状が向上する。また、ポリマーセメントモルタルの塗布厚さが2mm~5mmの範囲では、配合Bに比べ配合Aのポリマーセメントモルタルを用いた方が、大きな曲げひび割れ発生モーメントを示す。ポリマーセメントモルタルの塗布厚さを増加させると、曲げひび割れ発生モーメントが増加する傾向にある。

(2) せん断スパン内に鉛直打継目を有する場合でも、ポリマーセメントモルタルを打継ぎ材に用いることにより、打継目が無処理および打継目にセメントペーストを塗布したはりに比べ、打継目の曲げひび割れ発生荷重が大きくなる。

(3) 打継目位置にかかわらず、ポリマーセメントモルタルを用いてオープンタイムを14日とって打ち継いでも、せん断スパン内の鉛直打継目は、RCはりの斜めひび割れ発生時のせん断応力度にはほとんど影響を及ぼさない。

(4) せん断スパン中央位置に鉛直打継目を有するRCはりでは、打継目に沿ってひび割れが進展し、小さいせん断力で破壊したRCはりがあった。この場合でも、ポリマーセメントモルタルを用いその塗布厚さを厚くすることにより、せん断耐力の向上が図れる。

(5) オープンタイムを十分長くにとって打ち継いでも、ポリマーセメントモルタルを用いた水平打継目

を有するRCはりの斜めひび割れ発生時のせん断応力は、打継目を有しないRCはりのそれに比べ同程度か若干小さな値を示す。また、ポリマーセメントモルタルの塗布厚さが厚くなるに従い、斜めひび割れ発生時のせん断応力は大きくなる。

(6) 水平打継目を有するRCはりのせん断耐力は、打継目を有しないRCはりのそれを下回ることはなく、ポリマーセメントモルタルの塗布厚さを厚くすると、そのせん断耐力は大きくなる。

(7) 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、鉛直打継目あるいは水平打継目を有する大型RCはりは、打継目を有しない大型RCはりとはほぼ同等の力学的性状を示す。

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）、古澤政夫（小野田セメント）、木村和正（埼玉県庁）、中島貴弘（間組）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法，セメント・コンクリート，No.226，pp.11-15，1974.4
- 3) 大濱嘉彦：特殊な材料を用いたコンクリート（その22）V-1 ポリマー混和剤，コンクリート工学，Vol.25，No.12，pp.75-86，1987.12
- 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) 辻 幸和，森脇貴志，木暮 健，チュウ コン ファ：打継ぎ用材料の塗布厚さが異なる鉛直・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.14，No.2，pp.179-184，1992.6
- 8) 森脇貴志，辻 幸和，木暮 健，松下 朗：せん断スパン内に鉛直打継目を有するRCはりのせん断性状，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.15，No.2，pp.323-328，1993.6
- 9) 岡村 甫：コンクリート構造の限界状態設計法，共立出版，pp.74-88，1986.10

(1994. 10. 6受付)

PERFORMANCE EVALUATION OF CONSTRUCTION JOINT EXISTING IN RC BEAM USING POLYMER-MODIFIED MORTARS AS JOINT MATERIALS

Takashi MORIWAKI, Yukikazu TSUJI, Chikanori HASHIMOTO
and Takeshi KIGURE

Construction joints have to be executed very carefully. Generally, fresh concrete is placed after operation of green cut or chipping of old concrete. Cement mortar or epoxy resin is placed just before fresh concrete is placed. In this paper, characteristics of polymer-modified mortar as a joint material are investigated as a stand point of flexural and shearing behaviors of RC beam having a vertical or horizontal construction joint under various conditions. Experimental parameters are such as an open-time which is a time between placement of polymer-modified mortar on joint and placement of fresh concrete, a thickness of polymer-modified mortar, ages of concrete, kinds of joint materials and so on.