

論文 コンクリートの配合および打継ぎ方向が打継ぎ部の付着性状に及ぼす影響

林 承燦*1・国枝 稔*2・鎌田 敏郎*3・六郷 恵哲*4

要旨：打継ぎ面の方向および新旧コンクリートの水セメント比が打継ぎ部の付着性状に及ぼす影響について直接引張式の強度試験や曲げ試験により検討を行った。鉛直な打継ぎ面をもつ供試体の場合、打継ぎ部の下部よりも上部の付着強度が小さくなり、その差は、ブリーディング量が多いほど大きくなった。打継ぎ面が洗出し面の場合も平滑面の場合も、いずれにおいても、新旧コンクリートの水セメント比が同じ(50%)場合に比べ、いずれかのコンクリートの水セメント比(30%)が小さい方が、曲げ強度は大きくなった。このことは、旧コンクリートの水セメント比が小さい場合よりも新コンクリートの水セメント比が小さい方が顕著であった。

キーワード：打継ぎ部、付着性状、プレキャスト型枠、打継ぎ方向、破壊エネルギー

1. はじめに

プレキャスト型枠の利用は、プレキャスト型枠の外側の型枠・支保工、現場作業の軽減、安全性の向上や型枠・足場材の軽減による環境負荷の低減等が期待できる。しかしながら、プレキャスト型枠と後打コンクリートの間には打継ぎ部が設けられることとなり、この打継ぎ部は、構造物の力学的な弱点であるとともに、水密性や耐久性の点でも弱点となりやすい。また、プレキャスト型枠を用いた壁高欄に設けられる打継ぎ部は、主に鉛直面となることが多い。

打継ぎ部の付着性状は表面の凹凸の形状や打継ぎ面積に加え、打継ぎ方向などにも大きく影響を受けることが知られている^{1,2)}。特に、鉛直打継ぎ部の場合、打継ぎ面に沿ってブリーディングによる水みちが形成され、打継ぎ部の付着強度が小さくなることが知られている²⁾。しかし、鉛直打継ぎ部の付着性状に及ぼす高さの影響について検討した研究は少ない。また、打継ぎ面の表面処理程度と付着性状との関係についても、新旧コンク

リートの配合の違いと関連させて検討した研究は少ない。

本研究では、打継ぎ面の方向の違い(実験 1)および新旧コンクリートの水セメント比の違い(実験 2)が打継ぎ部の付着性状に及ぼす影響について直接引張式の強度試験や曲げ試験により検討を行った。

2. 打継ぎ面の方向と打継ぎ部の付着性状 (実験 1)

2.1 供試体および載荷方法(実験 1)

表-1 に示すように、同じ配合の旧コンクリートに、水セメント比および単位水量が異なる 3 種類の新コンクリートを打ち継いだ供試体を作製した。なお、表中には新旧コンクリートの強度試験結果を示す。打継ぎ面の方向は、**図-1** に示すように打継ぎ面が打設方向に対して直角なもの(以下、水平供試体と呼ぶ)と平行なもの(以下、鉛直供試体と呼ぶ)の 2 方向とした。供試体寸法は、水平供試体は 200×400×200mm とし、鉛直供試体は

*1 岐阜大学大学院 生産開発システム専攻 工修 (正会員)

*2 岐阜大学助手 工学部 社会基盤工学科 工博 (正会員)

*3 岐阜大学助教授 工学部 社会基盤工学科 工博 (正会員)

*4 岐阜大学教授 工学部 社会基盤工学科 工博 (正会員)

表-1 コンクリートの配合(実験1)

区分	W/C (%)	スランプ	単位量(kg/m ³)					強度(MPa)		
			W	C	S	G	Ad ^{*1}	圧縮	曲げ	引張
旧	50	4cm	170	340	768	1002	1.02	48.33	3.93	3.46
新	30	—	107	428	790	1053	21.4	81.23	7.61	5.38
	50	3cm	170	340	768	1002	1.02	49.27	4.13	3.83
	50	13cm	190	380	683	1002	1.67	47.25	3.95	3.45

*1: AE 減水剤(W/C:50%), 高性能 AE 減水剤(W/C:30%)

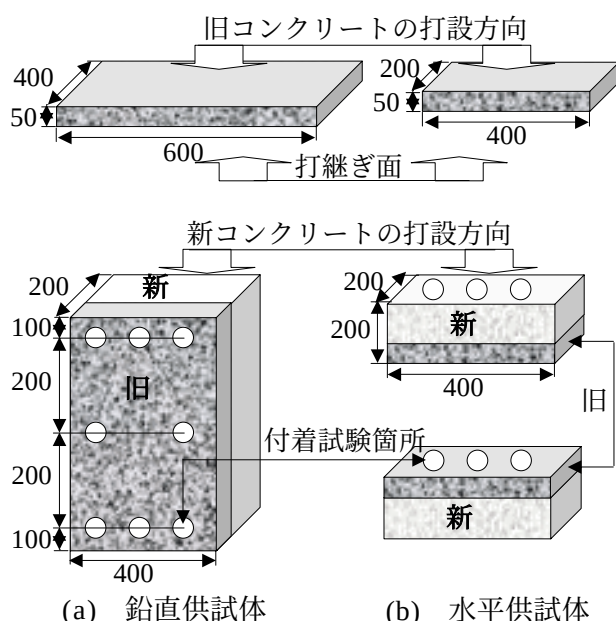


図-1 供試体作成概要(実験1)

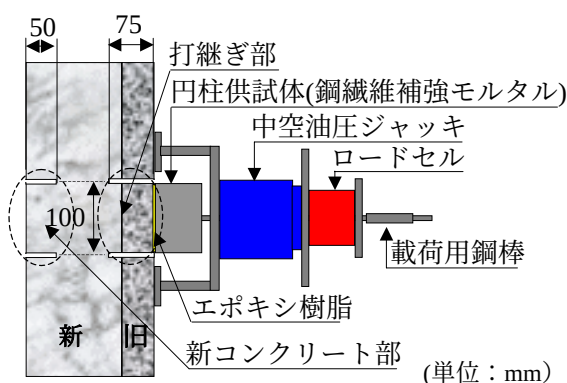


図-2 付着強度試験の概要図(実験1)

200×400×600mmとした。水平供試体および鉛直供試体ともに旧コンクリートの部分は水平にして打設し、厚さを50mmとした。旧コンクリートの部分の底面は遅延剤シートを用いて洗出し処理(洗出し深さ:4mm)を行い、打継ぎ面とした。また、新旧コンクリート打設は、水平供試体および鉛直供試体ともに3層に分けて打設を行うとともに、層ごとにはバイブレーターにより十分に締固めを

行った。

旧コンクリートの材齢5日目に新コンクリートの打設を行い、新コンクリートの材齢28日目に直接引張式の強度試験を行った。直接引張式の強度試験は、打継ぎ部と新コンクリート部を対象として行った。

図-1と図-2に直接引張式の強度試験箇所および概要図を示す。打継ぎ部および新コンクリート部における強度試験箇所は、鉛直供試体の場合は、供試体の底面から高さ100mm(下部)で3箇所、高さ300mm(中部、打継ぎ部のみ)で2箇所および500mm(上部)で3箇所とした。水平供試体の場合は、打継ぎ部および新コンクリート部で、それぞれ3箇所とした。なお、直接引張式の強度試験を行うため、打継ぎ部の場合は、直径100mm、深さ75mmのコア削孔を行った。新コンクリート部には、コア削孔を直径100mm、深さ50mmとした。

ボルト(寸法:直径16mm、長さ100mm)を埋め込んだ円柱供試体(寸法:直径100mm、長さ65±5mm)をコアの上面の中央にエポキシ樹脂により接着し、载荷用鋼棒(寸法:直径16mm、長さ450mm)を継ぎ足し、センターホール油圧ジャッキを用い加力を行った。この円柱供試体は鋼繊維補強高強度モルタル(W/C:24%、鋼繊維混入率:6%)により作製した。

2.2 結果および考察(実験1)

(1) 付着強度による評価

表-2に打継ぎ部の付着強度および新コンクリート部の引張強度を標準偏差とともに示す。新コンクリートの水セメント比が30%および50%(単位水量:190kg/m³)の場合、鉛直供試体の下部と水平供試体の打継ぎ部の付着強度は、ほぼ同じ値を示した。

水セメント比が50%で単位水量が異なる2種類の場合を比較すると、新コンクリート部の引張強度および水平供試体の打継ぎ部の付着強度はほぼ

表-2 付着強度および引張強度(実験 1)

新 ^{*2} W/C(%)	区分	付着強度および引張強度(MPa)			
		鉛直供試体			水平 供試体
		上部	中部	下部	
30	打 ^{*2}	2.55(0.27)	2.72(0.42)	3.56(0.13)	3.61(0.40)
	新 ^{*3}	3.70(0.34)		4.20(0.43)	4.30(0.37)
50(170 ^{*1})	打 ^{*2}	0.94(0.24)	1.32(0.12)	1.42(0.11)	2.72(0.45)
	新 ^{*3}	2.86(0.27)	—	3.30(0.30)	3.38(0.22)
50(190 ^{*1})	打 ^{*2}	1.66(0.44)	2.00(0.06)	2.75(0.21)	2.80(0.23)
	新 ^{*3}	2.81(0.24)	—	3.44(0.22)	3.0(0.26)

*1：単位水量(kg/m³), *1 以外のカッコ内の値は標準偏差
*2：打継ぎ部, *3：新コンクリート部

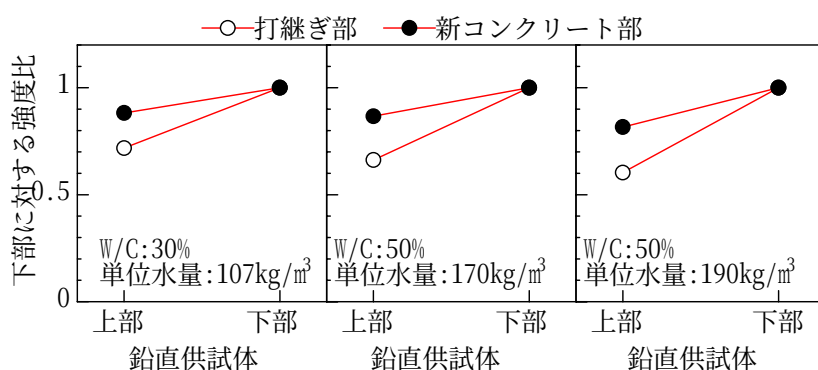


図-3 鉛直供試体の下部に対する付着強度比(実験 1)

表-3 破壊位置(実験 1)

新 ^{*2}	供試体	箇所	破壊位置		
30 (W/C:30%)	鉛直	上部	JS	S	JS
		中部	JS	—	JS
		下部	JS	JS	S
	水平	—	S	S	S
50(170 ^{*1}) (W/C:50%)	鉛直	上部	J	J	J
		中部	J	—	J
		下部	J	J	J
	水平	—	J	J	S
50(190 ^{*1}) (W/C:50%)	鉛直	上部	J	J	J
		中部	J	—	J
		下部	J	S	J
	水平	—	JS	S	J

*1：新コンクリート, *2：単位水量(kg/m³)

*J：打継ぎ面, JS：打継ぎ面と母材,

S：母材(新旧コンクリートの両方の総称)

同じであるが、鉛直供試体の打継ぎ部の付着強度は、単位水量が 170kg/m³ の場合に比べ 190kg/m³ の場合の方が大きくなった。単位水量が 170kg/m³(スランプ：3cm)の場合は単位水量が 190kg/m³(スランプ：13cm)の場合に比べスランプが非常に小さいため、打継ぎ部の凹部分への新コ

ンクリートの充填が難しくなり、打継ぎ部の付着強度が小さくなったと考えられる。

図-3に鉛直供試体の打継ぎ部の付着強度および新コンクリート部の引張強度を、鉛直供試体の下部に対する強度比で示す。鉛直供試体の下部に比べ上部は、打継ぎ部の付着強度および新コンクリート部の引張強度がともに低下したが、その低下の程度は、新コンクリート部の引張強度に比べ打継ぎ部の付着強度の方が大きくなった。また、新コンクリート部の引張強度の低下の程度は、全ての新コンクリートの水セメント比においてほぼ同じであった。打継ぎ部の付着強度の低下の程度については、新コンクリートの水セメント比が 30%の

場合に比べ水セメント比が 50%の方が大きく、水セメント比が 50%の場合には、単位水量が 170kg/m³ に比べ 190kg/m³ の方が大きくなった。これは、単位水量が 190kg/m³(スランプ：13cm)の場合は、単位水量が 170kg/m³(スランプ：3cm)に比べ、ブリーディング量が多いため、鉛直打継ぎ部の下部に比べ上部の付着強度の低下の程度が大きくなったと考えられる。

(2)破壊位置による評価

表-3 に鉛直および水平供試体の付着試験箇所ごとの破壊位置を示す。新コンクリートの水セメント比が 50%の場合に比べ、30%の方が母材での破壊が多く、鉛直供試体に比べ水平供試体の方が母材での破壊が多くなった。鉛直供試体の場合、いずれの新コンクリートの水セメント比においても下部に比べ上部の付着強度が小さいが、下部と上部の破壊位置の違いはほとんど無かった。しかし、新コンクリートの水セメント比が 30%および 50%(単位水量：190kg/m³)の場合、それぞれ鉛直

表-4 コンクリートの配合(実験2)

区分	W/C (%)	単位量(kg/m ³)					強度(MPa)		
		W	C	S	G	Ad* ¹	圧	曲げ	引
旧	30	107	428	790	1053	21.4	83.7	9.79	5.71
	50	170	340	768	1002	1.02	55.3	6.11	3.58
新	30	107	428	790	1053	21.4	94.1	11.16	6.87
	50	170	340	768	1002	1.02	52.2	5.81	3.75

*1: AE 減水剤(W/C:50%), 高性能 AE 減水剤(W/C:30%)

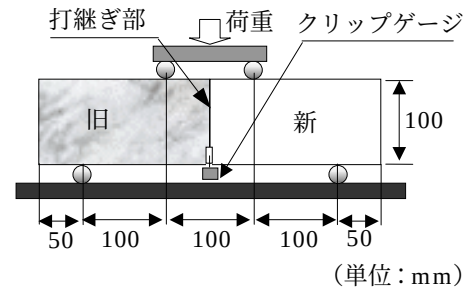


図-4 最荷方法(実験2)

表-5 供試体概要(実験2)

W/C(%)		打継ぎ面の状態	シリーズ名
旧	新		
30	30	洗出し面* ¹	3S3
		平滑面* ²	3N3
	50	洗出し面* ¹	3S5
		平滑面* ²	3N5
50	30	洗出し面* ¹	5S3
		平滑面* ²	5N3
	50	洗出し面* ¹	5S5
		平滑面* ²	5N5

*1: 遅延剤シートによる洗出し面(処理深さ: 4 mm)

*2: 電動サンダーによる平滑面(処理深さ: 0.5 mm)

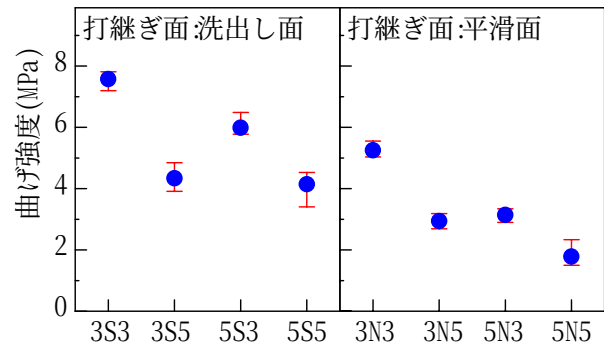


図-5 曲げ強度の平均(実験2)

供試体の下部と水平供試体の付着強度はほぼ同じであるが、その破壊位置は、水平供試体の方が母材での破壊が多く見られた。

3. コンクリートの水セメント比と打継ぎ部の付着性状(実験2)

3.1 供試体および載荷方法(実験2)

新旧コンクリートの水セメント比と打継ぎ部の付着性状との関係について検討を行うため、表-4 に示すように、水セメント比を 30%および 50%とした。

はり中央部に鉛直な打継ぎ面を設けたはり供試体(寸法: 100×100×400mm)を、表-5 に示すように計 8 シリーズ(各シリーズ 4 個)作製した。旧コンクリートの打継ぎ面の表面処理方法としては、遅延剤シートによる洗出し面(洗出し深さ: 4mm)ならびに電動サンダーを用い表面の弱い層をほぼ 0.5mm 除いた平滑面の 2 種類とした。また、新旧コンクリート打設は、2 層に分けて打設を行うとともに、層ごとにはバイブレーターにより十分に締

固めを行った。なお、はり供試体の打継ぎ部の引張り側には、発泡スチロールを埋設する方法により切欠き(深さ: 20mm, 厚さ: 5mm)を設けた。図-4 に示すように、新コンクリートの材齢 28 日目(旧コンクリートの材齢: 33 日)に 3 等分点曲げ載荷試験により、荷重と切欠き口の開口変位(以下、CMOD と表記する)とを計測した。また、荷重-CMOD 曲線の平均曲線を用いて引張軟化曲線を推定した。引張軟化曲線は、はり供試体の中央に 1 本の仮想ひび割れモデルを組み込んだ有限要素法を用い、多直線近似解析法により推定した。

3.2 結果および考察(実験2)

(1)最大荷重による評価

図-5 に各はり供試体の最大荷重の平均をバラツキとともに示す。旧コンクリートの水セメント比が同じ場合には新コンクリートの水セメント比が小さいほど、また新コンクリートの水セメント比が同じ場合には旧コンクリートの水セメント比が小さいほど、洗出し面および平滑面とも、曲げ強度が大きくなった。

打継ぎ面が洗出し面の場合も平滑面の場合も、いずれにおいても、新旧コンクリートの水セメン

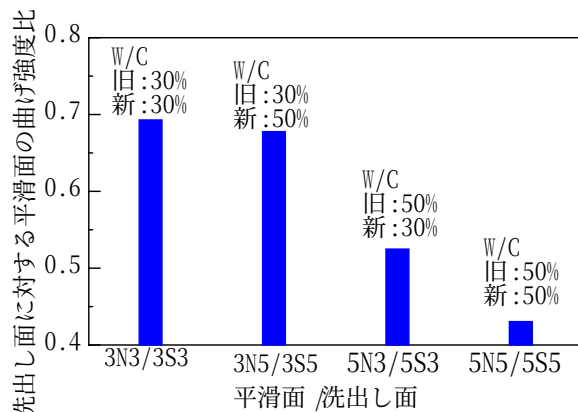


図-6 曲げ強度比(実験 2)

表-6 破壊位置(実験 2)

W/C(%)		シリーズ	破壊位置			
旧	新					
30	30	3S3	JS	JS	JS	JS
		3N3	J	JS	JS	J
	50	3S5	J	J	J	J
		3N5	J	J	J	J
50	30	5S3	S	S	S	S
		5N3	JS	JS	JS	S
	50	5S5	J	JS	J	J
		5N5	J	J	J	J

*J: 打継ぎ面, JS: 打継ぎ面と母材,
S: 母材(新旧コンクリートの両方の総称)

比が同じ(50%)場合に比べ、いずれかのコンクリートの水セメント比(30%)が小さい方が、曲げ強度は大きくなった。このことは、旧コンクリートの水セメント比が小さい場合よりも新コンクリートの水セメント比が小さい方が顕著であった。

洗出し面に対する平滑面の曲げ強度比を図-6に示す。洗出し面と平滑面の曲げ強度の差は、旧コンクリートの水セメント比が 30%の場合に比べ、50%の方が大きくなった。また、旧コンクリートの水セメント比が 30%の場合は、新コンクリートの水セメント比の違いによる洗出し面と平滑面の曲げ強度の差はほとんど無かった。しかし、旧コンクリートの水セメント比が 50%の場合は、新コンクリートの水セメント比が 30%の場合に比べ 50%の方が差が大きくなった。本実験では、旧コンクリート作製時に型枠面と接していた面を打継ぎ面として使用した。一般に、型枠面近傍は振動機による締固めの際にブリーディング水が集まり、内部に比べて脆弱であると考えられる。特

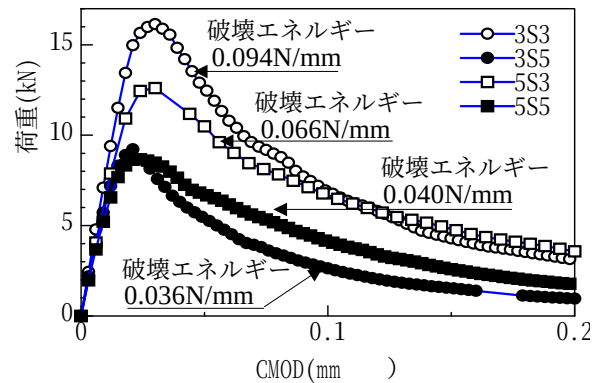


図-7 荷重-CMOD 曲線(実験 2)

に、水セメント比が 30%の場合に比べ 50%の場合は、ブリーディング水が多く、旧コンクリートの表面の脆弱層が厚いことが予想される。水セメント比 50%でかつ、打継ぎ面が平滑面の場合は脆弱層の除去が不十分であり、洗出し面に比べ平滑面の強度が小さくなったものと考えられる。これより、旧コンクリートの水セメント比が 30%の方が表面処理の違いによる打継ぎ部の曲げ強度の差が小さくなったと考えられるが、これらのメカニズムについては、今後さらなる検証が必要である。

(2) 荷重-変位関係及び破壊位置による評価

打継ぎ面が平滑面の場合は、最大荷重以降における破壊が非常に脆性的であったため、最大荷重以降の荷重-CMOD 曲線の計測が不可能であった。図-7 に遅延剤シートにより洗出し処理を行った供試体の荷重-CMOD 曲線の平均曲線を示す。なお、図中には、荷重-CMOD 曲線から得られた引張軟化曲線において、ひび割れ幅 0.02mm までの引張軟化曲線下の面積から算定した破壊エネルギーを示す³⁾。旧コンクリートの水セメント比が 30%(3S3 と 3S5 シリーズ)の場合は、水セメント比 50%(5S3 と 5S5 シリーズ)の場合に比べ、最大荷重以降の荷重-CMOD 曲線の傾きが急であった。また、旧コンクリートの水セメント比が新コンクリートに比べ小さい 3S5 シリーズの場合、新旧コンクリートの水セメント比がともに 50%の 5S5 シリーズに比べ最大荷重はほぼ同じであるが、破壊エネルギーは若干小さくなった。

表-6 にはりの供試体の破壊位置を示す。新コンクリートの水セメント比が 50%の場合、いずれ

の旧コンクリートの水セメント比においても、ほとんど打継ぎ面で破壊した。また、洗出し面と平滑面の表面処理の違いによる破壊位置の差もほとんど無かった。一方、新コンクリートの水セメント比が30%の場合は、母材と打継ぎ面あるいは母材での破壊が多く見られた。特に、打継ぎ面を洗出し面とし、旧コンクリートに比べ水セメント比が小さい新コンクリートを打継いだ5S3シリーズは、全ての供試体において旧コンクリートの母材で破壊した。新コンクリートの水セメント比が低いと打継ぎ面での付着強度が大きいことより、弱い方の母材での破壊が多くなったと考えられる。

4. まとめ

本研究では、打継ぎ面の方向および新旧コンクリートの水セメント比が打継ぎ部の付着性状に及ぼす影響について検討を行った。

供試体にコア削孔を行い、打継ぎ部と新コンクリート部に直接引張式の強度試験を実施した結果、以下のことが明らかとなった。

- 1)水平供試体の付着強度と鉛直供試体の下部の付着強度はほぼ同じ値を示した。しかし、鉛直供試体の場合、下部に比べ上部の付着強度および引張強度が小さくなった。新コンクリートの引張強度の低下の程度に比べ打継ぎ部の付着強度の低下の程度が大きくなった。
- 2)水セメント比が一定(50%)の場合、新コンクリートのスランプが大きいと締固めを十分行えるため鉛直打継ぎ部の付着強度は大きくなったが、ブリーディング量が多くなり、鉛直打継ぎ部の下部に比べ上部の付着強度の低下の度合いが大きくなった。

打継ぎ面を有する供試体の曲げ載荷実験を行った結果、以下のことが明らかとなった。

- 3)打継ぎ面が洗出し面の場合も平滑面の場合も、いずれにおいても、新旧コンクリートの水セメント比が同じ(50%)場合に比べ、いずれかのコンクリートの水セメント比(30%)が小さい方が、曲げ強度は大きくなった。このことは、旧コンク

リートの水セメント比が小さい場合よりも新コンクリートの水セメント比が小さい方が顕著であった。

- 4)打継ぎ面を洗出し面とし、旧コンクリートの水セメント比を新コンクリートに比べ小さくした場合、最大荷重の増加はほとんど無く、最大荷重以降の荷重-CMOD 曲線の傾きが急となり、破壊エネルギーも若干小さくなった。
- 5)新コンクリートの水セメント比が50%の場合は、打継ぎ面で破壊したが、水セメント比が30%の場合は、打継ぎ面以外での破壊が多くなった。新コンクリートに比べ旧コンクリートの水セメント比が大きいと、旧コンクリートの母材で破壊した。

参考文献

- 1)栗原哲彦，西田好彦，鎌田敏郎，六郷恵哲：コンクリート打継ぎ部における表面処理粗さの定量化と付着性状の評価，コンクリート工学年次論文集，Vol.20，No.1，pp.407-412，1998.6.
- 2)足立一郎，小林一輔：ショットブラストを利用した新旧コンクリートの打継ぎ工法に関する研究，土木学会論文集，第373号，VI-5，1986.9.
- 3)Kurihara, N., Kunieda, M., Uchida, Y., Rokugo, K.: Bond Properties of Concrete Joints and Size Effect, Journal of Materials, Concrete Structures and Pavements, JSCE, Vol.42. No.613, pp.309-318, 1999.
- 4)迫田恵三，足立一郎，光延優一，吾妻健司：各種の打継ぎ材料がコンクリートの付着強度に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.20，No.1，pp.413-418，1998.6.
- 5)野島昭二，吉田敦，上東泰：ウォータージェット工法を用いたコンクリート構造物のはつり処理技術の検討，コンクリート工学，Vol.38，No.8，pp.40-54，2000.8.
- 6)辻幸和，田中治一，古澤政夫，森脇貴志：鉛直・水平打継ぎ目をもつ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.