

論文 ウォータージェットを用いた新旧コンクリートの打継ぎに関する研究

足立一郎*¹・五十嵐英幸*²・迫田恵三*³・八尋輝夫*⁴

要旨：旧コンクリートの打継ぎ面をウォータージェットによって表面処理を行い、旧コンクリートと同じ配合の新コンクリートを鉛直に打継ぎ、三等分点二点載荷法による曲げ試験を行って打継ぎ強度を評価した。ウォータージェットの処理条件としてノズルに回転を与えるロータリー処理を行った結果、曲げ強度比は用いた粗骨材の種類によらず80-90%程度となることが確認された。また、チップング処理の場合は50-60%、処理なしの場合は10%以下の曲げ強度比となった。一方、処理深さはコンクリートの圧縮強度の増加に伴い減少する傾向を示した。

キーワード：ウォータージェット，ロータリージェット，鉛直打継ぎ，処理深さ，

1. はじめに

新旧コンクリートの打継ぎにおいては、旧コンクリート表面のレイタンス、脆弱となった部分あるいは中性化した部分を完全に除去し、健全なコンクリート面を形成しなくてはならない。打継ぎにおける表面処理には種々の工法があり、大別すると機械的処理、噴射処理の物理的方法と酸浸食法や遅延剤等を利用する化学的方法とがある。これらの工法の内、機械的に衝撃を与える工法は処理面にひびわれや粗骨材のゆるみを生じさせる恐れがあり、処理深さの制御も困難である。一方、噴射処理工法は噴射力や噴射時間の調節により所要の深さをもった凸凹面を得ることができ、処理面に損傷を与えない利点も有している。しかし、表面に鉄筋等の突起物が存在しても効果的な作業のできる工法はウォータージェットの利用であると考えられる。ウォータージェット工法は水を噴射して直径1.5mm程度の範囲を連続的に切削するものであって、ノズルの移動速度あるいは噴射圧力を制御することによって処理深さを変えることができる。1995年度の研究ではノズルを往復させて切削するスイングジェット方式によって打継面の処理をし、水平打継ぎと鉛直打継ぎとに関して実験的研究を行ったが、鉛直打継ぎの場合は60-70%の曲げ強度比となって水平打継ぎの場合の90%以上よりかなり小さい値となった[1]。

よって、1996年度はノズルを直径50mmの円形に回しながら移動させるロータリージェットを用いて打継面の処理を行い、鉛直打継ぎの場合について検討した。この工法は所定の直径で円形に切削するので、一方向繰り返し切削するスイングジェット工法の2倍の速さで作業ができる。本研究では、表面処理度を評価する指標として凸凹深さの平均値（処理深さ）を用い、コンクリートの圧縮強度と処理深さとの関係、圧縮強度と打継ぎ強度比との関係を得ることを主な目的とした。また、ロータリージェットの処理条件については、試験的に水の噴射を行いながら2-4mm程度の凸凹が得られるように設定した。

*1 千葉工業大学教授 工学部土木工学科、工博（正会員）

*2 千葉工業大学大学院生 工学部土木工学科

*3 東海大学助教授 海洋学部海洋土木工学科 工博（正会員）

*4 東海大学教授 海洋学部海洋土木工学科 工博

2. 実験概要

2.1 使用材料と配合

使用したセメントは普通ポルトランドセメントである。細骨材は富士川産で表乾比重2.62、吸水率1.02%、粗骨材は砂利が富士川産で表乾比重2.65、吸水率0.81%、最大寸法20mm、碎石が静岡市丸子産で表乾比重2.69、吸水率1.96%、最大寸法20mmである。コンクリートの配合は砂利、碎石を用いた2種類とし、水セメント比を50、60および70%と変えた。単位水量は砂利の場合が180kg/m³、碎石の場合が194kg/m³とし、水セメント比によらず一定とした。コンクリートの配合表を表-1に示す。

2.2 供試体

コンクリート供試体の寸法は標準が、10x10x40cmであり、旧コンクリート、新コンクリートのいずれも10x10x20cmとした。所定の養生を行った後、旧コンクリート

表-1 コンクリートの配合

配合名	W/C	単位量(kg/m ³)				
		W	C	S	G	AE剤
川砂利 コンク リート	50%	180	360	779	970	0.14
	60%	180	300	837	962	0.12
	70%	180	257	889	943	0.10
碎石 コンク リート	50%	194	388	803	898	0.16
	60%	194	323	863	890	0.13
	70%	194	277	918	874	0.11

の型枠面10x10cmをウォータージェットで表面処理を施し、標準砂を用いた方法[1]によって凸凹の平均深さを求め、これを処理深さとした。この旧コンクリートは室内で16時間自然乾燥させた後10x10x40cmの型枠にセットし、供試体寸法が10x10x40cmとなるように打継面を鉛直にして同配合の新コンクリートを打継いだ。コンクリートのスランプは、旧コンクリートが10.5-13.6cm、新コンクリートが8.5-11.1cmであった。

新コンクリートの打設に際しては、棒状バイブレーターを用いてゆっくりと3ヶ所に差込んで締め固め、打設面をこてによって水平に均した。

また、本研究においては旧コンクリートの打継面のチップング処理を行った場合と処理無しの場合とについて打継ぎを行い、ロータリージェット処理の場合と打継ぎ強度比を比較した。

2.3 供試体の養生

旧コンクリート供試体および圧縮強度試験用供試体は、打設後5週間の標準養生を行った。また、新コンクリートを打継いだ供試体と標準供試体とは4週間の標準養生とした。

2.4 旧コンクリートの表面処理

スイングジェットによって表面処理を行う時は水圧を1500kgf/cm²と設定したが、ロータリージェットの場合は同一箇所を2回切削することになるので粗骨材をゆるめる恐れがあり、1/3に相当する500kgf/cm²とした。ノズルの回転速度は1.2cycle/secである。表-2にウォータージェットの処理条件を示す。

表-2 ウォータージェットの条件

	ロータリージェット処理
水圧	500(kgf/cm ²)
ノズル先端口径	0.3(mm)
放出水	35.26(cm ³ /sec)
処理限界距離	20(mm)
操作間隔	2(mm)
回転速度	1.2(cycle/sec)

2. 5 打継ぎ強度試験

新コンクリートを打設後4週間の標準養生を行ない、三等分点二点載荷法によって打継ぎ無しの標準供試体および打継いだ供試体の曲げ強度試験を実施した。後者の値を前者の値で除したものを打継ぎ強度比と呼び、この値を打継ぎの効果を表す指標とした。尚、供試体の値はそれぞれ3個の平均値を用いた。

2. 6 アコースティック・エミッション計測

曲げ試験時に、新旧コンクリートの打継目付近からのアコースティック・エミッション発生過程とその特性を把握して打継ぎ強度との関連を検討するため、図-1(b)に示す4箇所にAEセンサーを取り付けAEの発生数、イベントレート、AE波の振幅分布、波形の平均持続長を求めるとともに周波数分析を行った。AE信号検出の条件は表-3に示した通りである。AE信号検出に際しては、昼間は100KHZ前後のノイズが多数発生するため、21時-5時の間に曲げ試験を実施した。なお、機械的ノイズの影響を防止するため、供試体と載荷治具との間にはテフロンシートを挿み、センサーはエレクトロニックワックスで固定した。また、AE計数は包絡線検波法によった。

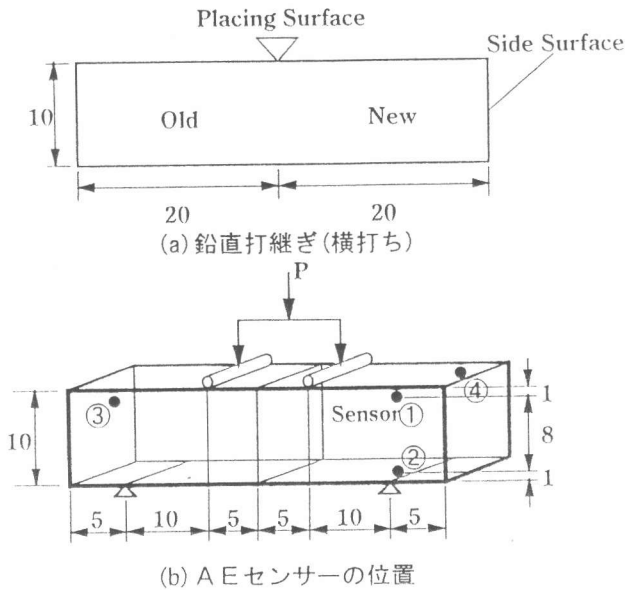


図-1 コンクリート供試体

表-3 AE信号検出条件

減衰率	35 (dB/m)		
前置増幅	20 (dB)		
主増幅	LOG MODE		
しきい値	45 (dB)		
縦波速度	碎石	W/C 50%	4181 (m/sec)
	碎石	W/C 60%	4122 (m/sec)
		W/C 70%	4024 (m/sec)
		川砂利	W/C 50%
	川砂利	W/C 60%	4214 (m/sec)
		W/C 70%	4118 (m/sec)

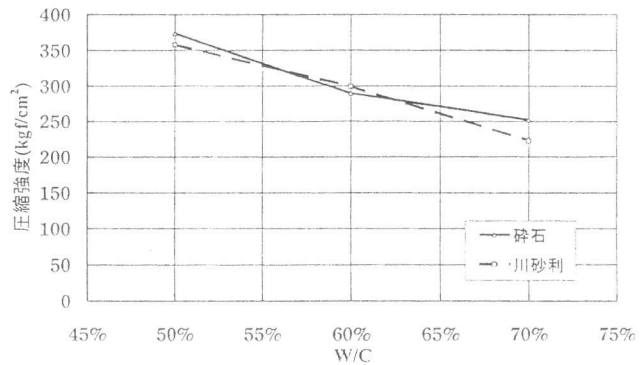


図-2 W/Cと圧縮強度との関係

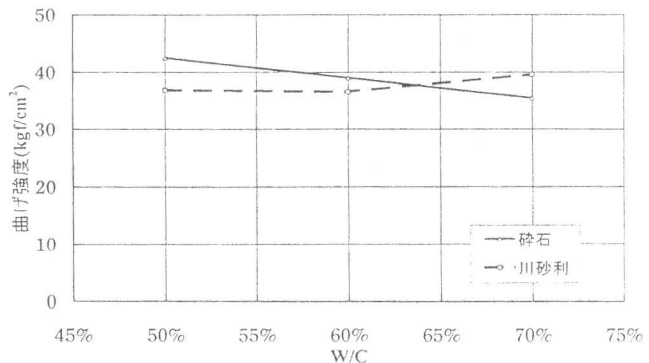


図-3 W/Cと曲げ強度との関係(標準コンクリート)

3. 実験結果と考察

3. 1 標準コンクリートの強度

図-2は標準コンクリートの水セメント比と圧縮強度との関係である。粗骨材は砂利、碎石をそれぞれ用いた。打継ぎ強度は水セメント比や使用粗骨材の影響を受けると考えられた[1]ので、これらの水準を変えて実験した。

図-3は標準コンクリートの水セメント比と曲げ強度との関係である。標準コンクリートの曲げ強度は打継ぎ強度比の計算に用いた。

3. 2 旧コンクリートの処理深さ

ロータリージェットによってコンクリートの表面処理を行った結果、図-4に示す如くコンクリートの圧縮強度の増加に伴って、処理深さが若干小さくなる傾向を示した。先に述べた如く、ロータリージェット処理は、ノズルを直径5cmの円状に回転移動させて、同一箇所を2度切削するので切削能率がよく、処理深さを水圧の制御によって変えることができる。本実験では平均3mm程度を目標とし試行的に水圧を定めた。処理面の平均深さを3mm程度とした理由は、著者がショットブラストを用いた打継ぎ工法に関する研究[2]で、3-4mmが大きな打継ぎ強度を得るための適度な処理深さであることを明らかにしたことを参照した。ウォータージェット処理では繰り返し数を増すほど処理深さが大きくなることが確認されている[1]。したがって、粗骨材の最大寸法を考慮してゆるみの生じないように処理深さを定める必要がある。

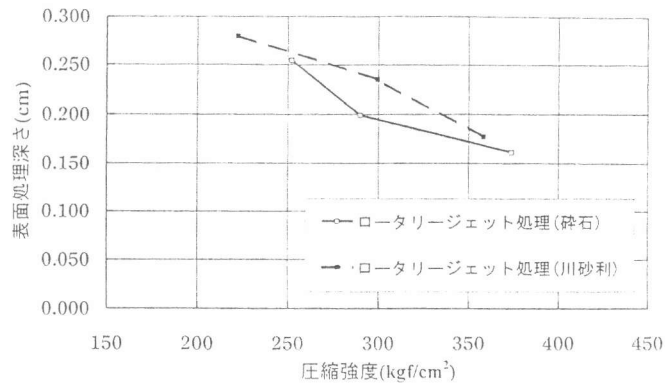


図-4 圧縮強度と表面処理深さとの関係

ロータリージェット処理とスイングジェット処理とにおける処理面の特徴は、前者が全断面にわたって凸凹を形成することに対し、後者は幅2mm程度の凸状の筋が一定間隔をもって残ることである。この処理面形状が打継ぎ強度に及ぼす影響を与えるかについては未解明である。しかし、一様な付着面を有する意味からはロータリージェットによる凸凹面が優れていると考える。

ロータリージェット処理とスイングジェット処理とにおける処理面の特徴は、前者が全断面にわたって凸凹を形成することに対し、後者は幅2mm程度の凸状の筋が一定間隔をもって残ることである。この処理面形状が打継ぎ強度に及ぼす影響を与えるかについては未解明である。しかし、一様な付着面を有する意味からはロータリージェットによる凸凹面が優れていると考える。

3. 3 打継ぎ強度

打継面が鉛直となる鉛直打継ぎの場合のみを実験的研究の対象とした。水平打継ぎの場合は適切な表面処理を行った場合、80%以上の曲げ強度比を得ることが明らかにされている[1, 2]。一方、鉛直打継ぎの場合は、主にブリージング水の上昇に伴って移動する不純物が凸凹面に付着して、新旧コンクリートの付着を阻害するため[2]、70%程度の曲げ強度比となることが確認されている[1]。

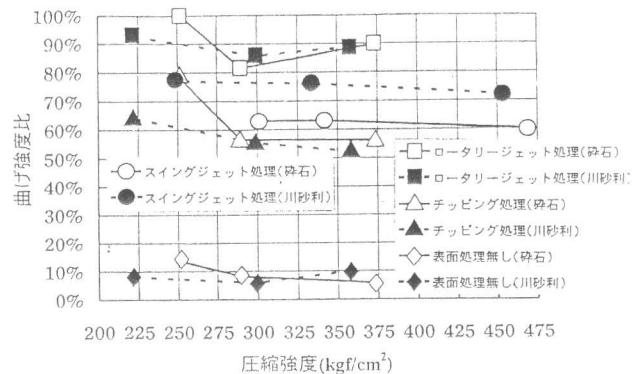


図-5 圧縮強度と曲げ強度比との関係

スイングジェット処理の場合に、一定間隔をもって残る筋が不純物の付着と関連するものと考え、今回はその生じない、ロータリージェット処理を施して打継ぎを行った。図-5は新コンクリートの圧縮強度と曲げ強度比との関係である。粗骨材は砂利、砕石の各場合について実験した。また、処理工法別の打継ぎ強度比を比較検討するため、ロータリージェット処理の他にノミによるチッピング処理および表面処理無しの場合についてそれぞれの曲げ強度比を示した。丸印はスイングジェット処理のデータである[1]。ロータリージェット処理の場合は、使用した粗骨材の種類によらず、80-90%程度の曲げ強度比を得ることができた。この場合、新コンクリートの圧縮強度および使用粗骨材の種類が曲げ強度比に及ぼす影響は顕著ではないことを示して

いる。一方、チップング処理の場合は曲げ強度比が50-60%程度であって、打継面を処理する工法によって打継ぎ強度に大きな差異の生じることが認められた。さらに、レイトンス等を取り除かないで打継ぎを行った場合は、打継ぎ強度が殆どないことが明確に示されている。

コンクリートの配合、打設条件が同じ場合の鉛直打継ぎ強度比が、スイングジェット処理の場合は60-70%、ロータリージェット処理の場合は80%以上となる結果について、処理面における凸凹の形状が関連しているものと考えた。この点については先に述べたが、図-6のスイングジェット処理面、図-7のロータリージェット処理面を比較すると、スイングジェット処理面の処理残しの様に見える筋は、ブリージングに起因する不純物が付着し易くなって、それが打継ぎ強度比の低下を招くと推測された。

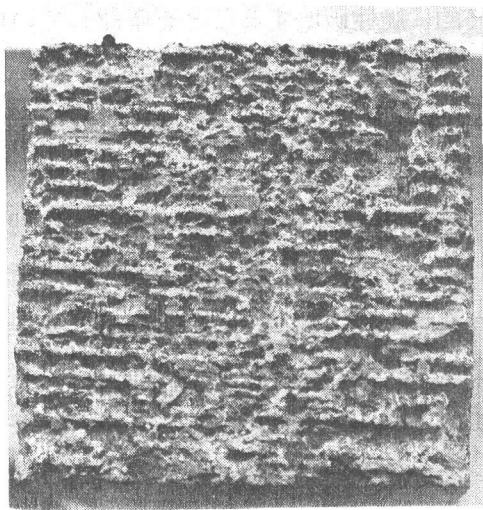


図-6 スイングジェット処理面

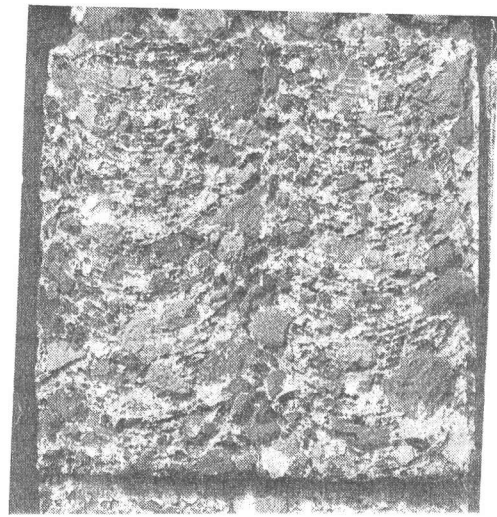


図-7 ロータリージェット処理面

3.4 アコースティック・エミッション計測

打継ぎの無い標準供試体と打継ぎを行った供試体とではアコースティック・エミッションの発生挙動に明らかな差異が認められた。図-8は横軸を波形の振幅の大きさ、縦軸はAE発生数を振幅

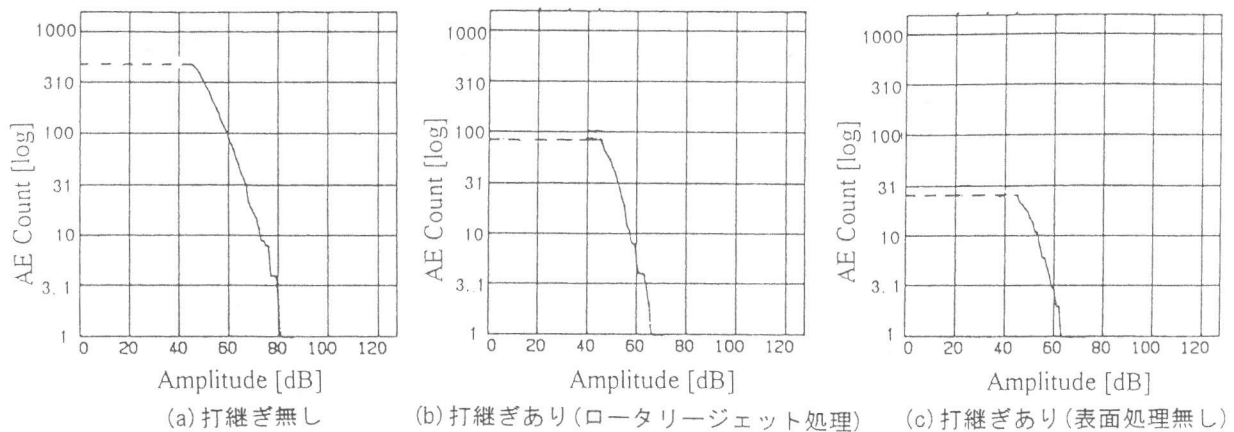


図-8 振幅分布

の大きい方から累計して対数で示した。振幅は45dBをしきい値としたのでその値までが現れている。打継ぎ無しの場合は大きい振幅すなわち強固な箇所の急激な破壊が多く発生するが、打継ぎのある場合は無しの場合と比較して発生振幅が小さく、それらの数も少なくなっている。例えば、ロータリージェット処理の場合においても一体性が不十分であり、さらに、表面処理無しの場合は振幅の大きさ、発生数の累計ともに減少して付着の悪さを示している。

図-9は振幅別累積事象数を表したものであって、横軸の時間は曲げ破壊の予想される時点の6.4秒前からAEカウントを数え始め、破壊時に終了した結果である。この図は、70-100dBの大きな破壊音の発生する状況を、打継ぎの有無について検討したものであって、打継ぎの無い場合は破壊前から発生するが、チップング処理の場合は最終破壊と同時であり、ロータリージェット処理ではこれらの中間となることを示している。AE事象数と打継ぎ強度とは関連が無く、打継ぎ強度の小さいものは早期にAEが発生し続け、最終的に脆性破壊することを確認している。

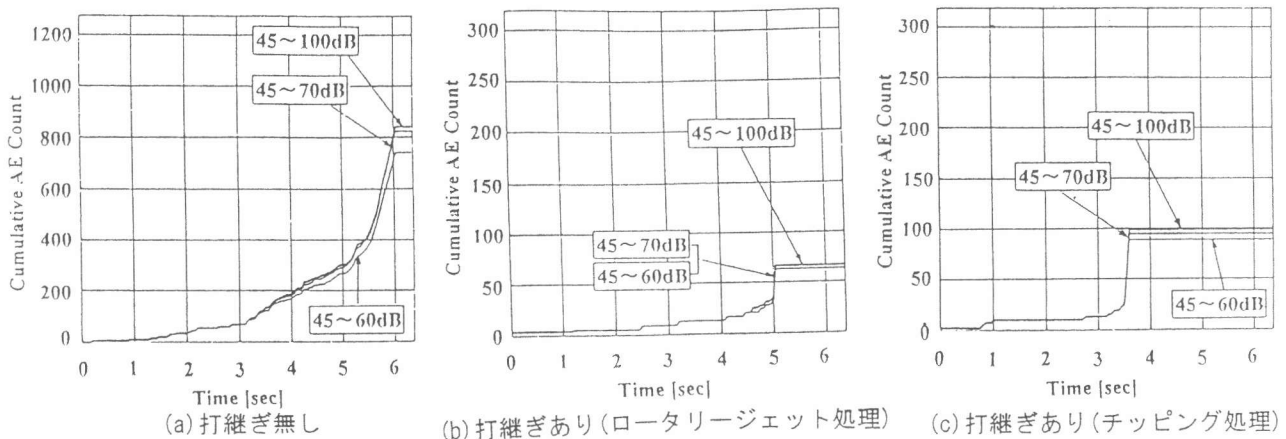


図-9 振幅別累積事象数

4. 結論

ウォータージェット工法を用いて新旧コンクリートの打継ぎについて実験的研究を行った結果次の結論を得た。

- (1) ロータリージェット処理工法を用いると、鉛直打継ぎにおいても80-90%の打継ぎ強度比を得ることができる。
- (2) 凸凹の平均深さが2-3mmであっても、(1)の強度比を得ることができる。
- (3) 使用粗骨材の種類が打継ぎ強度に与える影響はほとんど無い。
- (4) 表面処理を実施しないで打継ぎを行った場合は、打継ぎ強度は期待できない。

参考文献

- 1) 迫田恵三、足立一郎：ウォータージェットを用いた新旧コンクリートの打継ぎに関する研究、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.17, No.1 1995
- 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、1986