

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

迫田恵三*1・足立一郎*2

要旨：配合、骨材が異なるコンクリートの表面をウォータージェットによって切削処理し、その処理面に新コンクリートを打継ぎした場合の新旧コンクリートの付着について研究を行った。その結果、ウォータージェット噴射1回では付着強度を左右するコンクリート表面の切削深さは、コンクリートの強度に影響されないことが分かった。また、水平打継ぎに対し、鉛直打継ぎの付着強度が弱いことが判明した。

キーワード：ウォータージェット，処理深さ，打継目，水平打継ぎ，鉛直打継ぎ

1. まえがき

コンクリート構造物の補修や強化を図るために、旧コンクリートの表面を処理し新コンクリートを打設する工法が行われている。この工法では新旧コンクリートの付着をよくするために旧コンクリートの表面を削り取る必要があり、その表面処理程度によって付着の良否が決まると言われている。コンクリート表面を切削する方法として一般に用いられているものは、ショットブラスト工法，サンドブラスト工法，ワイヤーブラッシングおよびウォータージェット工法などが挙げられる。このうち、ショットブラスト工法は表面の切削深さをコントロールできるなどの利点があり、切削深さと付着強度の関係も明らかにされている[1]。しかし、コンクリート表面に鉄筋がある場合には表面処理が困難なことも指摘されている。また、ウォータージェットは主に対象物を切断するのにあらゆる分野に用いられている。建設分野においてもコンクリート、その他の材料の切断や、コンクリートの打継ぎ処理方法としても使用されているが、処理深さと付着強度の関係などについて十分な検討がなされていない。

本研究はコンクリート表面の切削方法としてウォータージェットを用いた場合の切削程度と、新旧コンクリートの付着強度について検討を行ったものである。

本研究はコンクリート表面の切削方法としてウォータージェットを用いた場合の切削程度と、新旧コンクリートの付着強度について検討を行ったものである。

2. 実験概要

2.1 使用材料

セメントは普通ポルトランドセメントを用いた。細骨材は富士

表-1 コンクリートの配合

配合名	(%)	単位量 (kg/m ³)				
		W/C	W	C	S	G
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	0.1
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

*1 東海大学助教授 海洋学部海洋土木工学科，工博（正会員）

*2 千葉工業大学教授 工学部土木工学科，工博（正会員）

川産（表乾比重：2.62，吸水率：1.02%），粗骨材は川砂利として富士川産（表乾比重：2.65，吸水率：0.81%，最大寸法：20mm），碎石として静岡市丸子産（表乾比重：2.69，吸水率：1.96%）を用いた。

2.2 配合

配合は碎石と川砂利を用いたコンクリートの2種とし，水セメント比は50，60および70%とした。単位水量を碎石では 194 kg/m^3 ，川砂利では 180 kg/m^3 と一定にした。コンクリートの配合を表1に示す。

2.3 供試体

コンクリート供試体の寸法は図1に示すような $10\times 10\times 20\text{ cm}$ であり，この供試体を5週間標準養生した後，ウォータージェットによって表面を切削した。供試体の表面処理はブリーディングの影響をみるために，図に示すような縦打ちおよび横打ちしたものについて行った。表面処理したコンクリートを室内で乾燥した後，型枠にセットし，供試体全体の寸法が $10\times 10\times 40\text{ cm}$ になるようにスランプ $7.3\sim 10.3\text{ cm}$ の新コンクリートを棒形バイブレータを用いて図に示すような方向に打設した。縦方向に打設したものを水平打継ぎ，横方向に打設したものを鉛直打継ぎとした。

2.4 養生方法

圧縮強度試験用供試体と表面処理を行った供試体は，5週間標準養生を行った。また，打継ぎ処理した供試体と打継ぎ無しの標準供試体は，4週間標準養生を行った。

2.5 表面処理方法

コンクリートの表面処理に用いたウォータージェットの装置を図2に，装置の概略を表2に示す。 1500 kgf/cm^2 の水圧，水ノズル径 0.3 mm ，ノズルの速度 2 mm/

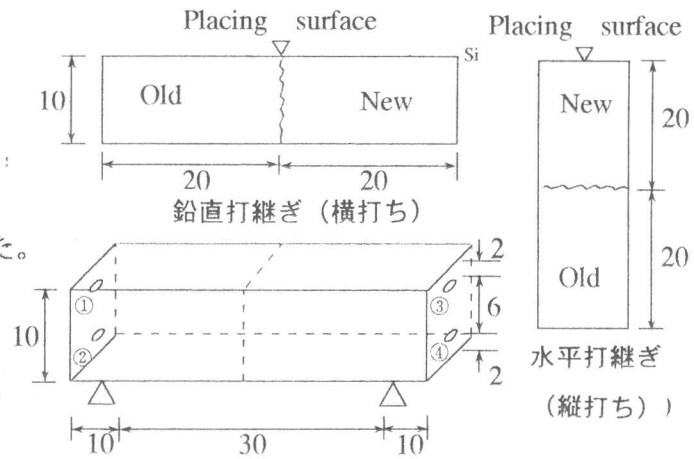


図-1 供試体

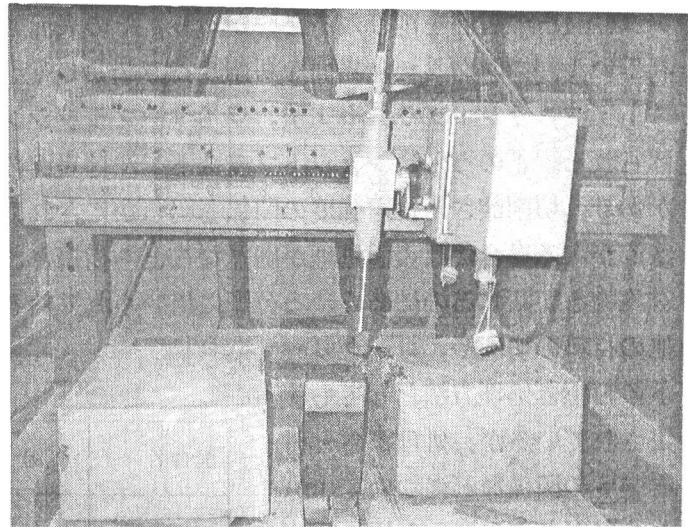


図-2 ウォータージェット装置

表-2 ウォータージェットの概要

水圧	1500 (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	約 2.0 (cm)
操作間隔	2 (mm/sec)

secでコンクリート表面を切削した。

2.6 処理深さの測定

表面処理したコンクリートの処理深さを以下のような方法で求めた。まず、供試体表面に現れた粗骨材の頂点と同一高さとなるようにプラスチックの壁板を供試体の周囲に取り付けた。次にプラスチック壁板内に標準砂を入れ、均一の高さにしてその重量を測定した。処理深さは以下の式によって求めた。

$$D = W / A \times W_d$$

ただし、Dは処理深さ、Wは標準砂重量、Aは供試体表面の断面積、 W_d は標準砂の単位容積重量を表す。

2.7 付着強度試験

標準養生4週後に三等分点載荷法によって打継ぎ無しの標準供試体と、打継ぎ処理した供試体の曲げ強度を求め、曲げ強度比によって付着強度とした。

2.8 アコースティック・エミッション (AE法)

新旧コンクリートの打継目の付着状態を確認するためにAE法を用いた。この装置のAE信号検出条件を表3に、AEセンサーの供試体取り付け位置を図1に示す。図中の①～④はAEセンサーの取付位置を示す。

3. 実験結果および考察

3.1 標準コンクリートの強度

図3は標準養生を5週間行ったコンクリートの圧縮強度を示している。表面処理度がコンクリートの圧縮強度や、使用粗骨材によって影響されると考え、水セメント比を50、60および70%、粗骨材に碎石、川砂利を用いて比較した。圧縮強度は水セメント比50%で最大469 kgf/cm^2 、50%で最小

表-3 AE信号検出条件

減衰率	3.5 (dB/m)
前置増幅	2.0 (dB)
主増幅	4.0 (dB)
しきい値	1.00 (mV)
縦波速度	4.0 (km/sec)

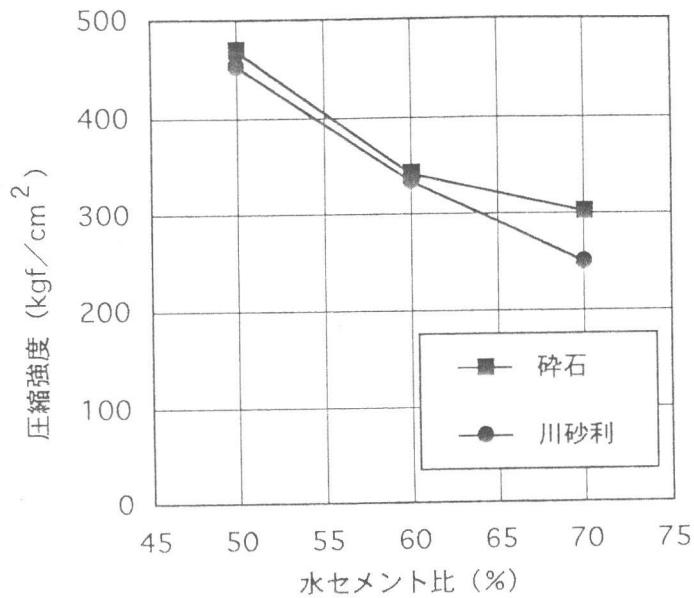


図-3 コンクリートの圧縮強度

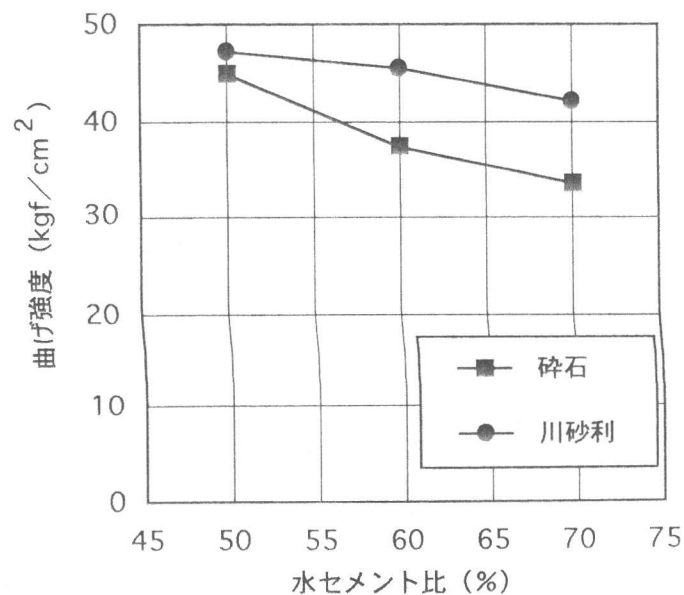


図-4 コンクリートの曲げ強度

249 kgf/cm² の値が得られた。

標準養生を4週間行った打継目無しの標準供試体の曲げ強度の結果を図4に示す。この強度は打継ぎ処理したコンクリートの強度と比較するために求めたものである。曲げ強度は水セメント比によって33.5から47.2 kgf/cm² の値が得られた。

3.2 コンクリートの処理深さ

図5, 6は標準養生を5週間行った後にウォータージェットをコンクリート表面に1回噴射した場合の処理深さとコンクリートの強度の関係を表している。処理深さはコンクリートの強度によって異なることが考えられるが、図からも明らかのように処理深さはコンクリートの強度と関係なく、2mmから2.7mmの値を示している。また、水平打継ぎに用いたコンクリートは縦打ちにしたためブリージングが供試体上層部で大きくなり、強度は小さくなることが考えられる。そのため処理深さも横打ちしたコンクリートと比較して大きくなるものと予想したが、両者とも顕著な相違は認められなかった。このように処理深さが強度に関係ない理由として、次のようなことが考えられる。図7は切削後の供試体の状態を表している。水セメント比の大きいものはモルタル部分がウォータージェットの噴射によって筋状に削られているが、水セメント比50%の場合にはモルタルと一緒に粗骨材も

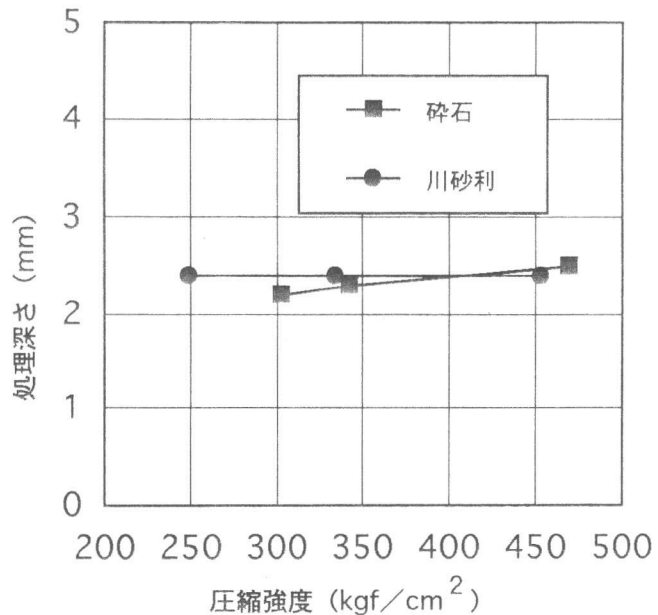


図-5 圧縮強度と処理深さの関係 (水平打継ぎ)

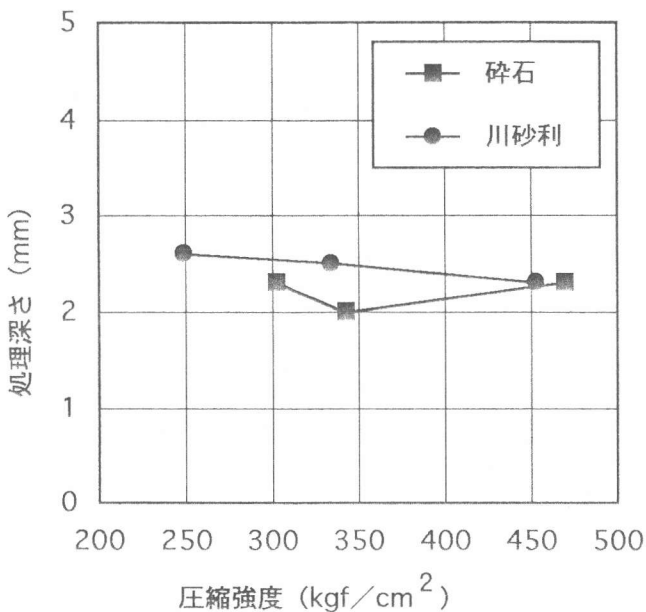


図-6 圧縮強度と処理深さの関係 (鉛直打継ぎ)

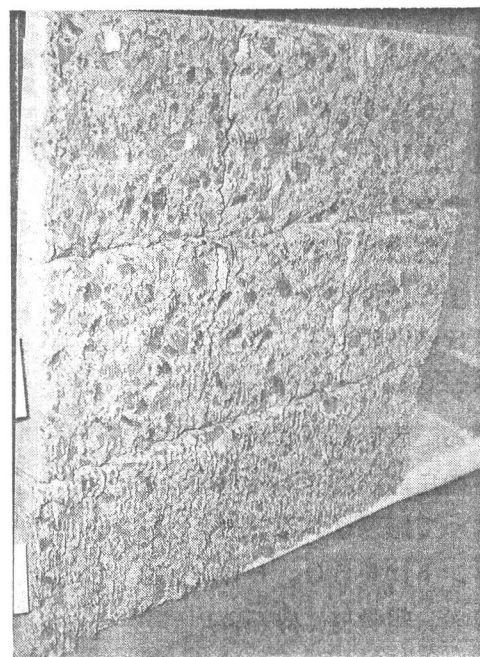
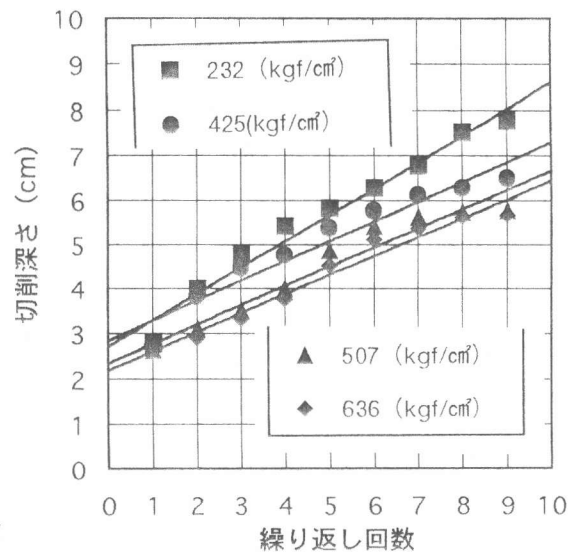


図-7 切削後の供試体表面形状
(上: W/C=50%, 中: 60%, 下: 70%)

削り取られていることが分かる。そのため、処理深さは水セメント比、言い換えればコンクリートの強度に影響されない結果になったものと考えられる。このウォータージェットの場合の切削深さは噴射回数と速度に影響を受けることも考えられる。図8はウォータージェットの繰り返し回数と切削深さの関係を示している。図中の凡例は圧縮強度を表しているが、繰り返し回数が増すとコンクリートの強度が大きいほど切削深さは小さくなっている。しかし、繰り返し回数1回では強度に関わりなく切削深さはほぼ一定の値を示す。また、ショットブラストの場合圧縮強度が400から500 kgf/cm²の範囲内では処理深さは殆ど変わらないことが明らかにされている [1]。

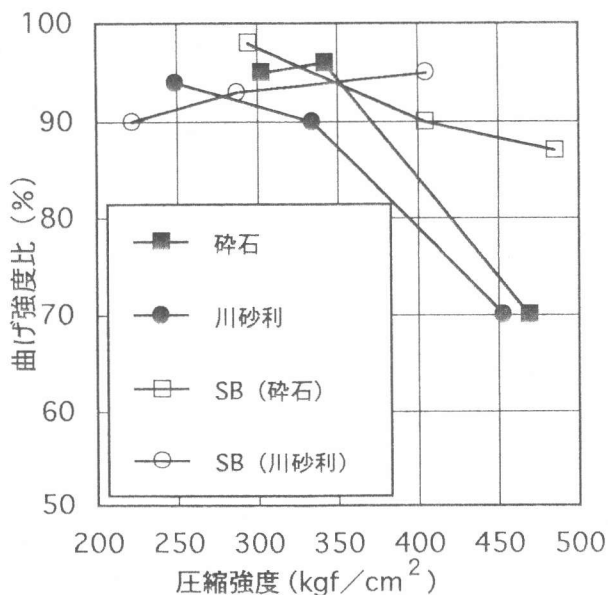
3.3 曲げ強度比

図9は水平打継ぎ処理したコンクリートの曲げ強度比を示している。曲げ強度比は打継目無しの標準コンクリートと、打継ぎ処理したものの曲げ強度の比で表してある。図中の凡例SBはショットブラストを用いたものである [1]。ウォータージェットを用いたものは圧縮強度が350 kgf/cm²程度では曲げ強度比として90%以上を示すが、450 kgf/cm²以上になると約70%の値となっている。このように圧縮強度によって付着強度に差が生じる理由としては、平均処理深さが同じであってもコンクリートの強度によって凹凸度が異なることが影響するものと考えられる。

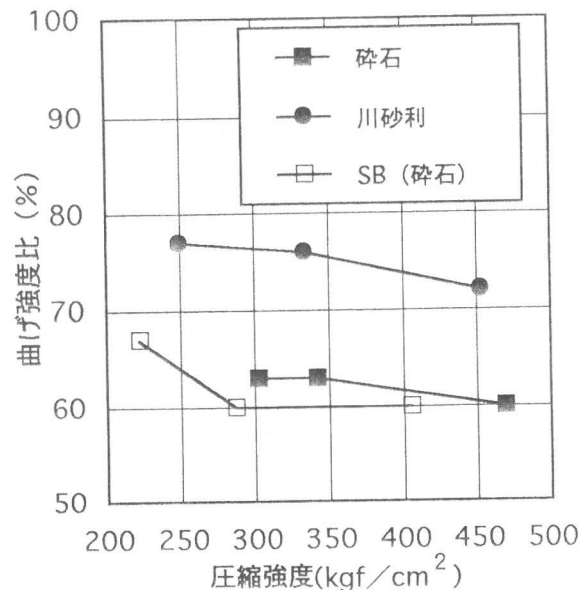


図一8 繰り返し回数と切削深さの関係

図10は鉛直打継ぎ処理したコンクリートの曲



図一9 曲げ強度比と圧縮強度の関係 (水平打継ぎ)



図一10 曲げ強度比と圧縮強度の関係 (鉛直打継ぎ)

げ強度比の結果を示している。全体的には鉛直打継ぎ処理の方が水平打継ぎ処理したものと比較して、曲げ強度比は小さくなっている。これは水平打継ぎの場合には新旧コンクリートの付着面にブリージングが殆ど影響を及ぼさないのに対し、鉛直打継ぎの場合には打継ぎ面に沿ってブリージングが上昇し、結果的に付着を弱めたものと類推される。また、ウォータージェット、ショットブラスト工法とも砕石を使用したコンクリートの方が川砂利を用いたものより強度比が小さくなっている。これは粗骨材表面の形状が影響を及ぼしているものと考えられる。川砂利の表面は滑らかでブリージング水の一部は粗骨材表面に沿って移動するのに対し、砕石の表面形状は凹凸が大きく、ブリージング水が骨材下面や表面に留まる率が高いことなどが、付着強度に影響を及ぼすものと考えられる。

3.4 AEの測定結果

図11に水セメント比50%のコンクリートのAE測定結果を示す。図のX軸はAEの発生位置、Y軸は時間経過、Z軸はAEイベント数を表している。AEの発生位置は打継目のある無しに拘らずほぼ供試体の中心である。また、AEイベント数は標準コンクリートや水平打継ぎに対し、鉛直打継ぎの方が少ない傾向にある。この結果、AE測定によっても鉛直打継ぎの付着が劣ることが確認できる。

4. 結論

ウォータージェットを使用してコンクリートの表面処理を行って打継ぎ処理した結果、以下のような結論が得られた。

- (1) 処理深さはウォータージェット噴射1回程度ではコンクリートの強度に影響されない。
- (2) 水平打継ぎより鉛直打継ぎを行った方が付着強度は弱い。
- (3) AE法によっても打継目の付着程度が確認できる。
- (4) コンクリートの強度が大きい場合には、ウォータージェットの噴射回数、移動速度を制御する必要がある。

参考文献

- 1) 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

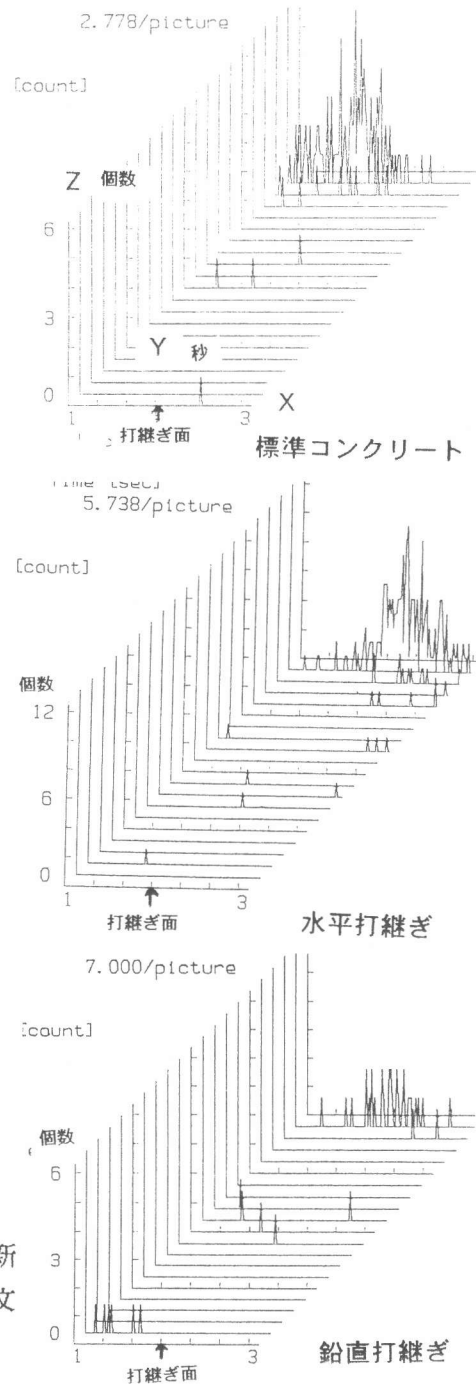


図-11 各供試体のAE信号