

# プレキャストコンクリート景観擁壁の 意匠開発に関する研究

岡島 達雄\*<sup>1</sup>・河辺 伸二\*<sup>2</sup>・武藤 正樹\*<sup>3</sup>・松岡 重吉\*<sup>4</sup>

**概要** 本研究は、プレキャストコンクリート擁壁に意匠性のあるテクスチャを付与するための生産システムに関するものである。一つは、廃棄するべき損傷した建築外装用張り石をコンクリートの硬化する前に部材表面に固定するものである。もう一つは、コンクリートの硬化する前に部材表面に砂を機械的に散布し、部材表面をコーティングするとともに部材の表面形状を波状にするものである。表面の平滑な通常のプレキャストコンクリート部材は、硬く、冷たく、人工的にみえる。しかし、このようにして製造された両景観擁壁面のパターンは規則的でもなく、かつ不規則的でもなく、適当な「ゆらぎ」があるため、軟らかく、温かく、自然にみえる。

**キーワード**: 擁壁, 景観コンクリート, 生産システム, 張り石, 砂コーティング, テクスチャ, ゆらぎ, 自然, リサイクル

## 1. はじめに

コンクリート構造物を含むすべての構造物は、その用途、安全性、耐久性、経済性の条件を満たしたうえで、人間や環境に十分配慮したものでなければならない。このような構造物は、一般に「人に優しい」あるいは「環境に優しい」といわれる。コンクリート壁の見え方は、その表面状態により変化する。なかでもコンクリート表面のテクスチャは、構造物の印象を決定づける最も重要な要因の一つである。コンクリート表面の分類やコンクリート表面の仕上げ方法は、既に研究され検討されている<sup>1),2)</sup>。また筆者らも表面が平滑なコンクリート壁は、一般に、硬く、冷たく、そして人工的にみえ、逆に表面が粗いテクスチャをしているものは、軟らかく、温かく、そして自然にみえることを証明している<sup>3)~5)</sup>。

筆者らの研究をふまえ、本研究では景観向上のため、表面が軟らかく、温かく、自然にみえるプレキャストコンクリート擁壁を提案し、生産性の高い製造システムを開発する。

## 2. プレキャストコンクリート擁壁とは

ここで取扱うプレキャストコンクリート擁壁部材（以下「PCa 部材」と呼ぶ。）とその施工システムの典型的

- \*1 名古屋工業大学長（正会員）
- \*2 名古屋工業大学助教授 工学部社会開発工学科（正会員）
- \*3 名古屋工業大学大学院 工学研究科社会開発工学専攻（正会員）
- \*4 松岡コンクリート工業(株) 代表取締役社長

な例を図-1 に示す。この部材の水平断面形状はダブル T 型で、その壁面は高さ 1 m 幅 2 m の長形状をしている。この部材を水平方向や鉛直方向に直結するには、あらかじめ用意してある部材の孔に異形棒鋼を通し、その隙間にモルタルを充填することによる。この方法により、高さ 10 m の擁壁も得られる。

## 3. PCa 部材の製造工程

仕上げ工程を除く PCa 部材の製造工程は、おおむね従来の PCa 部材の製造工程と同様である。仕上げ工程と製造工程を含めた製造システムを図-2 に示す。また、PCa 部材の製造工程を写真-1, 2, 3 および写真-4 に示す。ここで、二つの仕上げ工程について詳しく説明する。一つは、PCa 部材の表面に、張り石を固定するも

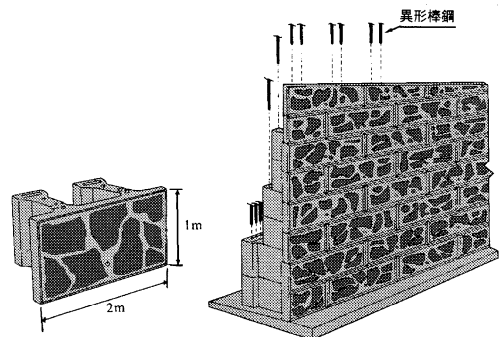


図-1 典型的なプレキャストコンクリート擁壁部材とその施工システム

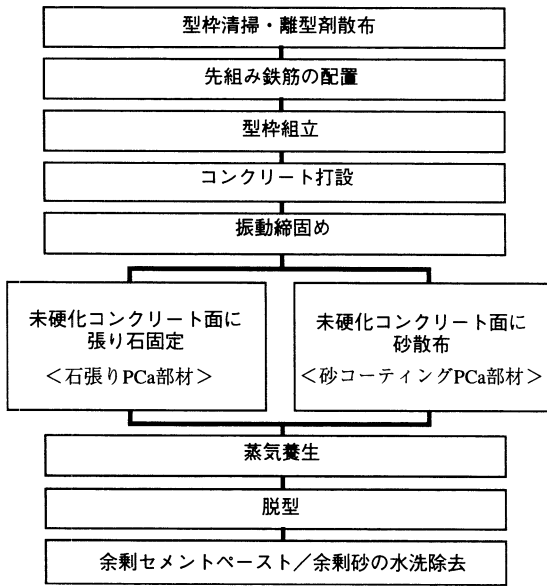


図-2 プレキャストコンクリート擁壁部材の製造システム

表-1 コンクリートの調合表

粗骨材の最大寸法	(mm)	25
ス ラ ン プ	(cm)	8±2.5
空 気 量	(%)	4±1
水 セ メ ン ト 比	(%)	44
細 骨 材 率	(%)	42
単位質量	水	(kg/m <sup>3</sup> ) 162
	セメント	(kg/m <sup>3</sup> ) 370
	細骨材	(kg/m <sup>3</sup> ) 741
	粗骨材	(kg/m <sup>3</sup> ) 1 039
	混和材	(kg/m <sup>3</sup> ) 0.148
14 日 圧 縮 強 度	(N/mm <sup>2</sup> )	29.0

の（以後「石張り PCa 部材」と呼ぶ。）である。もう一つは、表面に砂をコーティングするもの（以後「砂コーティング PCa 部材」と呼ぶ。）である。本生産システムにおけるプレキャストコンクリート擁壁は仕上げ面が型枠上部にあるため、同一の型枠で、自由な仕上げを施すことが可能である。またコンクリートの投入口の面積が、従来の型枠に比べ格段に大きいため、コンクリート打設に要する時間の大幅な削減を可能とした。表-1に PCa 部材に使用するコンクリートの調合を示す。

### 3.1 石張り PCa 部材の製造

写真-5 および写真-6は、打込みと締め固めの終了したフレッシュコンクリートの表面に作業員が慎重にかつ軽快に厚さ 25～30 mm の花崗岩張り石を配置しているとある。この張り石は、建築外装用石材として石材

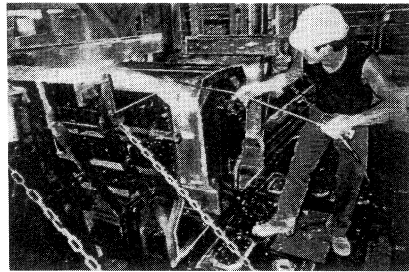


写真-1 離型剤散布

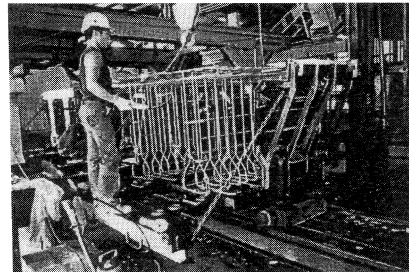


写真-2 先組み鉄筋の配置

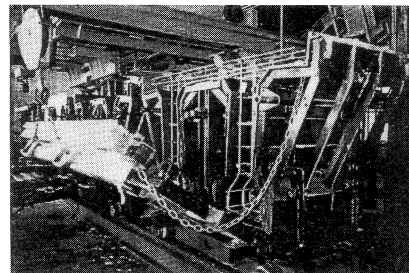


写真-3 型枠組立

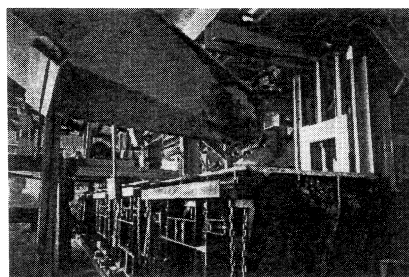


写真-4 コンクリート打設

工場で製造・運搬中に角などが損傷した廃棄物をリサイクルしたものである。このような端材は、工事現場でも得られる。張り石の形状、寸法は種々あるが、大きいものはできるだけそのまま利用できるようなにする。その方が手間もエネルギーもかからず、また貴重な石材を有効に利用できる。まず写真-5のように、少なくとも1つの隅角部に欠けのない比較的大きな張り石端材の隅角

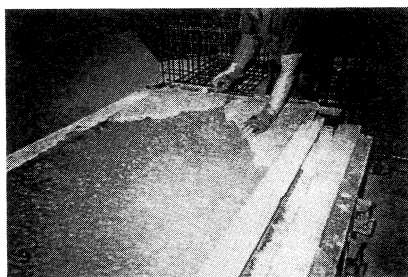


写真-5 張り石端材のPCa 部材隅角部への固定

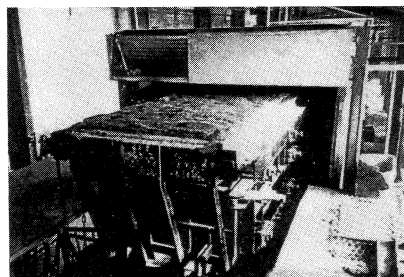


写真-8 砂コーティング装置による砂の落下散布

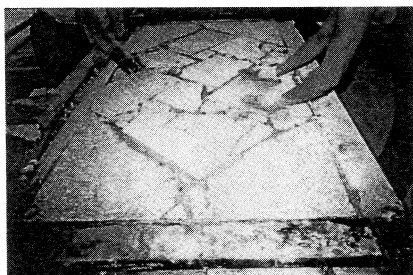


写真-6 張り石端材の固定終了

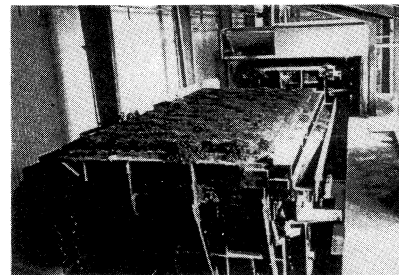


写真-9 砂コーティングの終了した砂コーティングPCa 部材

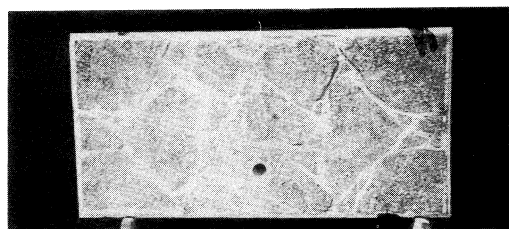


写真-7 石張りPCa 部材

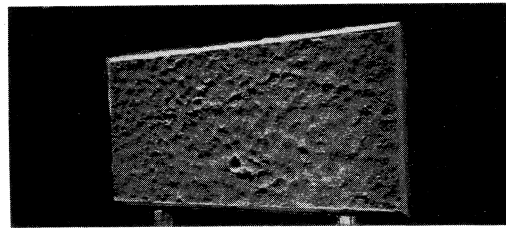


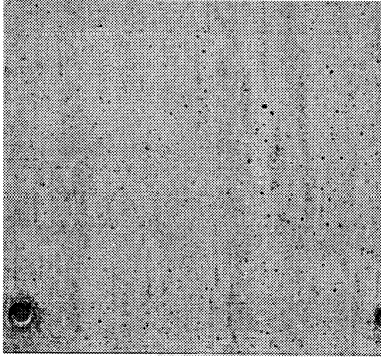
写真-10 砂コーティングPCa 部材

部を、PCa 部材の4つの隅角部の一つに併せて配置固定する。次に写真-6のように、水抜き孔などに注意しながら、大き目の張り石端材を残りの空間に配置する。最後に、大き目の張り石端材の隙間に小さ目の端材を配置する。適当な寸法形状の端材がない時は、適度な大きさの端材をハンマーで小割りして形状を整え、隙間を埋める。PCa 部材の表面の大部分が自然石で覆われることや、それぞれの張り石端材の寸法・形状・色調・テクスチャが大きくは違わないが、少しずつ異なることなどからくる「ゆらぎ」やフラクタル性などにより、このPCa 部材は、写真-7からわかるように、軟らかく、温かく、自然な表情になる。張り石の固定は、振動締めめの終了したフレッシュコンクリートの上に、張り石端材をできるだけ空気を巻き込まないように載せ、張り石表面がおおよそ水平になるように調整し、目地にフレッシュコンクリート中のモルタル分が十分詰まるまで木ハンマーなどで叩くことにより行う。コンクリートが硬化後、余剰のモルタル分を水で除去する。この工法による

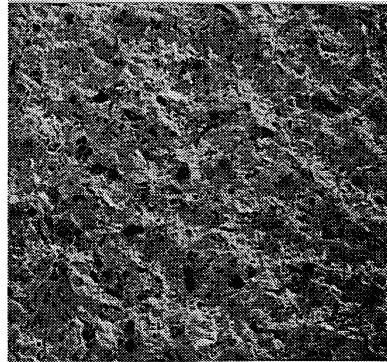
硬化後の張り石とコンクリートの接着強度は、建研式引張試験器による引張強度で  $1 \text{ N/mm}^2$  であり、せん断強度で  $2 \text{ N/mm}^2$  であった。ゼラチンなどを併用して張り石を型枠面上に配置した後コンクリートを打設する従来製造方法の張り石とコンクリートの接着強度は、引張強度で  $1.5 \text{ N/mm}^2$  から  $2 \text{ N/mm}^2$  であり、せん断強度は  $4 \text{ N/mm}^2$  であった。タイルとコンクリートまたはモルタルとの接着強度として通常要求される接着強度は、引張強度で  $0.4 \text{ N/mm}^2$  以上である。したがって、本研究の石張りPCa 部材の張り石とコンクリートの接着方式は十分実用可能である<sup>6)</sup>。

### 3.2 砂コーティングPCa 部材の製造

写真-8は、振動締めめの終了した型枠内のフレッシュコンクリート部材の表面に、砂コーティング装置が砂を散布しているところである。写真-9は、散布が終了したPCa 部材が同装置から出てくるところである。砂は、PCa 部材製造用のコンクリートに使用するものと同様のものを使用している。必要に応じて、意匠上望

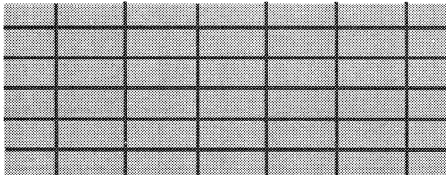


平滑なコンクリート壁面は硬く、冷たく、そして人工的に見える

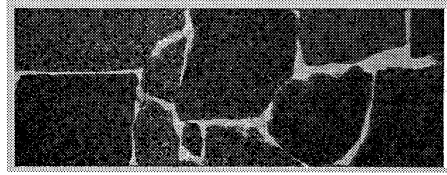


粗面のコンクリート壁面は柔らかく、温かく、そして自然に見える

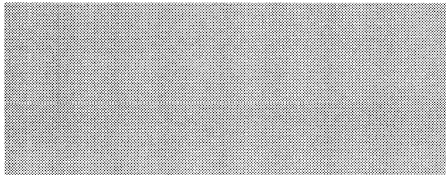
図-3 コンクリートの粗滑度と視覚心理学的評価



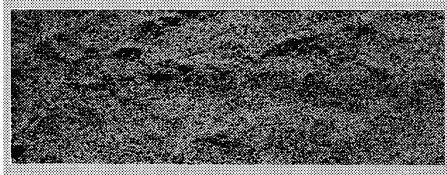
規則的なパターンは、硬く、冷たく、そして人工的に見える



石張り PCa 部材



砂コーティング PCa 部材



規則的でもランダムでもなく、適当な「ゆらぎ」のあるパターンは、柔らかく、温かく、そして自然に見える

図-4 規則的なパターンと視覚心理学的評価

ましい色調の砂など任意の砂が使用可能である。砂コーティング装置は、砂を自動的に落下し、コンクリート表面を波状にしながら砂をコーティングする。砂は、フレッシュコンクリート上に落下散布されるので、一部は自重のためフレッシュコンクリート中に埋没し、一部はその半分だけ付着し、一部は全く付着しない。余剰の砂は、コンクリート硬化後水洗いされ、集めてリサイクルされる。砂コーティング PCa 部材のテクスチャは、どれもよく似ているが完全に同じものは一つもない。また離れてみると波状パターンがみえるが、近付くと砂の一個一個がみえる。砂コーティング PCa 部材は、写真-10 にみられるように、柔らかく、温かく、自然にみえる。





## 4. 考 察

### 4.1 視覚心理学的考察

本稿で述べた2つのプレキャストコンクリート擁壁は、いずれもメタルフォーム、樹脂塗装合板型枠、合板型枠などを使用したコンクリート壁面に比べて、はるかに粗いテクスチャをしている。図-3に示すように、平滑なコンクリート壁面は遠くからみても近くからみても、一般に硬く、冷たく、そして人工的に見え、粗面のそれは、距離によって違った表情をみせるが、一般に柔らかく、温かく、そして自然に豊かにみえることを既に筆者らが報告している<sup>(3)~(5)</sup>。

今回開発したプレキャストコンクリート景観擁壁は、素材がコンクリートであるにもかかわらず、柔らかく、

表-2 PCa 部材のコスト比較

種 類	材 料 コスト	製 造 コスト	製 品 コスト
 コテ仕上げ（従来製造方法）	100	100	100
 石張り PCa 部材（従来製造方法）	127	118	150
 石張り PCa 部材（提案）	115	96	110
 砂コーティング PCa 部材（提案）	100	90	90

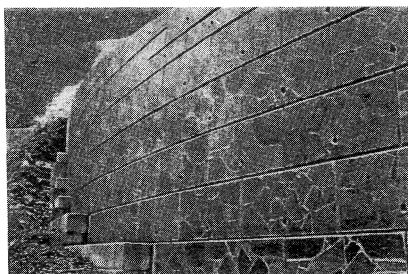


写真-11 石張り PCa 部材を用いた道路用擁壁  
—岐阜県本巣郡（施主：建設省）—

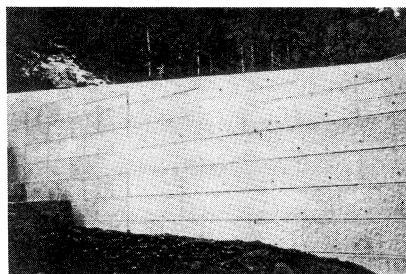


写真-12 砂コーティング PCa 部材を用いた道路用擁壁  
—岐阜県本巣郡（施主：建設省）—

温かく、そして自然な表情をしている。これは、主に次の理由によると認められる。

一般に規則的なパターンは、硬く、冷たく、人工的な印象をもつ。逆に乱数を用いたパターンなど非規則的なものは、刺激的ではあるが人を苛立たせる。本稿で述べた2つのパターンは、図-4に示すように、規則的でもなく、かつ不規則的でもない。適当に「ゆらぎ」のあるパターンである<sup>注1)</sup>。適当にゆらぎのあるパターンは、自然で快い感情をもたらすことを筆者らは既に報告している<sup>7),8)</sup>。

石張り PCa 部材の擁壁面は、大きくは、様々な形状の張り石により面が分割されているが、近づくとも一枚一枚の張り石端材が色調の違う何枚かの部分に分割され、さらに近づくとも一つ一つの造岩鉱物もみえる。また、砂コーティング PCa 部材の擁壁面も離れると何枚かの立体的な大きな波にみえるが、近づくとも一つの大きな波も中位の波で構成され、もっと近づくともその波もさらに小さい波や一つ一つの砂で形づくられている。これは、太い幹が分かれて大きな枝になり、その枝が分かれて中くらいの枝になり、その枝も分かれて小枝になり、その小枝から一枚一枚の葉が出て、その中に葉脈が枝分かれしているのと似ている。このような図形をフラクタル的図形という。フラクタル的なパターンをもつものは、遠距離からみると大きなパターンが、中距離では中位のパターンが、そして近接するとさらに細かいパターンがみえるようになり、そのものの表情が見る距離によって変わるといふところに特徴がある。自然の物体にはフラクタル的なパターンを有するものが多い<sup>注2)</sup>。

#### 4.2 コスト面からの考察

本研究で提案する石張り PCa 部材と砂コーティング PCa 部材の製品コストを、従来の製造方法であるコテ仕上げと、あらかじめ型枠底面に石材を配置する石張り PCa 部材の製造方式の製品コストと比較する。表-2に各 PCa 部材の製品コストを示す。コテ仕上げの材料コストを100、製造コストを100として、これらの積を製品コストと仮定すると、コテ仕上げの総合コストは100となる。従来方式の石張り PCa 部材は材料コストが127、製造コストが118となり、製品コストは150となる。

本研究で提案する石張り PCa 部材は、コテ仕上げに比べ、石材の材料代は増すが、製造時間短縮による製造手間を考慮に入れると、材料コストは115、製造コストは96となり、製品コストは110となる。砂コーティング PCa 部材は、砂の材料代はほとんどかからず製造手間も少ないため、材料コストが100、製造コストは90となり、製品コストは90となる。これらの提案する方式は、意匠上の景観が向上する利点の他に、総合コスト低減も可能とした生産システムである。

#### 5. 実構造物への適用

これまで述べてきた PCa 景観部材は、1993年以来多数の道路用擁壁、用水護岸用擁壁、砂防ダム用打込型枠などとして実構造物に使用されてきた。写真-11は、1994年に石張り PCa 部材が、写真-12は1995年に砂コーティング PCa 部材が、それぞれ道路用擁壁として採用された例である。

## 6. 結 論

本研究の範囲内で、次のことがいえる。

(1) 開発した2種類のプレキャストコンクリート景観擁壁の一つは、廃棄材料としての建築外装用張り石の端材をプレキャストコンクリート部材の表面に張ったものであり、もう一つはプレキャストコンクリート部材の表面を波状にするとともに砂をコーティングしたものである。

(2) 両擁壁とも、その表面が粗面であること、そのパターンがフラクタル的図形をしており、かつ規則的でも非規則的でもなく適当な「ゆらぎ」があるため、素材がコンクリートであっても、軟らかく、温かく、そして自然に感じられる。

(3) プレキャストコンクリート擁壁表面を形成する材料は、いずれも廃棄材料あるいはリサイクル材を使用する。

(4) これらのプレキャストコンクリート景観擁壁部材はいずれも従来の擁壁部材とほとんど変わらないコストで製造できる。

(5) 以上から、開発した2種類のプレキャストコンクリート景観擁壁は、いずれも人や環境に優しいもの、と認められる。

### [注]

1) ゆらぎの複雑な波を分析するには、その波形や軌跡すべてに意味を求めるのではなく、単純な波が重なり合ってきたと考え、ゆらぎを単純な波に分解しそれぞれの波の成分の大きさを周波数の関数として表現する、パワースペクトルを求めることが有効である<sup>7)</sup>。その分析例として武者<sup>9)</sup>による柾目のスペクトルとランダムな縞模様<sup>7)</sup>のスペクトルを図-5に示す。柾目の場合、空間周波数が500~1000の間にピークがあるが、これは、木目の平均間隔に相当する周波数で、それよりも低い周波数は、木目配列の「うねり」を表現していて、 $1/f$ 型のスペクトルをしているという<sup>10)</sup>。

ここで、本論文で呈示した石張りPCa部材と砂コーティングPCa部材のゆらぎを図-6に示すように評価した。まず、PCa部材の写真画像をスキャナ装置で読み取り、部材の模様を任意の位置での輝度を計測する。この時、スキャナ装置の分解能の関係で、取り込み画像の1画素は、実大面の3.5mm角の正方形に対応している。この輝度値を平均値を閾値とした2値化によって縞パターンを作成し、縞パターンのパワースペクトル計算手法を準用して、空間周波数とパワースペクトルの関係を求めた。この結果の一例を図-7に示す。

これより、石張りPCa部材については、空間周波数が木目の柾目に似た、スペクトルの値が空間周波数の逆数に比例する $1/f$ 型のゆらぎが容易に確認できた。また、砂コーティングPCa部材については、石張りPCa部材に比べランダムパターン寄りの傾向が現れるが、低い空間周波数では $1/f$ 型のゆらぎが認められる。これは、画像読み取りの解像度が、砂粒子まで読み込むには不十分で、輝度

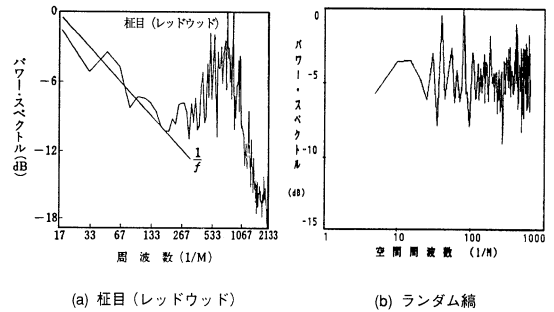


図-5 スペクトル分析結果の例

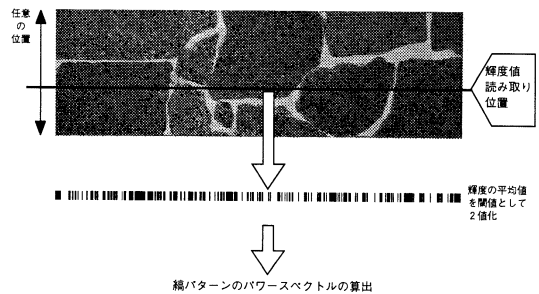


図-6 模様の数値化

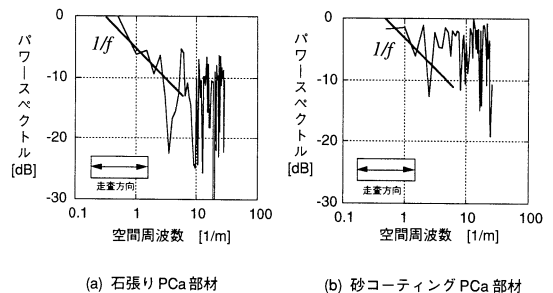


図-7 PCa部材表面パターンのスペクトル分析結果

値が平均化されてしまうこと、写真画像が十分に波状パターンを表現できていなかったこと等が考えられる。

2) フラクタル性を持つ図形の一部分に、「 $1/f$ ゆらぎ」を持つ図形があり、「 $1/f$ ゆらぎ」を持つ図形は、一般にフラクタル性を有している。

### 参 考 文 献

- 1) P.C.I., Architectural Precast Concrete, Color and Texture Selection Guide, Chicago. 1992
- 2) P.C.I., Manual for Quality Control for Plants and Production of Architectural Precast Concrete Products, Chicago. 2nd ed., 1993
- 3) 岡島達雄・河辺伸二・溝口雄一・久野雅士: コンクリート素地仕上げの視覚心理学的評価, コンクリート工学論文集, 第5巻, 第2号, pp. 95~102, 1994. 7
- 4) 岡島達雄・河辺伸二・溝口雄一・水谷泰三: コンクリート素地仕上げの距離による「見えの変化」, コンクリート工学論文集, 第6巻 第1号, pp. 73~79, 1995. 1

- 5) 岡島達雄・河辺伸二・溝口雄一・水谷泰三：コンクリート素地仕上げの距離による「見えの変化」と心理効果，コンクリート工学論文集，第6巻 第2号，pp. 99～106, 1995. 7
- 6) 河辺伸二・岡島達雄・小椋 功・松岡重吉：擁壁用のコンクリート製石張りプレキャスト部材の開発，コンクリート工学年次論文報告集，第17号 第1巻，pp. 307～312, 1995. 6
- 7) 岡島達雄・久保哲夫・野田勝久・藤林和照：縞パターンのスペクトル分析と心理効果，日本建築学会構造系論文報告集，第356号，pp. 16～23, 1985. 10
- 8) 岡島達雄・林 裕二・小西啓之・野田勝久：フラクタル理論による縞パターンとその心理効果，日本建築学会構造系論文集，第372号，pp. 1～9, 1987. 2
- 9) 武者利光：ゆらぎの世界—自然界の  $1/f$  ゆらぎの不思議，講談社，1982. 3
- 10) 山田 正：木性材料，建築雑誌，1980. 10