

# コンクリート打継ぎ面におけるフラクタル次元算出方法の検討

東京都市大学 学生会員 ○風間健太郎  
正会員 栗原 哲彦

表 1 示方配合

| W/C (%) | 単位量 (kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |     |                 |                 |
|---------|--------------------------|-----|-----|-----|-----------------|-----------------|
|         | W                        | C   | S   | G   | Ad <sub>1</sub> | Ad <sub>2</sub> |
| 50      | 174                      | 348 | 772 | 977 | 0.870           | 0.03            |

G<sub>max</sub>:20mm, Ad<sub>1</sub>:AE減水剤, Ad<sub>2</sub>:補助AE剤

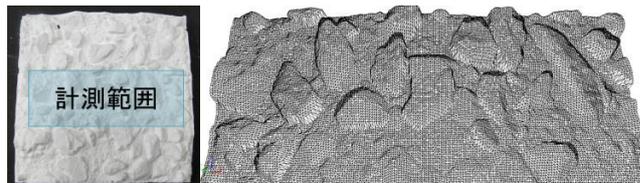


図 1 計測範囲及び計測画像の一例

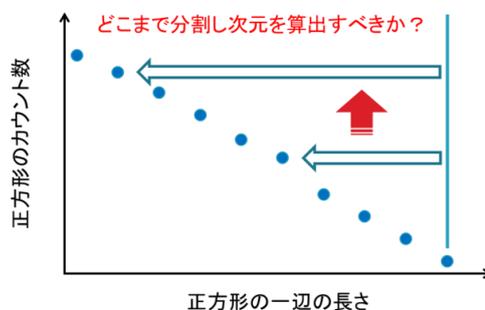


図 2 次元算出における問題点

## 1. 目的

コンクリート打継部における付着力の向上に対して打継界面の表面粗さに着目した研究がある<sup>1)</sup>。本研究では、複雑さを表す指標であるフラクタル次元に着目した。しかし、フラクタル次元算出方法に関する明確な規定がないため、算出結果と付着力の関係から次元算出方法を検討し、打継ぎ部の付着強度と打継ぎ面の粗さとの関係を整理した。

## 2. 試験概要

### 2.1 試験体概要

表 1 に示す配合で、寸法 100×100×200mm の打継ぎ用供試体 (1 シリーズにつき 3 本) を作製し、28 日間水中養生を行なった。なお、打継ぎ用供試体には、ワイヤブラシによる 2mm 程度の目粗し (I)、硬化遅延シートを用いた洗出し深さ 4mm 程度 (II)・6mm 程度 (III)・8mm 程度 (IV)・10mm 程度 (V)・12mm 程度 (VI) の洗出し処理の計 6 パターンの表面処理を施した。また、処理面の表面形状のレプリカ (寸法 100×100mm) を石膏により作製した。

打継ぎ用供試体の水中養生後、供試体を温・湿度調節器 (28℃, 35%) 内で一週間乾燥させ水分状態を調節 (含水率 5%程度) した。その後、中央に鉛直の打継ぎ面を設けた寸法 100×100×200mm の角柱供試体を打継いだ (全体寸法: 100×100×400mm)。なお、打継ぎ後は、14 日間の気中養生を行なった。

### 2.2 曲げ載荷試験

鉛直な打継ぎ面をもつ角柱供試体に対し 3 点曲げ載荷し、計測した最大荷重から曲げ強度を算出した。なお破壊位置を限定するため打継部下縁から鉛直方向に、深さ 30mm, 幅 3mm の切欠きを施した。

### 2.3 表面粗さの計測

処理面レプリカに対し、触針式三次元形状測定機を用い、リガメント部の 35×80mm の範囲を 0.4mm 間隔で計測した。図 1 に計測領域および計測結果の一例を示す。

## 2.4 表面粗さの定量化

本研究での次元算出には、Box Counting 法を用いた。Box Counting 法は、切り口断面曲線に対して正方形で被覆し、その正方形の 1 辺の長さを変化させ、切り口断面曲線を含んでいる正方形の総数と正方形の 1 辺の長さの関係を両対数グラフで表し、比例関係を示した時の傾きをフラクタル次元とするものである。正方形の 1 辺の長さは、80mm を基準に 1 辺を 1/2 ずつに分割していった。しかし、図 2 に示すように、次元算出における問題点が存在している。ここでは、次元算出に当たり、どこまで被覆する正方形の大きさを分割するか判断するために分割の最小値を設け、これを正方形 1 辺の長さの最小値と呼称し、5~0.3125mm の間の 5 パターンに設定した。

## 3. 結果及び考察

### 3.1 フラクタル次元の算出

次元算出に当たり、計測間隔より小さい正方形で対象を被覆した場合、正確なフラクタル次元が算出

キーワード 表面粗さ, 付着性状, フラクタル次元,

されないため、計測間隔間を直線的に 0.1mm 間隔で補間しフラクタル次元を算出した。フラクタル次元算出結果を表 2 に示す。表面処理面のフラクタル次元と Box Counting 法における正方形一辺の長さの最小値の関係を図 3 に示す。表 2 から処理深さが深くなるのに従い、フラクタル次元が大きくなるのが分かり、図 3 から正方形一辺の長さの最小値が変化すると同処理面を対象としてもフラクタル次元は変化し、ある位置で最大を示した。これより正方形一辺の長さの最小値の取り方によって算出されるフラクタル次元が異なることが分かった。

3.3 曲げ強度とフラクタル次元

図 4 は、表面処理面に対するフラクタル次元と曲げ強度との関係を正方形一辺の長さの最小値別に示したものである。なお、図 3 から各処理面において次元算出結果の最大値 (dl max) をその表面形状の特徴的な値として選出し、曲げ強度との関係を図 2 に加えた。図 4 より、いずれの正方形一辺の長さの最小値に対してもフラクタル次元の増加に伴い曲げ強度も増加する傾向を示した。しかし、いずれもフラクタル次元のプロットがばらついており、本図からはフラクタル次元算出に当たり具体的な正方形一辺の長さの最小値を決定できなかった。そこで、フラクタル次元と曲げ強度の間に直線的な関係があると仮定して、両者の相関係数を算出した。図 5 に、その算出結果を示す。図 5 から、正方形の一辺の長さの最小値を 2.5~0.3125mm で算出した場合、曲げ強度との相関係数はほぼ等しかった。中でも正方形一辺の長さの最小値が 0.625mm で算出した場合、わずかな差ではあるが、相関係数は最大をとった。これより、曲げ強度との関係が強いのは、粗骨材寸法程度で表現される粗さではなく、細骨材寸法程度の細かさで表現された粗さであると考えられる。つまり、曲げ強度との相関の高いフラクタル次元を算出するには、計測においては出来る限り計測間隔を小さくし、次元算出は計測間隔より小さくならないように正方形一辺の長さの最小値を設定する必要がある。

4. まとめ

本研究では、算出方法によりフラクタル次元に変化がみられた。計測間隔 0.4mm のデータに対し、正方形一辺の長さの最小値を 0.625mm とした場合、フラクタル次元は最も相関が高かった。

表 2 フラクタル次元計測結果

| シリーズ          | フラクタル次元 (-) |       |        |         |          |
|---------------|-------------|-------|--------|---------|----------|
|               | [5]         | [2.5] | [1.25] | [0.625] | [0.3125] |
| I (処理深さ2mm)   | 1.000       | 1.021 | 1.028  | 1.031   | 1.030    |
| II (処理深さ4mm)  | 1.038       | 1.061 | 1.069  | 1.067   | 1.057    |
| III (処理深さ6mm) | 1.058       | 1.093 | 1.098  | 1.091   | 1.077    |
| IV (処理深さ8mm)  | 1.120       | 1.125 | 1.117  | 1.102   | 1.082    |
| V (処理深さ10mm)  | 1.092       | 1.124 | 1.123  | 1.110   | 1.089    |
| VI (処理深さ12mm) | 1.124       | 1.147 | 1.143  | 1.126   | 1.100    |

dl max, []: 正方形一辺の長さの最小値

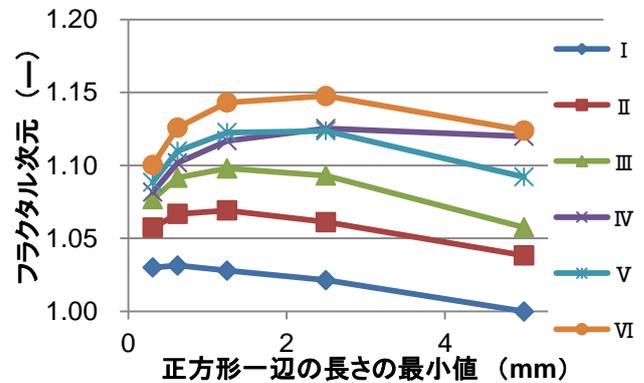


図 3 フラクタル次元と正方形一辺の最小値

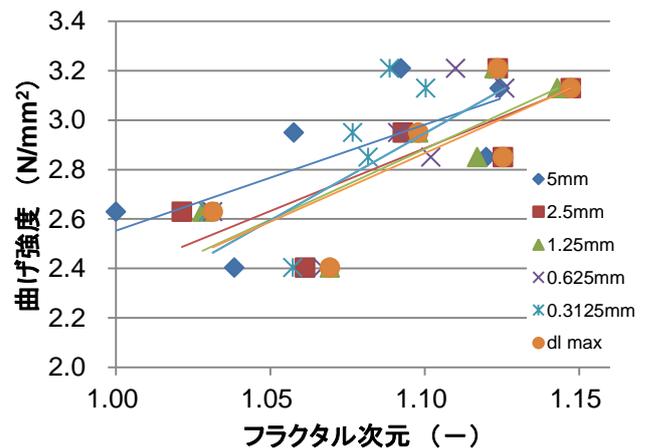


図 4 曲げ強度とフラクタルの関係

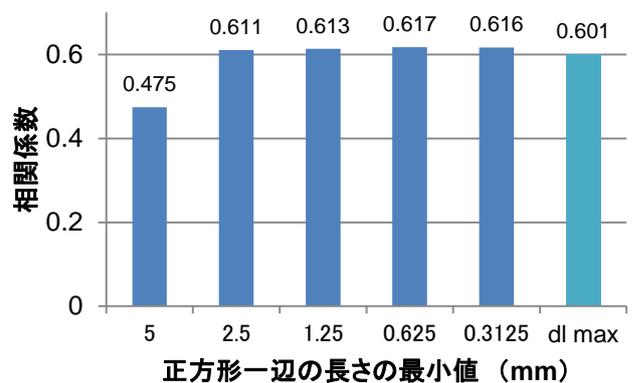


図 5 曲げ強度とフラクタルの相関関係

〈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報告集, Vol.120, No. 2, pp. 1261-1266, 1998
- 2) 石村貞夫, 石村園子: フラクタル数学, 東京図書, 1993