

1. はじめに

コンクリート構造物に発生したひび割れの注入補修工法において注入管理をより確実なものとするためには、注入量（注入速度）の予測が重要である。筆者の一人は注入速度に影響を及ぼす要因として、ひび割れ幅，注入圧，注入材料の粘度以外にもひび割れ面（破断面）の粗さの影響がある事を示した<sup>1)</sup>。しかし、実構造物において内部のひび割れ面の粗さを測定する事は不可能である。そこで、配合や表面ひび割れの粗さの情報からコンクリート内部のひび割れ面の粗さを評価する方法について検討を行った。配合情報として細骨材率を、ひび割れの粗さ情報としては、算術平均粗さおよびフラクタル次元を取り上げた。

2. 実験概要

本研究では、Gmax20mm，水セメント比を50%一定，目標スランプ8cmとし，細骨材率（s/a）を30,40,50,60,70%とした5種類の角柱供試体（10×10×40cm，各3本）を使用した。所定の期間水中養生した後，中央1点載荷によって供試体に曲げひび割れを発生させ，供試体の表面ひび割れと，ひび割れ破断面の粗さを対象として測定を行なった。

破断面の計測は，レーザ式変位センサ（キーエンス社製）をX-Yプロッタ（ジグデザイン社製）に取り付け，センサーを1mm間隔に移動させ，各破断面の高さを測定する事により行なった（図1参照）。

表面ひび割れについては引張り面，および側面の線フラクタル次元を，ひび割れ破断面については面フラクタル次元および算術平均粗さ（JIS B0601-1994）を求めた。

3. 粗さ指標の算出

3.1 算術平均粗さ

算術平均粗さの算出式を(1)，(2)に示す。JISで示される算術平均粗さは式(1)であるが（図2参照），面としての粗さを表す事を目的として測線本数の平均値，すなわち式(2)で評価した。破断面の算術平均粗さは，注入材料の充填の方向性を考慮し（図3参照），引張り面または，側面から注入する場合の2方向を求めた。なお，算出時の測定間隔は1mmとした。

$$R_n = \frac{1}{l} \int_0^l |f(x)| dx \quad \dots(1) \quad R = \frac{\sum_{i=1}^N R_n}{N} \quad \dots(2)$$

$R_n$ : 破断面内の一測線の粗さ，  $N$ : 破断面内の測線本数

3.2 フラクタル次元

フラクタル次元は，三橋らと同様の方法<sup>2)</sup>により求めた。すなわち，面を扱う場合のフラクタル次元は式(3)で，線を扱う場合のフラクタル次元は式(4)で表す事ができる。本研究では測定間隔を1～10mmの範囲で1mmずつ変え，各条件でのフラクタル次元Dを求めた。各粗さ指標の測定位置を図

$$S(\eta^2) = S_0 \cdot (\eta^2)^{-\frac{D-2}{2}} \quad \dots(3) \quad L(\ ) = L_0 \cdot (\ )^{-(D-1)} \quad \dots(4)$$

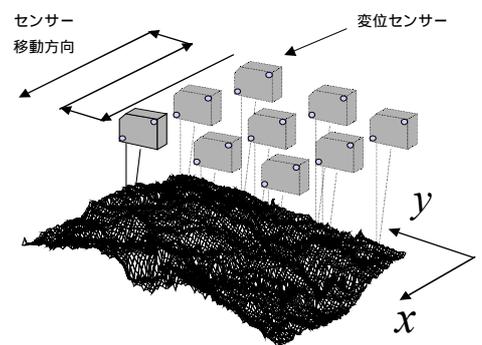


図1 破断面の計測方法

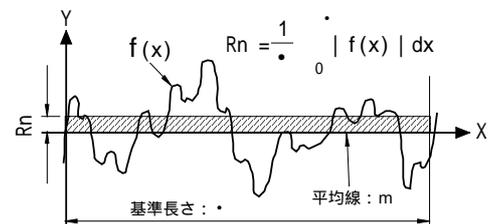


図2 算術平均粗さ

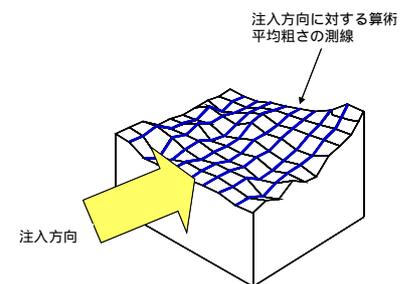


図3 注入・充填方向と測線

：測定間隔，  $D$ ：フラクタル次元，  $S_0, L_0$ ：定数

$S(\Delta)$ ：測定間隔  $\Delta$  で測定した場合の実破断面積

$L(\Delta)$ ：測定間隔  $\Delta$  で測定した場合の長さ

4に示す。

#### 4. 実験結果および考察

破断面のフラクタル次元と細骨材率( $s/a$ )との関係を図5に示す。

図より  $s/a$  が40~70%の間では  $s/a$  が大きくなるほど面フラクタル次元が小さくなる事がわかる。線フラクタル次元や、算術平均粗さについても同様の結果が得られ、 $s/a$  が大きくなるに従い、破断面の粗さの程度が小さくなる傾向が確認された。 $s/a$  が30%の場合にフラクタル次元が小さい原因としてはレーザ式変位センサのスポット光の特性による誤差が考えられるが、今後検討する必要がある。

図6に破断面の算術平均粗さと破断面のフラクタル次元との関係を示す。図より破断面の算術平均粗さと面フラクタル次元との間には正の1次の相関関係が認められる。従って注入速度式の粗面係数<sup>1)</sup>は、破断面のフラクタル次元によっても決定できる事がわかる。また、側面に直角(引張り面と平行)な測線は、引張り面に直角(側面に平行)な測線よりもやや粗いようである。

図7は、表面ひび割れのフラクタル次元と破断面のフラクタル次元との関係を示したものである。図より表面ひび割れのフラクタル次元と破断面のフラクタル次元の間にも正の1次の相関があることがわかる。これより、コンクリート表面のひび割れの粗さに関する情報から、内部のひび割れ面の粗さの情報を推測できる可能性が示唆される。

また、引張り面のひび割れ粗さは、側面のひび割れ粗さよりも粗い傾向があり、図6と同様の現象が確認できる。この理由については、粗骨材の配置の影響や、ひび割れの進展方向の影響が考えられるが、今後の検討課題としたい。

#### 5. まとめ

本研究の結果、コンクリート配合(今回の場合、細骨材率)や、表面のひび割れの粗さに関する情報から、内部のひび割れの粗さに関する情報を、ある程度定量的に推定する事が可能であることが確かめられた。

今後は、最大粗骨材寸法の影響や、貫通ひび割れのような純引張りにより発生するひび割れ、せん断ひび割れなどについても検討して行く計画である。

#### 【参考文献】

- 1)例えば、瀬野・渡邊・井澤・若林:エポキシ樹脂の注入性状に及ぼす間隙内面の影響について、土木学会第54回年次学術講演会講演概要集V, pp.766-767, 1999.9
- 2)三橋・梅岡・三浦:セメント硬化体の破面解析に関する基礎的研究,日本建築学会構造系論文報告集第445号, pp.19-25, 1993.3

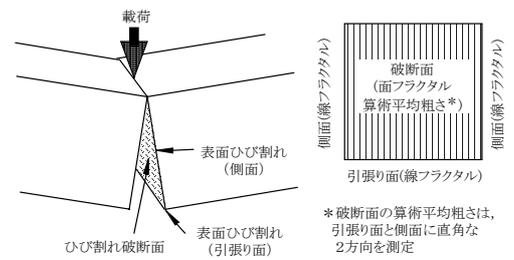


図4 各粗さ指標の測定位置

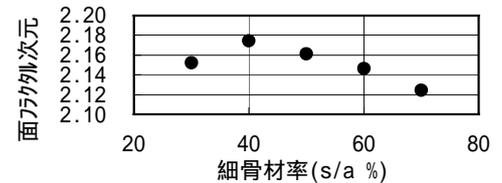


図5 各粗さ指標の測定位置

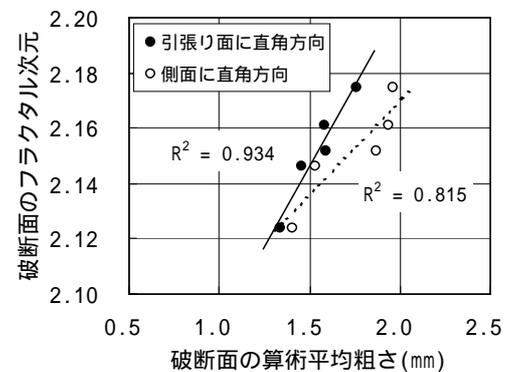


図6 破断面の算術平均粗さと破断面のフラクタル次元

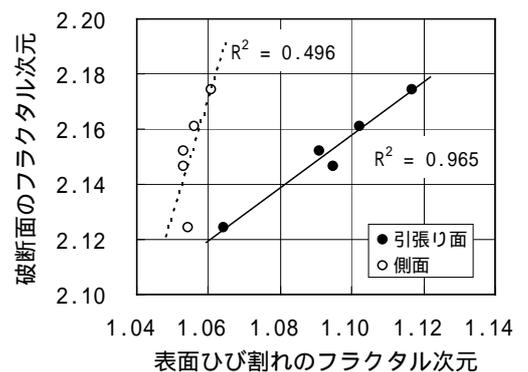


図7 表面ひび割れのフラクタル次元と破断面のフラクタル次元