

V-360

A S Rによって生じたひび割れのフラクタル次元に及ぼす各種要因の影響

鳥取大学工学部 正会員 黒田 保 鳥取大学工学部 正会員 吉野 公
 鳥取大学工学部 フェロー会員 西林新蔵 中研コンサルタント 上谷千絵
 鳥取大学工学部 正会員 井上正一

1. はじめに

コンクリートに生じたひび割れは不規則で複雑な形状を示し、それを客観的に評価するのは困難である。一方、複雑で不規則な形状を定量的に表す量としてフラクタル次元がある。本研究では、A S Rによってコンクリート表面に生じたひび割れの定量化にフラクタル理論を適用することを考え、まず、A S Rによってコンクリート表面に生じたひび割れに対してフラクタル解析を行い、それから得られたフラクタル次元と、コンクリートのA S R膨張に及ぼす各種要因との関係について検討を行った。

2. 実験概要

本実験に使用したセメントはアルカリ含有量が Na_2O 等量で 0.46 % の普通ポルトランドセメントである。粗骨材には化学法およびモルタルバー法で反応性が認められている斜方輝石安山岩を使用し、細骨材には無害と判定されているものを使用した。また、混和材としてフライアッシュを使用した。実験条件は表-1 に示すとおりである。供試体の形状は図-1 に示すとおりであり、コンクリート表面（図-1 の上面）を陽極、鉄筋を陰極として所定の電流密度となるように供試体に通電を行った。供試体は 40°C 、R.H.100%の養生槽に保存し、所定の材齢において、図-1に示す測定位置の長さ変化を測定した。また、図-2に示すように、供試体側面のうち鉄筋位置（陰極）と陽極面に挟まれる部分（図の影をつけた部分）のひび割れをトレースし、Box Counting 法を用いてひび割れのフラクタル次元を求めた。さらに、図-2に示した基線に交差する全てのひび割れの幅を測定し、その総和を総ひび割れ幅として求めた。

表-1 実験条件

W/C	0.45
s/a (%)	50
単位セメント量 (kg/m^3)	450
フライアッシュ置換率 (%)	0, 10, 20
珪灰含有量 (Na_2O eq.%)	1.5, 2.5
電流密度 (mA/m^2)	0, 25, 50, 100

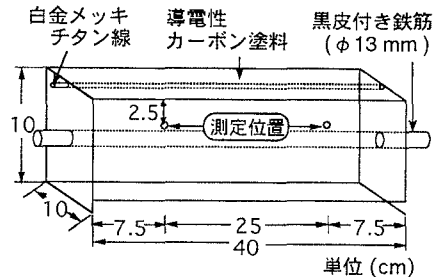


図-1 供試体の概略図

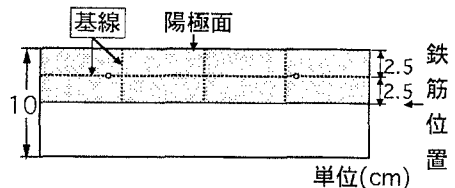


図-2 供試体側面図

3. 結果と考察

3.1 フラクタル次元に及ぼす各種要因の影響

図-3 に普通ポルトランドセメントを単味で使用した供試体の材齢9ヶ月における膨張率と電流密度の関係を示し、図-4 に同供試体のフラクタル次元と電流密度の関係を示す。図-3 に示すように、本研究に使用した骨材に関しては、通電を行うことによってA S Rが助長されるため、通電を行った供試体の膨張率は非通電の供試体のそれよりも大きくなり、また、A S Rによる膨張が最大となるようなベシマム値が存在することが確認されている[1]。そして、図-4 より、フラクタル次元に関しても同様に通電を行った供試体のフラクタル次元は非通電のものよりも大きくなり、膨張率の場合とは若干電流密度の大きさが異なるがそれを最大にするような電流密度の値が存在することがわかる。フラクタル次元が大きいほど、ひび割れは複雑な形状を示し

キーワード：フラクタル次元、ひび割れ、A S R、膨張率

〒680 鳥取市湖山町南4-101 TEL. 0857-31-5281 FAX. 0857-28-7899

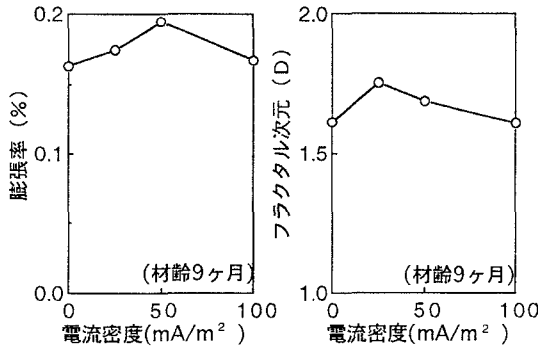


図-3 膨張率と電流密度の関係

図-4 フラクタル次元と電流密度の関係

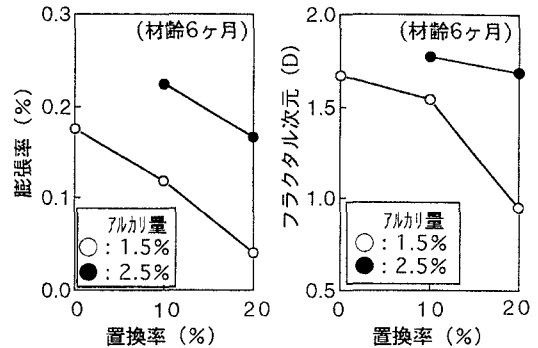


図-5 膨張率とフライアッシュ置換率の関係

図-6 フラクタル次元とフライアッシュ置換率の関係

ている。従って、通電を行うことによりASR膨張が助長されてひび割れの分岐が非通電のものよりも発達するため、通電を行った供試体のフラクタル次元は非通電のものよりも大きくなったと考えられる。

図-5および図-6にアルカリ含有量を1.5%および2.5%とし、電流密度が50mA/m²となるように通電を行った供試体の材齢6ヶ月における膨張率とフライアッシュ置換率、およびフラクタル次元とフライアッシュ置換率の関係を示す。図より、フライアッシュを混入することによってASRが抑制されるため、フライアッシュ置換率の増大に伴い膨張率は減少し、フラクタル次元の値も小さくなることがわかる。また、アルカリ量が多いものほど膨張率が大きくなっており、それに伴ってひび割れの分岐が発達するためフラクタル次元の値も大きくなることがわかる。

3.2 フラクタル次元と膨張率の関係

以上の結果より、フラクタル次元はASRに影響を及ぼす要因の変化に対して膨張率とほぼ同様の挙動を示し、フラクタル次元と膨張率との間には相関関係があるものと考えられる。そこで、図-7に膨張率とフラクタル次元の関係を示す。図より、フラクタル次元が大きくなるほど膨張率は大きく、また、フラクタル次元が約1.7を越えるとフラクタル次元の増加に伴い膨張率は急激に増大することがわかる。ここで、図-8にフラクタル次元と総ひび割れ幅の関係を示す。図より、フラクタル次元が大きくなるほど総ひび割れ幅は大きくなり、特に、フラクタル次元の値が約1.7を越えるとフラクタル次元の増加に伴って総ひび割れ幅が急激に大きくなることがわかる。すなわち、ひび割れの分岐がある程度発達した後は、ひび割れの分岐に比べ個々のひび割れ幅が増大する割合の方が大きくなると考えられる。従って、膨張率はフラクタル次元が1.7を越えた付近から急激に増大したものと考えられる。また、図-7から膨張率とフラクタル次元の関係は(1)式のように表せ、この関係よりアルカリ骨材反応性を評価するときの判定基準である膨張率0.1%に対応するフラクタル次元を求めると $D = 1.4$ となる。

$$\log(\text{Exp.}) = 0.76D - 2.09 \quad (\text{相関係数: } 0.82) \quad (1)$$

【参考文献】

- 1) 黒田保、西林新蔵ほか：電流場におけるアルカリ骨材反応に関する研究、コンクリート構造物の補修工法と電気防食に関するシンポジウム論文報告集、pp.47-52、1994.10

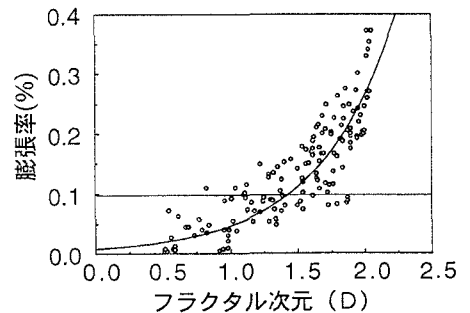


図-7 膨張率とフラクタル次元の関係

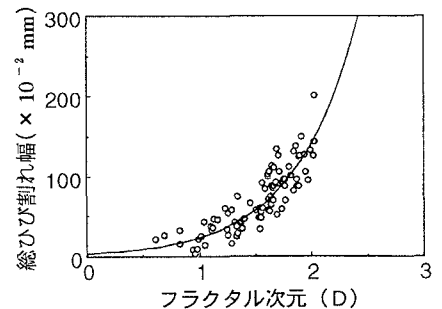


図-8 フラクタル次元と総ひび割れ幅の関係