

コンクリートのひびわれへのフラクタル理論の適用

岐阜大学工学部 ○平 喜夫
 岐阜大学工学部 学生員 栗原哲彦
 岐阜大学工学部 正会員 六郷恵哲

1. はじめに

自然界における複雑な形状や現象へのフラクタル理論の適用が様々な分野において進められている¹⁾。コンクリート工学の分野においても、ひびわれや破断面の解析にフラクタル理論が適用されている^{2), 3)}。本研究では、コンクリートのひびわれの例として、アルカリ骨材反応(AAR)による損傷を生じたRCはり⁴⁾を対象とし、ひびわれ性能評価へフラクタル理論を適用することを試みる。

2. 解析概要

AARによりひびわれを生じた、鉄筋量とコンクリートの種別が異なるRCはり供試体⁴⁾を対象とした。表-2に供試体名を、図-1に供試体形状および寸法を示す。供試体名の第一文字は配合名、第二文字はSが単鉄筋でDが複鉄筋、第三文字は使用鉄筋径を示す。表-1にコンクリートの配合を示す。配合Aは水セメント比50%とし、反応性骨材を使用したもの、配合Fはそれに鋼繊維を容積比で1%混入したものである。また、ひびわれデータは、供試体に発生したひびわれをトレース用紙に写しとった後、デジタイザーによりXYデータとして0.1~0.12mmの間隔で記録したものである。調査対象は、はり側面の中央部を含む59.4×18cmの範囲である。

表-1 コンクリートの配合

配合名	単位量(kgf/m ³)					AE剤 ×C(%)	高性能 減水剤 ×C(%)
	W	C	S	G	鋼繊維		
A	177	354	768	962	—	0.03	—
F	177	354	756	948	78.5	0.03	2.0

粗骨材：50%が非反応性(最大寸法:15mm)
 25%が反応性(最大寸法:20mm)
 25%が反応性(最大寸法:10mm)

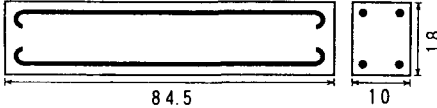
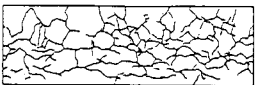


図-1 供試体形状

ひびわれ等の複雑さの度合いを表すフラクタル次元(以下、単に次元と呼ぶ)を求める実用的な方法は、いくつか提案されているが、本研究では粗視化の度合いを変えるBox Counting法¹⁾を採用する。

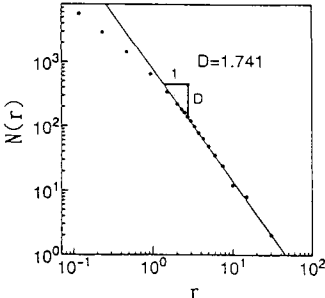
Box Counting法とは、図-2に示すように対象図形を含む任意の領域を一边rの正方形メッシュで被覆した場合の対象図形を含むメッシュ数をN(r)とし、rを変化させてrとN(r)との関係を両対数上にプロットし、その勾配からフラクタル次元を求める方法である。また、解析は、RCはりの両側面について行い、考察にはそれらの平均値を用いた。



(a) 対象図形



(b) 粗視化した対象図形



(c) log N(r)-log r図

図-2 Box Counting法

表-2 解析結果

	C. L. (cm)	C. D.	D
AS6	522.1	0.487	1.749
AS10	548.9	0.513	1.752
AS13	538.3	0.504	1.763
AS16	569.0	0.532	1.766
AD6	534.7	0.500	1.759
AD10	477.0	0.446	1.738
AD13	461.1	0.431	1.734
AD16	428.2	0.400	1.706
FS6	604.3	0.565	1.771
FS10	463.7	0.434	1.718
FS13	521.5	0.488	1.736
FS16	499.7	0.467	1.723
FD6	366.3	0.343	1.678
FD10	410.2	0.383	1.709

3. 解析結果

表-2にひびわれ総延長(C. L.)、ひびわれ度(C. D.=C. L./A₀、A₀:59.4×18cm)、次元(D)を示す。図-3(a)~(d)にシリーズ別に次元を示す。また、同図にひびわれ図も示す。ASシリーズでは、鉄筋量が変化しても次元に大きな変化は認められな

いが、ADシリーズでは、鉄筋量が多くなるにつれて次元が低下する傾向にある。これは、ASシリーズでは、圧縮鉄筋がなく、上部が拘束されていないため主鉄筋径に関係なく、ひびわれが同程度に発生するのに対し、ADシリーズでは、圧縮鉄筋量が増え、拘束が増加することによりひびわれの発生が抑制されるためと考えられる。FSシリーズでは、FS6を除いて次元は同程度であった。FDシリーズでは、次元は全体的に小さな値となった。さらに、主鉄筋量別に次元の値を比較すると、D6鉄筋を用いた供試体を除いて、単鉄筋構造よりは複鉄筋構造に、また、単鉄筋構造よりは鋼繊維を混入した方が次元が小さくなり、ひびわれの発生が抑制されていることがわかる。

図-4にひびわれ度と次元の関係を示す。これより両者には次式のような相関関係にあることが分かる。

$$C.D. = -3.310 + 2.174 \times D$$

この式をもとに、次元Dからひびわれ度C.D.やひびわれ総延長C.L.を求めることができる。

ひびわれパターンが異なる場合（亀甲状ひびわれや線状ひびわれ等）について、他の評価指標の併用も含めて、さらに検討する予定である。

4. まとめ

本研究においては、AAR損傷を受けたRCはりを対象にフラクタル理論を適用し、その有用性について検討した。得られた結果をまとめると以下になる。

- (1)フラクタル次元を用いることにより鉄筋や鋼繊維のひびわれの抑制効果を定量的に評価することができる。
- (2)フラクタル次元とひびわれ度は強い相関関係にあり、フラクタル次元よりひびわれ度やひびわれ総延長を求めることができる。

【参考文献】

- 1)高安秀樹：フラクタル、朝倉書店、1986。
- 2)阿部忠行ら：舗装ひびわれのフラクタル解析、土木学会論文集、No. 442/V-16、pp119-126、1992。
- 3)西林新蔵ら：コンクリートのASRひびわれに対するフラクタル解析と評価、コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 15、No. 1、pp911-916、1993。
- 4)中田光治：アルカリ骨材反応によるひびわれと部材特性、岐阜大学卒業論文、1988. 3。

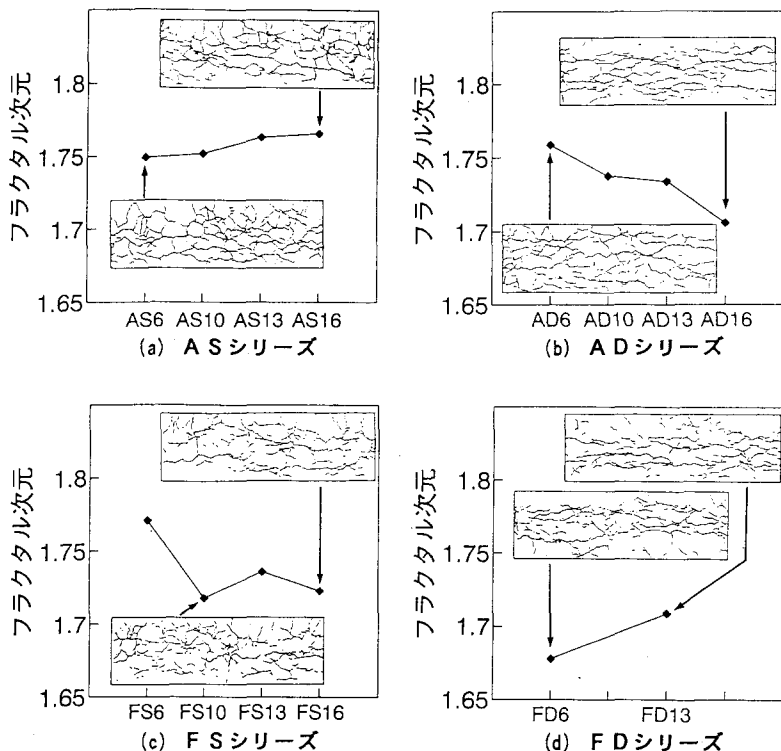


図-3 フラクタル次元と供試体シリーズ

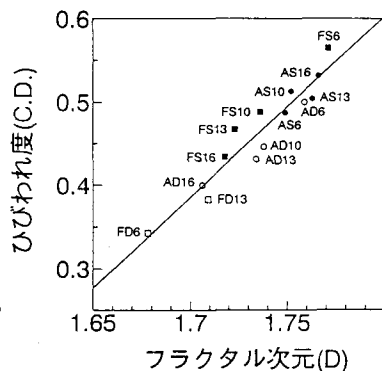


図-4 フラクタル次元とひびわれ度