

[1144] アルカリ骨材反応により生じたコンクリートひびわれの定量的評価

正会員 〇岩瀬裕之 (岐阜大学)
 中田光治 (岐阜大学)
 正会員 六郷恵哲 (岐阜大学)
 正会員 小柳 洽 (岐阜大学)

1. まえがき

コンクリート構造物に生ずるひびわれの原因は非常に多岐にわたるが、その発生原因によってある程度のパターン化がなしうる特徴を持つものが多い。例えば現在最も問題とされているアルカリ骨材反応によってコンクリート構造物に生じたひびわれのパターンについては多くの報告がある¹⁾²⁾³⁾⁴⁾。構造物が無筋に近いものは、120° 間隔で分岐した亀甲状のものとなり、鉄筋比が大きい鉄筋コンクリート構造物やPC構造物では鉄筋やプレストレスにより膨張が拘束され主筋方向のひびわれが卓越してくると報告されている。これらの報告ではひびわれパターンの傾向を定性的に示しているにすぎず、拘束がおよぼすひびわれの長さや進展方向への影響について定量的に検討することが必要であると考える。

本研究はコンクリートのひびわれ特性からひびわれ発生原因を推定する一般的方法を確立する上で、まず手近にあるアルカリ骨材反応によりコンクリート部材に発生したひびわれを対象とし、これをデジタイザーにより数値化してパソコンに人力・解析し、ひびわれ性状におよぼす鉄筋量、鋼繊維の混入量、プレストレス導入量の影響について定量的に検討するものである。

2. 実験概要

ひびわれ解析は、圧縮鉄筋比およびコンクリートの種類を変化させた6種類のRCはり供試体とプレストレス導入量を4段階に変化させたPC供試体で行なった。

図-1に示すようにRCはりの寸法は10x18x170cmである。引張鉄筋比 p を1.66%(2D13)とし、圧縮鉄筋比 p' を0%,0.93%(2D10),1.66%(2D13)の3種類とした。コンクリートには普通コンクリートおよび鋼繊維補強コンクリートを用いた。表-1に供試体の種類を示す。使用した異形鉄筋D10, D13の降伏点強度は、それぞれ3710および3600kgf/cm²であった。なお、載荷実験によるRCはりの破壊性状等については他で報告している²⁾。

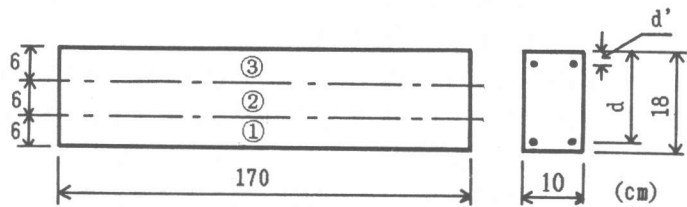


図-1 RCはり供試体の形状寸法および分割位置

表-1 RCはり供試体の種類

はりの種類	鉄筋比と鉄筋位置				鋼繊維混入量(%)	スターラップの間隔(cm)
	p (%)	d (cm)	p' (%)	d' (cm)		
A-1	1.66	15.3	0		0	10.0 (φ4)
A-2	1.66	15.3	0.93	2.5	0	8.5 (φ4)
A-3	1.66	15.3	1.66	2.7	0	12.0 (φ6)
SA-1	1.66	15.3	0		1.0	10.0 (φ4)
SA-2	1.66	15.3	0.93	2.5	1.0	8.5 (φ4)
SA-3	1.66	15.3	1.66	2.7	1.0	12.0 (φ6)

表-2 PC供試体の種類

種類	PC鋼棒 直径(mm)	PC導入量 (kgf/cm ²)
AP0	φ19	0
AP20	φ19	20
AP40	φ19	40
AP80	φ19	80

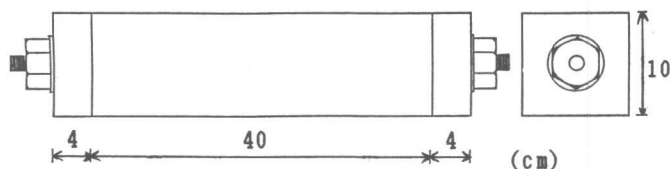


図-2 PC供試体の形状寸法

図-2にPC供試体の形状寸法を示す。PC供試体の寸法は10x10x40 cmで、断面中心に塩化ビニール製パイプ(外径34mm)をシースとして配置し、その中に直径19mmのPC鋼棒(C種)を通し、両端を厚さ40mmの鋼板でPC鋼棒を定着した。鋼材比

は3.14%になる。コンクリートは普通コンクリート1種類とし、プレストレス導入量を0,20,40,80kgf/cm²の4段階とした。表-2にPC供試体の種類を示す。供試体はPC, RCとも1種類につき2体作製した。

コンクリートの配合を表-3に示す。RCはり供試体では粗骨材に全て反応性骨材を用いたが、PC供試体ではベシマム量を考慮して反応性骨材(比重2.58, F.M.6.75, 最大寸法25mm)と非反応性骨材(比重2.60, F.M.6.49, 最大寸法15mm)を重量で50%ずつ混合して用いた。また、コンクリート中のNa₂O等価アルカリ量がRCはり供試体では2.3%, PC供試体では3.3%になるようにNaOHで調整した。鋼繊維は、インデント加工されたφ0.5x30mm(アスペクト比:60)を、体積比で1%混入した。

RCはり供試体は材令1日で脱型し、材令14日まで室温24℃の恒温室で湿布養生した後、室温を40℃として散水高温条件下に置いた。

PC供試体は材令2日で脱型し、材令14日まで室温24℃の恒温室で湿布養生した。材令14日目に所定のプレストレスを導入し、さらに室温24℃のもとにおいた。材令28日目に再緊張しプレストレスを調整した後、室温を40℃として散水高温条件下に置いた。材令にともなうコンクリートの膨張量をあらかじめ埋込んだコンタクトゲージ(検長10インチ)により測定した。

供試体の両側面にトレーシングフィルムをあててひびわれを上からなぞり写すことによってひびわれマップを作製した。ひびわれマップは1試験条件(供試体2体)につき4枚作製した。同時にクラックスケールにより最大ひびわれ幅も測定した。ひびわれはPC供試体では約100日、RCはり供試体では約150日の材令のもので解析した。PC供試体の場合は原寸のひびわれマップを用いて、またRCはり供試体の場合は長さを1/3に縮小したひびわれマップを用いて、ひびわれをデジタイザー(有効読取り範囲:380x260mm, 分解能:0.1mm)のカソールでなぞり約0.1mm間隔で座標を読取りパソコンに入力し、ひびわれの長さ(CL), ひびわれをはり軸(X軸とする)方向およびはり軸直角(Y軸とする)方向へ投影したひびわれのX軸方向成分, Y軸方向成分の長さ(XL, YL)の各累計を求めた(RCはり供試体では1/3に縮小したひびわれで読取りを行っているため、0.1mm間隔で読取っても実際では0.3mm間隔となる)。RCはり供試体では

表-3 コンクリートの配合

シリーズ名	単位量 (kg/m ³)					AE剤 xC(%)	
	W	C	S	G	Fiber		
RC	A	177	354	768	962	0	0.03
	SA	177	354	756	948	78.5	0.03
PC	AP	177	354	768	973	0	0.03

図-1に示すように、はり高さ方向に三つの領域に分け、それぞれの領域においてひびわれの長さ、ひびわれのはり軸方向成分およびはり軸直角方向成分の長さも求めた。

3. 結果と考察

デジタイザーにより数値化したひびわれデータをX-Yプロッターで描いたものの例をRCはり供試体については図-3にPC供試体については図-4に示す。

図-5にRCはり供試体におけるひびわれ長さおよびひびわれ長さを供試体側面の面積で除したひびわれ密度を示す。また、高さ方向に3段階にわけた各領域(①:下部, ②:中間部, ③:上部)でのひびわれ長さが供試体全体のひびわれ長さに占める割合も同時に示す。さらに、棒グラフの右側に矢印で全ひびわれ長さの値のばらつきを示す。RCはり供試体の場合、圧縮鉄筋比が増加することによりひびわれ長さが減少した。また、鋼繊維の混入によっても減少した。ひびわれ密度に換算すると、単鉄筋で普通コンクリートの場合(A-1)は $0.23\text{cm}/\text{cm}^2$ であるのに対

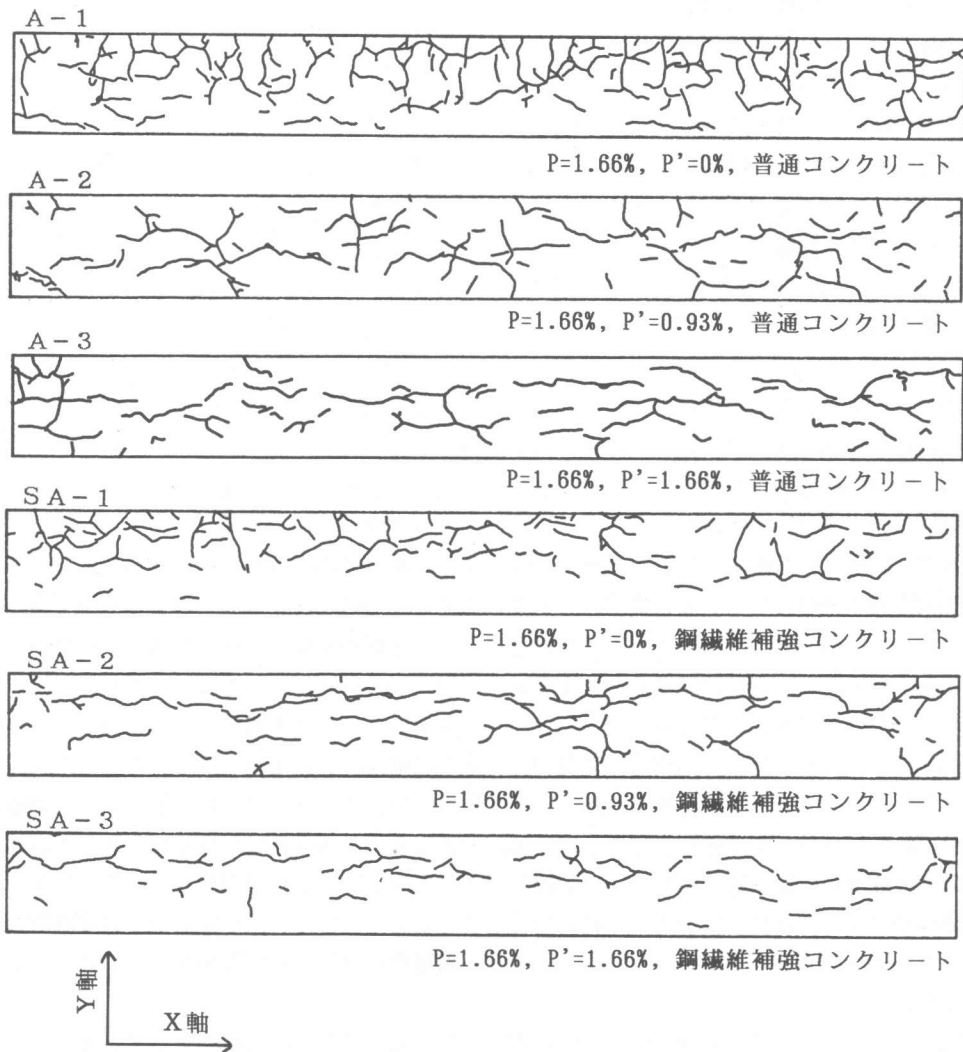


図-3 X-Yプロッターで描いたRCはり供試体のひびわれマップ

し、圧縮鉄筋比と引張鉄筋比が同じで鋼繊維補強コンクリートを用いた場合(SA-3)は $0.11\text{cm}^2/\text{cm}^2$ まで減少した。普通コンクリートの場合には圧縮鉄筋比が増加しても領域①および②のひびわれ長さは変化せず、圧縮鉄筋がある領域③のひびわれ長さが減少して全体のひびわれ長さが減少した。これに対し、鋼繊維補強コンクリートの場合には供試体全体のひびわれ長さに対する領域①②③のひびわれ長さの割合は圧縮鉄筋比が増加してもあまり変化せず、供試体全体でひびわれ長さが減少した。最大ひびわれ幅はA-1のはりで 0.25mm で一番大きく、他のはりはいずれも 0.10mm 以下であった。

図-6にRCはり供試体のひびわれのX軸方向成分の長さY軸方向成分の長さの比(YL/XL:成分比と呼ぶ)

を示す。同時に3段階にわけた各領域における成分比も示す。圧縮鉄筋比が増加することによってY軸方向成分は減少し、成分比はA-1で1.03であったのに対しSA-3では0.42であった。すなわち、圧縮鉄筋の拘束によってはり軸直角方向成分が減少しはり軸方向成分が卓越してくることを表している。単鉄筋はりのA-1では領域③、②において成分比はそれぞれ1.24、0.95となり、また同じ単鉄筋で鋼繊維補強コンクリートを用いたSA-1では領域③において成分比は0.95となっており、X軸方向成分とY軸方向成分とはほぼ同じ量でありランダムな方向にひびわれが発生していることを表しているが、下部の領域①では成分比は0.6以下となり、はり軸方向のひびわれが卓越していることを表している。他のはりでは各領域における成分比は供試体全体における成分比にほぼ等しい $0.4\sim 0.6$ の値ではり軸方向のひびわれが卓越しており、圧縮および引張鉄筋によってはり全体が拘束されていると考えられる。また、同じ鉄筋比では鋼繊維補強コンクリートを用いたほうが成分比は小さくなり、鋼繊維が鉄筋の拘束効果をさらに高めていると考えられる。

図-7にPC供試体におけるひびわれ長さ(CL)およびひびわれ密度を示す。また、図-8にPC供試体に発生したひびわれのX軸方向成分とY軸方向成分の長さの比およびX軸方向成分とY軸方向成分の各値も示す。PC供試体の場合、プレストレス導入量が $40\text{kgf}/\text{cm}^2$ のもの(A

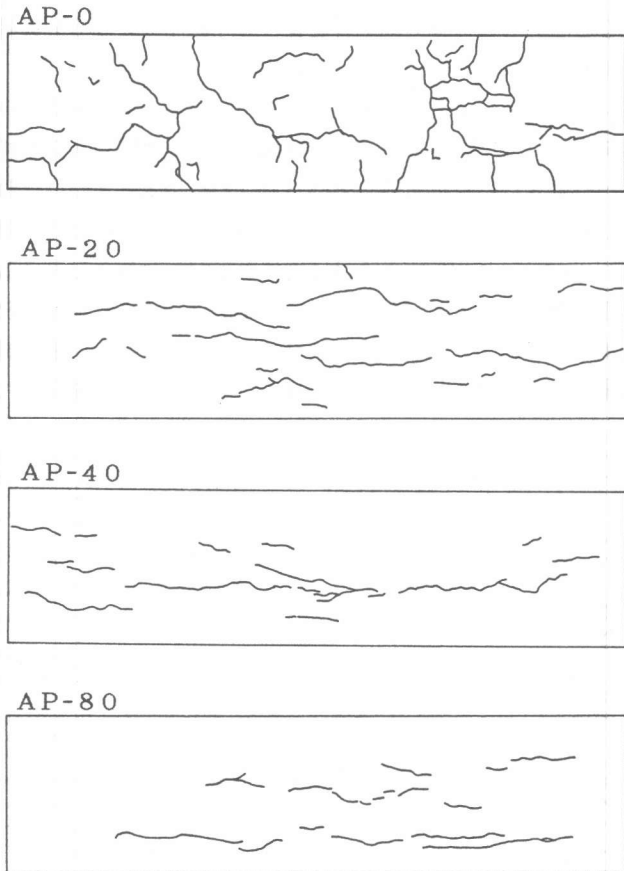


図-4 X-Yプロッターで描いたPC供試体のひびわれマップ

P-40)までは導入量が増加するとひびわれ密度(ひびわれ長さ)は減少した。しかし、導入量が80kgf/cm²のもの(AP-80)では逆にひびわれ密度は増加した。AP-40とAP-80のY軸方向成分はほぼ等しいがX軸方向成分はAP-80の方が増加している。図-9にプレストレスを導入してから材令と供試体の膨張量との関係を示す。AP-0とAP-20は散水高温条件下では供試体は材令にともない膨張しているのに対し、AP-40とAP-80は材令約40日までは収縮しているが、40日をすぎると膨張

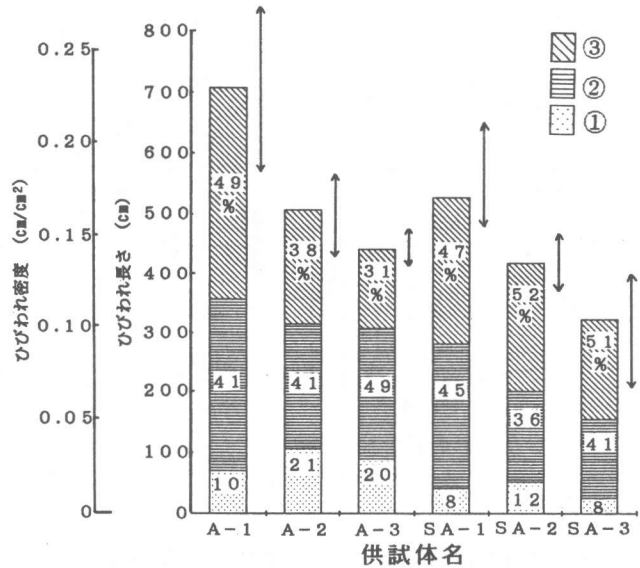


図-5 RCはり供試体のひびわれ長さおよびひびわれ密度

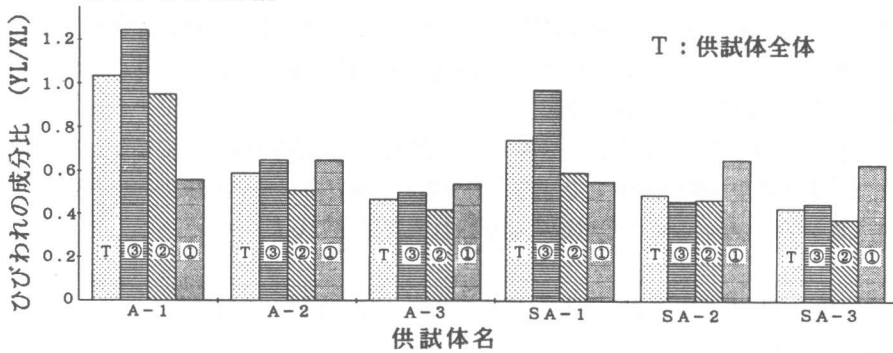


図-6 ひびわれの成分比

に転じた。材令約100日では自由膨張させたAP-0の膨張量は1500μに達している。この膨張の大部分がPC鋼棒により拘束されて発生する圧縮力によりプレストレスが過剰に導入された状態と同じになり、供試体軸方向にひびわれが発生しやすくなり、AP-80ではAP-40に比べてはり軸方向のひびわれが多くなったと考えられる。最大ひびわれ幅はいずれの供試体においても0.15mm以下であった。

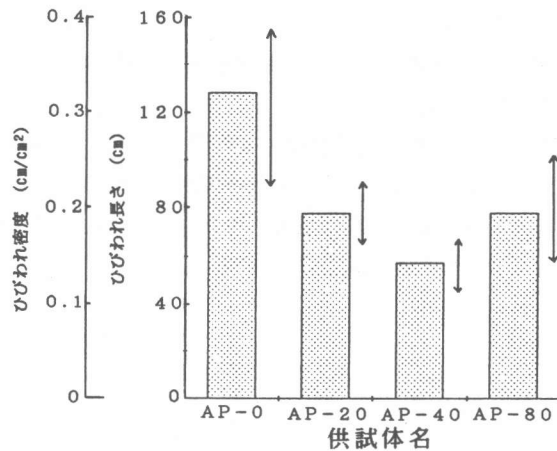


図-7 PC供試体のひびわれ長さおよびひびわれ密度

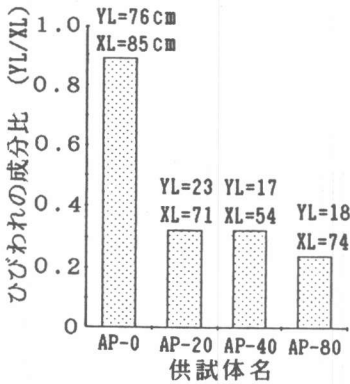


図-8 ひびわれの成分比
および成分長

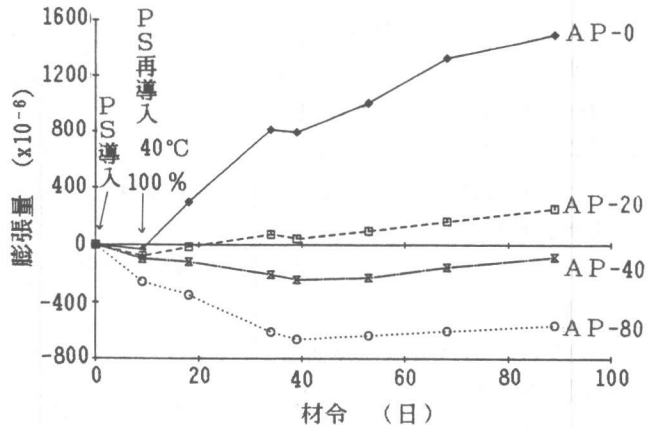


図-9 PC供試体の膨張量

4. まとめ

- (1) アルカリ骨材反応によりコンクリート部材に発生したひびわれを対象とし、これをデジタイザーにより数値化してパソコンに入力・解析した。
- (2) RCはり供試体の場合、圧縮鉄筋比が増加することによりひびわれ長さが減少し、またひびわれのはり直角方向の成分が減少しはり軸方向のひびわれが卓越した。また、鋼繊維の混入によってもひびわれ長さは減少した。
- (3) PC供試体の場合、プレストレス導入量の増加に伴い供試体軸方向のひびわれが卓越した。また、導入量が 40kgf/cm²までは導入量が増加するとひびわれ密度は減少した。しかし、導入量が80kgf/cm²のものでは逆にひびわれ密度は増加した。

最後に実験に協力していただいた佐藤隆治君（現 名阪工材）に感謝します。

参考文献

- 1)小野紘一：アルカリ骨材反応による構造物の劣化の形態，コンクリート工学，Vol.24，No.11，1986
- 2)小柳 治・六郷恵哲・石田裕哉：アルカリ骨材反応によるひびわれとRC部材の性状，セメント技術年報39，1985
- 3)小林和夫・井上 晋・山崎鷹生・中野錦一：アルカリ骨材反応を受けたPCはり部材の耐荷性状に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集9-1，1987
- 4)本田裕夫・白石文雄・植田浩吉・林 芳尚：アルカリ骨材反応に対する鉄筋拘束の影響，コンクリート工学年次論文報告集8，1986