

# アルカリ骨材反応による損傷がRCはりのせん断耐荷機構に与える影響に関する実験的研究

市民工学専攻：荒川 智大

指導教員：三木 朋広

## 1. 研究の背景と目的

鉄筋コンクリート（RC）構造物の維持管理において、合理的な維持管理を行うためには劣化したRC構造物の耐力や変形性能を適切に評価する必要がある。アルカリシリカ反応（ASR）が生じたRC部材ではコンクリートにひび割れが生じ、コンクリートの力学特性や鉄筋とコンクリート間の付着特性が変化し、せん断耐荷機構が変化することが明らかとなっている。本研究では、ASRが生じたRCはり（ASR供試体）のせん断耐荷機構を明らかにすることを目的として、せん断スパン有効高さ比（ $a/d$ ）の異なる3ケースのRCはりを対象とした載荷実験を行った。特にASRによるひび割れ、ならびにRCはりの載荷中に生じるひび割れの進展について考察する。

## 2. 実験概要

### 2.1 供試体概要、ならびに試験方法

使用した供試体は、断面が $200\text{mm} \times 150\text{mm}$ 、有効高さ $150\text{mm}$ の断面で、せん断スパンはそれぞれ $150\text{mm}$ 、 $375\text{mm}$ 、 $675\text{mm}$ である。 $a/d$ は、それぞれ $1.0$ 、 $2.5$ 、 $4.5$ である。ASR供試体は材齢ごとにシリーズを分け、名称をASR-( $a/d$ )-(シリーズ)と表した。試験には4点曲げ載荷試験を行った。載荷中の供試体では変位分布を画像解析で計測するとともに、ASR供試体の側面に $\pi$ ゲージを取り付けて、中立軸の位置を測定した。

### 2.2 ASRによる劣化性情

ASRを促進させるために打設したASR供試体を屋外にて暴露した。図-1にASRによるひび割れを観察し、スケッチしたものを示す。同図は上からRCはりの下面、側面1、上面、側面2の順に示している。下面では、引張鉄筋に沿ってひび割れが開口していたが、はりの圧縮側には不規則にひび割れが発生していた。表-1にASRが生じたコンクリートの材料特性の測定結果を示す。圧縮強度や静弾性係数の低下が確認され、静弾性係数は健全に比べて50%以上も小さくなった。ASR供試体の表面の膨張量を計測すると、引張鉄筋付近で約 $1000\mu$ 、圧縮側で約 $2500\mu$ の膨張ひずみが生じていることがわかり、ASR供試体内部でケミカルプレストレスが残存していると考えられる。

表-1 材料力学特性（円柱供試体）

試験体名	圧縮強度 ( $\text{N/mm}^2$ )	引張強度 ( $\text{N/mm}^2$ )	静弾性係数 ( $\text{N/mm}^2$ )	載荷試験時材齢
健全	37.1	3.62	28500	1ヶ月
ASR-1	25.6	2.48	11500	2年10ヶ月
ASR-2	27.2	—	5670	3年
ASR-3	34.0	2.14	6630	3年5ヶ月
ASR-4	30.6	1.94	9280	5年5ヶ月

## 3. 実験結果と考察

### 3.1 最大荷重、斜めひび割れの挙動の比較

表-2に載荷試験結果をまとめた。計算値には二羽式を用いた。材料特性の低下が確認されたが、各 $a/d$ でASR供試体は健全供試体と比べて最大荷重が大きくなった。図-2にASR-1シリーズの斜めひび割れをスケッチしたものを示す。

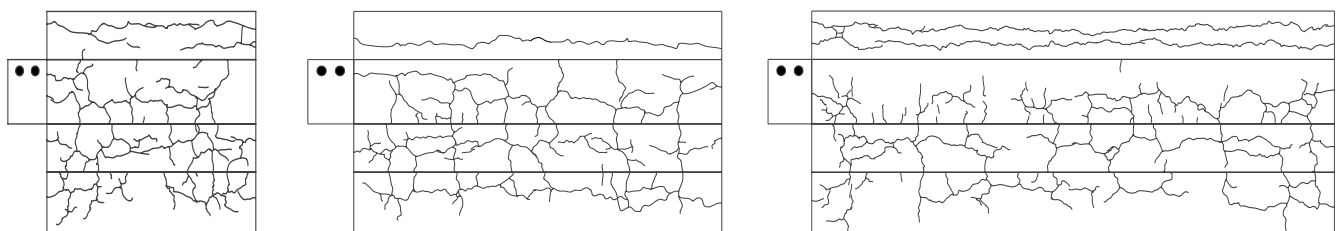


図-1 ひび割れスケッチ図（左：ASR1.0-1、中：ASR2.5-1、右：ASR4.5-1）

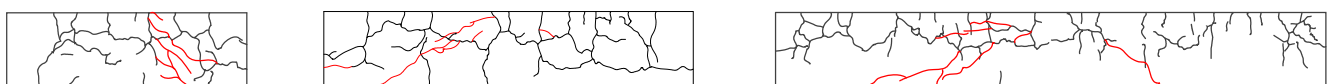


図-2 ASRによるひび割れと斜めひび割れの性状（左：ASR1.0-1、中：ASR2.5-1、右：ASR4.5-1）

キーワード アルカリシリカ反応、RCはり、せん断耐荷機構、斜めひび割れ、画像解析

す。健全供試体ではウェブに斜めひび割れが発生し、載荷点と支点間を結ぶように進展したが、ASR 供試体では斜めひび割れは RC はりの引張縁から徐々に進展し、既存の ASR ひび割れの影響を受けて水平方向に進展した。

### 3. 2 画像解析によるひずみの計測

載荷試験中の RC はりを対象にデジタルカメラで写真を撮影し、画像解析を行った。図-3 に得られた主ひずみ分布を示す。曲げひび割れ発生荷重は、健全供試体で約 15kN、ASR 供試体で約 30kN となった。ASR によるケミカルプレストレスが、曲げによるひび割れの発生を抑制したと考える。斜めひび割れの発生については、健全供試体はウェブにひずみが増大したのちにウェブせん断ひび割れが卓越した。ASR 供試体は、引張縁側から徐々にひび割れが発生し、荷重の増加とともに載荷点に向かって進展していったものの、ASR によるひび割れの影響を受けて水平方向に進展した。

### 3. 3 中立軸の計測

図-4 に ASR4.5-1 の中立軸を測定した結果を示す。黒色の直線は 30kN 時のひずみ分布を表し、近似直線の式を下に記載した。このとき ASR4.5-1 は曲げひび割れを生じている。中立軸の位置は、この近似直線と y 軸との交点座標である。結果をみると、中立軸の位置はほとんど移動していないことがわかる。これは、ASR 供試体に発生しているひび割れや静弾性係数の低下がコンクリートの圧縮域でのひずみの増大につながり、中立軸は初期の位置を維持したまま、その点を中心にひずみ分布が回転するように大きくなったと考える。

## 4. 結論

- (1) ASR 供試体の圧縮強度が健全供試体に比べて 10~30%小さかった。一方で、静弾性係数は健全供試体の 50% 以下であった。しかし、ASR 供試体は健全供試体に比べてせん断耐力が大きくなった。
- (2) 斜めひび割れの発生は、健全供試体ではウェブ中央にひずみが卓越して発生したのに対し、ASR 供試体では引張縁から徐々に載荷点に向かって進展していくことがわかった。
- (3) 載荷に伴う中立軸の位置の移動はわずかであった。静弾性係数の低下による圧縮側のひずみの増大が、初期の中立軸の位置を維持したままひずみ分布が回転するように移動した要因となった。引張縁でのひずみの卓越による斜めひび割れの発生荷重は健全供試体に比べて大きくなり、その結果、ASR 供試体の最大荷重が大きくなったと考える。

### 参考文献

- 1) 土木学会：アルカリ骨材反応対策小委員会報告書，2007
- 2) 土木学会：コンクリート標準示方書 [設計編]，2018

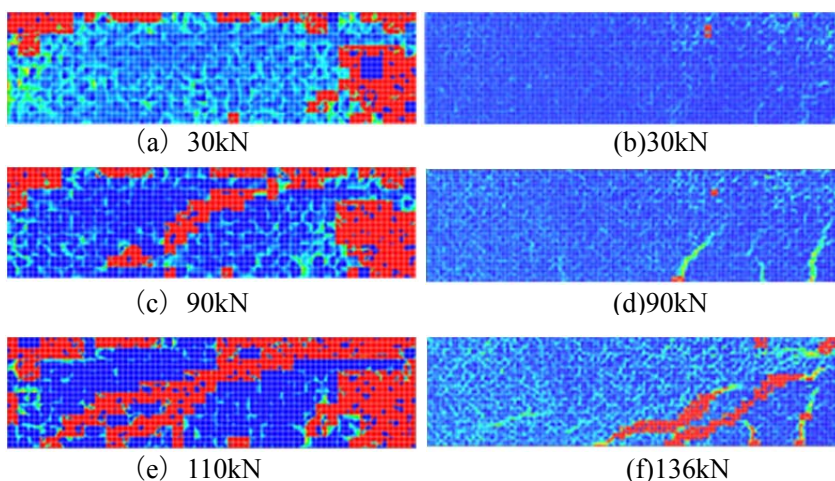


図-3 主ひずみ分布 (左：健全供試体，右：ASR4.5-1)

表-2 載荷試験結果

試験体名	実験値 (kN)	計算値 (kN)
N1.0	399.1	323.8
ASR1.0-1	405.5	290.8
ASR1.0-2	420.0	301.3
ASR1.0-3	490.1	343.5
ASR1.0-4	465.9	322.8
N2.5	193.8	125.8
ASR2.5-1	209.4	114.7
ASR2.5-2	203.0	116.4
ASR2.5-3	206.3	123.1
ASR2.5-4	203.0	119.9
N4.5	110.2	102.6
ASR4.5-1	137.9	93.6
ASR4.5-2	129.4	95.0
ASR4.5-3	142.7	100.4
ASR4.5-4	145.6	97.8

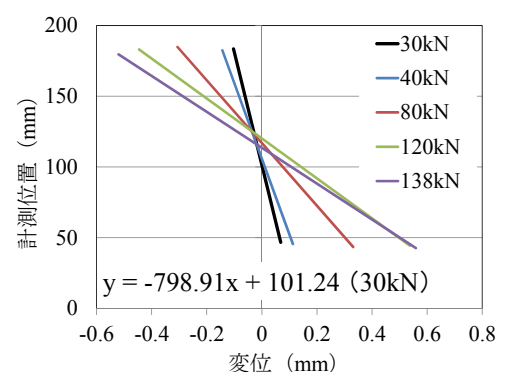


図-4 中立軸測定結果 (ASR4.5-1)