

# アルカリ骨材反応が生じたコンクリートの引張軟化特性の評価に関する研究

市民工学専攻：松谷 幸一郎  
指導教員：三木 朋広

## 1. 研究背景・目的

アルカリ骨材反応、特にアルカリシリカ反応 (ASR) は、コンクリートの劣化現象の一つである。この現象では、骨材中の珪物とセメント中のアルカリ成分が反応し、骨材周辺、もしくは骨材内部にゲルが生じる。このゲルの存在によって、コンクリートが体積膨張し、コンクリートにひび割れが生じる場合がある。ASR の膨張が生じたコンクリートは健全なコンクリートと比較して、静弾性係数の低下など、力学特性の変化が知られている<sup>1)</sup>。また、ASR に起因するひび割れが荷重により生じるひび割れに影響するため、その基礎的データが必要とある。そこで本研究では、ASR によってひび割れが生じたコンクリートの引張軟化挙動を実験的に評価することを目的とした。実験では、画像解析によってひずみ分布を算出し、ASR ひび割れと破壊挙動との関係について明らかにし、ASR ひび割れが生じたコンクリートの引張軟化特性を検討した。

## 2. 実験概要

本研究で使用した供試体は、リガメント断面が 100mm×50mm (切欠き長さ 50mm)、長さが 840mm のコンクリートはり (図-1) であり、スパン長を 800mm として三点曲げ試験を行った。測定項目は荷重、中央たわみ、ひび割れ開口変位、画像解析用デジタル画像である。また載荷試験の実施前に、供試体表面の ASR ひび割れの幅、長さ、およびその方向を測定した。さらに、リガメント部の内部の影響を検討するため、破断面における粗骨材の状態を観察した。

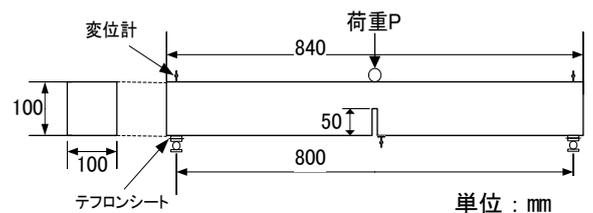


図-1 載荷試験の概要

## 3. 実験結果と考察

### 3. 1 荷重変位曲線と引張軟化曲線

本実験で得られた荷重-変位曲線を図-2、多直線近似法を用いて求めた引張軟化曲線を図-3 に示す。健全コンクリートと比較して、ASR コンクリートは弾性係数が小さくなる。そのため、荷重変位曲線下の面積が大きくなり、破壊エネルギーも健全コンクリートよりも大きな値をとる傾向がある。それに伴って、軟化応力が0となるときのひび割れ幅が、健全コンクリートに比べて ASR コンクリートの方が大きくなった。これは、荷重によって生じるひび割れの進展が、ASR 膨張あるいはひび割れによって妨げられるために、ASR 供試体の最大ひび割れの値が大きくなったものと考えられる。

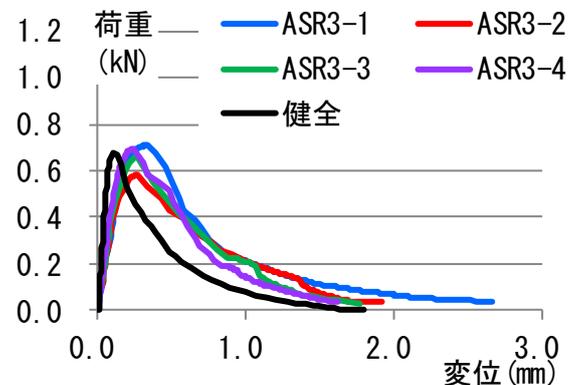


図-2 荷重-変位曲線

### 3. 2 ASR ひび割れと破壊エネルギー

供試体表面に生じている ASR ひび割れに関して、ひび割れ面積をひび割れ全長で除した値を平均ひび割れ幅として算出した。この平均ひび割れ幅と破壊エネルギーの関係を図-4 に示す。破壊エネルギーが最大の ASR2-1 では平均ひび割れ幅が最小になり、破壊エネルギーが最小である ASR2-6 は平均ひび割れ幅が最大となった。しかし、この結果は ASR

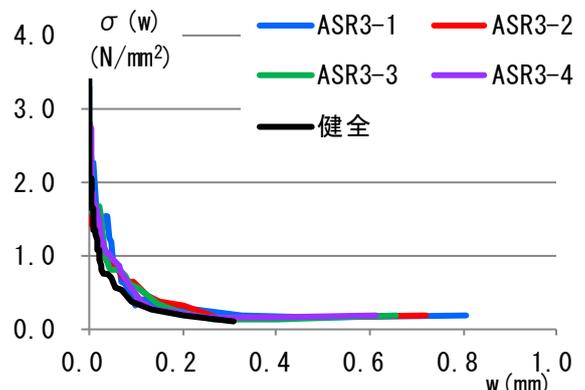


図-3 引張軟化曲線 (多直線近似法)

キーワード アルカリシリカ反応, 引張軟化曲線, 破壊エネルギー, ASR ひび割れ

ひび割れと破壊エネルギーの関係性を明確には示すことができない。そのため、リガメント部における ASR ひび割れについて、画像解析の結果を用いて考察する(図-5)。リガメント部に生じた水平方向の ASR ひび割れは、荷重によって生じるひび割れの進展と共に開口している

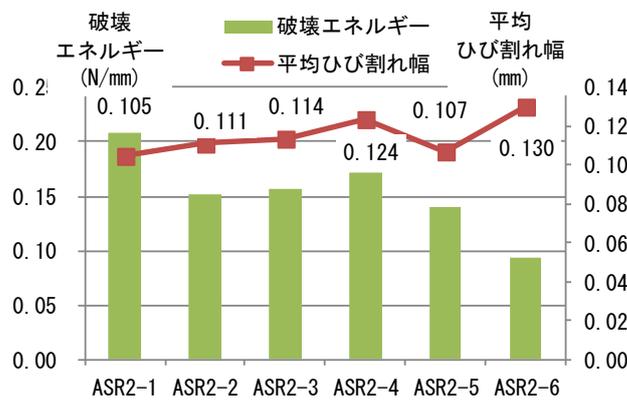


図-4 平均ひび割れ幅と破壊エネルギー

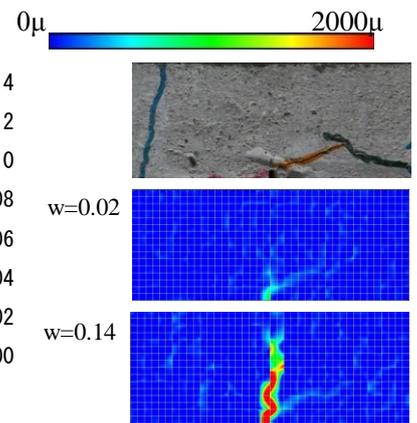


図-5 表面ひずみ(ASR3-1)

ことが確認できる。また、この ASR2-1 は他の供試体より大きな破壊エネルギーの値を示していた。これらのことから、リガメント部における ASR ひび割れの方が破壊エネルギーに及ぼす影響は大きいことがわかる。

### 3. 3 破断面における粗骨材の影響

リガメント部面積に対する破断した粗骨材の割合を算出し、破壊エネルギーとの関係についてみると、図-6 より、それぞれの値の間に直接的な関係性はみられない。一方、図-7 より、骨材割合の大きい ASR2-5 と小さい ASR2-6 を比較すると、ASR2-5 では引張応力が最大値に至ったのち、ゆるやかに応力が低下していることがわかる。拡張 J 積分法を用いると、算出された引張軟化曲線において、ひび割れ幅や進展高さなど、荷重に伴う曲げひび割れの進展挙動を反映できる。そのため、特にリガメント部における破断骨材の割合が大きい ASR1-5 では、ひび割れ面の形状が相対的に平滑となった影響が引張軟化曲線に再現されていると考える。

### 4. まとめ

- (1) ASR コンクリートでは、健全コンクリートより最大荷重に達するときの荷重点変位が大きくなる。また、軟化応力が 0 となるときのひび割れ幅が、ASR コンクリートの方が大きくなるため、破壊エネルギーは健全コンクリートよりも大きな値を示す傾向にある。
- (2) 供試体表面に生じている ASR ひび割れは、コンクリートの破壊特性に影響を及ぼす。特に、リガメント部に生じている ASR ひび割れの影響は顕著である。リガメント部に水平方向に生じた ASR ひび割れが、荷重によって開口していく場合、荷重により生じる鉛直方向のひび割れの進展を妨げる。
- (3) 破断面における粗骨材について、破断骨材の面積割合が破壊エネルギーに与える影響は小さい。ただし、拡張 J 積分法により求めた引張軟化曲線において、破断骨材の面積割合が大きい供試体の方が、軟化応力が最大となった後の応力の低下が緩やかになっており、リガメント断面における破断骨材は引張軟化挙動に影響を与える可能性がある。

### 参考文献

- 1) 久保善司, 上田隆雄, 黒田保, 野村倫一; アルカリ骨材反応による膨張がコンクリートの力学的性能に与える影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.1, pp.1691-1696, 2006



図-6 破壊エネルギーと破断骨材の割合

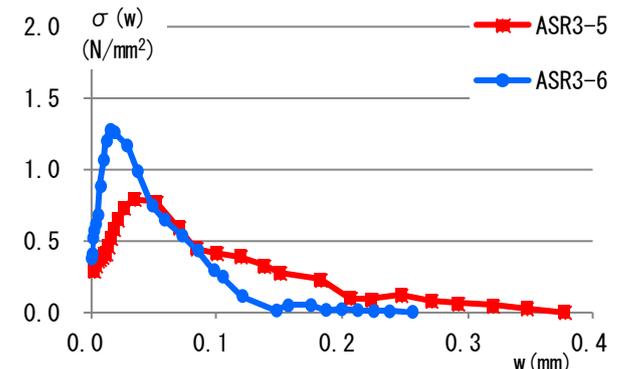


図-7 引張軟化曲線 (拡張 J 積分法)