ASR 膨張力のコンクリート-鉄筋間の伝達メカニズムについて

金沢大学大学院　学生会員　○中島俊和　金沢大学工学部　正会員　久保善司
金沢大学工学部　正会員　鳥居和之

1．はじめに

アルカリシリカ反応(ASR)により損傷したコンクリート構造物は、内部に鉄筋が適切に配置されている場合、その耐荷特性に大きな低下はないものとされてきた。しかし、ASR によって過大な膨張が生じた場合には、コンクリートの強度低下、鉄筋とかぶりとの付着力の低下、曲げ加工部での鉄筋破断などを生じ、著しく劣化したコンクリート構造物が確認されている[1)]。本研究では、ASR により過大な膨張が生じ、鉄筋破断を生じた構造物に対して適切な補修･補強法を確立するために、ASR 膨張力のコンクリート-鉄筋間の伝達メカニズムを解明することとした。

2．実験概要

(1) ASR 試験体による鉄筋破断の検証　コンクリートの示方配合を**表 1** に示す。鉄筋破断が確認された建設時の示方書による配筋量を参考にして、鉄筋比を 0.4%、0.5%および 0.6%の 3 種類に設定した。実構造物においては、配筋および環境条件等によって膨張が卓越する方向が存在するため、上下 2 段に配置した鉄筋のうち上段には D6、D10 および D13、下段には D13 の異形鉄筋を配置して鉄筋量を変化させ、実構造物における膨張の異方性を考慮した。また、帯筋には D13 の異形鉄筋を配置した。膨張挙動を把握するため、試験体の中央部には埋込み型のひずみゲージ、表面にはコンタクトゲージ用チップを貼り付け、鉄筋にはひずみゲージを貼り付けた。試験体の概要を**図 1** に示す。試験体は打設後、2 週間の湿空養生して屋外暴露した。

表 1　コンクリートの示方配合

スランプ (cm)	W/C (%)	空気量 (%)	s/a (%)	単位(kg/m³)					
				W	C	S	G_n	G_r	NaOH
8±2	53	2±1	42	164	308	784	563	563	7.54

ペシマム混合率を考慮して、川砂利と安山岩砕石の比率を 1:1 とした。
Gn：非反応性粗骨材(川砂利)、Gr：反応性粗骨材(安山岩砕石)

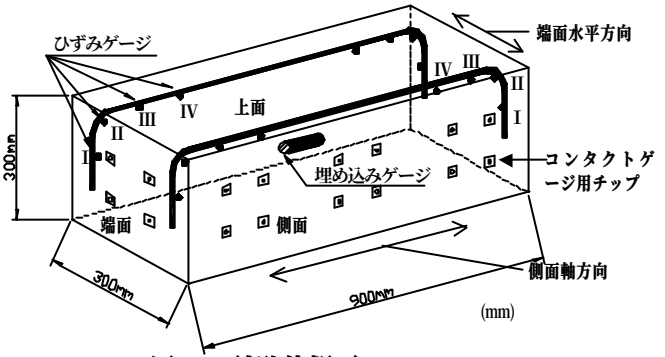

図 1　試験体概要

(2) ASR 膨張力の鉄筋への伝達機構の解明　ASR 試験体においては、ASR による膨張、水分の影響を受け、長期にわたる鉄筋ひずみ測定が困難となり、過大な膨張を生じた段階における鉄筋ひずみの挙動を把握することができなかった。そこで、短期間で過大な膨張を生じさせるために、膨張材を用いた試験体を作製し、ASR による膨張力が鉄筋に伝達する機構を把握することとした。配筋、拘束量および膨張水準などを様々に変化させた試験体を用意した。今回は実構造物における膨張挙動に最も近い試験体の結果について検討した。コンクリートの示方配合を**表 2** に示す。鉄筋破断を生じた曲げ加工部の挙動を把握するため、試験体には鉄筋を上下 2 段に配置し、上段には曲げ加工部を有する鉄筋を使用し、下段には曲げ加工部のない鉄筋を使用した。試験体の概要を**図 2** に示す。

表 2　コンクリートの示方配合

単位(Kg/m³)			
W	C	S	E.A.※
357	534	1071	143

※:水和熱抑制型膨張材をセメントの内割添加で混入

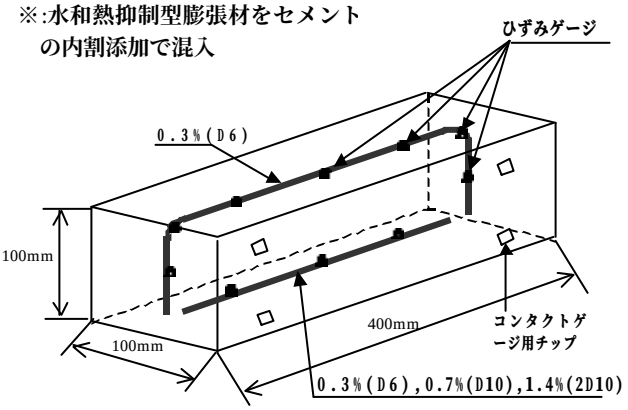

図 2　試験体概要

キーワード：アルカリシリカ反応、ASR 膨張、鉄筋比、鉄筋ひずみ、鉄筋破断
金沢大学工学部　金沢市小立野 2-40-20　TEL.076-234-4620　FAX.076-234-4632

3．結果および考察

3.1 ASR 試験体による鉄筋破断の検証

(1) 外観観察　0.5%のものは 0.6%のものとほぼ同様のひびわれ発生状況を示した。0.4%のものは大きなひび割れが、上面から側面につながるように発生した。上段の鉄筋量が小さいために上面の軸方向の膨張が卓越し、そりが生じたためであると考えられる。0.6%のものは軸方向筋により軸方向の ASR 膨張が拘束され、ASR 膨張力が軸直角方向に作用し、軸方向筋に沿った上面から端面につながる大きなひび割れが発生した。

(2) コンクリートの表面ひずみ　試験体の表面ひずみの経時変化を図 4 に示す。暴露初期では端面および側面において、鉄筋比の違いによる明確なひずみの差が生じなかったが、暴露約 400 日頃から鉄筋比が大きいものほどひずみが大きくなる傾向を示した。この傾向は 2 年目で顕著に現れた。暴露約 500 日における側面軸方向の上部と下部のひずみおよび端面水平方向のひずみを図 5 に示す。鉄筋比が大きいものほど上部の軸方向の膨張が拘束されたためにひずみは小さくなった。軸方向で拘束された膨張は端面水平方向のひずみとして発生した。この結果から、上下の鉄筋量の差に対応した膨張挙動を示し、実構造物における膨張の異方性を模擬できたものと考えられる。

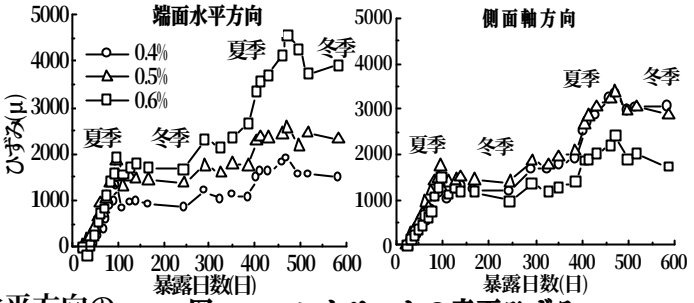

図 4　コンクリートの表面ひずみ

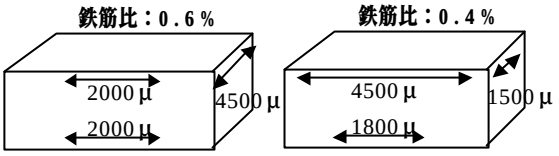

図 5　コンクリートの表面ひずみ

(3) 鉄筋のひずみ　鉄筋ひずみの経時変化を図 6 に示す。鉄筋ひずみは表面ひずみと同様な季節的変動を示した。コンクリートが膨張するにともない鉄筋の曲げ加工部(Ⅱ)には大きな引張ひずみが発生し、鉄筋比にかかわらず比較的早期に降伏ひずみ(SD295A の降伏ひずみの計算値は 1800μ程度)を超える大きなひずみが発生した。曲げ加工部以外(Ⅰ,Ⅲ,Ⅳ)の鉄筋ひずみは曲げ加工部に比べて小さくなった。ASR 膨張により生じる鉄筋ひずみは曲げ加工部に集中する傾向があり、実構造物におけるの鉄筋破断箇所と一致した。

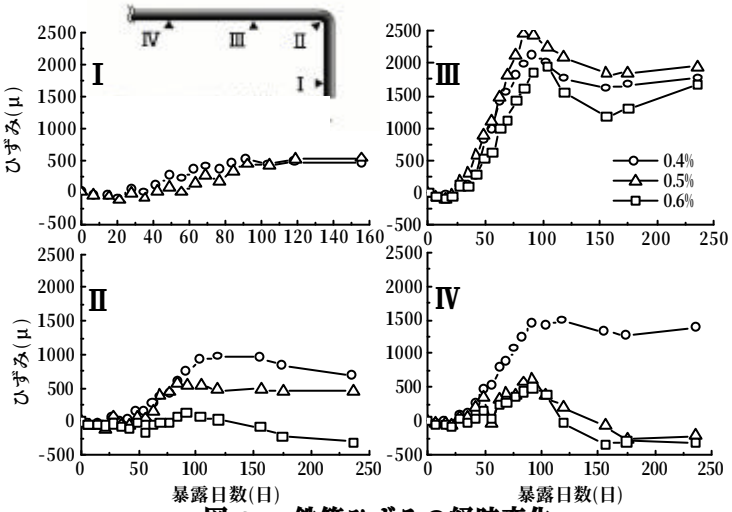

図 6　鉄筋ひずみの経時変化

3.2　ASR 膨張力の鉄筋への伝達機構の解明

側面軸方向の表面ひずみの最大値を図 7 に示す。下部の軸方向の表面ひずみは、下段に配置した拘束筋量が大きいほどひずみは小さくなった。上部の軸方向の表面ひずみは下段の拘束筋量にかかわらず約 8000μ程度であった。上段に配置した鉄筋のひずみの経時変化を図 8 に示す。下段に配置した拘束筋量が大きいほど、軸方向の鉄筋ひずみと比較して鉄筋の曲げ加工部には大きなひずみが発生した。これらの結果から、過大膨張時においても鉄筋の曲げ加工部には大きなひずみが発生するものと考えられる。以上 2 つの実験より、ASR 膨張が鉄筋破断の一因であると考えられる。

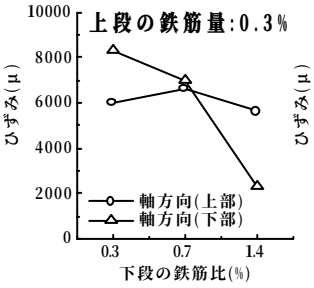

図 7　表面ひずみの最大値

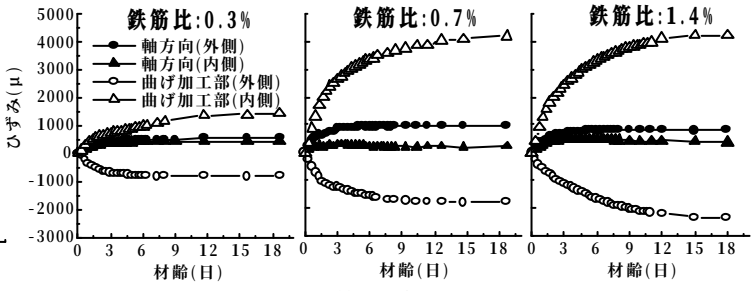

図 8　鉄筋ひずみの経時変化

参考文献　1) 土木学会：コンクリート標準示方書[維持管理編]、pp142～156,2001.