

ASR によるコンクリート構造物の鉄筋破断メカニズムの検証

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、外観的な損傷は顕著であるものの、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発生した場合には、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の著しく損傷した事例が確認されている¹⁾。本研究では、鉄筋の破断し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 による鉄筋破断のメカニズムを検証することとした。

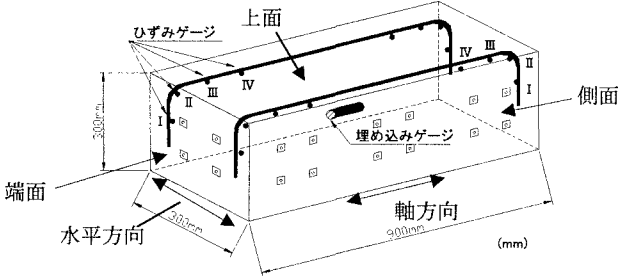
2. 実験概要

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、D13、下段には D13 の異形鉄筋を配置して鉄筋量を変化させ、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 (軸方向)、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。

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、川砂利と安山岩碎石の比率を 1:1 とした。
G_n：非反応性粗骨材 (川砂利)、G_r：反応性粗骨材 (安山岩碎石)



3. 測定および考察

3.1 外観観察

暴露約 500 日後の鉄筋比 0.4%および 0.6%の試験体のひび割れ発生状況をそれぞれ図 2 および図 3 に示す。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。初期の段階では、0.6%のものは軸筋によって ASR 膨張が拘束され、上面から端面につながるひび割れが軸筋上に発生した。0.4%のものは無筋に近い亀甲状のひび割れが多数発生した。暴露約 500 日後では、0.6%のものは軸筋上のひび割れが大きくなるとともに、軸直角方向にもひび割れが発生した。0.4%のものは軸直角方向に大きなひび割れが、上面から側面につながるように発生した。これは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。

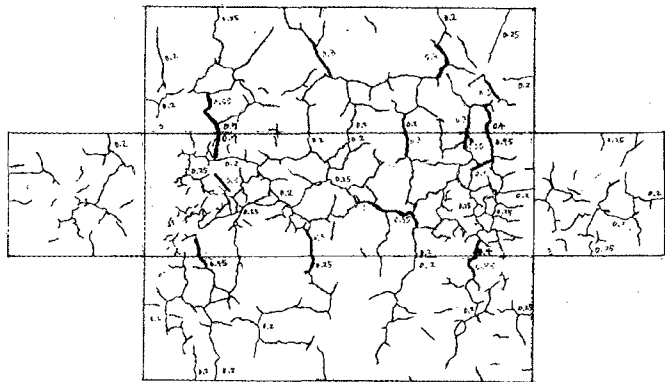


図 2 0.4%のひび割れ発生状況

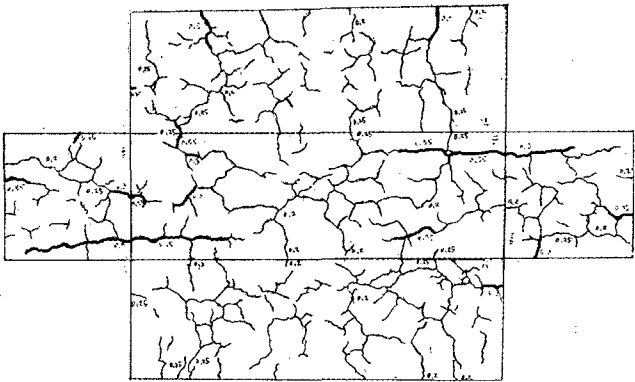


図 3 0.6%のひび割れ発生状況

3.2 コンクリートの表面ひずみ

試験体の表面ひずみ(側面軸方向および端面水平方向)の経時変化を図4に示す。なお、無拘束の試験体では、約4000 μ の表面ひずみを示した。夏季の高温多湿においては、ASR膨張が促進され表面ひずみは大きくなった。冬季は気温の低下のために膨張が停止した。側面軸方向の表面ひずみは、0.4%および0.5%のものは同程度で、0.6%のものは他のものより小さくなった。暴露後約500日における各試験体の側面軸方向の上部および下部のひずみの差を図5に示す。ひずみの差は、鉄筋比が0.4%のものは約2500 μ 、0.6%のものはほぼ0となり、鉄筋比が大きいものほどその差は小さくなった。この結果から、上下の鉄筋量の差に対応した膨張挙動が確認できた。これに対して、端面水平方向の表面ひずみでは、鉄筋比の大きいものほど大きくなる傾向を示した。上段の鉄筋量の大きいものほど膨張が拘束され、側面軸方向の上部および下部のひずみの差は小さくなり、軸方向で拘束された膨張は端面の水平方向のひずみとして発生したと考えられる。

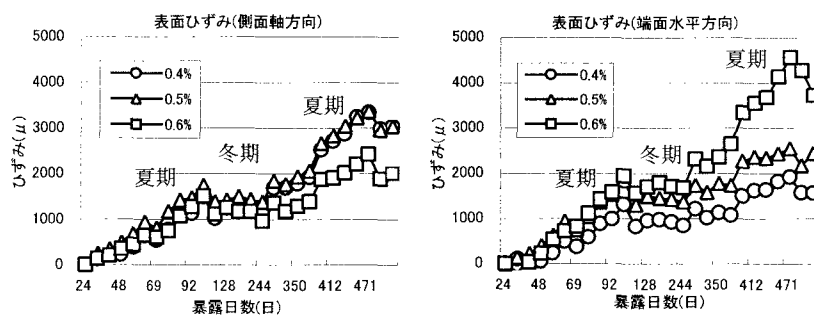


図4 コンクリートの表面ひずみ

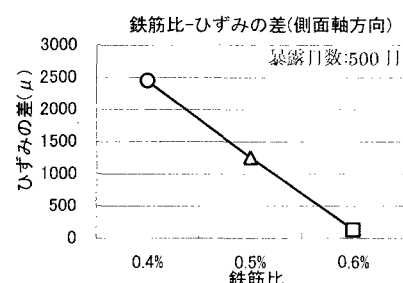


図5 側面軸方向のひずみの差(上段と下段)

3.3 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1800 μ 程度)を超える大きなひずみが発生した。曲げ加工部以外の鉄筋のひずみは曲げ加工部に比べて小さくなった。

4. 鉄筋破断の原因推定

調査により鉄筋破断が確認された鉄筋の破断面を観察した結果、半月状の割れがあり腐食および絞りがなく脆性的に破断していることが確認できた。鉄筋の破断面を図7に示す。試験体による鉄筋ひずみ挙動および破断面の観察から、鉄筋破断の原因としては、過大なASR膨張により鉄筋の曲げ加工部に大きな引張ひずみが発生したこと、応力腐食割れの影響、鉄筋の曲げ加工による降伏強度および伸び能力の低下の影響、などが複合的に作用して鉄筋破断に至ったと考えられる。

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]、アルカリ骨材反応維持管理標準、pp142～156,2001.

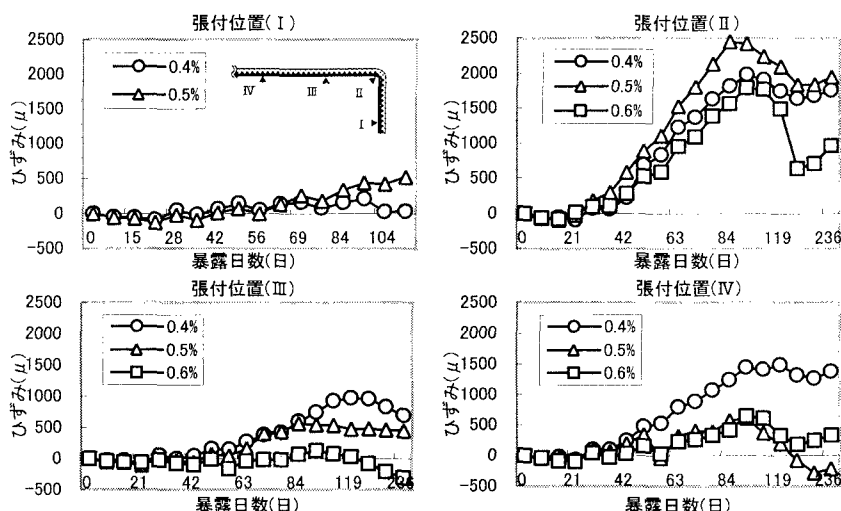


図6 鉄筋のひずみ

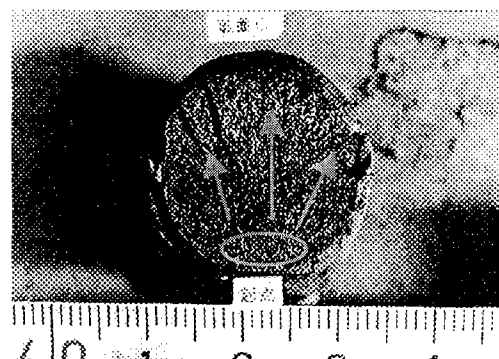


図7 鉄筋の破断面