

立命館大学大学院理工学研究科 正会員 ○鈴木 宏信 学生員 疋田 奈緒也
立命館大学理工学部 正会員 高木 宣章 正会員 児島 孝之

1. はじめに

ASRを生じたコンクリート構造物において、鉄筋の曲げ加工部の破断が報告された[1]。本研究では、反応性骨材を用いた鉄筋コンクリート供試体を作製し、アルカリシリカ反応（ASR）膨張と鉄筋の塩化物腐食が鉄筋の曲げ加工部に及ぼす影響について実験検討を行った。

2. 実験概要

(1) 使用材料およびコンクリートの示方配合

セメントは、普通（密度： 3.15g/cm^3 ）および高炉B種（密度： 3.04g/cm^3 ）の2種類を使用した。粗骨材は化学法で「無害でない」（ $\text{Sc}=197, \text{Rc}=127\text{ mmol/l}, \text{Sc/Rc}=1.6$ ）と判定された安山岩（密度： $2.61\text{g/cm}^3, \text{MS}=20\text{mm}$ ）を、細骨材は川砂（密度： $2.62\text{g/cm}^3, \text{FM}=2.68$ ）を使用した。コンクリート中の全アルカリ量は、 6.0kg/m^3 となるようにNaOH溶液を用いて調整した。鉄筋は、D10(SD345)、D13(SD345)の2種類を使用した。コンクリートの示方配合を表-1に示す。

表-1 コンクリートの示方配合

セメントの種類	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m^3)				全アルカリ量(kg/m^3)	目標スランプ(cm)	目標空気量(%)
			W	C	S	G			
普通	65	47	175	269	858	968	6.0	8 ± 2	4.5 ± 1.5
高炉B種	65	47	175	269	853	963			

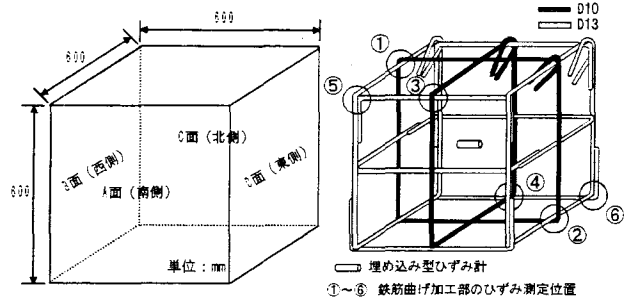


図-1 供試体の概要

(2) 供試体の作製

鉄筋コンクリート供試体の寸法は $600\times 600\times 600\text{mm}$ であり、鉄筋比はA～Dの各側面とも、 0.266% である。鉄筋コンクリート供試体の概要を図-1に示す。鉄筋曲げ加工部のひずみ測定箇所は、①～⑥の6カ所とし、各箇所にひずみ測定用のゲージを取り付けた。また、コンクリート内部の膨張挙動を把握するため、No.1～No.4供試体に埋め込み型ひずみ計を設置した。さらに、降伏した鉄筋のASR膨張による影響を把握するため、No.5、6供試体については、図-2に示す位置に予め降伏させた鉄筋を使用した。供試体の養生条件は、屋外気中暴露、および室内にて供試体の $2/3$ の高さまで塩水に浸漬する2条件を設定した。実験要因を表-2に示す。

表-2 実験要因

供試体	セメントの種類	養生条件	鉄筋
No.1	普通	屋外気中暴露	健全
No.2		室内塩水浸漬	
No.3	高炉B種	屋外気中暴露	
No.4		室内塩水浸漬	
No.5	普通	屋外気中暴露	降伏
No.6		室内塩水浸漬	

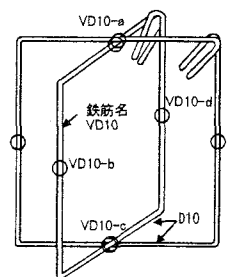


図-2 鉄筋降伏位置

(3) 試験項目

測定は、次の8項目を実施した。①外観観察（目視） ②自然電位（飽和硫酸銅電極） ③コンクリートの表面ひずみ（ホイットモアにより測定） ④鉄筋ひずみ ⑤供試体内部のひずみおよび温度 ⑥中性化深さ（フェノールフタレイン法） ⑦水溶性アルカリ量（ 40°C 温水抽出） ⑧塩分量（JCI-SC5法）

3. 実験結果および考察

暴露試験開始後522日経過した結果を報告する。普通セメントを使用した供試体（No.1,2,5,6）において、表面

Hironobu SUZUKI, Naoya HIKITA, Nobuaki TAKAGI and Takayuki KOJIMA

に亀甲状のひび割れおよび鉄筋に沿ったひび割れが発生した。図-3に自然電位の測定結果（全測定点 105 点の平均値）を示す。普通セメントを使用した屋外気中暴露供試体（No.1、5）は平均で-108mV、室内塩水浸漬供試体（No.2、6）は平均で-502mV の値を示した。この結果より、普通セメントを使用した室内塩水浸漬供試体（No.2、6）は、ASR 膨張と鉄筋の塩化物腐食が同時に作用しているものと考えられる。

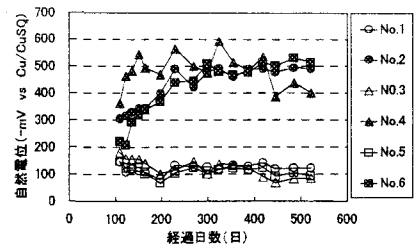


図-3 自然電位

表面ひずみ（全測定点 24 点の平均値）を図-4に、内部コンクリートひずみを図-5に示す。普通セメントを使用した供試体の表面ひずみは、屋外気中暴露、室内塩水浸漬の養生条件に関係なく、現時点では、平均 690 μ であった。内部コンクリートひずみは、屋外気中暴露供試体（No.1）で 473 μ 、室内塩水浸漬供試体（No.2）で 655 μ であ

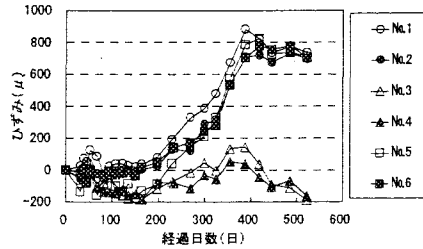


図-4 表面ひずみ

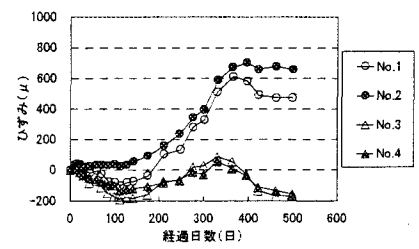


図-5 内部コンクリートひずみ

った。表面ひずみ、内部ひずみが増加し始める時期は、供試体内部の温度が増加し始める時期（夏期）と一致した。その後、冬季においても膨張ひずみの低下はほとんどなく、夏期の高温時に ASR が促進されたと考えられる。なお、高炉セメント B 種を使用した供試体（No.3,4）は、膨張傾向にない。

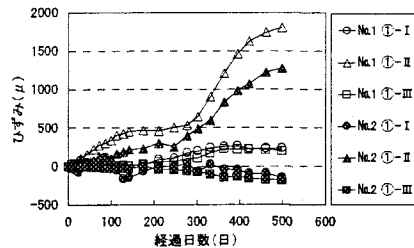
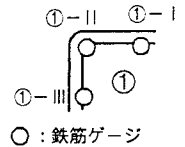


図-6 No.1、2 供試体の鉄筋曲げ加工部①のひずみ



No.1 供試体（普通セメント、屋外気中暴露）および No.2 供試体（普通セメント、室内塩水浸漬）の鉄筋曲げ加工部①のひずみ測定結果を図-6に示す。屋外気中暴露、室内塩水浸漬供試体とも、隅角部のひずみ（①-II）と直線部のひずみ（①-I、①-III）との差は、1400 μ 以上の値を示した。なお、現時点では、曲げ加工部鉄筋ひずみには、塩化物の影響は観察されなかった。

No.1,2,5,6 供試体の鉄筋(D10)ひずみの経時変化（測定位置:VD10-a~dの平均）を図-7に示す。降伏させた鉄筋の使用、塩化物腐食の程度に関わらず、鉄筋ひずみの増加は、現時点で、315~380 μ であり、顕著な差は観察されなかった。

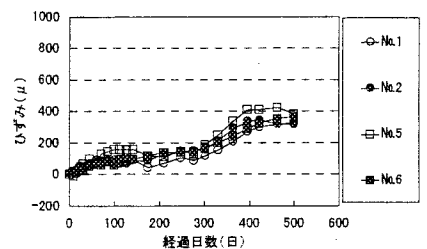


図-7 No.1,2,5,6 供試体の鉄筋 D10 のひずみ

4. まとめ

- (1) コンクリートの ASR 膨張により、鉄筋曲げ加工部は、鉄筋の直線部分に比べて、大きな引張ひずみを示す傾向にあった。
- (2) 予め降伏させた鉄筋の ASR 膨張による引張ひずみの増加は、降伏の有無あるいは塩化物腐食の程度に関わらず、315~380 μ の値を示し、顕著な差は観察されなかった。
- (3) 高炉セメント B 種を使用したコンクリートでは、ASR 膨張抑制効果および塩分浸透抑制効果が確認された。

【参考文献】

[1]池富,大深,久保,鳥居: ASR が発生したコンクリート構造物の耐久性,コンクリート工学年次論文集 /vol.23, No1, 2001