

京都大学 学生会員 ○玉井 譲 学生会員 山本 晋 学生会員 久保 善司
京都大学 正会員 服部 篤史 フェロー会員 宮川 豊章

1. はじめに

ASR が生じた場合、鉄筋コンクリート構造物の内部の鉄筋が適切に配置されている場合には、その静的耐荷特性に大きな低下はないものとされている¹⁾。しかし、内部に配置された鉄筋量が不足していると、過大な膨張が生じ、部材の劣化が加速するとともに耐荷性に影響を与えるものと予想される。

そこで本研究では、RC はり供試体を用い、耐震性の向上に用いられる横拘束筋あるいは巻立て炭素繊維シート²⁾の存在、あるいはシラン処理による ASR 膨張抑制効果を検討した。また、シラン処理と添加アルカリの違いによる軸筋腐食挙動の違いもあわせて検討した。

2. 実験概要

RC はり供試体の形状・寸法を図 1 に示す。いずれの供試体もコンクリート目標強度は 30N/mm²、主筋に 2-D10 対称複鉄筋 (SD295A、引張鉄筋比 0.812%)、予定している曲げ試験にお

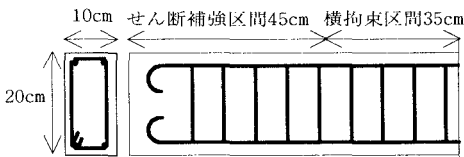


図 1 供試体の形状および寸法 スパン中央

る等曲げ区間 (30cm) を含む区間に配置した横拘束筋およびせん断補強筋には 135° フック付き $\phi 6$ スターラップを使用し、せん断補強筋は 10cm 間隔

表 1 実験要因および測定項目

実験要因						測定項目	
粗骨材	添加アルカリ	p_s (%) (間隔 cm)	p_f (%) (間隔 cm)	シラン処理	環境	膨張ひずみ (軸・軸直角方向) 軸筋 横拘束筋	自然電位 (軸筋) $p_s=0.8$ のみ
反応性 非反応性	NaCl	0.8(12.2)	—	○	自然(屋外)		
	NaNO ₂	1.6(6.1)	0.14(12.2)	—	促進 40℃		
		2.4(4.0)	0.27(6.1)		100%R.H.		

p_s : 横拘束筋体積比、 p_f : 炭素繊維体積比

(せん断補強筋比 0.6%) で配置した。膨張挙動を比較するため無筋の角柱供試体 (10×10×40cm) も作成した。

実験要因の構成および測定項目を表 1 に示す。添加アルカリは、鉄筋腐食との複合劣化の影響を検討するための NaCl と、逆に防錆効果のある NaNO₂ を使用し、反応性骨材の使用量とあわせて大きな膨張が得られるようにした。炭素繊維シートは、 $p_s=0.8\%$ のはりに対してのみ、供試体作成時に巻き立てた。

3. 実験結果および考察

3.1 ASR 膨張挙動

(1) 自然環境

自然環境下で暴露した供試体の軸直角方向ひずみの経時変化を図 2 に示す。シラン処理の有無によらずアルカリ種類による違いが若干認められ、NaNO₂ 添加により早期に大きな膨張を生じており、既往の研究²⁾と同じ傾向である。シラン処理のものについては暴露約 800 日以降においても無処理のものよりもひずみが小さく、良好な抑制効果が認められた。これらの膨張挙動は角柱供試体と同様であった。

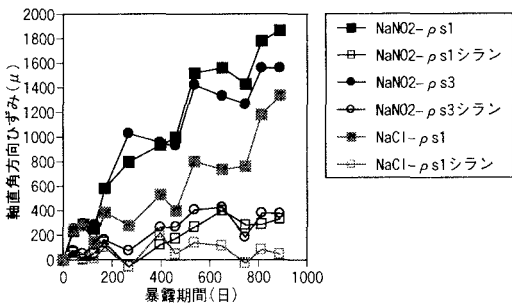


図2 軸直角方向ひずみ (自然環境)

横拘束量の違いが膨張挙動に与える影響は顕著ではなく、同程度のひずみを示している。しかし、今後も膨張が進行するものと考えられ、さらに長期の測定によって横拘束の影響を明らかにする必要がある。

(2) 促進環境

促進環境下で暴露した供試体の膨張は、暴露後約 200 日で収束した。横拘束筋体積比と膨張収束後のコンクリートの軸直角方向ひずみとの関係を図 3 に示す。なお、炭素繊維シートを配置したものは、ヤング係数の比のみを考慮し p_r を p_s に換算して加算した。 p_{s+r} が最も小さい 0.8% では約 5500 μ 程度に達しきわめて大きな膨張となったが、 $p_{s+r}=1.6\sim 2.4\%$ では 2500 $\sim$ 2200 μ 程度までに抑制されている。炭素繊維シートにも抑制効果が認められる。しかし、 $p_{s+r}=1.6\%$ 以上ではその増加による効果は減じられている。

ひずみゲージの測定値が有効と見られた暴露 100 日後までのコンクリートの軸直角方向ひずみと横拘束筋ひずみの関係を図 4 に示す。図 4 の範囲では横拘束筋のひずみはコンクリートのひずみの約 1/2 であり、この関係がさらに大きな膨張量においてある程度成立するものとするれば、図 3 より $p_{s+r}=p_s=0.8\%$ で横拘束筋ひずみが約 3000 μ と推定され、横拘束筋が降伏している可能性が高い。内部の鉄筋が膨張により降伏すると、部材の耐力や靱性への影響が懸念される。1.6 $\sim$ 2.4% では約 1000 μ と推定され、横拘束筋は降伏していないと考えられる。これらより、ASR 膨張抑制が期待できる最適補強量として 1.6% 程度が目安となる。

3.2 軸筋腐食挙動

自然電位(vs Ag/AgCl)は両環境で同様の傾向を示した。自然環境での測定結果を図 5 に示す。 NaNO_2 を添加した供試体は暴露後も NaCl より貴であり、防錆効果が認められ、非腐食領域と不確定領域の境界にある。シラン処理による電位の卑への移行抑制は明確でなく、撥水効果による鉄筋腐食抑制効果は自然電位に現れていない。

促進環境における NaCl 添加ではひび割れが軸筋沿いに集中する傾向があり、軸直角方向ひずみが見かけ上小さくなる場合もあった。

4. 結 論

- (1) シラン処理による良好な膨張抑制効果が認められた。
- (2) 内部横拘束筋が不足している既存構造物における ASR 膨張抑制手段として、炭素繊維シートの追加配置は有効である。
- (3) 内部横拘束筋と炭素繊維シートによる 1.6% 程度の横拘束で効果的な膨張抑制が期待できる。
- (4) シランの撥水効果による鉄筋腐食抑制効果は自然電位には認められず、実際の鉄筋腐食抑制効果については今後の更なる検討が必要である。

参考文献

- 1)例えば、棚橋和夫、岩永武士、小柳洽、浅野幸夫：ASR により劣化した RC はりおよび柱の力学挙動について、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.18、No.1、pp.843~848、1996
- 2)中野錦一、小林茂広、長岡誠一、有本義晴：反応性骨材の膨張に及ぼすアルカリ化合物の影響、セメント・コンクリート、No.446、pp.24~30、1984.4

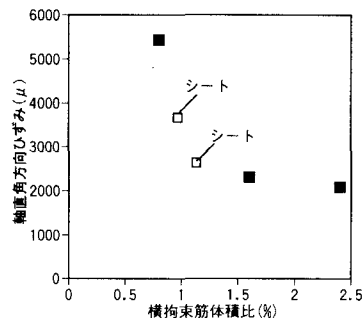


図3 横拘束が膨張に与える影響

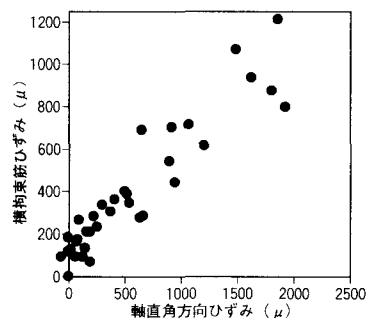


図4 軸直角方向ひずみと横拘束筋ひずみの関係

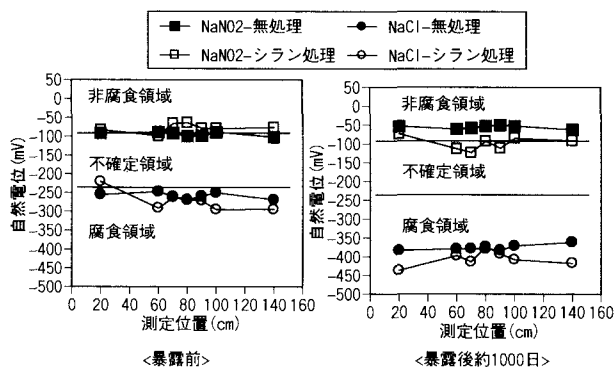


図5 自然電位 (自然環境)