

ASR により劣化損傷したコンクリート曲げ部材の膨張挙動および耐震性状

京都大学 学生会員 山本 晋 金沢大学 正会員 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

内部の鉄筋が不足し、過大膨張が生じる場合や地震時のような過大な正負繰返し荷重が作用する場合の ASR により劣化損傷した部材の耐荷性状については十分な検討がされていないのが現状である。本研究では、耐震性状の向上に用いられる横拘束による ASR 膨張抑制効果を検討するとともに、ASR 膨張が曲げ部材の耐震性状に与える影響を検討した。また、鉄筋腐食との複合劣化の影響についてもあわせて検討した。

2. 実験概要

RC はり部材の寸法、形状を図 1 に示す。いずれの供試体もコンクリート配合強度は 30N/mm^2 とした。主筋には 2-D10 を用い対称複鉄筋(SD295A、引張鉄筋比 0.812%)配置とした。横拘束筋およびせん断補強筋には 6 スターラップを用い、せん断補強筋は 10cm 間隔(せん断補強筋比 0.6%)で配置した。

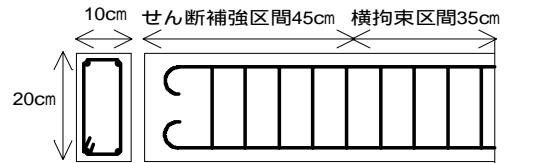


図 1 供試体の形状および寸法 スパン中央

実験要因の構成および測定項目を表 1 に示す。炭素繊維シートは、 $\rho_s=0.8$ のはりに対してのみ、供試体作成時に巻き立てた。

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	ρ_s (%) (間隔 cm)	ρ_f (%) (間隔 cm)	シラン処理	環境	膨張ひずみ	自然電位 (軸筋)
反応性 非反応性	NaCl NaNO ₂	0.8(12.2)	0.14(12.2) 0.27(6.1)		自然(屋外)	コンクリート (軸・軸直角方向) 軸筋 横拘束筋	$\rho_s=0.8$ のみ
		1.6(6.1)			促進		
		2.4(4.0)			40 100%R.H.		

ρ_s : 横拘束筋体積比、 ρ_f : 炭素繊維体積比

促進環境で暴露した供試体については、膨張が収束した後(劣化後)、スパン 140cm、曲げスパン 30cm、せん断スパン 55cm の(2n-1) _y の対称 2 点漸増正負交番載荷を行い、耐震性状を検討した。なお、初期値を得るために暴露を行わずに載荷するもの(初期)も用意した。

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いる。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。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。

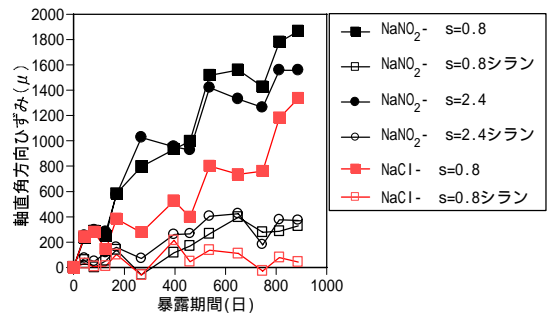


図2 軸直角方向ひずみ(自然環境)

(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 ρ_f を ρ_s に換算して加算した。 ρ_{s+f} が最も小さい 0.8% では約 5500 μ 程度に達し極めて大きな膨張となったが、 $\rho_{s+f}=1.6 \sim 2.4\%$ では 2500 ~ 2200 μ 程度までに抑制されている。炭素繊維シートにも

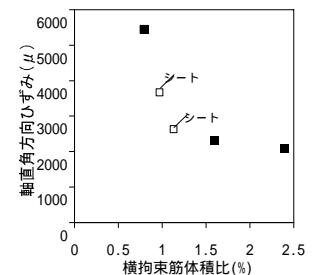


図3 横拘束が膨張に与える影響

キーワード: ASR 劣化、シラン処理、横拘束、複合劣化

抑制効果が認められる。しかし、 $\rho_{s+f}=1.6\%$ 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れば、図 3 より $\rho_{s+f}=\rho_s=0.8\%$ 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。1.6~2.4%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。したがって、ASR 膨張抑制が期待できる最適補強量として横拘束筋が降伏していない 1.6%程度が目安となる。また、既存構造物において十分な鉄筋量が確保されていない場合の膨張抑制手段として、シートの追加配置は有効である。

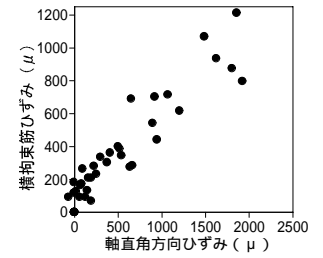


図4 軸直角方向ひずみと横拘束筋ひずみの関係

3.2 耐震性状

(1)ASR 膨張の影響 ASR 膨張(コンクリートの軸直角方向ひずみ)が部材の最大荷重および消散エネルギー(荷重-たわみ履歴ループの囲む面積)に与える影響を図5に示す。

初期の耐震性状については、骨材およびアルカリ種類の影響は顕著でなく、同一の横拘束筋量であれば同程度の最大荷重および消散エネルギーが得られた。シートの配置によって消散エネルギーは大きくなり、靱性の向上が認められた。

劣化後のものについては、横拘束筋の影響による最大荷重の増大は認められない。同一要因の供試体については、劣化後の最大荷重は初期値より若干小さくなった。

消散エネルギーは膨張ひずみが大きくなるほど小さくなった。シートは膨張抑制に対しても有効であったが、消散エネルギーに対しては膨張抑制以上の効果が認められた。ASR により劣化したコンクリートにおいては、膨張ひび割れによるかぶりの剥離にともなって消散エネルギーが減少した。そのため、かぶりを覆う形で配置されたシート貼付けの方が内部に配置された横拘束筋よりも高い効果が得られたと考えられる。

地震時のような過大な正負繰返し荷重が作用する場合には、ASR により劣化損傷した部材の最大耐力および靱性が若干低下する可能性がある。シートによる横拘束は靱性を得るための補強手段として有効である。

(2)ASR 膨張と軸筋腐食の複合劣化の影響 複合劣化の影響を図6に示す。最大荷重は添加アルカリにかかわらず同程度であり複合劣化による顕著な影響は見られなかった。

消散エネルギーについては NaCl 添加のものは NaNO_2 添加のものよりも小さく、初期値に比べて顕著に低下した。NaCl 添加供試体の軸筋腐食は載荷直前に測定した自然電位からも確認されており、ASR によるコンクリートの膨張が原因の低下に加えて、鉄筋腐食により軸筋に沿うひび割れが生じ、かぶり部の剥離が顕著になったことと、鉄筋とコンクリートの付着が低下したことが原因であると考えられる。

ASR と塩害により複合劣化した部材の靱性はきわめて低下するものと考えられ、今後 ASR 補修において塩害との複合劣化が予想される場合には、ASR 膨張抑制とともに鉄筋腐食に対する配慮が必要である。

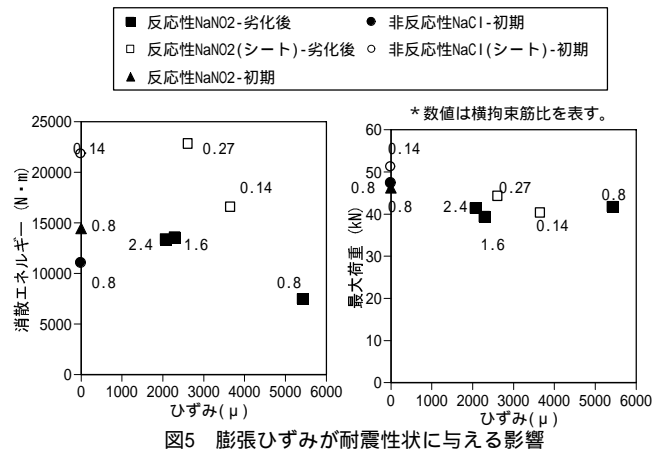


図5 膨張ひずみが耐震性状に与える影響

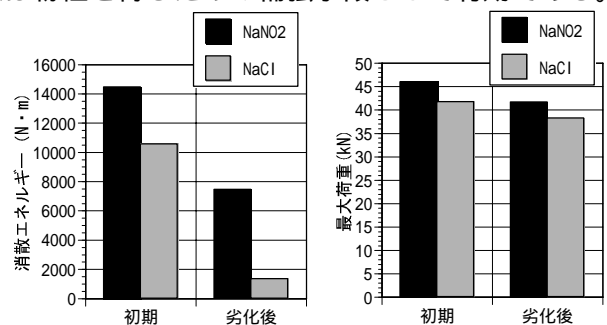


図6 複合劣化の影響