

京都大学 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

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<sup>2</sup>、主筋に上下2-D10(引張鉄筋比0.812%)、横拘束筋およびせん断補強筋にはφ6スターラップを使用し、せん断補強筋は10cm間隔(0.6%)で配置した。

劣化を短期間で起こさせるための40℃、100%R.H.に設定した促進環境で暴露した。なお、暴露を行わずに載荷するもの(初期)も用意した。コンクリートの種類は反応性、非反応性の2種類とした。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NaNO<sub>2</sub>を使用した。横拘束筋体積比は0.8、1.6および2.4%(配置間隔はそれぞれ12.2、6.1および4.0cm)の3種類とした。炭素繊維シートを配置する供試体も用意し、横拘束筋体積比を0.8%のほりに対して、繊維体積比を0.14%および0.27%(シート中心線間隔はそれぞれ12.2cm、6.1cm)の2種類とした。

ASR膨張挙動を把握するため、コンクリート軸直角方向ひずみおよび横拘束筋ひずみを測定した。また、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)δ<sub>y</sub>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。

3.実験結果および考察

3.1 劣化後のひび割れ性状

劣化後のはり中央部40cmのひび割れ状態を図2に示す。NaNO<sub>2</sub>添加供試体はひび割れが亀甲状に発生し、そのほとんどが幅0.1mm以下であったのに対し、NaCl添加供試体は軸方向にひび割れが卓越し、その幅も0.5~1.0mmに達する箇所が多数見られた。また、横拘束量が増加するに伴いひび割れは減少した。

3.2 ASR膨張の影響

NaNO<sub>2</sub>を添加した供試体のASR膨張(コンクリートの軸直角方向ひずみ)が耐震性状に与える影響を図3に示す。

(1)最大荷重(図3-(a))

初期で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が得られた。

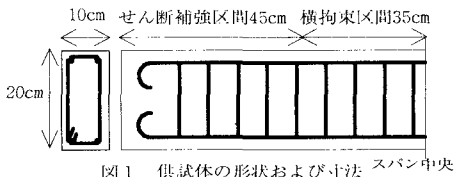


図1 供試体の形状および寸法 スパン中央

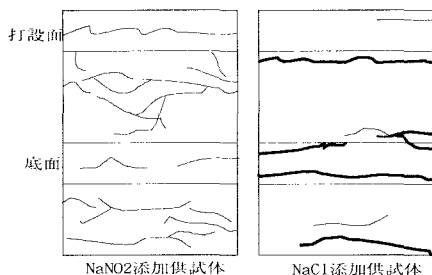


図2 劣化後のひび割れ

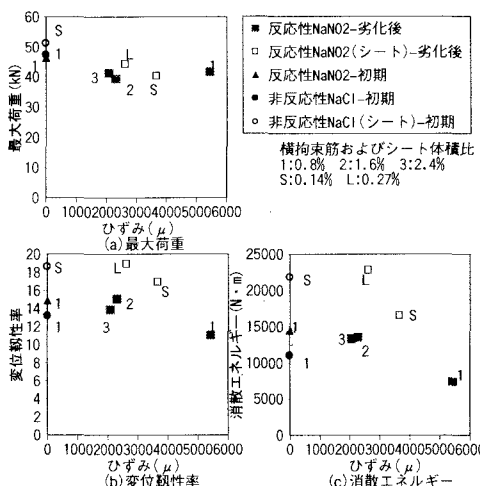


図3 ASR膨張が耐震性状に与える影響

Shin YAMAMOTO, Yoshimori KUBO, Atushi HATTORI and Toyoaki MIYAGAWA

シートを配置したものの耐力の増大は認められなかった。劣化後も横拘束による影響は顕著でなく、耐力の増大は認められない。

同一要因の供試体では、劣化後の最大荷重は初期より若干小さく、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、若干低下するものと考えられる。

(2)変位靱性率(図 3-(b))

塑性変形性能評価指標として変位靱性率  $\mu = \delta u / \delta y$  ( $\delta u$ : 終局(0.8P<sub>m</sub>時)変位、 $\delta y$ : 降伏変位)を用いた。初期では骨材およびアルカリ種類の影響は顕著でない。シートの配置によって向上が認められた。

劣化後は膨張ひずみが大きくなるほど低下した。特にコンクリートひずみが約 5500 $\mu$  に達した横拘束筋体積比が 0.8%の供試体は横拘束筋が降伏していると推定され、靱性が大きく低下したものと考えられる。また同一要因の供試体についても最大荷重同様、初期より低下が見られた。したがって、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、耐荷力および靱性が若干低下する可能性がある。

(3)消散エネルギー(図 3-(c))

荷重-たわみ履歴ループの囲む面積を消散エネルギー Ed として算出した。

初期では  $\mu$  同様、骨材およびアルカリの影響は見られず、シートを配置したものは大きくなった。

劣化後は膨張ひずみが大きくなるほど低下した。シートは ASR 膨張抑制に対しても有効であったが、 $\mu$ 、Ed に対しては膨張抑制効果以上の比率の大きな効果が認められた。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をともなって、Ed に大きな低下を生じた。そのため、かぶりを覆う形で配置されたシート貼り付けのものの方が内部に配置された横拘束筋より高い効果が得られたと考えられる。したがって ASR により劣化損傷した部材において十分な靱性を得るための補強手段としてシートによる横拘束は有効である。

3.2 ASR 膨張と塩害の複合劣化の影響

複合劣化の影響を図 4 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。(図 4-(a))

$\mu$  および Ed については NaCl 添加のものは NaNO<sub>2</sub> 添加のものよりも小さく、初期に比べても顕著に低下した(図 4-(b),(c))。本実験では供試体の膨張そのものは NaNO<sub>2</sub> 添加のものの方が大きかったものの、NaCl 添加により鉄筋腐食に伴う軸筋に沿ったひび割れが卓越していた。かぶりの一体性および付着の低下、さらには孔食による伸び能力の低下が生じたことにより靱性への影響はきわめて大きいものとなったと考えられる。

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、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。

4. 結論

- 1)地震時のような過大な正負繰返し荷重が作用する場合、ASR により顕著に膨張した部材の最大荷重および靱性は低下し、耐震性に問題が生じる。
- 2)シート巻き付けは ASR 補強に有効であり、膨張抑制効果以上の比率で変位靱性率、消散エネルギーを向上させる。
- 3)ASR と塩害により複合劣化した部材の靱性は、かぶりの一体性に加えて付着の低下、孔食による伸び能力の低下によりきわめて低下する。

参考文献

- 1)玉井讓、山本晋、久保善司、服部篤史、宮川豊章：横拘束およびシランによる ASR 膨張抑制効果と鉄筋腐食挙動、土木学会関西支部年次学術講演概要集、投稿中

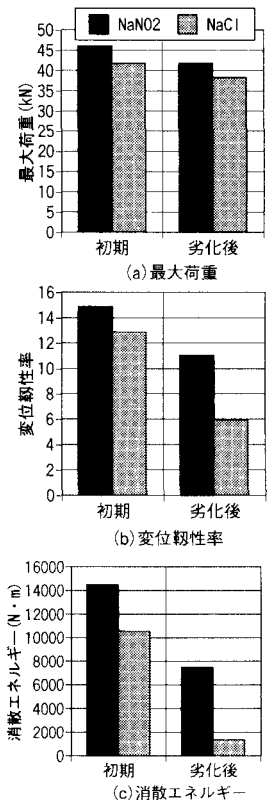


図4 複合劣化の影響