

# 炭素繊維シートによる ASR により劣化したコンクリート構造物の補強効果

京都大学 学生員 柴田 都江 金沢大学 正会員 久保 善司 京都大学 正会員 服部 篤史  
京都大学 フェロー 宮川 豊章 ショーボンド(株) 正会員 小牟禮 建一

## 1. はじめに

ASR (アルカリシリカ反応) により劣化した部材の耐荷性状については、適切に配置された鉄筋によって、膨張が拘束された場合には、耐荷性状に大きな低下はないものとされている[1]。しかし、鉄筋量が不足し、過大膨張が生じた場合や、地震時の耐荷性状については、十分に検討されていない。本研究では、鉄筋拘束の少ない場合や、過大応力が作用した場合の、ASR により劣化したコンクリート部材の耐荷性状を検討するとともに、耐荷性状に問題が生じた場合の補強方法として、炭素繊維シートによる横拘束効果を検討した。

## 2. 実験概要

ASR により劣化したコンクリート部材の曲げ圧縮部に着目し、角柱供試体 (10 × 10 × 40cm) を用いて、一軸圧縮試験によって検討した。試験要因を表 1 に、また強度試験結果を表 2 に示す。横拘束筋量は、実橋脚レベルで、耐震性を考慮した場合の最低量にあたる 0.28%、

表1 試験要因

| コンクリートの種類    | 反応性 (添加アルカリ $\text{NaNO}_2$ )、非反応性       |
|--------------|------------------------------------------|
| 拘束筋量         | 無、横拘束筋、横拘束筋+軸筋                           |
| シート補強量 (体積比) | 無、0.14%、0.22%、0.44%                      |
| 載荷時期 (補強時期)  | 養生直後、劣化初期、劣化収束期 (劣化初期補強)、劣化収束期 (劣化収束期補強) |
| 環境条件         | 促進環境 (40℃、100%R.H.)                      |

軸筋量は一般的な実橋脚において標準的な量である 1.1% とした。シート補強量は、実橋脚で施工上の限界にあたる体積比 0.14% (シート：間隔 10cm、幅 3cm) アルカリ骨材膨張をシート拘束のみで膨張量を 100  $\mu$  程度

表2 コンクリート強度試験結果

|      | 圧縮強度                  | ヤング率                              | 引張強度                  |
|------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| 非反応性 | 28.0N/mm <sup>2</sup> | $4.23 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ | 1.21N/mm <sup>2</sup> |
| 反応性  | 22.6N/mm <sup>2</sup> | $4.38 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ | 1.56N/mm <sup>2</sup> |

に抑制するのに必要な体積比である 0.44% (1 層全面) その中間の 0.22% (間隔 10cm、幅 3cm) の 3 種類とした[2]。シートはすべて 1 層巻きである。劣化以前の強度特性を把握するため、養生直後に載荷するものを用意した。収束期に載荷を行うものに関しては、シート拘束が膨張抑制に与える影響を把握するために、劣化初期に補強するものと収束期に補強するものを用意した。

## 3. 結果および考察

膨張ひずみが 700  $\mu$  を越え、ひび割れが確認できた時点劣化初期とした。収束期に載荷を行うものは、膨張ひずみが 1500  $\mu$  程度であり、収束しておらず暴露中である。非反応性の養生直後のもの、反応性の養生直後のものおよび劣化初期のものの載荷試験を行った。現段階までに得られた結果を以下に示す。

3.1 膨張ひずみ 横拘束の種類によらず、膨張レベルが小さい段階であり、横拘束による膨張抑制効果はほとんど認められなかった。今後の長期の測定によって、拘束効果による影響を明らかにする必要がある。

### 3.2 載荷試験結果

(1)初期剛性 横拘束量と初期剛性との関係を図 1 に示す。コンクリートの種類にかかわらず、横拘束による初期剛性の違いは認められなかった。コンクリートの種類および劣化による違いが見られ、反応性のものは非反応性のものよりも小さい。反応性の劣化初期の

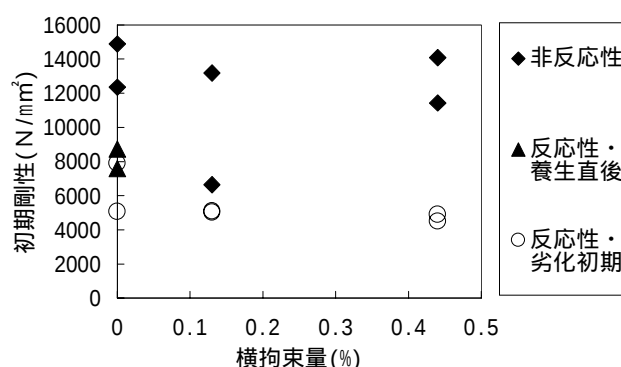


図 1 初期剛性

キーワード：アルカリ骨材反応、炭素繊維シート、横拘束効果、ASR 膨張

連絡先：〒606-8501 京都市左京区吉田本町 TEL 075-753-5102 FAX 075-752-1745

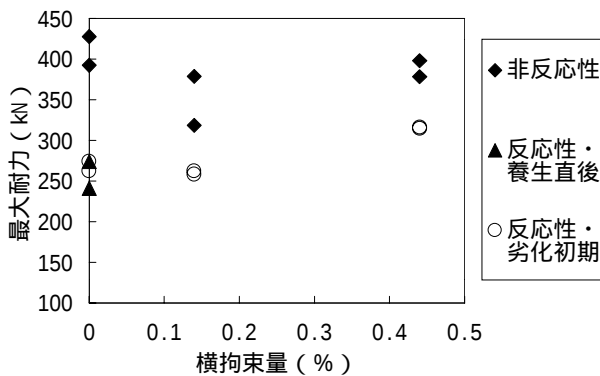


図 2 最大耐力

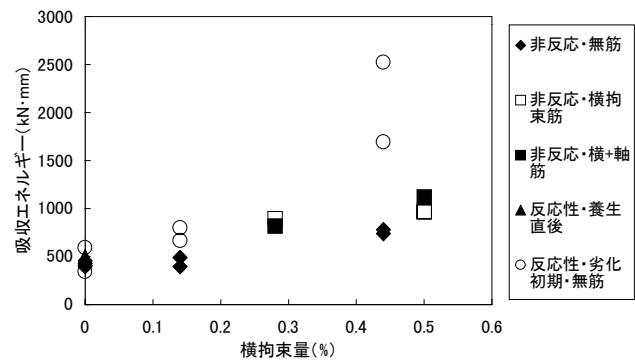


図 3 吸収エネルギー

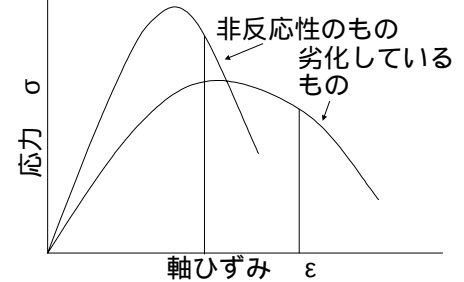


図 4 吸収エネルギー

ものは、養生直後のものに比べて初期剛性が若干低下している。

(2)最大耐力 横拘束量と最大耐力との関係を図 2 に示す。コンクリートの種類によらず、横拘束による顕著な影響は認められない。反応性コンクリートで、養生直後のものと劣化初期のものでは同程度の最大耐力であり、いずれも非反応性コンクリートの 6~8 割程度である。

(3)吸収エネルギー 荷重-変位曲線の最大荷重以降の領域で、荷重が最大時の 80%を下回った時点を終局時と定義し、載荷開始時から終局

時までの各荷重-変位曲線の囲む面積を終局時の吸収エネルギーとした。吸収エネルギーと横拘束量との関係を図 3 に示す。コンクリートの種類によらず、吸収エネルギーは、横拘束量が多いものほど大きくなった。非反応性のものよりも、劣化したものにシート補強を施した方が、吸収エネルギーは大きくなった。また、シート補強による吸収エネルギー増加の効果も、劣化初期のものの方が大きくなった。これは、劣化したものの初期剛性が非反応性のものよりも小さく、最大耐力時およびそれ以降の圧縮変位が大きいことに起因するものと考えられる(図 4 参照)。

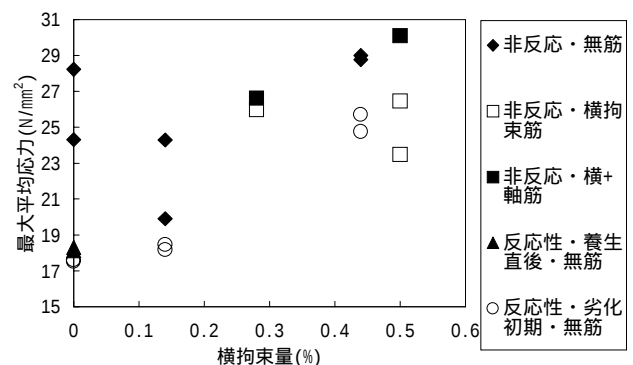


図 5 最大平均応力

(4)最大平均応力 今回の実験では各供試体の荷重-圧縮変位曲線に顕著な違いが見られ、一般的に用いられる吸収エネルギーでは、各供試体のじん性を適切に表すことが難しい。そこで最大耐力以降のじん性をあらわす指標として、等価応力ブロックを求める際に参考となる最大平均応力を用いた。横拘束量と最大平均応力との関係を図 5 に示す。最大平均応力は、コンクリートの種類によらず、横拘束が多いものほど大きくなった。非反応性の横拘束量 0.14%のもの、横拘束筋とシートを併用したものは、最大平均応力が小さくなった。これはシートをゼブラ状に巻くことによって生じたねじりに起因するものと考えられる。シートをゼブラ状に巻いたものでも、軸筋を有するものは、軸筋によってねじりが抑えられ、シートによる横拘束が適切に発揮されたものと考えられる。劣化初期のもの最大平均応力は、非反応性のものより小さい。

なお、反応性のもので、劣化初期に載荷したものと養生直後に載荷したものとで、最大荷重、最大平均応力、限界軸ひずみなどにほとんど差が見られず、これら劣化初期のものと非反応性のものとの違いは、反応性骨材および亜硝酸ナトリウムの添加に伴うコンクリート圧縮強度低下に起因することも考えられる。ただし、初期剛性は劣化による低下が見られ、今後、劣化収束期の載荷試験結果も含めて検討する必要がある。

参考文献：[1]例えば、柳橋和夫、岩永武士、小柳治、浅野幸夫：ASR によって劣化した RC はりおよび柱の力学的挙動について，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.18，No.1，pp843~848，1996。

[2]K.Y.Lo and Ashraf M.Hefny：Measurements of Residual Expansion Rates Resulting from Alkali-Aggregate Reaction in Existing Concrete Dams, ACI Materials Journal, pp339~345, 1999.