

展張格子筋を用いたボックスカルバートのひび割れ抑制対策

東栄コンクリート工業(株) 正会員 新田裕之, 日本大学 フェロー会員 阿部 忠
東栄コンクリート工業(株) 白川貴美, JFE シビル(株) 正会員 塩田啓介, 吉岡泰邦

1. はじめに

2017年, 土木学会コンクリート標準示方書〔設計編〕¹⁾ (以下, コンクリート標準示方書とする) に示すように, ボックスカルバート(以下, カルバートとする) や RC 部材の耐久性に関する照査の検討項目として, 「ひび割れ幅に対する照査」が規定されている。これは, 鉄筋の引張応力度が許容値以下で設計された場合でも, 許容ひび割れ幅の限界値を満足する必要がある。したがって, これを満足するためには, 1m² 当たりの鉄筋量を増大する必要がある。

そこで, 本研究では, 従来の基準により設計された鉄筋量に, 許容ひび割れ幅の規定を満足する方法として, 曲げを受けるカルバート頂版をモデル化したRCスラブの曲げ領域に展張格子筋(以下, 展張筋とする)²⁾を配置した場合のひび割れ抑制効果を検証し, 展張筋を用いた部分補強法の実用性を評価する。

2. コンクリート標準示方書の規定(ひび割れ幅に関する照査)¹⁾

2017年改定のコンクリート標準示方書¹⁾に規定する「ひび割れ幅に関する照査」では「鋼材腐食に対するひび割れ幅の限界値は, RC の場合, 0.005c (c はかぶり) としてよい。ただし, 0.5mm を上限とする」と規定されている。これを満足できない場合は, 主鉄筋量を増大する対策が必要となる。そこで, 規定を満足するために曲げ領域に一面加工された展張筋を配置することにより, ひび割れ幅を許容値内に抑制できるかの検証を行う。

3. 使用材料および供試体製作概要

(1) 使用材料 供試体のコンクリートには, 普通ポルトランドセメントと骨材に 5mm 以下の砕砂および 5mm ~ 20mm の砕石を使用した。一方, 鉄筋の材質には SD295A を用いた。主鉄筋には D13 を配置する。配力筋には D10 を用いる。ここで, 鉄筋の材料特性値を表-1 に示す。

次に, 展張筋には, SS400 相当の縞鋼板を用いる。厚さ 4.5mm の鋼板にレーザーで主筋, 配力筋とも 4.0mm 幅にスリットを入れ 60 度に展張し, エポキシ塗装した展張筋を用いる。断面積は主鉄筋, 配力筋とも 18.0mm² である。格子間は 75mm×75mm とし, 7mm 間隔ごとに 7mm 幅で 2mm 高さの突起を設けた。²⁾ 材料特性値を表-1 に併記する。

(2) 供試体の寸法 基準となる供試体 RC-A の寸法

表-1 鉄筋および展張格子筋の材料特性値

鉄筋および展張格子筋	降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (N/mm ²)	断面積 (mm ²)	備考
鉄筋D10	347	467	200	71.33	SD295A
鉄筋D13	362	506	200	126.7	
展張格子筋 4.5×4.0mm	287	454	200	18	縞鋼板 (構造用) SS400相当

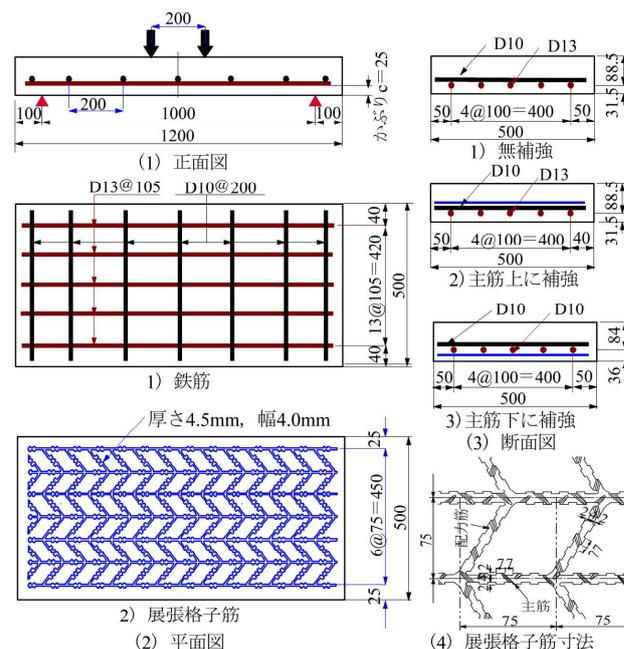


図-1 供試体寸法

は図-1(1), (2), 1)および(3), 1)に示すよう, に全長 1,200mm, 幅 500mm, 厚さ 120mm とする。主鉄筋には D13 を用い, 105mm 間隔で 5 本配置(断面積 633.5mm²)する(図-1(3), 1))。配力筋には D10 を 200mm 間隔で 7 本配置する。主鉄筋の純かぶり c は 25mm である。主鉄筋の有効高は 88.5mm である。

一方, 供試体 RC-B は, 全長 1,200mm, 幅 500mm, 厚さ 120mm とし, ひび割れ補強筋として展張筋(図-1(2), 2)および(3), 2))を配力筋の上に配置する。この供試体名称を RC-B とする。鉄筋の配置は供試体 RC-A と同様とする。展張筋の主筋の寸法は(図-1(2), 2)および(4))を用いる。次に, 供試体 RC-C は供試体 B と同様であるが展張筋は主鉄筋の下に設置する(図-1(3), 3))。

すべての鋼材(主鉄筋および展張筋)の純かぶりは 25mm とする。

キーワード: ボックスカルバート, ひび割れ補強, 展張格子筋

連絡先 〒990-2345 山形市富神台 19 番地 東栄コンクリート工業株式会社 TEL 023-643-1144

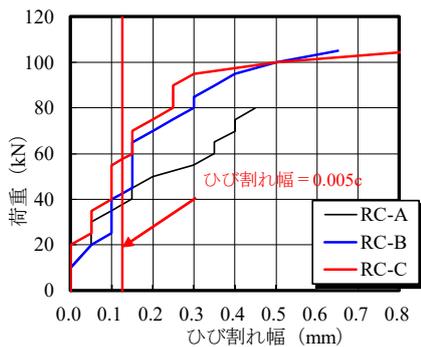


図-2 荷重とひび割れ幅の関係

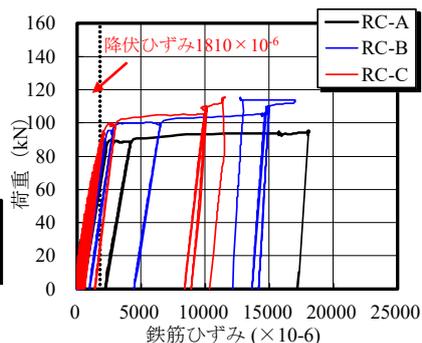


図-3 荷重と鉄筋ひずみの関係

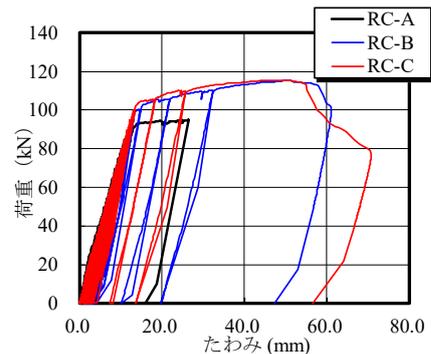


図-4 荷重とたわみの関係

4. 結果および考察

(1) 実験耐力および破壊モード 供試体 RC-A の最大耐力は 94.4kN である。これに対して、主鉄筋の上側に展張筋（主筋 7 本：断面積 126.0mm²）配置した供試体 RC-B および主鉄筋の下側に展張筋を配置した供試体 RC-C はそれぞれ 114.7kN および 114.2kN でありほぼ同等の結果である。供試体 RC-A の最大耐力と比較するとそれぞれ 1.22 倍、1.21 倍である。破壊モードは曲げ破壊と曲げ圧縮破壊である。

(2) 荷重とひび割れ幅および各応力度の関係

供試体 RC-A の荷重とひび割れ幅の関係は図-2 に示すように荷重 20.0kN で 0.050mm のひび割れが発生し、その後の荷重増加によりひび割れ幅も増加している。ひび割れ幅の限界値 0.125mm に達した荷重は 37.5kN である。供試体 RC-B の荷重とひび割れ幅の関係は、荷重 20.0kN で 0.050mm のひび割れが発生し、その後の荷重増加によりひび割れ幅も増加している。ひび割れ幅の限界値 0.125mm に達した荷重は 42.5kN である。主鉄筋に D13 を配置した場合の供試体 RC-A と比較すると 1.13 倍である。次に、供試体 RC-C は荷重 25.0kN で 0.050mm のひび割れが発生している。ひび割れ幅の限界値 0.125mm に達した荷重は 57.7kN であり、供試体 RC-A の 1.54 倍である。よって、展張筋を下側に配置することで合計鋼材量が増えるため補強筋としては効果的である。

(3) 荷重と鉄筋ひずみの関係

供試体 RC-A 主鉄筋に D13 を 5 本配置した供試体 RC-A の荷重と鉄筋ひずみの関係は図-3 に示すように、ひび割れ幅の限界値 0.125mm に達した荷重 37.5kN 時のひずみは 672×10^{-6} 、鉄筋が降伏ひずみ $1,810 \times 10^{-6}$ に達した荷重は 79.5kN である。また、供試体 RC-B は配力筋の上側に厚さ 4.5mm の展張筋を配置した供試体である。ひび割れ幅の限界値 0.125mm に達した荷重 42.5kN 時のひずみは 840×10^{-6} 、鉄筋が降伏ひずみ $1,810 \times 10^{-6}$ に達した荷重は 80.0kN である。主鉄筋に D13 を 5 本配置した供試体 RC-A とほぼ同等である。次に、供試体 RC-C のひび割れ幅の限界値 0.125mm に達した荷重 57.7kN 時のひずみは 899×10^{-6} 、鉄筋が降伏ひずみ

$1,810 \times 10^{-6}$ に達した荷重は 88.5kN である。主鉄筋に D13 を 5 本配置した供試体 RC-A の 1.11 倍である。

(4) 荷重とたわみの関係

供試体 RC-A の荷重とたわみの関係は図-4 に示すようにひび割れ限界値 0.125mm に達した荷重 37.5kN 時のたわみ 4.7mm であり、支間 L の 1/210 付近である。また、鉄筋が降伏した荷重 74.5kN 時のたわみは 9.4mm である。最終的には荷重 94.4kN でたわみが 26.5mm で曲げ破壊となった。また、供試体 RC-B のひび割れ幅の限界値 0.125mm に達した荷重 42.5kN 時のたわみは 6.7mm、鉄筋が降伏ひずみに達した荷重 79.5kN のたわみは 11.0mm である。破壊付近のたわみが 60.9mm である。次に、供試体 RC-C のひび割れ幅の限界値 0.125mm に達した荷重 57.7kN 時のたわみは 7.4mm、鉄筋が降伏ひずみに達した荷重 85.5kN のたわみは 11.1mm である。破壊付近のたわみが 70.6mm である。

5. まとめ

(1) 実験最大耐力に達した荷重は、従来の設計法に基づいて鉄筋を配置した供試体に対して、展張筋を主鉄筋 D13 の上側および下側に配置した供試体の耐力は、それぞれ 1.22 倍、1.21 倍に向上した。また、ひび割れ幅 0.125mm が発生した荷重においても、それぞれ 1.13 倍、1.54 倍の補強効果が得られた。

(2) 荷重とひずみおよびたわみの関係より、ひび割れ幅の限界値 0.125mm を満足するための補強筋として、展張筋を配置する補強法はひずみ・たわみの増加を抑制した耐力の向上が図られている。よって、実構造においてひび割れ補強筋である展張筋を主鉄筋の下側のかぶり内に配置することで、大幅にひび割れ幅の進展を抑制することができた。

参考文献：

- 1) (公社)土木学会：2017 年制定コンクリート標準示方書 [設計編]，2018.3，
- 2) 阿部忠，師橋憲貴，塩田啓介，今野雄介：補強材として新たに開発された 2 タイプの鋼板格子筋を用いた RC はりの増厚補強効果，コンクリート工学年次論文集，Vol.37，No.2，pp.1387-1392，2015。