

損傷履歴を受けたボックスカルバートの補修・補強技術および耐荷力性能の検証

日本大学大学院 (学) 新田 裕之・日本大学 (正(フェロー)) 阿部 忠
日本大学 (正) 水口 和彦・JFE シビル(株) (正) 塩田 啓介

1. はじめに 本研究は、静荷重実験を行い破壊したボックスカルバート（以下、カルバートとする）を2年間の曝露試験により、ひび割れから雨水を浸透させた後、樹脂注入によるひび割れ補修を行い展張格子筋を配置し、接着剤塗布型のポリマーセメントモルタル（以下、PCM とする）による増厚補強を施して静荷重実験を行う。実験の結果より補強効果および破壊状況を検証し、カルバートの長寿命化修繕計画における補修・補強技術および維持管理の一助としたい。

2. カルバート供試体の使用材料および寸法

(1) 供試体材料 カルバートのコンクリートには、普通ポルトランドセメントを用いた。また、骨材には5mm～20mmの砕石および5mm以下の砕砂を用いた。次に、使用鉄筋はSD295A、D13およびD10を用いた。コンクリートの圧縮強度は 52.8N/mm^2 である。

(2) カルバート供試体の寸法

カルバート供試体は3/5モデルとし、寸法および鉄筋配置を図-1に示す。頂版の厚さが170mm、側壁の厚さが150mmである。側壁の鉄筋配置は内側にD10を120mm間隔、外側にはD13とD10を120mm間隔で交互に配置する。配力筋はD10を300mm間隔で配置する。次に、頂版の鉄筋の配置は、引張側（下側）の主鉄筋にはD13を120mm間隔、圧縮側（上側）にはD13とD10を交互に120mm間隔で配置し、配力筋は側壁同様D10を300mm間隔で配置する。

3. 応力履歴作用に関する実験方法

(1) 静荷重実験 最大荷重5,000kNの構造物試験機を用いて静荷重実験を行った。荷重載荷位置およびたわみの計測位置を図-1に示す。本供試体は道路橋のカルバートを想定して道示²⁾の規定に準拠し、3/5モデルとした試験体であることから荷重載荷板は、道示の基準に準拠した寸法とし接地面 $300\times 120\text{mm}$ の載荷板とする。静荷重実験は、図-1に示すように2点載荷後に中央1点載荷へ切り替え前面から奥行き890mmの載荷位置とする。

(2) 静荷重実験における最大耐荷力 静荷重実験における最大耐荷力は456.6kNであり、破壊は

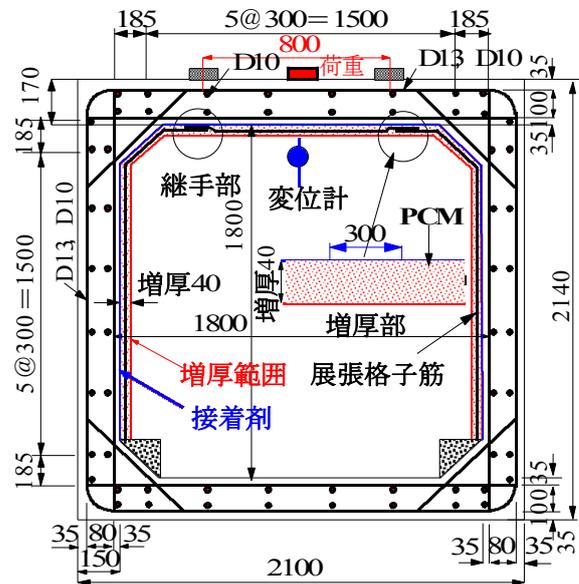


図-1 カルバート供試体の寸法および補強寸法

軸方向に発生したひび割れが進展し、曲げ破壊を呈している。このカルバートに樹脂注入によるひび割れ補修を行い、展張格子筋を用いて40mm厚でPCM吹付け補強を施す。

4. カルバートの補修・補強材料および補強工法

(1) カルバートの補修・補強材料 カルバートの引張補強材には、展張格子筋を用いる。展張格子筋は一般的なSS400材、厚さ9mmの鋼板を用い配力筋の展張角度は60度とする。展張格子筋の展張後の降伏強度は 299N/mm^2 である。

(2) 展張格子筋の寸法

展張格子筋の寸法を図-2に示す。格子間寸法は $100\times 100\text{mm}$ である。展張格子筋には格子間100mm

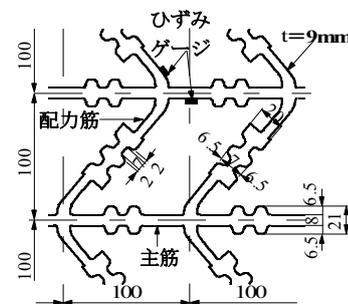


図-2 展張格子筋の形状および寸法

キーワード：ボックスカルバート、ひび割れ補修、展張格子筋、増厚補強

連絡先 〒275-8575 千葉県習志野市泉町1-2-1 日本大学生産工学部土木工学科 TEL 047-474-2459

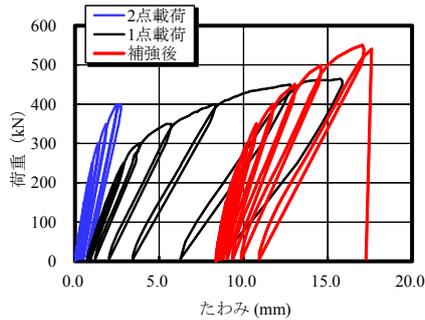


図-3 荷重とたわみの関係

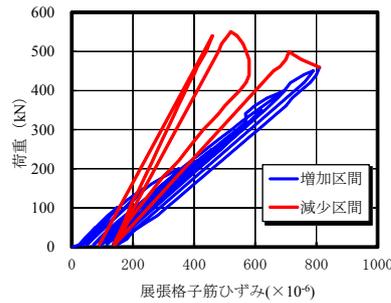


図-4 荷重とひずみの関係

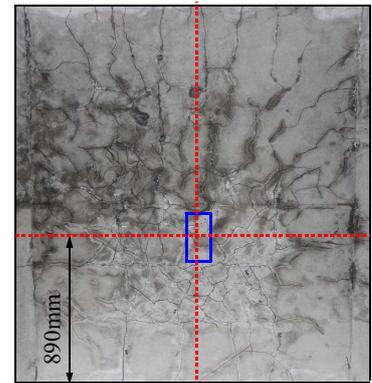


図-5 破壊時のひび割れ状況

の間に 7mm 間隔ごとに 2mm の突起を 3 カ所設け、付着力を高める構造とする。

(3) ひび割れ補修および付着用接着剤 ひび割れ補修用接着剤には、最小ひび割れ幅が 0.05mm 以上に浸透する市販の浸透性接着剤を用いる。付着用接着剤には高耐久型エポキシ系樹脂接着剤を用いる。

(4) ポリマーセメントモルタル (PCM) PCM には、一般的に吹き付け工法³⁾に用いられており、早強セメントに砂、ビニロン繊維を配合した市販のセメント材料を用いる。

5. 結果および考察

(1) 最大耐荷力 ひび割れ補修後、接着剤塗布型 PCM 吹付け補強後の最大耐荷力は、550.3kN である。補強前の破壊荷重は 456.6kN であり、1.21 倍の補強効果が得られた。よって、1994 年改定以前²⁾の活荷重 80kN で設計したカルバートを 1994 年改定以降の活荷重 100kN に対応できる補強効果が得られたと考えられる。

(2) 荷重とたわみの関係 破壊時までの荷重とたわみの関係および補強後の荷重とたわみの関係 (赤線) を図-3に示す。補強後の荷重とたわみの関係は、荷重 300kN まではほぼ線形的にたわみが増加している。補強後のたわみは 2.50mm、累積たわみは 13.19mm である。その後の荷重増加からたわみの増加が徐々に大きくなっている。荷重 550.3kN 載荷時のたわみは 8.78mm、残留たわみの累積が 17.2mm である。

(3) 荷重とひずみの関係 (展張格子筋) 荷重と展張格子筋ひずみの関係を図-4 (青線) に示す。荷重と展張格子筋ひずみの関係は、荷重 459.4kN 付近までは、線形的に増加している。この時点のひずみは 810×10^{-6} であり、降伏に至っていない。残留ひずみも 150×10^{-6} である。その後においても荷重 454kN 付近までは線形的に増加するが補強前の

破壊荷重付近からひずみの増加は見られず徐々に減少し始めている。この付近から界面ではなく離が開始されたものと考えられる。

(4) 破壊状況 頂版の破壊時におけるひび割れ状況を図-5に示す。頂版底面のひび割れ状況は荷重載荷版 $300 \times 120\text{mm}$ の 45 度下面に、展張格子筋の主筋および 60 度で展張した配力筋に沿った 2 方向ひび割れが発生している。破壊は押抜きせん断破壊となった。

6. まとめ

(1) 破壊後に厚さ 9mm の展張格子筋を配置し、40mm 厚で接着剤塗布型 PCM 吹付け補強した結果、無補強カルバート供試体の破壊荷重に対し 1.2 倍の耐荷力の向上が図られた。よって、最小厚 40mm での増厚補強が可能である。なお、展張格子筋の鋼板厚を厚くした場合の最小増厚は 40mm 以上の厚さが必要となる。

(2) 荷重載荷位置での荷重とたわみの関係においては、最大耐荷力付近までは急激な増加は見られない。また、展張格子筋のひずみの増加においては補強前の破壊荷重付近までは線形的に増加しているが、その後の荷重増加からひずみの増加が減少している。この付近から斜めひび割れが発生する押抜きせん断破壊へ移行したと考えられる。

参考文献

- 1) 阿部忠, 新田裕之, 塩田啓介, 吉岡泰邦: 展張格子筋を用いたボックスカルバートの補強技術および補強効果の検証, セメント・コンクリート論文集, Vol.71, pp.540-547, 2018.3
- 2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 I, 1994.2
- 3) RC 構造物のポリマーセメントモルタル吹付け補修・補強工法協会: ポリマーセメントモルタル吹付け工法によるコンクリート構造物の補修補強設計・施工マニュアル (案), 2011.7