

I-92

著しいせん断ひび割れを有するRC箱桁橋の耐荷力について

パシフィックコンサルタンツ(株)	正員	小杉 貴之
開発局開発土木研究所	正員	金子 学
開発局開発土木研究所	正員	岩淵 武
開発局旭川開発建設部		藤田 洋延

1. はじめに

布部大橋は一般国道38号、富良野市宇布部に位置し、空知川をわたる橋長250mの鉄筋コンクリート箱桁橋であり、昭和33年に完成している。

本橋は架設直後から主桁側面にひび割れが発生し、種々調査及び補修工事を行ってきているが現在に至っても再び多数のひび割れが進行している状況にある。

このため、鉄筋及びコンクリートの強度試験、物性値の調査さらには実車載荷試験等を行い、桁の剛性の把握と、補強検討を行ったので、その結果を報告する。

2. 橋梁諸元およびひび割れ状況

本橋は単純桁とゲルバー桁により構成され、調査対象桁は図-1に示す側径間部の単純桁である。本橋の特徴的な点は高強度異形鉄筋を北海道で最初に採用したこと、また、設計面でせん断力を全てスターラップで受け持たせる考えを取り入れたことである。本橋は架設後、次第に主桁のたわみ変形が目立つようになり、主桁下面および側面に多数のひび割れが発生した。ひび割れは支点部分からほぼ45°の角度で上方に延びており、支間中央部分では鉛直に延びていた。ひび割れ性状は、桁の曲げ破壊実験で見られるものと同様であり、主桁底面に生じた曲げひび割れが成長し、せん断ひび割れに移行したものであろう。(図-2参照)

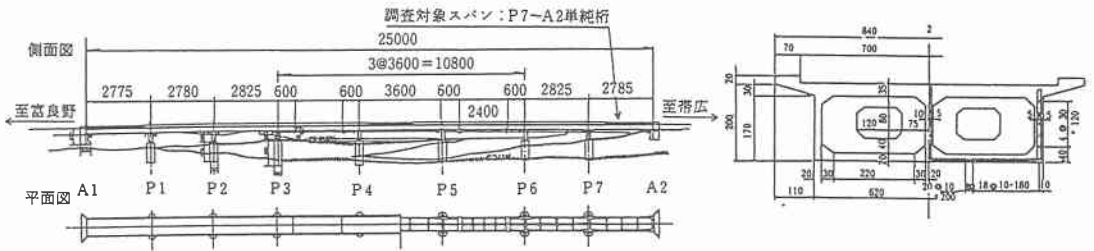


図-1 一般図

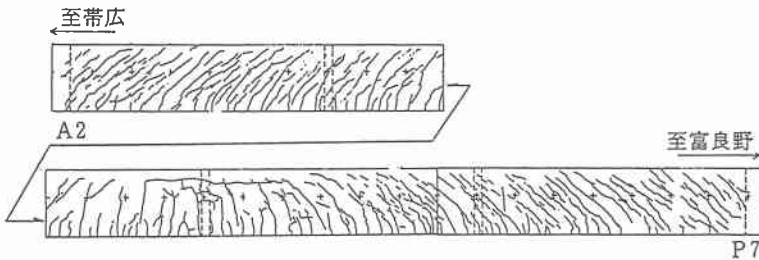
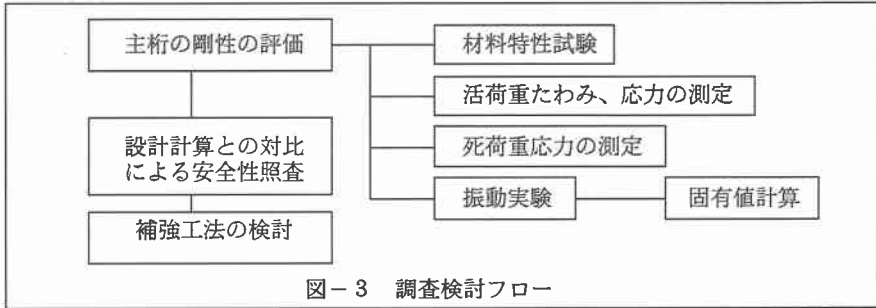


図-2 ひび割れ図

Bearing Capacity on the Reinforced Concrete Box-girder Bridge Having Severe Shear Crack by Takayuki KOSUGI, Manabu KANEKO, Takeshi IWABUCHI, Hironobu FUJITA

3. 調査検討概要

本橋は架設後既に30年以上経過しており、経年変化による構造部材の劣化も考えられるため、鉄筋やコンクリートの材料特性を調査した後、応力測定、設計上の照査及び補強検討を行った。



4. 試験結果

(1) 主桁コンクリートの材料特性

①圧縮強度 当時の設計資料が無く設計基準強度は不明だが、設計計算書の許容圧縮応力度、許容せん断応力度から、設計基準強度は210 kgf/cm²程度と推定された。

主桁側面のシュミットハンマー試験と主桁隔壁部のコアの圧縮試験の結果、圧縮強度は推定設計強度を満足していた。

②ヤング係数 図-4に示す通り昭和41年測定時点で既に示方書の値 $E_c = 2.35 \times 10^5$ kgf/cm²を下回っていたが、平成3年度測定結果の平均値は $E_c = 1.48 \times 10^5$ kgf/cm²となり、ヤング係数の低下が進んでいることが分かった。

さらに、ダンブトラックを用いた車両衝撃振動実験を行った結果、実測固有振動数は、引張側コンクリート断面無視のモデルによる計算値とほぼ一致した。これにより桁全体のコンクリートのヤング係数が低いこと、また、昭和41年時点より低下していることが裏付けられた。(図-5参照)

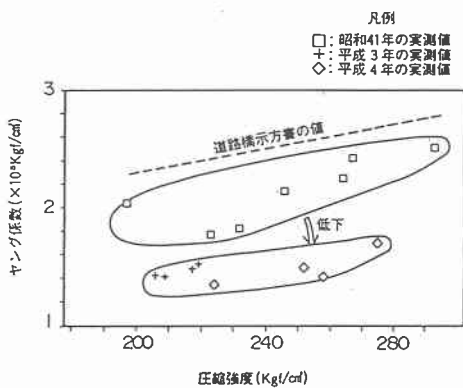


図-4 コンクリートのヤング係数

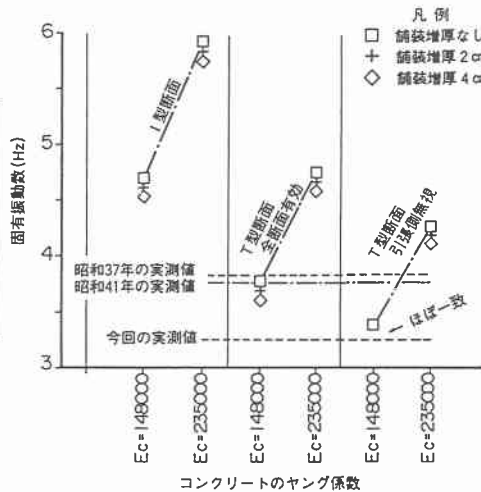


図-5 固有振動数とヤング係数

(2) 主桁鉄筋の材料特性及び既応力の測定

①材料特性 既応力測定の際に切断したスターラップを採取し、化学成分試験、引張試験を行った結果、化学成分、力学特性ともSSD49の規格値を満足していた。(SSD49は、現在の規格では、ほぼSD295Aに相当する。)疲労試験によれば、疲労限度は1650 kgf/cm²程度で、200万回での疲労強度は、土木学会の計算式をやや下回った。

②既応力測定 応力開放によりスパン中央付近の死荷重時の主鉄筋応力を測定した結果、引張側コンクリート断面無視のモデルによる計算値以上の応力がでているものがあった。

また、スターラップの死荷重応力の実測値はスパンの1/4付近でせん断力を鉄筋のみで負担させた場合の計算値と同程度の応力が確認された。

(3) 実車載荷試験

T20相当のダンプトラックを載荷して活荷重による鉛直変位、主鉄筋応力を測定した。実測値は、主桁コンクリート全断面有効と引張側コンクリート無視の計算値のほぼ中間的な値となっていた。(図-6参照)

ここで、前述の固有値等の測定結果と比較して、実車載荷試験結果が、見かけ上桁の剛性が高い性状を示している理由として、前者は死荷重に対する値であるが、後者は既にある死荷重と比較して小さい活荷重による増加応力(たわみ)値であるためと推察される。

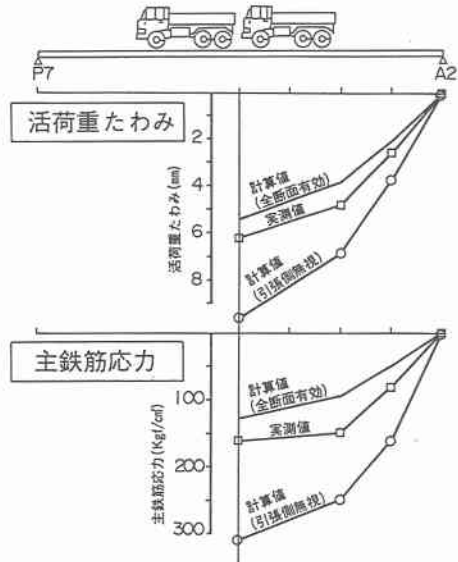


図-6 活荷重たわみ・主鉄筋応力図

5. 設計計算との対比による安全性照査

昭和31年当時の示方書と、現行の示方書に従って再度設計照査を行った。この結果、昭和31年の示方書に従えば本橋の設計は妥当であり、また、現行の示方書による検討では、TL-20荷重(平成2年度示方書)、B活荷重(平成6年度示方書)においてスターラップ鉄筋量の不足から、せん断耐力が不足することが分かった。

【曲げモーメント図】



【せん断力図】

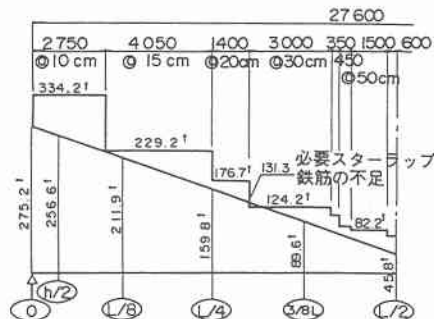


図-7 曲げモーメント・せん断力図(TL-20荷重)

6. 補強工法の検討

補強工法として、せん断補強及びひび割れ進行の抑制のための鋼板接着工法と、せん断力低減のためのアウトケーブル工法を併用して、主桁の補強効果を検討した。

- ・鋼板接着工法 鋼板接着による効果は主桁ウェブとの付着によるせん断力の伝達に支配されるためひび割れ間隔当たりの付着力を算出し補強効果を求めた。
- ・アウトケーブル工法 主桁端部はせん断ひび割れが発生しているため、アウトケーブルの定着部は桁ウェブの水平鉄筋で支持される。従ってアウトケーブルによる張力は水平鉄筋の耐力により決定し、有効プレストレスによるせん断力の低減分を算出した。

以上の条件により求めた補強効果は、鋼板接着工法で約70 t、アウトケーブル工法で約80 tであり、合計値150 tは現行の設計荷重（B活荷重）による最大せん断力約300 tに対して50%程度の補強効果しか得られないことを示している。

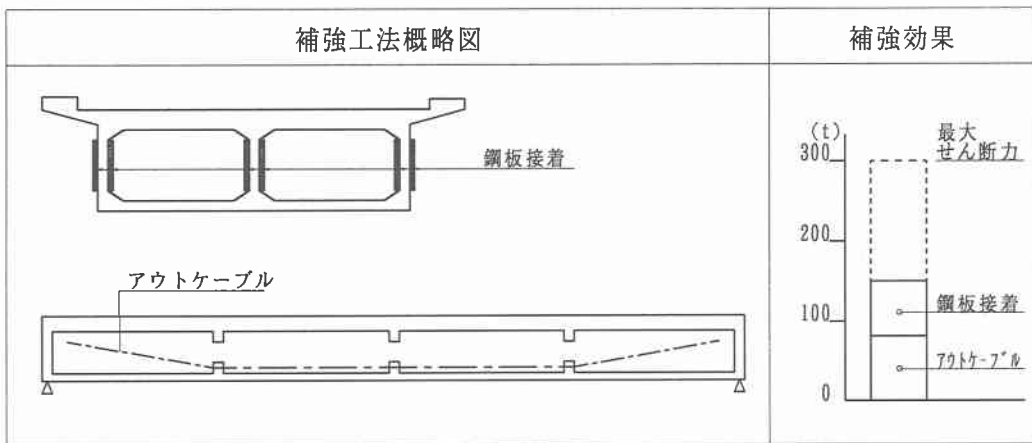


図-8 主桁補強概略図

7. まとめ

一連の調査検討結果により、布部大橋の桁について次の点が明らかとなった。

- ①主桁コンクリートのヤング係数が低下している。
- ②固有振動数及び鉄筋の応力測定結果から、桁断面は引張側コンクリート無視のモデルに近づいていると推定される。
- ③主桁のせん断ひび割れに対する補強には限界がある。

以上の結果から本橋の主桁は鉄筋とコンクリートの強度に特に問題は無かったが、コンクリートのヤング係数の低下とひび割れから断面剛性が低下の傾向にあることが分かり、また、桁の補強については有効と思われる工法を選定し補強効果の検討を行ったが、ひび割れに対して抜本的な対策とはならないものと推察される。

参考文献

- 1) 杉山秀夫：布部大橋の設計と施工について、第3回北海道開発局技術発表会、昭和33年
- 2) 稲垣浩司ほか：布部大橋修繕工事について、第15回北海道開発局技術発表会、昭和46年
- 3) 開発土木研究所：布部大橋耐荷力調査業務報告書、平成3年
- 4) 中野修ほか：北海道で最初に異形鉄筋を使用したコンクリート橋の物性値、土木学会北海道支部論文報告集、平成4年度