

一般国道30号伊達橋における亀裂補修対策

国土交通省中国地方整備局岡山国道事務所	非会員	○山花 道孝
国土交通省中国地方整備局岡山国道事務所	非会員	山内 和則
国土交通省中国地方整備局岡山国道事務所	非会員	山田 健
国土交通省中国地方整備局岡山国道事務所	正会員	藤田 和志

1. はじめに

平成25年度定期点検において、一般国道30号に位置する伊達橋（ゲルバー鋼ランガー橋）で亀裂が確認された。これを受け、伊達橋補修検討委員会を設置し、亀裂発生の原因推定および対策方法を審議し、対策を実施した。検討では、載荷試験やFEM解析等を利用し、亀裂原因となる橋の挙動を確認し、対策方法の立案・検討を行った。検討の結果、対策工として、部材接合部の補強、亀裂の当て板補修、横桁の補剛（フルウェブ化）、支承の追加設置を選定した。また、検討開始時から全ての対策工が完了するまでの間、安全監視の目的で、日常点検、応力モニタリング等を実施した。本稿では、鋼橋の疲労亀裂補修対策事例として以上の内容を報告する。

2. 対象橋梁概要

本橋は、昭和42年（1967年）4月竣工のゲルバー鋼ランガー橋（全溶接鋼管構造）であり、亀裂発生時点で竣工から47年が経過している。耐震補強が平成19年（2007年）に実施され、落橋防止構造（PC ケーブル）、制震対策工（制震ダンパー、座屈拘束ブレース）が施工されている。橋梁緒元を表-1に、概要図、位置図を図-1、図-2にそれぞれ示す。

表-1 橋梁緒元

橋 梁 形 式	ゲルバー鋼ランガーアーチ橋
橋 長（支間割）	110 m（10 m＋90 m＋10 m）
幅 員	10.3 m
設 計 荷 重	TL-20
適 用 示 方 書	鋼道路橋設計示方書（S39）
竣 工 年	昭和42年（1967年）

3. 亀裂補修対策検討の経緯

平成25年（2013年）12月に亀裂が確認されたことを受けて、平成25年12月～平成26年2月にかけて専門家（橋梁保全アドバイザー、日本橋梁建設協会、国土技術政策総合研究所、土木研究所等）による現地確認を実施し、その助言を基に応急対策を行った。

その後、平成26年3月に「伊達橋補修検討委員会」を設置し、以後、平成29年1月まで延べ6回に渡り、亀裂原因、対策方法等について審議を行った。

対策は、審議内容を踏まえて段階的に実施し平

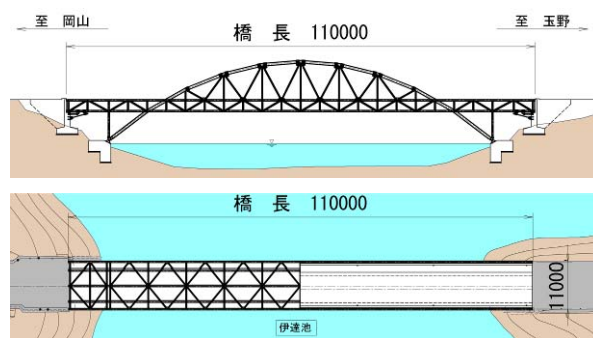


図-1 伊達橋概要図



図-2 伊達橋位置図

成 27 年 7 月（格点部補強工），平成 28 年 3 月～5 月（当て板補修工），平成 29 年 5 月～8 月（ニーブレースと下弦材接合部亀裂対策工）に対策を行った。

4. 亀裂原因の推定

(1) 構造概要と亀裂発生状況

本橋の橋梁形式はゲルバー鋼ランガー橋，補剛桁はトラス構造となっている．床組以外の主部材は全て鋼管で構成され，部材間は溶接接合となっている．（図-3）

亀裂発生位置は，I 断面の横桁と補剛桁垂直材の接合部である．横桁上フランジ両端の溶接部のビードに沿って垂直材側に発生している（図-3 ①～④）．また，横桁と垂直材の接合部にはニーブレースが配置されており，ニーブレースフランジと補剛桁下弦材の接合部でも，溶接ビードに沿って，下弦材側に亀裂が発生している（図-3 ⑤，⑥）．

さらに，支承部の下弦材補剛リブがピンチプレートと接触しており，接触点を起点として亀裂が生じている．亀裂状況の例を写真-1 に示す．

亀裂発生位置および亀裂形状スケッチを図-4 に示す．亀裂は，支間中央を中心に起終点側対称で，かつ左右対称に分布していることから，橋梁の構造特性が亀裂の原因となっていることが推測される．次節以降に亀裂原因の推定結果を示す．

なお，図-4 は代表して右側主構に発生した亀裂を示したものであり，左側主構にも同様に亀裂が発生している．

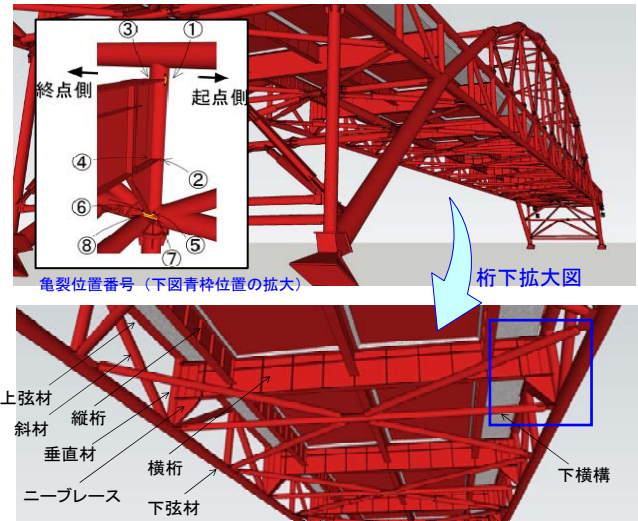


図-3 伊達橋構造概要図及び亀裂発生位置



写真-1 亀裂状況（ストップホール削孔後）

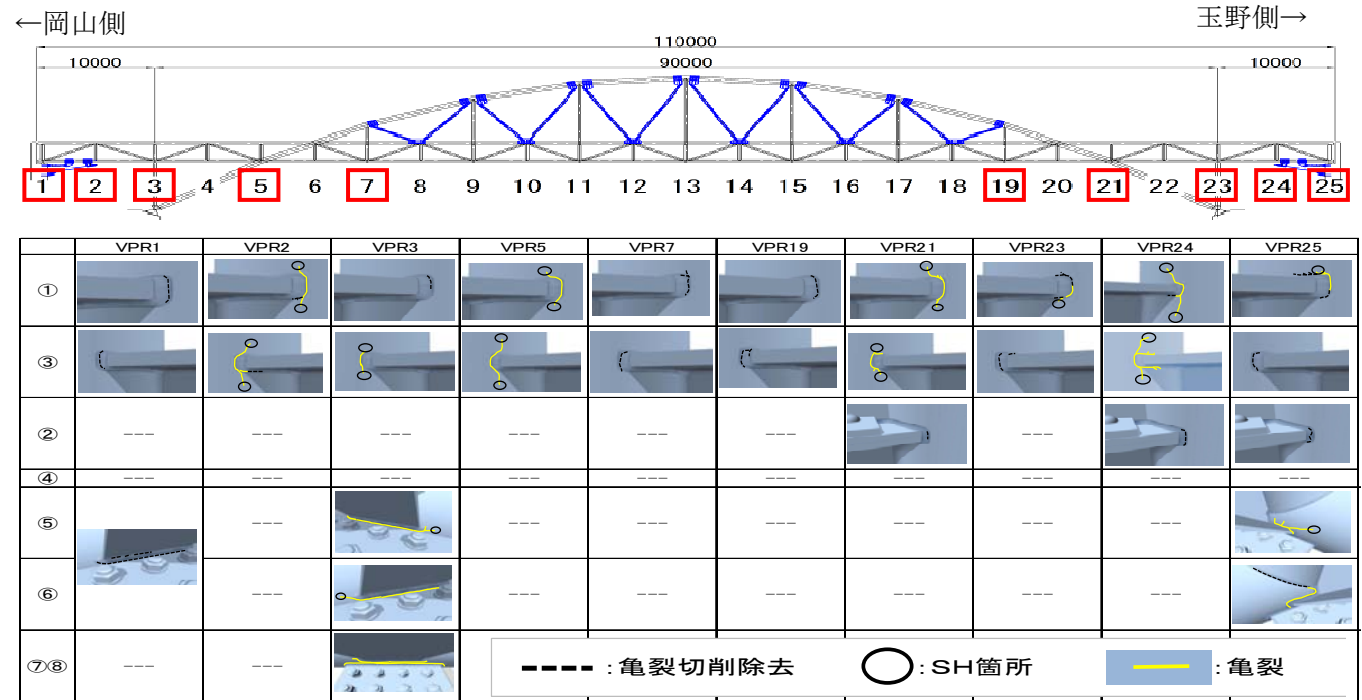


図-4 亀裂一覧図（上り線側主構に発生した亀裂）

(2) 主な亀裂箇所の亀裂原因

主な亀裂箇所としてニーブレースと下弦材接合部の亀裂が上げられる。格点（横桁位置）の直上に車両が載った時の横桁のたわみ変形により、ニーブレースが下弦材を押込み、接合部に局部応力が生じることが原因と考えられる。（図-5）

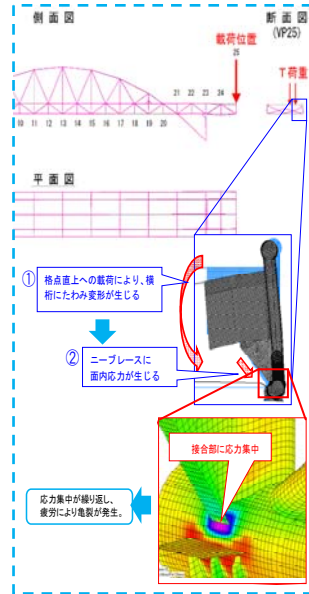


図-5 ニーブレースと下弦材接合部の亀裂原因

5. 補修・補強対策検討

(1) 亀裂対策の基本方針

亀裂対策は以下の順に実施することとした。

対策① 安全確保のための応急対策

対策② 亀裂進展抑制のための応急対策

対策③ 亀裂進展を抑制し、かつリダンダンシーを確保する恒久対策

本橋は、全溶接鋼管構造のゲルバー鋼ランガー橋という事例の少ない構造となっており、補修・補強

対策の実施が、補修・補強対象箇所以外の部位に悪影響を与える懸念が拭い去れない。

そこで、対策の実施にあたっては、まず極力現況構造に影響を与えない補修（対策②）を実施し、構造系に影響を与えるような対策は、現況構造への影響を十分検討したうえで実施する（対策③）こととした。

対策工の総括を表-2に示す。

(2) 安全確保のための応急対策

亀裂確認後の専門家の診断の結果、局部的な亀裂であり、ただちに橋梁の安全が損なわれる損傷ではないとみられたことから、亀裂進展抑制のために直ちに実施する応急（緊急）対策として、片側交互通行規制、および大型車迂回要請措置を実施した。併せて、亀裂の状態を監視するために、職員巡視、監視カメラによる常時監視、応力モニタリングを実施し、万が一橋面に段差が生じることのないよう、待ち受け支保工を設置した。（写真-2）

(3) 亀裂進展抑制のための応急対策

亀裂原因および恒久的な対策の検討～施工までの間に、亀裂進展を抑制するため、下記の応急対策を実施した（写真-2）。なお、格点部補強とは、亀裂発生位置で万が一部材が破断した際に、応力の特に大きくなる箇所をあらかじめ補強しておくものである。

表-2 亀裂対策工の総括

目的 部位		亀裂進展の抑制				リダンダンシーの確保	
横桁と 垂直材 接合部	方針① 荷重軽減 により作用 応力の低減を図 る	方針② 亀裂先端部を除去し疲労強度を向上させる。		方針① 鋼管を横断する方向に 亀裂が進展した場合を 想定し、鋼管の作用応力 を負担するデバイス部 材を設置する。		方針② 部材破断が 生じた場合 に、高い 応力集中 が発生する 箇所を あらかじめ 補強する。	
		対策② 亀裂切削（削り込み） ストップホール設置					
		方針③ 亀裂先端の変形を抑え、亀裂進展を抑制する。		対策③ 進展が想定される亀裂 の上下を当て板+ボルト で挟み、鋼管の作用応力 を負担（当て板補修）			
		対策③ 亀裂先端を当て板+ボルトで挟み込み亀裂進展を抑制 （当て板補修）					
ニーブレース と 下弦材 接合部	アーチ 支柱部	方針③ 横桁、垂直材を補剛して、 亀裂発生位置の応力を低減する。		方針③ 亀裂を当て板により閉合 し、損傷の進行を抑制する。		方針① 部材破断した際にも落 橋を防ぐ。	
		対策③ 横桁のフルウェブ化		対策③ 横桁のフルウェブ化の際 に、亀裂部を増設横桁と補 剛桁の接合板で覆う。			
	端支点部	方針③ 横桁への作用力を支保で支持 することで、横桁から補剛 桁への作用力を低減する。		方針③ 亀裂を当て板により閉合 し、損傷の進行を抑制する。		対策① 待ち受け工支保工設置 【応急対策】 ↓ 横桁のフルウェブ化端横 桁への支保設置で兼ねる 【恒久対策】	
		対策③ 端横桁への支保の設置		対策③ 亀裂部に当て板を設置する。			

…横桁と垂直材接合部に対する対策
 …ニーブレースと下弦材接合部（アーチ支柱部）に対する対策
 …ニーブレースと下弦材接合部（端支点部）に対する対策

…ニーブレースと下弦材接合部（共通）に対する対策
 …すべてに共通する対策

- ・歩道マウントアップの撤去（荷重軽減）
- ・ストップホール設置，亀裂切削（亀裂除去）
- ・格点部補強（フェールセーフ構造）



写真-2 応急対策工

(4) 亀裂進展を抑制しかつリダンダンシーを確保する恒久対策

a) 対策概要

対策③は，亀裂原因を除去・低減し，かつリダンダンシーを確保するための対策を実施した。

b) 横桁と垂直材接合部の亀裂対策

横桁と垂直材の接合部の亀裂に対しては，亀裂進展抑制とリダンダンシーを確保することを目的とする当て板補修工を実施した。（図-6，図-7）

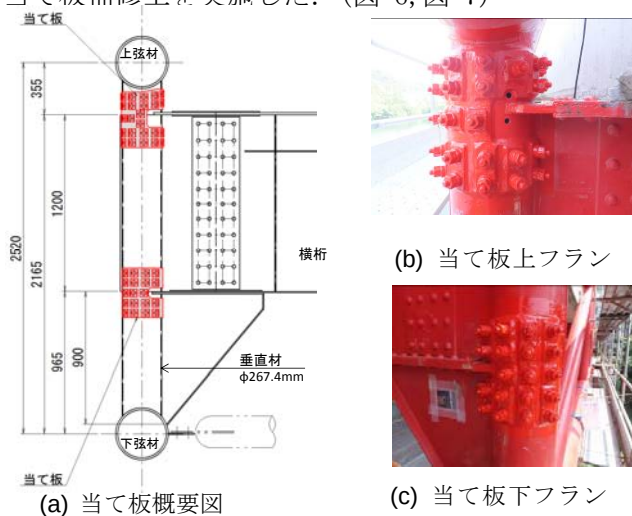


図-6 当て板補修工

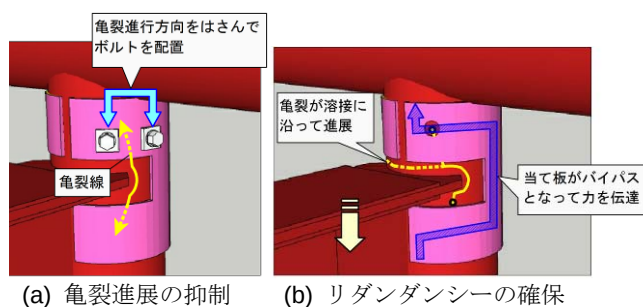


図-7 当て板補修工の構造概要

c) ニーブレースと下弦材接合部の亀裂対策

ニーブレースと下弦材接合部の亀裂に対しては，亀裂原因となる横桁のたわみ変形を抑制する対策を実施した。端支点部とアーチ支柱部とで構造が異なるため，それぞれに対して対策構造を決定した。

端支点部については，横桁の下に橋座があるため，横桁に新たに支承を設置し，たわみ変形を抑える構造とした（写真-3 左）。アーチ支柱部は，支承を追加するようなことはできないので，横桁をフルウェブ化し，剛性を向上させることでたわみ変形を抑制する構造とした（写真-3 右）。

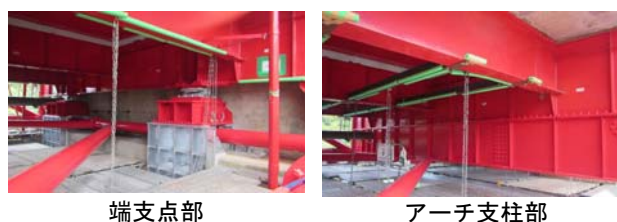


写真-3 ニーブレースと下弦材接合部対策工

6. 亀裂確認以降の管理方針

亀裂確認後，安全が確保される恒久対策完了までの間は近接目視を基本とした職員による日常点検と，日常点検を補う監視システムを構築し，変状・危険を早期に発見できるよう監視を行った。

日常点検は，職員による定期的な近接目視とし，数日毎～1ヶ月に1回の頻度で実施した。

監視システムとしては，①道路監視用カメラを用いて亀裂状況の常時監視，②応力モニタリングシステムによる橋梁の応力状態を常時監視を実施し，安全を監視した。

7. 恒久対策完了後の管理方針

恒久対策完了後は通常の橋梁と同様に，5年に1度の定期点検により管理を行うこととしている。