

鋼箱桁内ダイヤフラムのき裂補強検討

首都高速道路株式会社 正会員 ○飯島 雄一
首都高速道路株式会社 正会員 小西 由人

1. はじめに

平成15年10月、首都高速道路の鋼箱桁ダイヤフラムで疲労き裂が多数発見された。発見された疲労き裂は、ダイヤフラムのカラープレート溶接部やコーナー部に発生していた。箱桁のフランジやウェブへ進展する可能性が高いため早急な補強・補修施工を行うことが必要とされた。本稿では、対象部位の疲労き裂の発生原因の検証および補強の検討について概要を報告する。

2. 損傷概要

損傷が発見された区間は、延長約450m、5径間連続非合成箱桁1連及び3径間連続非合成箱桁3連の計14径間である。非常に扁平な2室箱桁を1支承で支持する構造で、ダイヤフラム開口コーナー部がR加工されていないため、この部位に応力集中しやすい構造となっている(図-1)。き裂のほとんどは、ダイヤフラムカラープレート溶接部から生じており、一部はダイヤフラム方向へ進展していた(268ダイヤ中56ダイヤ:100箇所)。このような損傷のうちダイヤフラムへ100mm以上進展したもの(45箇所)については、き裂の進展防止のため緊急措置としてボルト締めストップホール施工を行った。

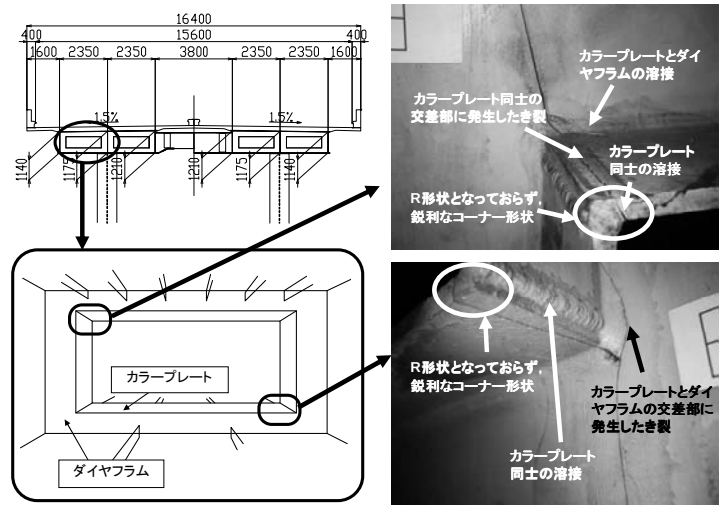


図-1 ダイヤフラムの構造と損傷例

3. き裂発生原因の分析

き裂の発生起点を把握するために切削調査を行った(図-2)。カラープレートのき裂は母材に進展していることから、溶接止端部から進展したき裂と思われる。また、ダイヤフラムのき裂はカラープレートのき裂とは繋がっておらず、すみ肉溶接の不溶接部の母材から発生したものと考えられた。次に、実交通下で動的応力測定及び応力頻度計測を行った。図-3に大型車が第一車線を走行したときと第二車線を走行したときのダイヤフラム開口部で発生した応力状態を示す(プロット)。車両の走行によりダイヤフラムはせん断変形し、第一車線走行時と第二車線走行時では変形形状が異なった。また、応力頻度計測の結果、カラープレートフランジ側の最大応力範囲が90MPaと高い応力状態であった。今回のダイヤフラムき裂は、扁平な2室箱桁を1脊で支えるせん断変形に対して弱い構造にせん断変形が繰り返し生じ、直角のダイヤフラムコーナー部に応力が集中し、応力集中箇所が存在する溶接部などで最も応力的に弱点になった箇所から発生したものと考えられる。

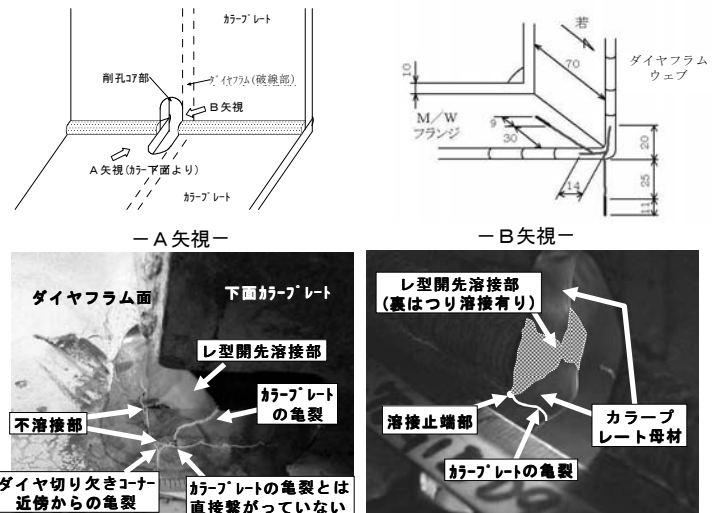


図-2 き裂の切削位置及び切削状況

キーワード 疲労き裂, ダイヤフラム, FEM

連絡先 〒102-0093 東京都千代田区平河町2-16-3 首都高速道路株式会社 TEL 03-3264-8524

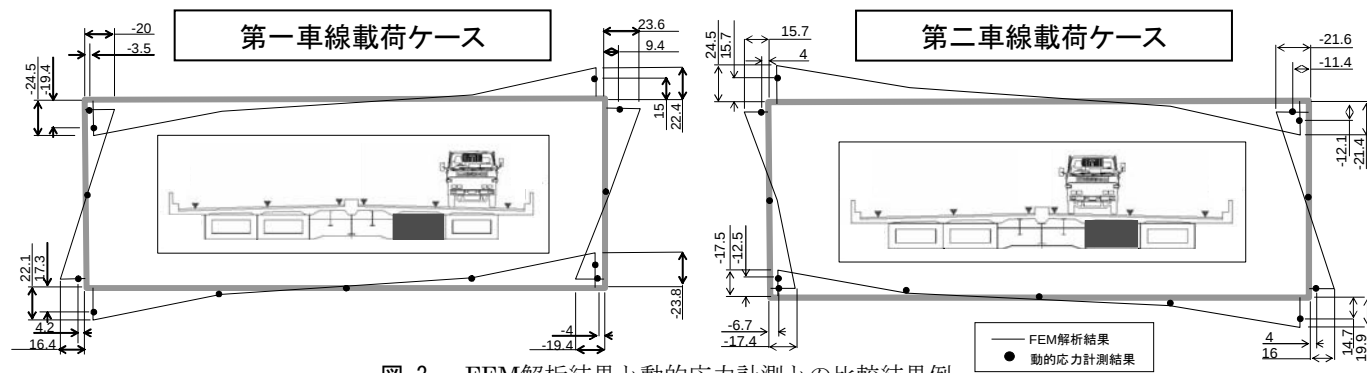


図-3 FEM解析結果と動的応力計測との比較結果例

4. 補強構造検討

き裂の補強構造の検討を行うために5径間連続非合成箱桁1連部を全橋3次元モデル(SHELL要素)でFEM解析(NASTRAN)を行った。着目部位は支間中央ダイヤフラム(第二走行車線直下側)とし、最小メッシュサイズを5mmとした(図-4)。荷重は、200kNの集中加重(T荷重相当)とし、4車線(上り2車線, 下り2車線)の各レーンにそれぞれ単独に载荷するものとした。

無補強時でのダイヤフラム部の応力分布を図-3に示す。図中には、計測で得られた応力値をプロットしている。応力計測値は、実交通下での計測値であるため車両重量が不明であり解析との絶対比較はできないものの傾向はよく一致しているものと考え、本モデルを用いて補強構造検討を行った。補強構造は、ダイヤフラム部のせん断変形を抑えることを目的に図-5に示すような構造とした。補強前後の相当応力の比較を図-6に示す。ここでは、ダイヤフラムコーナー部より35mm×35mm位置で評価することとした。その結果、応力低減効果として42%~92%を有しており十分な補強の効果が得られた。また、補強材の設置により他の部位への著しい応力集中は生じていないことから本構造にて補強を行うものとした。

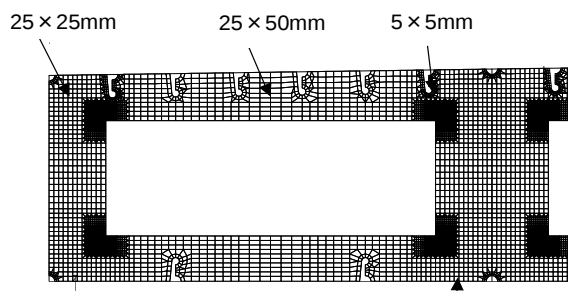


図-4 着目部位の要素

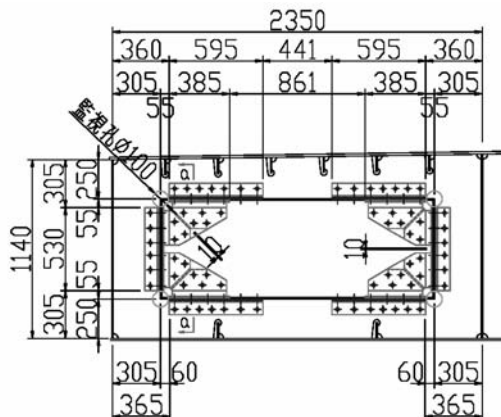


図-5 ダイヤフラム補強構造

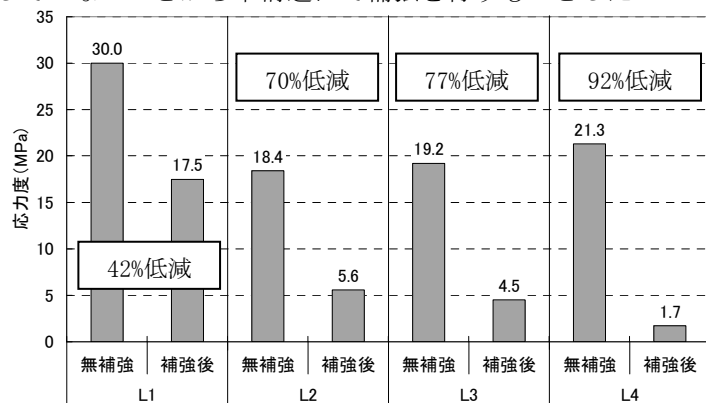


図-6 補強前後の相当応力の評価位置と比較

5. 終わりに

本稿では、首都高速道路の鋼箱桁ダイヤフラムで発生したき裂に対する補強検討の概要について報告した。平成19年3月現在、当該区間の補強を順次施工しているところである。また、き裂の発生原因になる可能性があるコーナー部の溶接部を孔明けにより除去することとした。これらの補強はき裂が発生していないダイヤフラムも含めて実施することとしている。

今回実施している補強方法は、FEM解析により補強効果の確認を行ったものであり、今後は、実施工終了後に応力測定等を行い、実際の補強効果を確認することが課題である。