現場応力計測に基づく長大橋伸縮装置の疲労損傷原因分析

首都高速道路株式会社

正会員 〇木ノ本 剛

1. はじめに

長大橋の伸縮装置は伸縮量が大きく通常の橋梁で使用される非溶接構造のフィンガージョイントと異なり、溶接構造のフィンガージョイントが採用されることがある.溶接構造のフィンガージョイントに疲労損傷が報告されており、応力計測により車両通過時のフィンガージョイントの挙動把握を試みた.本稿では、応力計測に基づく疲労損傷原因の考察について報告する.

2. 伸縮装置の構造概要

損傷が確認されたフィンガージョイントのブロックの外観図を図-1に示す.ブロックの基本構造は12本のフェースプレートとその間に設けられたスペーシングプレートを溶接で接合することで構成されており,幅960mm,長さ2025mmと比較的大きなブロックとなっている.このブロックを桁端部に設けた支持梁にボルトで固定し,さらに中間部に設けた中間支持梁で鉛直支持している.この中間支持梁とフェースプレートの接触面には滑動性の確保を目的としてPTEF板(6mm厚)が採用されている.

フィンガージョイントは常時移動量±320 mm, 地震時移動量±700 mmを考慮して遊間量を設定し,フェースプレート断面は図-2 に示す固定側支間長 1855m に対して単純梁,可動側張出長 1120 mmに対して片持梁とした断面計算により決定している.フェースプレート溶接部は下面のみ 12 mmのレ型開先溶接で側面と上面は脚長 9 mmの隅肉溶接が採用されている.疲労損傷の多くはフェースプレート側止端から母材部に進展しているが,溶接金属を破断している損傷も一部確認されている.

3. 車両通過時の伸縮装置の挙動分析

フィンガージョイントの車両通過時の挙動把握を目的として、車両通過時の挙動確認を目的として荷重車計測を実施した. なお、計測は平成22年と平成25年に同一箇所で実施しており、平成25年の計測時には固定側フェースプレートと中間支持梁の間に3mm程度の隙間を確認している. 計測での着目断面と歪ゲージ配置は図-2に示すとおりある. 計測では、車線規制を実施し、計測対象のフェースプレート上を車輪が通過するように荷重車を走行させ、動的な挙動を確認した. また、走行速度の影響を確認するために、5km/h~60km/hと速度を変化させて計測を行った.

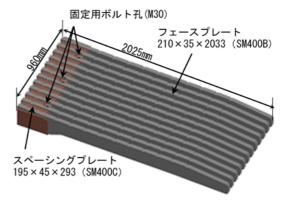


図-1 フィンガージョイントのブロック外観図

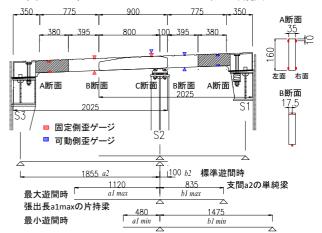


図-2 設計支間長と計測位置図

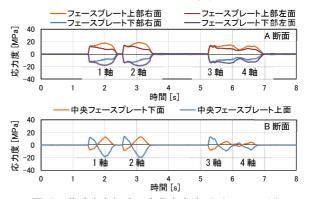


図-3 荷重車走行時の変動応力波形 (H22 5km/h)

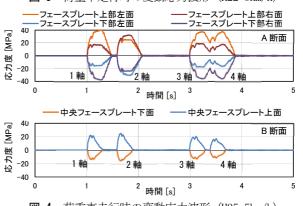


図-4 荷重車走行時の変動応力波形 (H25 5km/h)

キーワード:長大橋伸縮装置,応力計測,疲労損傷

連絡先:〒100-8930 東京都千代田区霞が関 1-4-1 首都高速道路(株) TEL:03-3539-9545 FAX:03-3502-5676

平成22年, 平成25年に実施した荷重車走行試験の固定側A 断面,B断面の車両通過時の変動応力波形をそれぞれ図-3,図 -4 に示す. 図-3 より、B 断面では車軸の通過途中に上下面の発 生応力の正負が反転する挙動を示すが、A 断面では車軸が通過 している間は常に上面側が引張, 下面側が圧縮の発生応力とな ることがわかる.このことから,車軸が支間中央に位置する時 の変形は図-5のように想定され、支持梁位置では設計の仮定と 異なり回転挙動の拘束が考えられる.

一方, **図-4** では A, B 断面ともに車軸通過中は上面側が引張, 下面側が圧縮となり、B 断面と比較しA 断面の発生応力が大き くなる. このことから、フェースプレートと中間支持梁の間に 生じた隙間の影響により、図-6に示すような片持ち梁の挙動に 変化したと考えられる. A 断面の両側面の変動応力波形に着目 すると、応力差が大きくなる波形(1,3,4軸)と同程度の波 形(2軸)が存在し、応力差が大きな波形では支持梁位置では 偏載荷によるねじり応力が作用していることも考えられる.

平成25年の計測では、走行速度を上昇させた際に前軸通過 後に振動による応力変動が確認された(図-7). 振動成分が確認 された波形を詳細に確認すると,上下の発生応力が正負反転し, 両側面の発生応力は同程度であることから, 上下振動が生じて いることがわかる. この振動成分は隙間が確認されなかった可 動側及び平成22年の計測では非常に小さく、隙間量の増加に よる支持条件の変化が影響を大きくしていると考えられる.

4. 走行位置及び隙間量の影響

走行位置とブロック内の発生応力を確認するためにブロッ ク内の全てのフェースプレート下面と溶接部近傍に歪ゲージ を配置し一般車両走行下で24時間の動ひずみ計測を行った. なお、計測に際しフェースプレートと中間支持梁の隙間量を事 前に計測した. 輪荷重走行直下と非載荷部の溶接部の変動応力 波形を図-8 に示す. 輪荷重直下と非載荷部では発生応力の正負 が反転しており、走行位置がばらつくことを考慮すると発生応

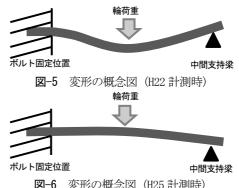


図-6 変形の概念図 (H25 計測時)

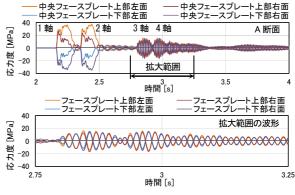


図-7 車両通過後の振動波形 (H25 40km/h)

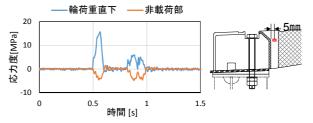


図-8 載荷位置直下と非載荷部の変動応力波形



図-9 隙間量と疲労損傷度の関係

力範囲は大きくなると考えられ、疲労損傷を生じさせる一因になっていると考えられる. 図-9 は隙間量と溶接部近 傍の歪ゲージの24時間波形をレインフロー処理して得られた応力範囲を基に算出した疲労損傷度の関係を示して いる. なお, 溶接部近傍であることを考慮して E 等級を適用し変動応力範囲の打切り限界以下の応力範囲は除外し ている. 隙間量と疲労損傷度には明確な関係があり、隙間量の増加により片持ち梁としての挙動が顕著となり発生 応力範囲および振動の影響が大きくなり、疲労損傷を発生させる要因になっていると考えられる。なお、今回の計 測結果から算出される疲労寿命は 100 年以上となったが,隙間量がより大きい平成 25 年の A 断面の計測結果から算 出された疲労寿命は2~4年と非常に短く損傷の発生を裏付ける結果であった.

5. おわりに

今回の応力計測により、フィンガージョイントに発生した疲労損傷は設計時の想定と異なる挙動に起因すること が確認された. 今回の報告が同様な構造を採用しているフィンガージョイントの維持管理及び新設時の設計検討の 際の一助になれば幸いである.