

維持管理性に配慮した鋼箱桁と鋼製橋脚剛結部のダイアフラムの開口形状の検討

阪神高速道路株式会社 正会員 ○曾我 恭匡 正会員 杉山 裕樹
横河ブリッジホールディングス 正会員 石井 博典

1. はじめに 阪神高速道路では、鋼箱桁中間ダイアフラム、中間支点上ダイアフラムの開口形状について、FEM解析による検証や実橋計測、疲労試験などを実施し、点検員等が通行しやすい開口形状を提案してきた^{1)~4)}。本稿では、これまでに検討していない鋼箱桁と鋼製橋脚の剛結部を対象に、維持管理性に配慮した開口形状について、FEM解析で検討した結果を報告する。

2. 検討対象構造 検討対象橋梁を図-1に示す。橋長約219m、有効幅員4.95~7.2mの鋼3径間連続ラーメン鋼床版箱桁橋(1主桁)である。曲線半径は50m~3000m、支間割りは48.9+98+71.5mであり、P58R橋脚およびP49R橋脚と鋼箱桁が剛結されているが、ここでは中間支点上のP58R剛結部に着目する。対象となる剛結部には点検用開口部を有するダイアフラム等が5枚(箱桁内のダイア2枚、横梁内の柱フランジ1枚、ダイア1枚、主桁ウェブ1枚、図-3の解析モデル参照)があるが、この5か所の開口部全てを検討対象とした。基本構造のダイアフラムと、改良構造のダイアフラムの一例を図-2に、諸元を一覧にして表-1に示す。基本構造の点検用開口部は高さ600~1000mm、幅400mmである。それに対し、改良構造は点検用開口部を高さ1200~1350mm、幅を400mmとし、点検用開口部とケーブル用開口部を併設する場合は、一体型のダブリングプレートで両面を補強するものとした。また、開口部4隅の応力集中を低減させるため、R半径を基本構造の100mmから150mmに変更した。

3. 検討方法 検討はFEM解析により行った。

STEP1: 死活荷重を載荷(活荷重は脚基部モーメントが最大となるように載荷)、STEP2: 死荷重を載荷した状態でレベル1,2地震相当の水平荷重(0.3Gおよび2.0G)を橋軸方向、橋軸直角方向に載荷、STEP3: STEP2の地震動相当の水平荷重を段階的に増加させ載荷(弾塑性有限変位解析)の3ステップとし、それぞれにおいて変形や応力性状等を基本構造との比較により評価した。なお、ステップ1においては、道路橋示方書で示される製作時の板の平面度の許容誤差上限値と同じ

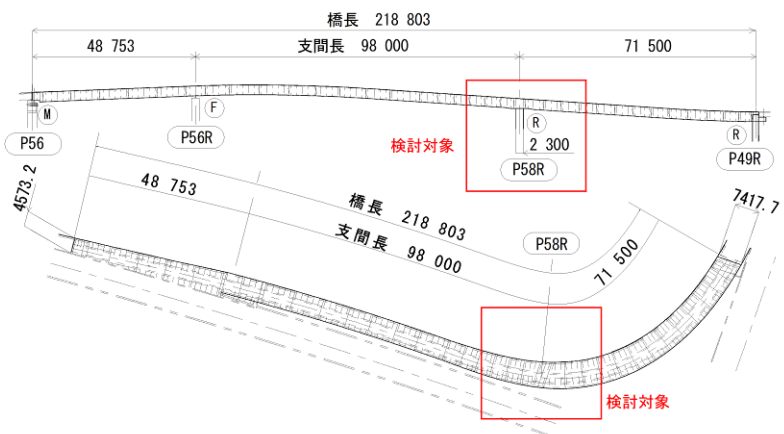
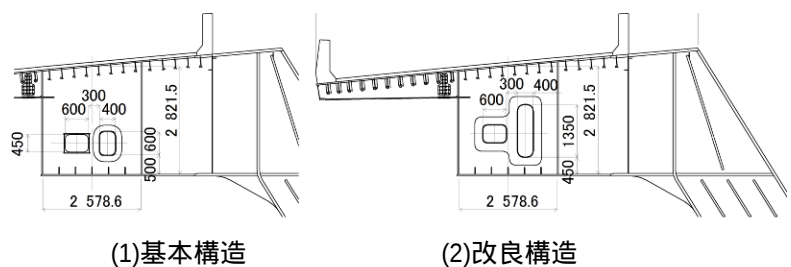


図-1 検討対象橋梁



(1)基本構造

(2)改良構造

図-2 検討対象ダイアフラムの例(主桁断面図)

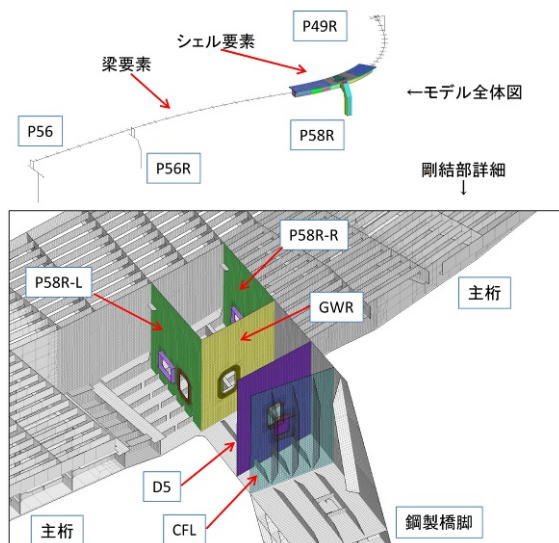


図-3 解析モデル

表-1 検討対象ダイアフラム一覧

記号	位置	板厚	点検用開口部			
			基本構造		改良構造	
			幅	高さ	幅	高さ
P58R-L	主桁ダイア(始点側)	38	400	600	400	1350
P58R-R	主桁ダイア(終点側)	38	400	600	400	1350
GWR	箱桁ウェブ	25	400	600	400	1200
D5	横梁ダイア	12	400	1000	400	1200
CFL	柱フランジ	68	400	1000	400	1350

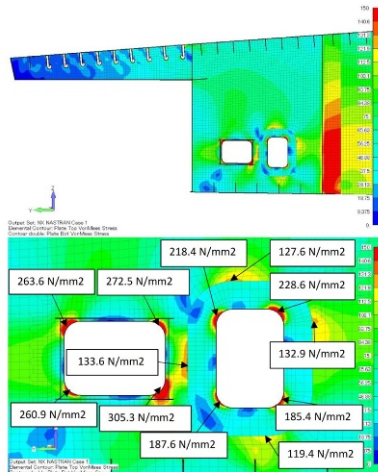
Keywords: ダイアフラム 剛結部 維持管理 開口部 弾塑性解析 耐荷力

連絡先: 〒552-0007 大阪市港区弁天 1-2-1-1900 阪神高速道路(株) 建設・更新事業本部 大阪建設部 TEL 06-6599-1701

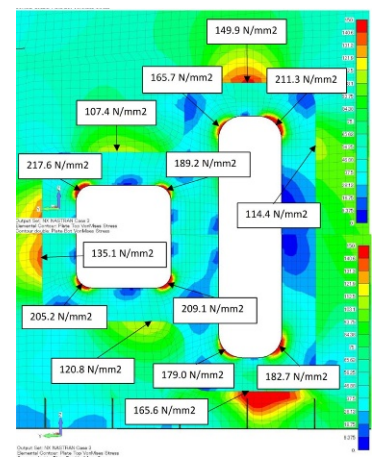
になるようダイヤフラムに座屈モードに比例した形状の初期不正を与え、載荷方向は橋軸方向載荷と橋軸直角方向載荷の2通りとした。解析モデルは全橋を対象としたが、対象剛結部のP58Rの前後20m程度をシェル要素でモデル化し、他は梁要素でモデル化した。解析モデルを図-3に示す。使用したソフトは、ステップは弾性解析でFemap with NX Nastran V11.1.1、ステップは、弾塑性解析でLS-DYNA Ver.971である。

4. 解析結果

1)死活荷重載荷時 図-4にSTEP1の基本構造



(1)基本構造



(2)改良構造

図-4 死活荷重載荷時の Von-mises 応力コンター図の例 (P58R-L)

と改良構造のVon-Mises応力のコンター図の例を、表-2に結果の一覧を示す。基本構造の5枚のダイヤフラムの開口部の発生応力を比べると、基本構造の箱桁内ダイヤフラムのケーブルラック用開口部で最も大きな応力が発生しており、 305N/mm^2 である。改良構造では点検用開口部の上下で新たな応力集中が確認されているものの、最大値は基本構造と同様にケーブルラック開口部で生じ、その値は 218N/mm^2 であった。その他、主桁ウェブ開口部で 257N/mm^2 と比較的大きな応力が発生しているが、基本構造と改良構造の応力は同程度である。なお、改良構造において、T荷重の移動載荷による疲労照査を実施したが、

表-2 死活荷重載荷時最大応力集計

記号	位置	Von-mises 応力最大値 単位 $[\text{N/mm}^2]$			
		基本構造		改良構造	
		①	②	①	②
P58R-L	主桁ダイヤ (始点側)	229	305	211	218
P58R-R	主桁ダイヤ (終点側)	95	63	62	70
GWR	箱桁ウェブ	257	-	257	-
D5	横梁ダイヤ	137	-	148	-
CFL	柱フランジ	122	-	142	-

①: 点検用開口部, ②: ケーブルラック用開口部

全ての部位で最大応力範囲は一定振幅応力の打切り限界応力値以下であり、問題ないことも確認している。

2)レベル1,2地震相当の水平荷重載荷時紙面の都合上、結果の提示は割愛するが、レベル1地震相当荷重載荷時、レベル2地震相当荷重載荷時とも、基本構造、改良構造において着目ダイヤフラムには塑性ひずみは生じない結果となった。

3)水平荷重の漸増載荷時 図-5に橋軸方向、図-6に橋軸直角方向の荷重と加震方向変位、および基本構造の終局変位図を示す。基本構造と改良構造で荷重や変位、その他挙動に差は見られなかった。両モデルとも、橋脚の基部や主桁の座屈変形により終局に至った。着目するダイヤフラムについては、終局時には塑性ひずみが広範囲に生じたものの、座屈変形は生じなかった。今回の検討範囲では、桁全体への影響はないことが確認できた。

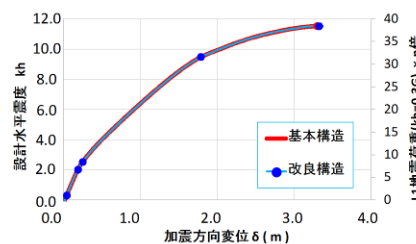


図-5 橋軸方向の水平荷重漸増載荷解析結果

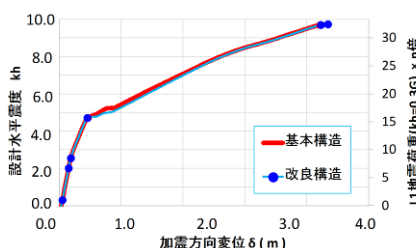


図-6 橋軸直角方向の水平荷重残像載荷解析結果

5. まとめ 鋼箱桁と鋼製橋脚の剛結部におけるダイヤフラムの開口形状について、基本構造、改良構造では死活荷重載荷時、L1, L2地震相当載荷時、水平荷重漸増載荷時とも応力性状や耐力、変形能に有意な差は見られなかった。この結果により、改良構造を実橋に採用することを決定した。

謝辞 本検討にあたり長岡技術科学大学名誉教授の長井正嗣氏に多大なご指導をいただいた。記して謝意を表する。

参考文献 1) 石井ら：維持管理作業性に配慮した鋼箱桁ダイヤフラム開口形状の設計と解析的検証、日本鋼構造協会鋼構造論文集、2) 杉山ら：維持管理性に配慮した鋼箱桁中間支点上のダイヤフラムの開口形状の検討、第71回土木学会全国大会、3) 石井ら：リブ貫通継手の疲労試験、第69回土木学会全国大会、4) 池末ら：点検作業性に配慮した鋼箱桁ダイヤフラムを対象とした実橋載荷試験、第69回土木学会全国大会