鋼鉄道橋の箱桁ダイヤフラムに発生した疲労き裂について

東日本旅客鉄道株式会社　正会員　○山下　雄也
東日本旅客鉄道株式会社　正会員　　窪田　利幸

1．はじめに

当該橋りょうは，1963 年に取得した支間 32.8m の箱断面の鋼鉄道橋である．当該橋りょうは，2008 年頃から支点部のあおりや，上下線連結材の取付ボルト弛緩などが発生し，2018 年に修繕工事が計画されていたが，工事に先立ち実施した箱桁内部の調査において，ダイヤフラムに多数のき裂が確認された．

本稿では，当該橋りょうに発生した変状とその原因推定について報告する．

表-1　橋りょう諸元

構造形式	単線橋マクラギ式上路箱桁
取得	1963年
設計荷重	KS-18
支間	32.8m
斜角	右36°
曲線	R=600　C=75
図面番号	WDGC832-1

2．変状内容

当該橋りょうに発生している変状は，箱桁内部のダイヤフラムのき裂，支点部のあおり，および上下線連結材の取付ボルト弛緩などである（**図-1**）．

箱桁内部のダイヤフラムのき裂は 19 箇所で発生しており，充腹式の端ダイヤフラムではき裂長が 190mm 程度まで進行している箇所もあり，対傾構式の中間ダイヤフラムに発生したき裂には，主桁ウェブまで進行している箇所もある．

また，支点部のあおりは 4 箇所で発生しており，列車通過時の沈下量が最大 6mm の箇所もある．なお，支点部のあおりが発生している箇所は，支承本体のサイドブロックが主桁下フランジに接触し，主桁下フランジが摩耗している（**図-2**）．

3．変状原因の推定

3.1．中間ダイヤフラムのき裂

当該橋りょうは，軌道の曲線区間に架設された斜角桁であることから，列車荷重の偏心等による箱断面の

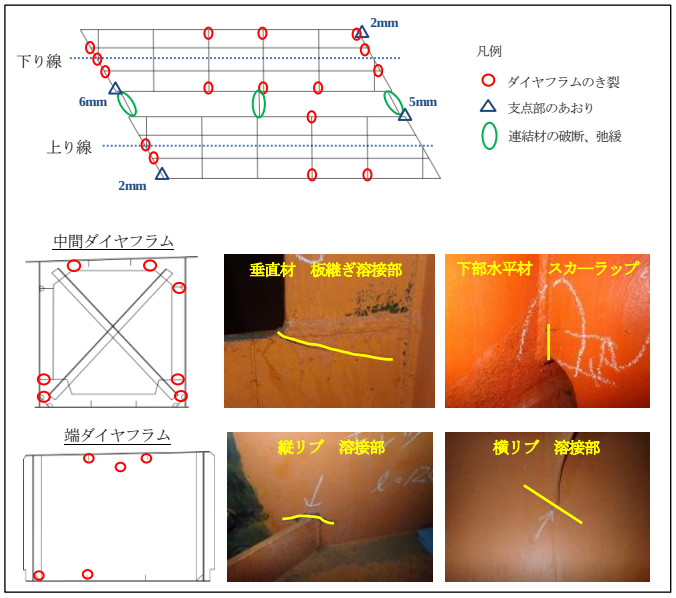


図-1　変状位置

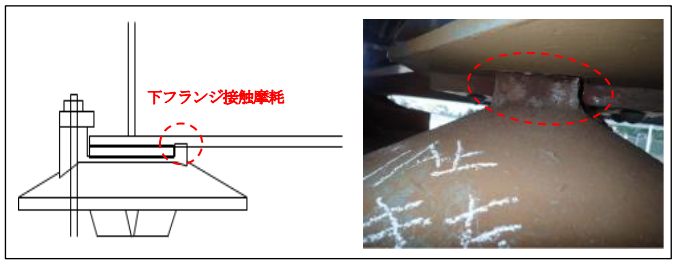


図-2　サイドブロックの接触

変形により，中間ダイヤフラムに過大な応力が発生し，下部水平材と垂直材の板継ぎ溶接部や，フィレット加工されていない上部水平材のハンチ部などの応力が集中しやすい箇所にき裂が発生したものと推測される．そして，支点部のあおりもこの箱断面の変形を増大させている要因の一つであると考えられる（**図-3**）．

また，当該橋りょうの中間ダイヤフラムは，下部水平材を主桁下フランジに溶接しているものと，溶接していないものの２種類が用いられており，き裂は後者に多発している．後者は主桁下フランジの疲労等級を下げないための構造であるが，これにより中間ダイヤフラムの剛性が低くなり，き裂の発生を助長したものと推測される（**図-4**）．

キーワード　　鋼鉄道橋　箱桁　ダイヤフラム　疲労き裂
連絡先　　〒221-0044　神奈川県横浜市神奈川区東神奈川 1-29-56

© Japan Society of Civil Engineers

3.2. 端ダイヤフラムのき裂

端ダイヤフラム（2375×9×2852mm）には補剛材が取付けられていないため，端ダイヤフラムの剛性は低く，列車荷重による振動が発生し，縦リブや横リブの回し溶接部にき裂が発生したものと推測される．

また，主桁下フランジ側に発生しているき裂については，支点部のあおりやサイドブロックの接触などによる面外変形などが，その発生を助長したものと推測される．

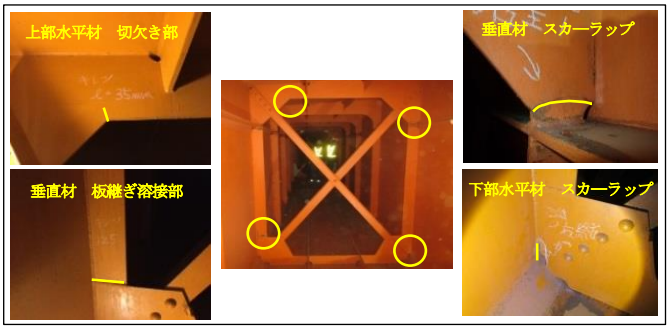


図-3　中間ダイヤフラムに発生したき裂

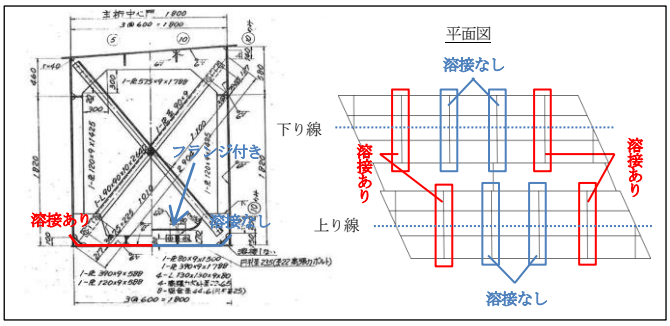


図-4　中間ダイヤフラムの構造

4. 実橋測定

中間ダイヤフラムに発生したき裂の発生原因の一つである箱断面の変形を把握する目的で，列車通過時の中間ダイヤフラムの応力と支間中央の変位を測定した．

4.1. 応力測定

き裂が発生していない類似の中間ダイヤフラムにひずみゲージを取付け，列車通過時の応力を測定した．その結果，中間ダイヤフラムには 20~50MPa 程度の繰返し応力が発生し（表-2），累積疲労損傷度は 1.05 に達していることが確認できた．また，上部水平材では引張，垂直材では圧縮の値を示していることから，中間ダイヤフラムは変形が生じているものと推測される（図-5）．

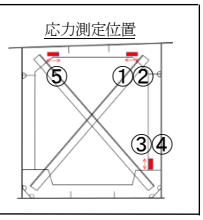
4.2. 変位測定

支間中央の左右ウェブに変位計を取付け，列車通過時の変位を測定した．その結果，左右ウェブで鉛直方向に最大約 3mm の変位差が生じていることが確認できた．

以上より，箱断面は列車荷重により変形が生じ，中間ダイヤフラムに過大な応力が発生したものと推測される（図-6）．

表-2　応力測定の結果

No.	測定位置	応力（MPa）		
		最大	最小	範囲
①	上部水平材右（起点面）	32.6	-8.2	40.8
②	上部水平材右（終点面）	38.7	-9.6	48.3
③	垂直材（起点面）	10.4	-9.7	20.1
④	垂直材（終点面）	5.8	-18.1	23.9
⑤	上部水平材左（起点面）	26.3	-4.3	30.6



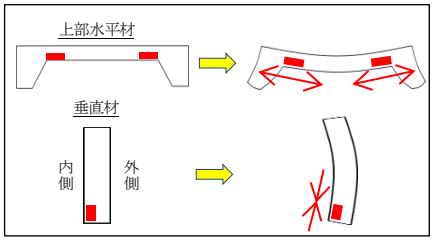


図-5　中間ダイヤフラムの変形

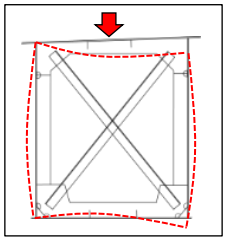


図-6　箱断面の変形

5. 対策の検討

5.1. 中間ダイヤフラムの対策

中間ダイヤフラムについては，き裂の発生原因の一つと考えられる支点部のあおりを解消した上で，上部水平材と垂直材に補強板を取付け，下部水平材は主桁下フランジに連結することで，既存の中間ダイヤフラムの剛性を高めることにした（図-7）．

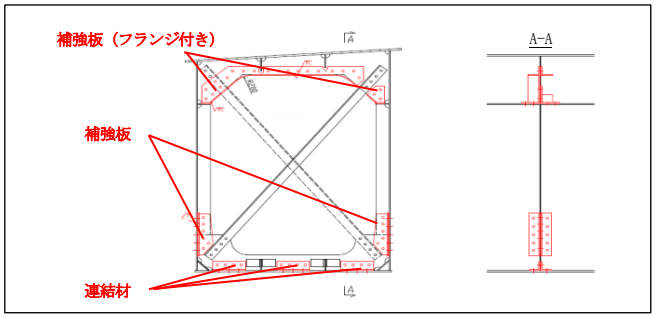


図-7　中間ダイヤフラムの補強

5.2. 端ダイヤフラムの対策

端ダイヤフラムについては，き裂の発生原因の一つである支点部のあおりとサイドブロックの接触を解消した上で，補剛材を取付け，既存の端ダイヤフラムの剛性を高める構造とした．

6. 今後の方針

これまでは優先順位を決めて，上下線連結材の部材交換やダイヤフラムの当板補強などの緊急修繕を実施してきた．今後は支点部の修繕を実施し，実橋測定でその効果を確認した上で，ダイヤフラムの補強の要否について検討を深度化していきたい．

© Japan Society of Civil Engineers