

鋼床版のUリブと横リブ交差部の疲労き裂に着目した移動輪荷重試験報告

阪神高速道路(株) 正会員 ○平野 敏彦, 高田 佳彦
大阪工業大学 フェロー 松井 繁之
関西大学 正会員 坂野 昌弘

1. はじめに

阪神高速道路において、鋼床版に疲労き裂が多数発見されており、その発生箇所の推定と対策工の開発が道路管理上重要な課題となっている。鋼床版に発生するき裂モードのうち、今回着目したUリブと横リブ交差部の疲労き裂の発生位置は、現場添接部に隣接する横リブのスカールップに集中する傾向にある。そこで、損傷メカニズムの解明、予防保全・補修工法の対策工の提案を目的に、現場添接部など実橋を再現した供試体を作成し、移動輪荷重試験を実施したので、その概要を報告する。

2. 移動輪荷重試験方法の検討

疲労試験は、大阪大学所有の移動輪荷重試験機を用いた。図-1のように実橋の添接部を再現した中型供試体を作成した。試験装置の制約条件から、供試体の平面寸法は、橋軸方向3.88m×直角方向2.81mとした。Uリブは4本、横リブは3本で構成し、添接板を挟んだ横リブ間隔は実橋とほぼ等しい2.4mとした。デッキプレートとUリブとの溶接は、実橋に準じて、サイズ6mm、Uリブ板厚に対する30%程度溶込みとした。輪荷重の荷重位置は、FEM解析にあわせて、Uリブウェブを挟む形で載荷板を配置し、Uリブウェブ直上に載荷することとした。載荷荷重は、交差部スカールップに作用する応力範囲が、別途実施しているFEM解析から、実橋とほぼ等しくなる $T=118\text{kN}$ とした。

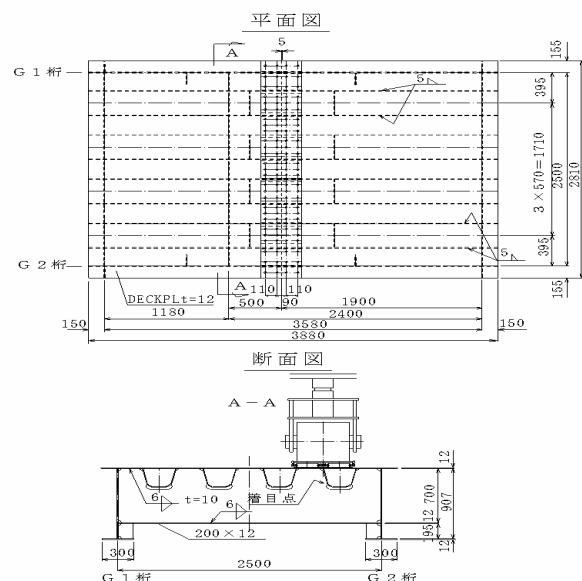


図-1 移動輪荷重試験用中型供試体の構造概要

3. 静的載荷試験

鋼床版試験体の応力性状を把握し、対策工による応力低減効果を把握するため、静的載荷試験を実施した。載荷荷重は、118kNとした。実橋でのき裂発生位置に対応させ、Uリブと横リブ交差部のスカールップのUリブウェブ廻し溶接部(以下、着目部という)に写真-1に示すように5連式応力集中ゲージを設置した。同箇所はFEM解析でも、応力集中が確認されている¹⁾。

対策工は、図-2、写真-2のように、横リブウェブとUリブ下面を結合するアングル材設置工法を対象とした。図-3～図-4に対策前後の着目部の発生応力を示す。図中の折れ線は5連式応力集中ゲージの端子で②、⑤は対策前、②'、⑤'は対策後を示す。横軸は図-5に示す橋軸方向の載荷位置を示す。

対策前では、添接部上のF点載荷時が、発生応力が最も高い。C点(横リブ上)載荷時の発生応力は、F点の1/3程度である。発生応力図に端子②のFEM解析結果¹⁾も記載したが、実験結果とほぼ一致している。対策前は、図-3は、発生応力は全て引張領域であり、一方、図-4では全て圧縮領域となり、Uリブはねじり力が卓越していると考えられる。

対策工の前後を比較すると、図-3の②と②'について、引張場での最大値となるF点の載荷では 122N/mm^2 から 29N/mm^2 と1/5程度に低下する。一方、対策後A点～E点の載荷において、C点(横リブ上)で -27N/mm^2 の圧縮応力が発生しており、応力場が引張領域から圧縮領域に変化している。しかし、対策により、応力範囲は、約1/2となり、疲労耐久性は向上すると考えられる。図-4においても同様に比較すると、対策前後(②と②')で最大 -96N/mm^2 から 4N/mm^2 と、応力範囲が大幅に低下する。

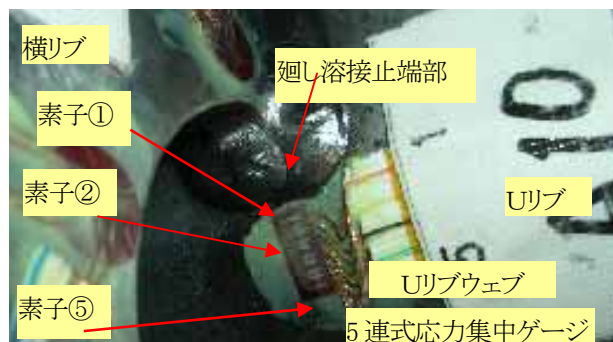


写真-1 着目部の5連式応力集中ゲージ貼付状況

キーワード : 鋼床版, Uリブ, 疲労き裂, 移動輪荷重走行試験, Uリブと横リブ交差部

連絡先 〒541-0056 大阪市中央区久太郎町4-1-3 阪神高速道路(株)技術管理室技術開発グループ 電話 06-6252-8121



写真-2 対策工の実施状況

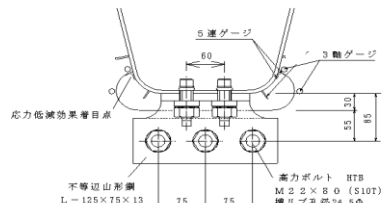


図-2 対策工の構造概要

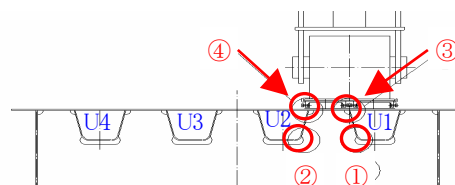


図-6 移動輪荷重試験終了時のき裂発生位置

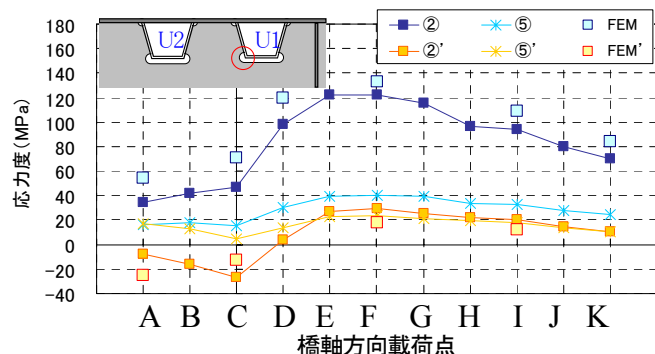


図-3 対策前後の着目部の発生応力 (U2 リブ側)

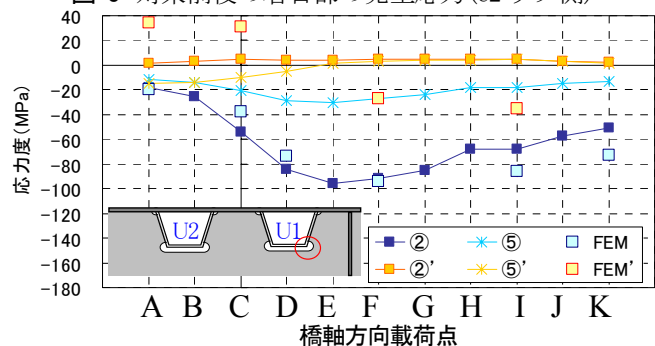


図-4 対策前後の着目部の発生応力 (垂直補剛材側)

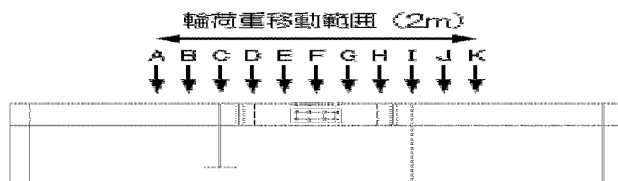


図-5 橋軸方向荷重位置

4. 移動輪荷重試験結果（対策前）

載荷荷重 118kN で、96 万回 (48 万往復) 輪荷重走行させた。その結果、図-6 に示す位置①～④に図-7 のように以下の4モードのき裂が発生した。

- ①Mode-1、②Mode-2: 着目している、Uリブと横リブ交差部スカーラップ廻し溶接部止端を起点に、Uリブウェブ母材に進展
- ③Mode-3: 載荷直下の、Uリブとデッキプレート溶接ビード不溶着部を起点にデッキプレート板厚方向に進展
- ④Mode-4: 載荷Uリブの隣接のUリブとデッキプレートとの溶接部止端を起点にデッキプレート板厚方向に進展

Mode-1、Mode-2 は、69 万回で発見された。ともに、き裂発生部は、引張領域である。き裂長は、Mode-1 が $L=12\text{ mm}$ 、Mode-2 が $L=20\text{ mm}$ である。

Mode-3 は、横リブ交差部近傍に位置し、溶接ビードの内面にき裂は位置するため、目視での発見は不可能であり、試験終了時に超音波探傷試験 (UT) で発見した。

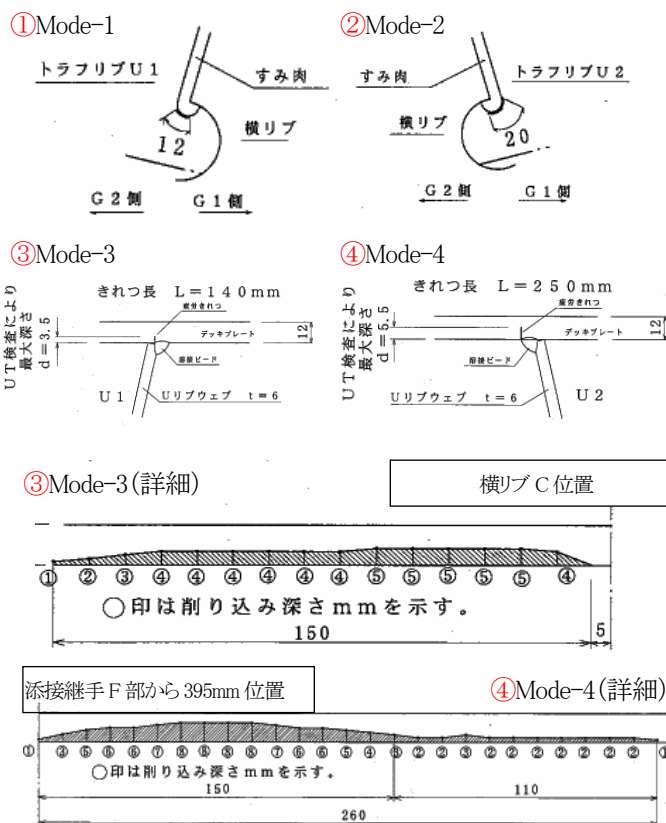


図-7 移動輪荷重試験終了時のき裂発生状況

Mode-4 は、57 万回で発見された。ただ UT で確認できたのは、76 万回時点である。進展が確認され、試験終了後の削り込み調査の結果、き裂長は $L=250\text{ mm}$ 、き裂深さ (削り込み深さ) は最大 8 mm である。このき裂モードは、阪神高速道路の実橋ではこれまで発見されていない。き裂位置は、載荷板が長手方向端部にかかっており、荷重の偏心による影響が考えられる。

5. 移動輪荷重試験結果（対策後：アングルあて板設置）

着目部に発生した疲労き裂に対して、アングル材あて板を設置し、移動輪荷重試験を実施した。その際、Mode-1、Mode-2 のき裂はストップホールなどの処置は一行わず、Mode-3 および Mode-4 は溶接接合による処置を施した。

150 万回 (75 万往復) 輪荷重走行後、Mode-1 および Mode-2 ともき裂の進展は見られなかった。着目部近傍など Uリブと横リブ交差部において、新たなき裂の発生はなかった。アングルあて板設置による対策の効果が確認できた。今後、実橋での施工に対する対策効果を検証したいと考えている。

<参考文献>

- 1) 夏秋ら: 鋼床版の Uリブと横リブ交差部の疲労き裂に着目した FEM 解析による対策検討, 土木学会平成 18 年度第 61 回年次学術講演会 (予定)