# 鋼床版トラフ溶接部への強制加振による疲労亀裂に関する考察

中井商工㈱	正会員	連	重俊	中井商工㈱	正会員	嶋本	勝
中央大学	正会員	平野廣和		大阪市立大学	正会員	北田俊行	

## 1. はじめに

高架橋は高度経済成長期に数多く建設され、交通を 円滑にする重要な役割を果たしてきた.しかし、過積 載車などの繰り返し輪荷重による鋼構造物や床版の疲 労などが問題となっている.図-1 に鋼床版の疲労損傷 の概要を示す<sup>1)</sup>.1970年代から用いられた鋼床版は、 補強材としてのUリブとデッキプレートとの溶接部が 過積載車などの輪荷重などが原因で、溶接部に疲労に 起因して発生する亀裂が生じ、そこから雨水がUリブ 内に浸入・滞留することでリブ内の腐食損傷が生じて いる.また、亀裂がUリブの内側からデッキプレート 上面方向に進展し、貫通することも生じていている. この様なデッキプレート貫通型の損傷は、外観目視に よる点検では発見が困難で、亀裂の進展にともない路 面陥没による事故などの被害を生じる危険性がある.

そこで本研究では、U リブの溶接部部分モデルを製作し、それを加振することによって鋼床版の損傷モードを再現し、その損傷度予測手法および鋼床版の損傷 点検手法、さらに、損傷防止手法を考察する.

### 2. 実験方法

阪神高速道路(株)の標準設計で実際に使用されてい る鋼床版のUリブ(U.Rib-320×240×6)に基づいて製作し たUリブ部分実大モデルを油圧シリンダーにより加振 する. 写真-1 にUリブ部分モデルを示す. 図-2 にU リブ部分断面モデルの諸元を示す.実験手順としては, まず静的荷重による載荷試験を行い,その結果より得 られた降伏値から繰り返し疲労破壊実験の条件を決定 し,正弦波加振による繰り返し疲労破壊実験を行う. また繰り返し疲労により亀裂が発生したUリブ部分断 面モデルの音響特性をハンマーリングにより測定し, 実験を行う前と後の音響特性の比較を行う.

### 3. 実験結果

### 3.1静的載荷試験

静的載荷試験は写真-1(b)の右(トラフ内部)から載荷する場合と左(トラフ外部)から載荷する場合の2 通り行った.図-3に静的載荷試験より得られた荷重-変位曲線を示す.どちらの場合もほぼ同じような破壊曲線となり,降伏値はおよそ7kNとなった.また,降伏するまでの水平移動距離も約10mmとなった.

### 3.2 繰り返し疲労破壊実験

先の静的載荷試験の結果から、条件を変えて 2 パタ ーンの実験を行った. 図-4 に剛性-サイクル数曲線を示 す.1回目の実験では、降伏点荷重の 50%を±1.7mm の ストロークで制御し加振を行ったところ、約 16 万回で





(a)溶接面 **定点** 1 (b)側面

**写真-1** Uリブ部分断面モデル



図-2 Uリブ部分断面モデル諸元



写真-2 Uリブ部分断面モデル加振状況

9 00

剛性が低下しはじめ約22万回で溶接部において亀裂を 目視で確認することができた.写真-3 に亀裂の発生状 況を示す.また、2回目の実験では降伏値の20%の荷重 を±0.8mmのストロークで制御し加振を行ったところ、 約200万回で剛性が低下しはじめ、約350万回で溶接 部において亀裂を目視で確認することができた.また 図-4の変位条件±0.8mmの曲線が所々連続でないのは、 観察は昼間のみで、夜間は油圧式支リンダーを停止さ せていたことにより、亀裂を目視で確認するまで数日 にわたり継続して加振を行ったためである.

これら 2 つの加振実験の結果を比較すると, 亀裂が 目視により確認できるまでに掛ったサイクル数は約 22 万回と 350 万回であり, その差は約 16 倍である. 阪神 高速道路によると, 金属疲労は付加される荷重の 3 乗 に比例するという報告がなされている<sup>1)</sup>. 今回の実験で は, 荷重がそれぞれ降伏値の 50%と 20%であることか ら, 金属疲労は 2.5<sup>3</sup>倍, すなわち 15.6 倍違うこととな り, 本実験の結果は妥当性のある値であると考えられ る.

### 3.3 音響特性比較

写真-4 にハンマーリングによる音響特性実験状況を 示す.ハンマーリングは U リブ部分断面モデルの上方 からプラスチックハンマーを吊るし、振り子を構成し てUリブ部分断面モデルから約10cm離れた位置より吊 り下げたプラスチックハンマーを振りおろす方法とし た. 図-5 に亀裂の有無による音響特性の振動波形の比 較図を示す. 亀裂の有無によって大きな違いが見られ, 亀裂が入っている部材は振動が伝播せず、急激に減衰 していることがわかる. 図-6 には亀裂の有無による音 響特性の FFT 解析の比較図を示す. 応答スペクトルも 振動波形と同様に亀裂の有無によって大きな違いが見 られ、亀裂が入ることにより応答スペクトルの鋭利な ピークが見られなくなっていることがわかる. またハ ンマーで U リブ部分断面モデルに衝撃を与えた時の音 にも大きな違いがみられ, 亀裂が入っていない状態の ものをたたいた時はカーンという甲高い音がしたのに 対し、亀裂が入っている状態のものは、コンというよ うな鈍く響かない音がした.

### 4. おわりに

亀裂発生後のハンマーリングによる音響特性が,減 衰性の大幅な増加や応答スペクトルの鋭利なピークが 見られなくなるという特徴を有していることから,こ れらを点検することで,亀裂の発見が外観目視では困 難な場合に,音響特性の確認が亀裂を発見する一つの 手段となりうる可能性がある.今後は X 線検査やハイ スピードカメラによる亀裂発生の瞬間の確認により, 可視的な現象把握が亀裂発生の予測手法の確立につな がると思われる.

謝 辞:本研究を行うに際し, ㈱十川ゴム 井田剛史氏) の協力を得た.また本研究の一部は, (独)日本学術振興 科学研究費・基盤研究(A) (研究代表者:北田俊行)の給 付を受けたことを付記する.

### 参考文献

 阪神高速道路株式会社 HP http://www.hanshin-exp.co.jp/company/torikumi/anzen/sonsyou.html





**写真-3** 溶接部亀裂発生状況



写真-4 ハンマーリングによる音響特性測定状況







図-6 亀裂の有無による音響特性比較(FFT 解析)