鋼床版における超音波衝撃処理の試験施工

阪神高速道路管理技術センター　正会員　○高田佳彦
阪神高速道路㈱　中島　隆
新日本製鐵㈱　正会員　冨永知徳　正会員　松岡和巳

１．はじめに

近年，阪神高速道路において鋼床版に疲労損傷が多数発見されており，その補修および予防保全対策法の開発が急務となっている．**図-1** に示す鋼床版の疲労損傷の内，③垂直補剛材とデッキプレートの溶接部，および，④縦リブと横リブの交差部は，止端部からの発生するき裂あるため予防保全対策は，いわゆる止端処理の適用による疲労性能向上が可能である．

特に，③垂直補剛材とデッキプレートの溶接部のき裂は，輪荷重の直上載荷に伴うデッキプレートのたわみ変形を垂直補剛材が拘束することで，補剛材先端のまわし溶接部に局所的な圧縮範囲の応力集中が発生し，その繰返しにより発生したと推定される[1)]．引張残留応力を低減できれば，疲労耐久性の向上が図れると考えられる．

そこで近年，残留応力状態を改善し，疲労性能を向上することができる手法として注目されている超音波衝撃処理(Ultrasonic Impact Treatment，以下「UIT」と言う)に着目し，それをこれらのディテールの疲労損傷に対する予防保全方法として適用することを考え，試験施工を行った．UITはこれまで通常の桁構造に対する適用例は多いが，鋼床版に対する適用例はないと考えられた．

今回，阪神高速道路神戸線の3径間連続鋼床版箱桁橋を対象に，UITの試験施工を行った．その際，(1)対象とするディテールを確実に施工することができるかの確認，(2)騒音・振動などの施工環境上の課題がないかの確認，(3)構造に何らか影響を与える可能性があるかの確認，(4)UITによる疲労寿命向上効果確認のためのデータ採取，などを目的とした．そのため，単に施工試験を行うだけではなく，施工の前後に荷重車を用いた現場計測も行い発生応力を確認している．ここでは，前記(1)～(3)の目的に対する検討結果を中心に報告する．

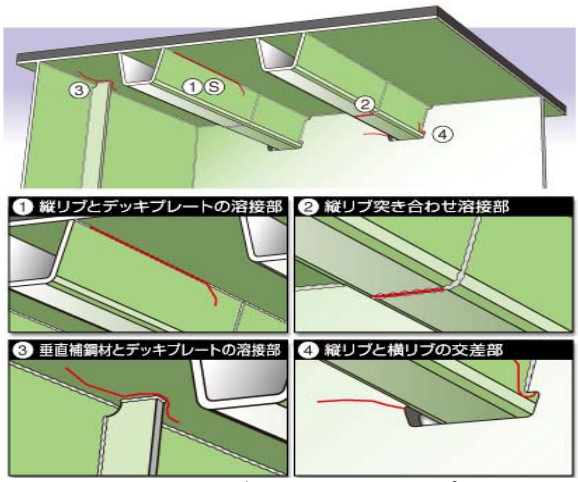


図-1　Uリブの主要なき裂タイプ

２．ＵＩＴの概要

図-2 に示すように，UITツール(Applied Ultrasonics 社製 εsonix®27UIS)は，質量が 3kg程度の軽量コンパクトあり，良好な施工性を持っている．先端に備わったピンで処理対象物を打撃し，塑性変形とそれに伴う圧縮残留応力を与える．ピンは半径 3㎜ のものを通常は用いる．止端は溶接ままの時点でノッチ状となっていることが多いが，UIT後は半径 3㎜ 以上のなだらかな形状を持つため，応力集中も低下する．

図-3 に示す発振機と冷却装置はそれぞれ 20kg 程度であり，運搬にそれほどの困難はなく，ツールを最大 20m 以上のコードを介してでも駆動することが出来るため，UITツールだけを持って届く範囲での処理を行うことが可能である．

UITの疲労性能向上効果については，通常の桁構造のガセット類については信頼できるデータ[2)]が蓄積されている一方，鋼床版についてはこれまで十分な検討が行われていない．

図-2　UITハンドツール

図-3　発振機および冷却装置

キーワード　鋼床版，疲労損傷，超音波衝撃処理，垂直補剛材とデッキプレートの溶接部，残留応力
連絡先　541-0054 大阪市中央区南本町４－５－７東亜ビル２F　　TEL　06-6244-4411

3．試験施工

③垂直補剛材とデッキプレートの溶接部，および，④縦リブと横リブの交差部を対象に，試験施工を実施した．**図-4** にUITの施工状況を示す．UITの施工範，まわし部およびそこから30㎜以上の範囲とした．施工は特に大きな課題は無かった．作業員は実工事は初めてであったが，事前に数時間ほど練習を行い，慣れればどの処理箇所も5～10分で実施できた．

縦横リブ部はスカラップの中にツールの先端を突っ込む必要があるが，先端を斜めにしたアタッチメント(図-2 参照)を用いることによって，施工を行うことができた．施工中の騒音や振動の問題も特に無かった．施工を行ったのは箱桁の中であったが，施工者は耳栓の使用を必要とせず，さらに箱桁外部での騒音問題も特に無く，夜間工事での適用も特に問題はないことが確認できた．

また，塗装を除去しないで施工が可能かどうかの検討も行った．これは，UITは既にき裂が発生していた場合は効果がなく，このため事前に塗装を剥いで磁粉探傷試験によりき裂の有無を確認するのが確実な方法であるが，塗装除去にはUITの施工よりも時間を要し，加えて箇所も多い．そこで，塗膜上からUITを行ったが，**図-5** に示すように，施工によって塗装は除去されるため，施工品質管理も含めて塗装を先に除去した場合と状況は特に変わらなかった．そこで，探傷精度は落ちるが塗装の上からでも実施可能な渦流探傷試験によりき裂の有無を確認し，塗装を剥がずにUITの施工を行う手法が提案される．

図-4 垂直補剛材とデッキプレートの溶接部のUITの施工状況

図-5 縦リブと横リブの交差部における塗装除去を行わないUIT施工のケース

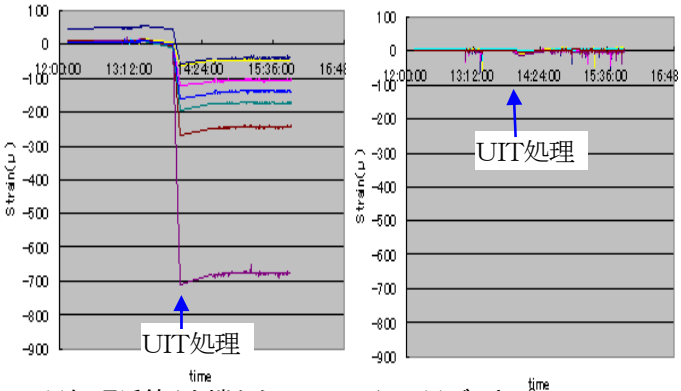
4．発生ひずみの計測

UIT施工中の鋼床版の応力変化については，施工の止端部の近傍に貼付した応力集中ひずみゲージによる動ひずみ計測を，施工中に実施した．その結果を**図-6** に示す．また，その計測位置を**図-7** に示す．

まず，UIT施工の止端部のごく近傍では，大きく圧縮方向にひずみが変化していることが確認できる．これはUITによって，局部的に大きな圧縮残留応力が導入されていることを示している．なお，途中で切れているデータは打撃によって，ひずみゲージが破壊されたものである．

また，処理部からせいぜい 30cm 程度しか離れていないデッキプレートでの発生応力を見てみると，まったく大きなひずみ変化は生じていない．つまり，UITによる残留応力の変化はごく局部的なものであり，構造物の耐荷力などに対する悪影響は無いことが確認された．

別途，鉛直リブ上端部近傍における荷重車による発生応力のUIT施工前後での比較を行ったが，UITによる発生応力の変化は特に観察されなかった．



(a)処理近傍(止端から 5～10 ㎜)　(b)デッキプレート下面

図-6 UIT施工中のひずみ変化状況

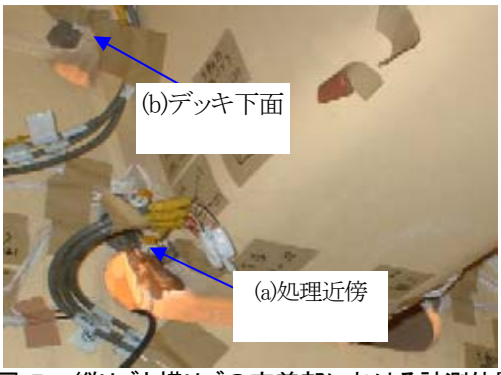


図-7　縦リブと横リブの交差部における計測位置

5．おわりに

UITの施工試験および現場計測によって以下を知見が得られた．(1) 垂直補剛材上端部および縦リブと横リブの交差部の処理を問題なく施工可能であり，塗装をあらかじめ除去しなくても施工は可能である．(2) 騒音や振動の問題は，特にない．(3) 応力変化はごく局部的なものである．また，垂直補剛材上端部について発生応力も特に変化は観察されなかった．

参考文献

1) 川村，流田，高田，坂野，嘉指：デッキプレートと垂直補剛材溶接部の予防保全対策，土木学会第 60 回年次学術講演会講演概要集，2005.9

2) 冨永，松岡，佐藤：補修溶接を施した既設クレーンランウエイガーダーの超音波衝撃処理による疲労寿命向上，鋼構造論文集，Vo. 14，No. 55，pp. 47-58，2007. 9.