

鋼橋の疲労き裂に関する検討

入江 健夫

関東地方整備局 関東技術事務所 維持管理技術課 (〒270-2281 千葉県松戸市五香西 6-12-1)

主に高度経済成長期に建設された多くの道路施設の老朽化が今後益々進展し、維持管理予算の増大が懸念されている。深刻な事故を未然に防ぐことや予防保全による長寿命化は極めて重要である。そのためには、適切な時期に、適切な着眼で、適切に対処することが、重要である。

関東技術事務所では、国土交通省の直轄事業に係わる構造物の維持管理に関する建設技術の研究開発を目的に調査・検討を進めており、その中から今回は、鋼床版疲労き裂の新しい検知技術の適用性検証や鋼橋の疲労き裂の発生傾向、概ねの補修必要時期等の推定について報告する。

キーワード デッキ貫通型き裂 超音波探傷法 大型車交通量 き裂進展調査

1. はじめに

橋梁の老朽化が進む中、近年、大型車交通量の多い路線を中心に鋼床版や鋼桁の破断等の重大な被害を引き起こす鋼橋の疲労き裂による損傷事例が多数報告されている。

このため、橋梁の予防保全・長寿命化の観点から、特に鋼橋の疲労き裂を対象に、効率的・効果的な疲労き裂の非破壊検知や補修・補強等に資する技術がもとめられている。

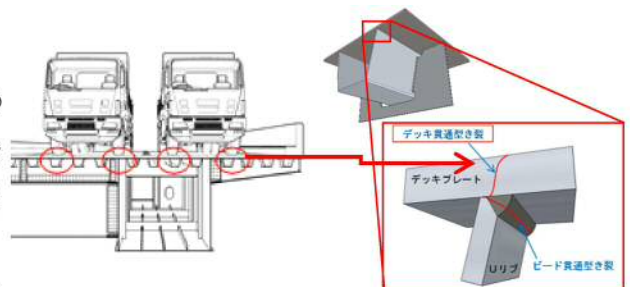
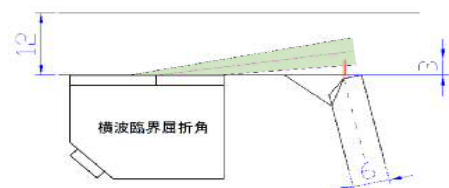


図-1 鋼床版に発生した疲労き裂のイメージ

2. 橋梁の補修・補強技術の確立

(1) 鋼床版疲労き裂に関する新しい検知技術の適用性検証

鋼床版に発生するデッキ貫通型き裂 (図-1) は、Uリブ内面側に発生し鋼床版方向に進展するため、橋梁定期点検等において、外面から目視で発見することが難しいことから、超音波探傷法



1 写真-1 超音波探傷法による自動探傷の状況

が用いられているが、計測精度は検査技術者の技能に依存する部分が大きく探傷結果の記録性や再現性等に乏しい課題があった。

このため、作業性と計測精度の向上等を図るため、(国立研究開発法人) 土木研究所(以下、「土研」という)と連携し、土研他が開発した鋼床版疲労き裂の超音波探傷法(以下、「鋼床版AUT」という。)(写真-1)や首都高速道路(株)他が開発した半自動探傷法(以下「鋼床版SAUT」という。)を用いて新しい検知技術の実橋での技術検証等に取り組んできた。

実橋での調査は大型車交通量の多い路線で、過年度において鋼床版AUTでデッキ貫通型き裂が検出されたA橋で実施した。2つの検知手法で同一範囲を調査した結果、総数59箇所(括弧内は未検出数)のデッキ貫通型き裂を検出し、鋼床版AUTでは58箇所(1箇所)、鋼床版SAUTでは45箇所(14箇所)のき裂を検出した。(表-1)ここで、鋼床版SAUTで未検出となったき裂14箇所のうち、12箇所については鋼床版AUTでき裂深さ6mm未満として検出したき裂である。

()内は未検出数

A橋梁	き裂検出総数	鋼床版AUT き裂検出数	鋼床版SAUT き裂検出数
第一走行車線	33箇所	33箇所	22箇所(11箇所)
第二走行車線	26箇所	25箇所(1箇所)	23箇所(3箇所)
合計	59箇所	58箇所(1箇所)	45箇所(14箇所)

表-1 A橋でのデッキ貫通型き裂検出数

また、き裂深さとき裂長さ(図-3)ではMY橋の2点を除き、長さ200mm以上のき裂の深さは鋼床版厚(12mm)の2/3(8mm)以上であった。

各橋梁の2回の調査で得られたき裂長さから、き裂の長さ方向(橋軸方向)の進展量を算出し、それを調査間隔(MU橋:2.8年、MY橋:6年、CY橋:7年、KU橋:4.7年)で除すことで1年当たりのき裂進展速度を求めた。き裂進展速度をき裂長さで整理した結果を図

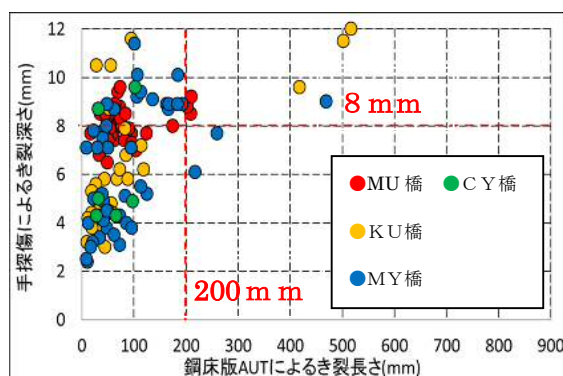


図-3 AUT調査によるき裂長さとき裂深さ

4に示す。横軸のき裂長さは、2回の調査で得られたき裂長さの平均値である。き裂長さが長くなると進展速度も速くなると考えられたが、データのばらつきが大きく、そのような傾

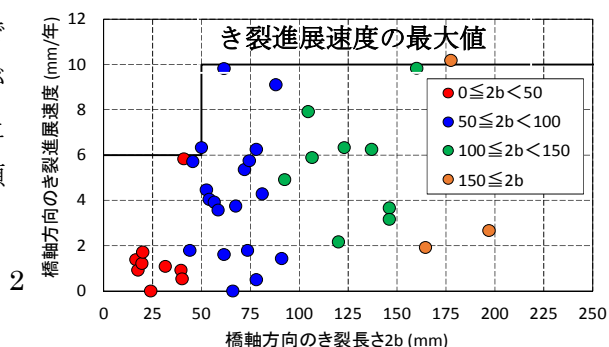


図-4 き裂進展速度とき裂長さの関係

向は確認出来なかった。図-3では、概ねの傾向がみられており、引き続き実橋データの計測・蓄積を行い、精度の向上を図る。

これまでの調査・検討結果を踏まえ、各検知技術の記録性や計測精度、現場調査への適用方法を適用調査項目(案)として取りまとめた。(図-5)

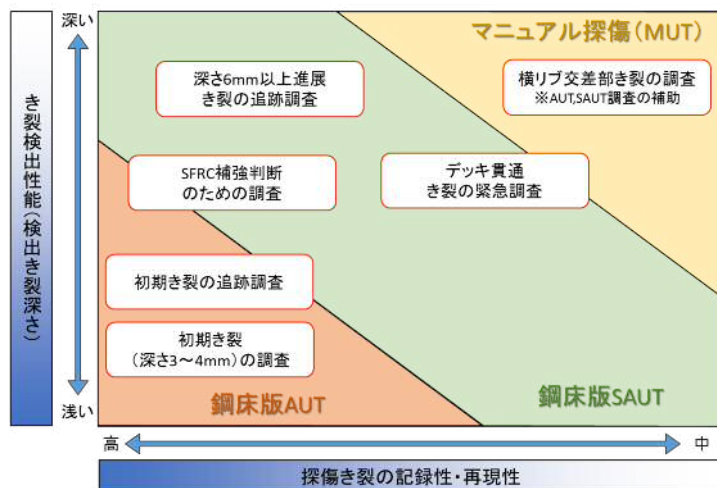


図-5 現場調査への適用調査項目(案)

(2) 鋼橋の疲労き裂の発生傾向、概ねの補修必要時期等の推定

鋼橋の疲労き裂(以下、「き裂」という。)は、発生部位・構造条件・溶接の良否・交通実態等の状況によって異なるものの、ある状態から急激に進展して、鋼床版の抜け落ち等による第三者事故発生や主桁の破断等によって構造の安全性に甚大な影響を及ぼすことから、できるだけ早い段階で発見し、必要な措置を施すことが必要である。しかし、外面から目視のみで発見することは難しく、超音波探傷法等を用いる必要があるため費用と時間がかかること等から、全てのき裂の発生・進展を迅速かつ的確に把握することは難しい。

このため、き裂をできるだけ早期に発見して、詳細調査や補修・補強等の措置を迅速かつ的確に行えるよう、き裂の発生時期・発生箇所、き裂の発生・進展の傾向、き裂を早期に発見するための仕組み等について調査・検討を進めているところである。

これまで、重交通路線(一般国道357号等)の主な橋梁で、国土技術政策総合研究所・土研等と連携し、「橋梁を用いた車両重量計測システム」(BWIM)¹⁾を用いた大型車通行実態の把握(図-6)、応力頻度測定、超音波探傷法・磁粉探傷法等によるき裂の追跡調査等を実施した。2016年度に交通センサス(大型車)とBWIMとの関係性について、調査した結果、交通センサスでは、ナンバープレートの分類番号で大型車をカウントしているが、実際の交通状況では空積トラックも計上されているため、交通センサスだけでは、車両重量が大きく影響する鋼橋の疲労環境を評価することは信頼性に欠けるため、交通センサス上の大型車の車両重量を再整理し、BWIMの計測結果との相関を図った。

検討の結果、「交通センサス大型車台数」と「BWIMで得られた車両総重量3.5t以上台数」の

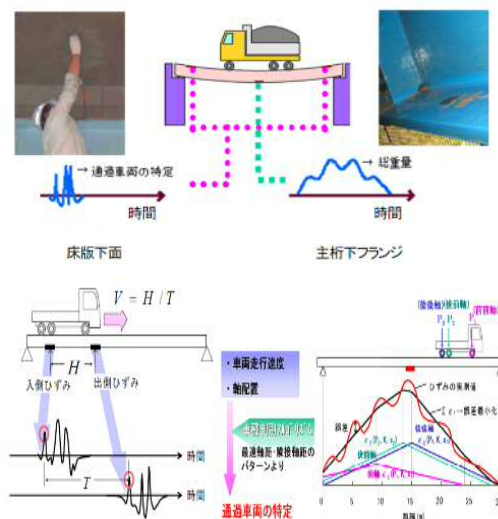


図-6 橋梁を用いた車両重量計測システム(BWIM)

比率は一般国道 357 号、一般国道 20 号、一般国道 246 号ともに 1.3 倍程度となり、BWIM では、交通センサスでカウントされる大型車を概ね、網羅できているといえる。表-2 には、一般国道 20 号、一般国道 246 号の 6 橋で得られた結果を示す。

表-2 交通センサスと BWIM (総重量 3.5t 以上) 大型車台数比較 (R20 R246)

橋梁名	車線数	側道数	供用年	経過年	平成22年度交通センサス				BWIM(車両総重量3.5t以上)					
					平日24時間				BWIM車線①		BWIM車線②		BWIM車線平均	
					交通量(台)	大型車(台)	大型車混入率	(1車線あたり)(A)	回数(B)	(A)/(B)	回数(C)	(A)/(C)	回数(E)	(A)/(E)
	2	0	1978	38	28,987	6,156	21%	3,078	2,297	1.3	2,215	1.4	2,256	1.4
	2	0	1979	37	27,325	6,042	22%	3,021	2,177	1.4	2,360	1.3	2,269	1.3
	2	1	1971	45	31,495	8,780	28%	3,512※	2,903	1.2	3,423	1.0	3,163	1.1
	2	1	1971	45	28,573	9,804	34%	3,922※	4,126	1.0	3,435	1.1	3,781	1.0
	2	1	1972	44	37,140	3,610	10%	1,203	1,274	0.9	531	2.3	903	1.3
	2	0	1972	44	27,786	3,116	11%	1,558	1,250	1.2	670	2.3	960	1.6
交通センサス/BWIM車線平均 $\Sigma(A)/\Sigma(E) =$													1.3	

(3) 詳細点検時期目安の検討

2009 年度～2010 年度の詳細調査報告書から、デッキ貫通型き裂が発見された年数が明らかになっている 18 橋 (き裂未検出の橋梁含む) のデータを用いて、大型車交通量と比較した。その結果を図-7 に示す。図の縦軸は、供用開始からき裂が発見されるまでの年数 (き裂未検出の橋梁は応力測定時までの年数)、横軸は 1 車線当たりの供用開始からき裂が

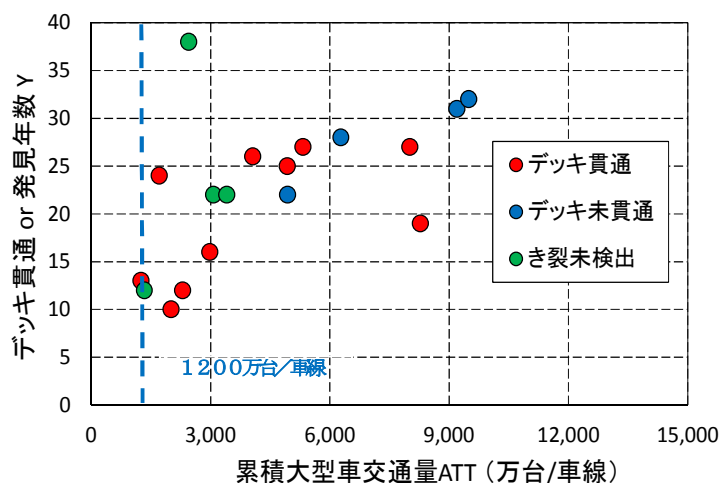


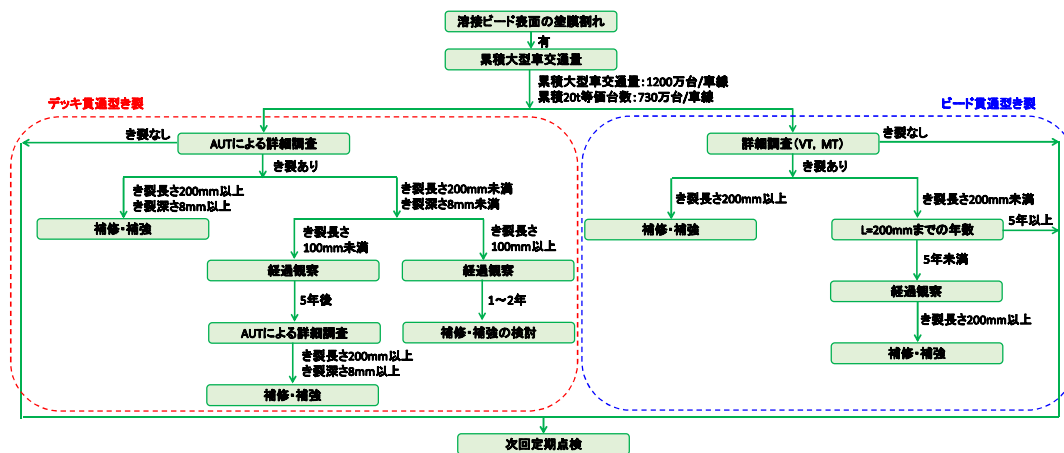
図-7 き裂発見年数と累積大型車交通量の関係

発見されるまでの累積大型車交通量であり、2010 年道路交通センサスのデータから算出した。

最も早くき裂が発見されたのは、累積大型車交通量が約 1200 万台/車線に達した時であることから、この値が詳細調査を行うタイミングの一つの目安になると考えている。

また、図-3 の結果を基にき裂長さ 200 mm、き裂深さ 8mm を境にして補修・補強の要否を判断する目安になると考えている。引き続き実橋データの計測・蓄積を行い精度の向上を図っていく。

これまでの調査結果から、図-7 詳細調査及び補修・補強の目安 (イメージ) をとりまとめてみた。今後、実用化に向けて、更なる実測データの蓄積とそれによる内容の精査が必要である。



図ー7 詳細調査及び補修・補強の目安（イメージ）

3. まとめ

本業務では、鋼床版デッキ貫通型き裂に対して詳細調査や補修・補強を効率的・効果的に行うタイミングの一つの目安となるデータを得るために、一般国道 357 号等の実橋にて鋼床版 AUT 等によるデッキ貫通型き裂の調査を行った。さらに、き裂調査の結果を基に詳細調査及び補修・補強の目安（イメージ）についてとりまとめた。本業務で得られた主な成果は以下のとおりである。

- 1) これまでの成果を用いて、鋼床版デッキ貫通型亀裂の検知技術（鋼床版 AUT、鋼床版 SAUT）による実橋検証結果及び現場調査への適用調査項目（案）をとりまとめた。
- 2) 交通センサス（大型車）と BWIM の計測結果の比較検討結果より、「交通センサス大型車台数」と「BWIM で得られた車両総重量 3.5 t 以上台数」の比率は、1.3 倍程度であった。

本業務で示した数値は、一般国道 20 号、一般国道 246 号、一般国道 357 号の調査結果に基づくものであり、さらなるデータの蓄積や分析を行う必要がある。

- 3) き裂長さが 200mm を超えると、深さ方向にはデッキ厚 12mm に対して 8mm 以上（鋼床版厚の 2/3 以上）進展している可能性が高い。
- 4) 1 車線あたりの累積大型車交通量が 1200 万台を超えるとデッキ貫通型き裂が発生する傾向がある。

本業務で示した数値は一般国道 357 号 4 橋での調査結果に基づくものであり、更なるデータの蓄積や分析を行う必要がある。

謝辞：鋼床版 AUT や BWIM の実橋計測にあたり、現場調整等を頂きました関東地方整備局管内の国道管理事務所・出張所、（国立研究開発法人）土木研究所構造物メンテナンス研究センターの方々はこの場をお借りして厚く御礼申し上げます。

参考文献)

- 1) 国総研資料第 295 号 道路橋の設計自動車荷重に関する調査試験報告書 -全国活荷重実態調査-