

鋼 I 桁のウェブギャップ板に発生する疲労き裂の進展速度分析

首都高速道路株式会社 正会員 ○牧山 大祐
首都高速道路株式会社 正会員 中村 充

1. はじめに

首都高速道路の鋼I桁において特に発生数の多い疲労き裂（以下、き裂）として、主桁と分配横桁の間に設置されているウェブギャップ板（以下、WGP）のき裂が挙げられる。WGPは2次部材であり、き裂の発生がただちに橋梁の安全性を脅かすわけではないが、鋼I桁に生じるき裂全体の3割以上を占めている。このようなWGPのき裂に対して、補修優先度を判断し、限られた予算の中で適切な対策を実施していくことが強く求められている。そこで、これまでに蓄積された首都高速の点検データを用いて、WGPのき裂の進展速度の分析を行った。

2. WGPのき裂の概要

首都高速道路におけるWGPの代表的なき裂を図2に、また、それらの発生割合を図3に示す。WGPのき裂の大半は上側溶接部のき裂（以下、A1）と下側溶接部のき裂（以下、A2）であり、き裂全体の8割以上を占めている（図2のB1とB2はそれぞれA1とA2に含む）。A1とA2の主たる原因は、主桁のたわみ差によって生じる2次応力と、床版のたわみによって生じる2次応力である。一方、主部材（主桁ウェブや主桁首溶接部）生じるき裂（図2のC1、C2、D1、D2等）は、A1またはA2が進展し、応力集中箇所が移行することが発生原因であると考えられる。従って、A1とA2に対して計画的に対策を実施していれば、WGP周辺に生じる主部材のき裂の発生を抑制することができると考えられる。以上より、本稿のWGPき裂の進展速度の分析対象として、A1とA2に限定した。なお、A1、A2が主桁上フランジや横桁上フランジ等の母材に進展した場合、優先的に対策が実施されることから、このような場合は分析対象外とした。

3. WGPのき裂の進展速度の分析方法

き裂進展速度について、首都高速道路においてこれまで蓄積された点検データを用いて分析した。本稿で用いた点検データの概要を表1に示す。

表-1 分析に用いた点検データ

点検データ名	点検・補修台帳
データ更新年月日	平成 27 年 10 月 22 日
点検データ数(WGP の損傷数)	9,780 件

表1に示す点検データを用いて、WGPのき裂進展速度を分析する方法を説明する。まず、き裂長さについて説明する。図4に示すように、WGPのコバ面を含むき裂全周の長さを足し合わせたものをき裂長さとした。例えば、板厚9mmのWGPにおいて、板の表裏10mmずつき裂が進展した場合、き裂長さは29mmである。次に、進展速度の計算方法について説明する。まず、同じ位置で過去2回以上の点検が実施されたき裂を抽出する。過去2回以上点検されたき裂に対して、1回目と2回目の点検時のき裂長さの差から、き裂の進展長さ（mm）を計算、これを点検間隔（year）で除することで、年間進展速度（mm/year）を算出した。

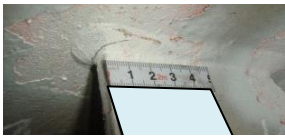
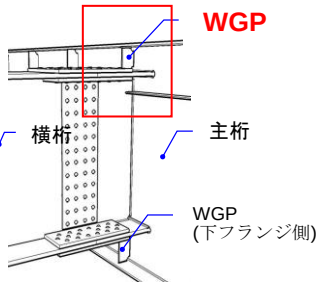


図 1 WGP のき裂

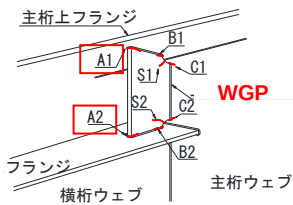


図 2 き裂パターン

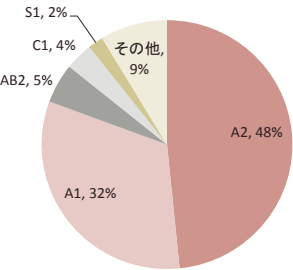


図 3 発生割合

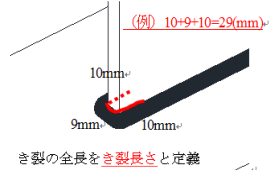


図 4 き裂長さの計算例

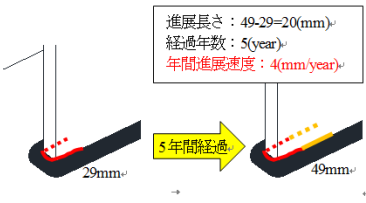


図 5 進展速度の計算例

便宜上、1回目点検時のき裂長さを、初期き裂長さとして取扱う。WGPの総損傷件数約1万件のうち、過去2回以上点検されたA1およびA2の件数は2,050件で約20%であった。なお、最も古い点検データは、平成9年のものであった。

4. WGPのき裂進展速度の分析結果

進展速度は下表に示す条件別に分析した。なお、表右列の件数は、各条件に合致する点検データの件数である。

表-2 進展速度の分析の条件

No	条件内容	A1き裂	A2き裂
①	なし	574件	1,476件
②	溶接補修実施箇所を除く	476件	822件
③	条件②+増設縦桁の設置なし	444件	773件
④	条件②+増設縦桁の設置あり	32件	49件
合計		2,050件	

条件②を設けた理由について説明する。首都高速道路では、平成初期に床組構造改築工事が実施されており、その工事の中でWGPのき裂に対する溶接補修が実施されている。現在、首都高速道路にて実施されている溶接補修（既設WGPをき裂ごと撤去、新しいWGPを溶接で設置する方法）とは異なり、既設WGPに対して完全溶込溶接（以下、F.P）による再溶接を行っており、仕上げ不足や、過度な仕上げによる板厚減少が原因で、き裂の再発が数多く報告されている。また、WGPは一般的にすみ肉溶接であるが、F.P化により溶接ルートが無くなるため、き裂の進展性状が異なると考えたためである。

次に、条件③と④を設けた理由について説明する。増設縦桁の設置により、床版たわみが抑制されるため、WGPのき裂の進展速度が小さくなると考えたためである。

初めに、A1のき裂進展速度の分析結果を図6に示す。図においては、縦軸を年間進展速度（mm/year）とし、横軸を初期き裂長さランクとした。初期き裂長さランクとは、初期き裂長さ（＝前回点検時き裂長さ）を10mm毎にグループ化したものである。例えば、初期き裂長さランク0は初期き裂長さが0～10mmとする。

条件①と条件②の違い（過年度の溶接補修実施の有無）による年間進展速度に大差はなかった。一方、条件③に対して、条件④の年間進展速度が低下した。これは、増設縦桁の設置により、き裂の進展速度が抑制されたためと考えられる。ただし、現在のところ、条件④に対するデータ数が少なく、今後継続的な分析が必要である。

次に、A2き裂のき裂進展速度の分析結果を図7に示す。条件②に対して、条件①の年間進展速度が大きい。これは、過年度に溶接補修にてF.P化した箇所は、そうでない箇所と比較して進展速度が大きくなる可能性を示している。また、初期き裂長さランクが4（初期き裂長さ40～50mm）より大きい領域において、年間進展速度が大きくなっている。これは、き裂が進展するに伴い、応力を伝達する断面が減少し、年間進展速度が上昇したと考えられる。最後に、条件③に対して、条件④の年間進展速度が低下した。ただし、A1と同じく、現在のところ、条件④に対するデータ数が少なく、今後継続的な分析が必要である。

5. まとめ

- 本稿では、これまでに蓄積された首都高速道路の点検データから、鋼I桁のWGPのき裂進展速度の分析を行った
- A1は初期き裂長さに関わらず進展速度はほぼ一定（約 1mm/year）。
 - A2は初期き裂長さが 40～50mm 以上において進展速度が上昇し、初期き裂長さ60～70mm において進展速度が最も大きくなった。また、溶接補修にてF.P化された箇所については、進展速度がより大きくなる可能性がある。
 - 増設縦桁がある場合、進展速度は低下する。ただし、分析データ件数が少なく、継続的な分析が必要である。

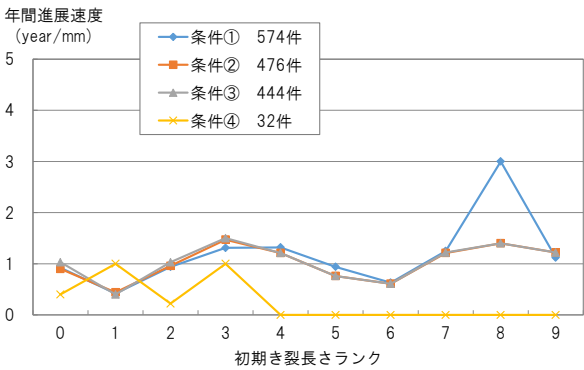


図 6 A1 の進展速度の分析結果

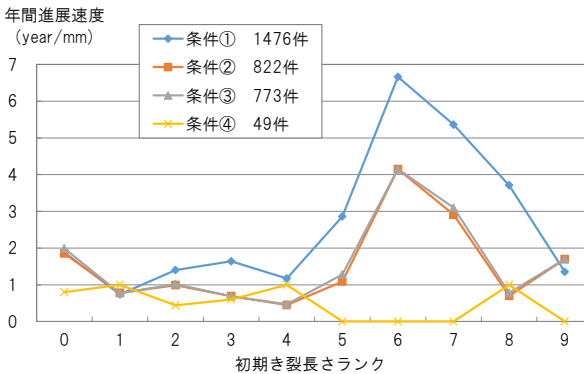


図 7 A2 の進展速度の分析結果