

単独橋の路面から飛散する凍結防止剤の主桁への付着の抑制

京都大学 正会員 ○野口 恭平
京都大学 学生会員 坪倉 佑太

京都大学 学生会員 徳増 秀俊
京都大学 正会員 八木 知己

1. はじめに 耐候性鋼の無塗装使用のためには、飛来塩分が一定量を下回る必要があるため、海塩粒子を対象とした研究が多数行われてきた。一方、凍結防止剤も塩分の供給源であり注意を要する。凍結防止剤が橋梁の腐食に影響する形態として端部からの漏水等があるが、車両通行等による路面からの飛散の寄与も知られており、山に迫った橋や並列橋について橋の配置法の指針が示されている¹⁾。それに対し筆者らは、周囲に障害物のない単独橋においても、接近風と橋梁自身との相互作用で形成される流れ場の影響で、その橋の主桁表面に凍結防止剤が不着する可能性を明らかにした²⁾。また、付加部材によって周囲の気流が変化し、路面からの飛散量や主桁付着量を抑制できることを示した³⁾。本研究では引き続き単独橋を対象に、既報とは異なる付加部材を設けた断面を対象とし、流れ場変化の観点から凍結防止剤の飛散と付着特性について検討を行った。

2. 計算手法概要 図1に対象橋梁断面を示す。この断面を「基本断面」と呼ぶ。付加部材の寸法は高欄と同じとし、付加部材を上流側高欄に鉛直に設置した断面 (V 断面)、下流側高欄から流下方向に水平に設置した断面 (H 断面)、その両方を同時に設置した断面 (VH 断面) の3通りの断面を対象とした。この3断面を対象とした理由を述べる。既報にて²⁾³⁾、比較的大きな粒子は路面上流側から自身の初速に伴う慣性によって剥離剪断層に達し、水平方向に大きな推進力を得て下流側高欄を越え、主桁に接近することが判明した。そのため、V断面のように上流側高欄を高くすることで、このような粒子の飛散を低減できると期待される。また、下流側高欄を越えた粒子は、橋梁後方の渦により桁下へ輸送されるので、H断面のように水平付加部材によって渦を遠方に移動させ、粒子を主桁に近づきにくくできると考えられる。最後に VH 断面は、両方で期待される効果の複合を狙って採用した。まず、各断面周りの非定常流れを OpenFOAM による LES で算出した。得られた流れ場中で、凍結防止剤を球形粒子とみなし、重力と風を外力とする運動方程式を解くことで飛散解析を行った。接近風速は 10 m/s、粒子半径は 10, 50, 600 μm の3通りとした。橋梁下流側の渦の周期を T として、路面横断方向に一様に配置した 999 個の粒子の解析を1回の試行とし、 $T/10$ 間隔で 50 回の試行を行った。以下で述べる粒子数は 50 回の試行の平均である。その他の条件は既報²⁾³⁾を参照されたい。

3. 計算結果と考察 図2に、初期粒子数に対する下流側高欄を越えた粒子数の割合について、付加部材断面の基本断面に対する変化の割合を示す。V断面では粒子半径によらず割合は減少した。10 μm や 50 μm のような比較的小さな粒子の場合、路面付近の風速が基本断面よりも小さいことが確認されており、そのため巻き上げ量が減少したと考えられる。図3に 600 μm の粒子の軌跡を示す。基本断面に対し路面上流側を出発した後には剥離剪断層に達した粒子が少なく、水平方向の推進力を得られずに路面に落下するためと思われる。H断面ではV断面とは逆に路面付近の風速が大きくなり、10 μm と 50 μm の割合が大きくなったと考えられる。600 μm の粒子の割合は小さくなったが、図3より一部の粒子が付加部材に直接付着したためである。VH断面では両断面の効果が重なり、粒子半径によらず

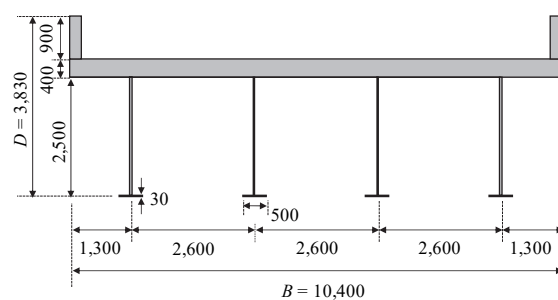


図1 基本断面 (単位: mm)

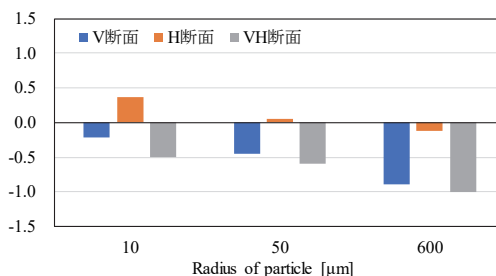


図2 下流側高欄を越えた粒子数/初期粒子数

キーワード 耐候性鋼, 腐食, 凍結防止剤, CFD

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 TEL 075-383-3435

割合は小さくなった。

図4に、下流側高欄を越えた粒子数に対する桁下空間に到達した粒子数について、基本断面に対する変化の割合を示す。V断面では全ての粒子で割合は大きくなり、逆にH断面では小さくなった。図5に各断面周りの時間平均主流方向風速コンターと流線を示す。付加部材により流れ場形状が変化することが分かる。特に橋梁後方の渦の中心位置について、各断面の断面辺長比 B/D (D : 桁高, B : 幅員) が小さいほど渦が橋梁背面に近づくことが確認された。すなわち、基本断面 ($B/D = 2.72$) に対してV断面 (2.20) では渦が橋梁に最も近づき、次がVH断面 (2.39) で、H断面 (2.95) は遠ざかることが判明した。V断面とH断面の基本断面に対する割合の変化は渦の位置によく対応する。H断面ではさらに、橋梁後縁から桁下空間への距離が大きくなり、特に $600\mu\text{m}$ のように大きな粒子の割合を下げることに寄与したと考えられる。

図6に、初期粒子数に対する主桁に付着した粒子数について、基本断面からの変化の割合を示す。V断面では $10\mu\text{m}$ と $50\mu\text{m}$ の付着数は増え、 $600\mu\text{m}$ は減少した。 $10\mu\text{m}$ と $50\mu\text{m}$ は下流側高欄を越える量は減少したが、渦が橋梁に近く桁下への供給力が大きいため、 $600\mu\text{m}$ は下流側高欄を越える粒子をほぼ抑えられたためである。H断面では $50\mu\text{m}$ はやや増加したがその程度は小さく、 $10\mu\text{m}$ と $600\mu\text{m}$ は橋梁後方の渦が橋梁から遠ざかる効果と後縁から主桁までの距離が大きくなる効果により、付着数は大きく減少した。VH断面では以上の効果が総合的に発揮され、粒子半径によらず付着数は大きく減少した。

以上より、単独橋に付加部材を設けることで周囲の流れが変化し、凍結防止剤が路面から飛散する量とその後主桁に付着する量を抑制できることが明らかになった。特に、上流側高欄に鉛直部材を、下流側高欄に水平部材を取り付けることで、幅広い範囲の粒子の飛散量・付着量を効果的に抑えることができた。

4. まとめ 周囲に障害物のない単独橋から飛散する凍結防止剤と主桁への付着を抑制することを目的に、橋梁に付加部材を設置したところ、橋梁断面周りの流れ場が変化し、特に上流側高欄に鉛直部材、下流側高欄に水平部材を同時に取り付けることで、路面からの飛散量と主桁への付着量の抑制に成功した。

謝辞 本研究の一部は一般社団法人日本鉄鋼連盟構造研究・教育助成事業の助成を受けた。本研究の一部は京都大学学術情報メディアセンターのスーパーコンピュータを利用して実施した。

参考文献 1) 日本道路協会：鋼道路橋防食便覧，III-18-19，2014. 2) 野口ら：土木学会第73回年次学術講演会講演概要集，I-018，2018. 3) 小池ら：土木学会第74回年次学術講演会講演概要集，I-373，2019.

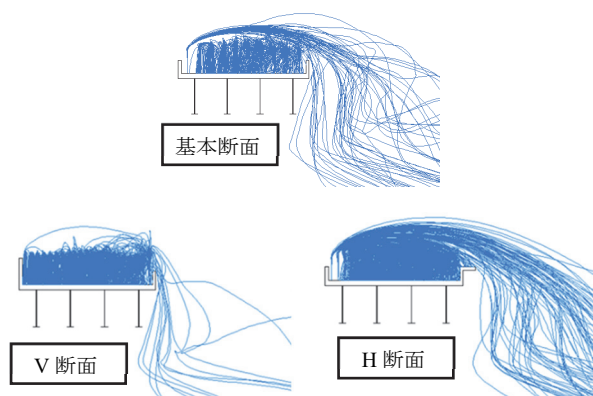


図3 半径 $600\mu\text{m}$ の粒子の軌跡

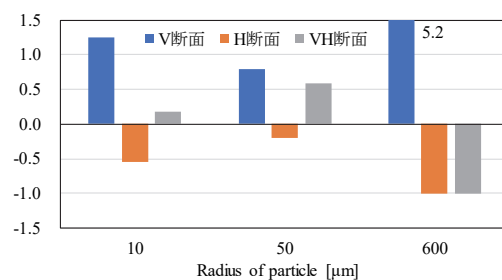


図4 桁下到達粒子数/下流側高欄を越えた粒子数

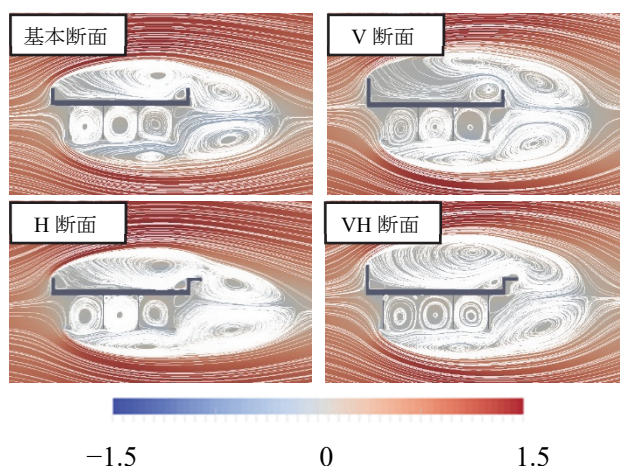


図5 時間平均主流方向風速コンター (流入風速で無次元化)・流線

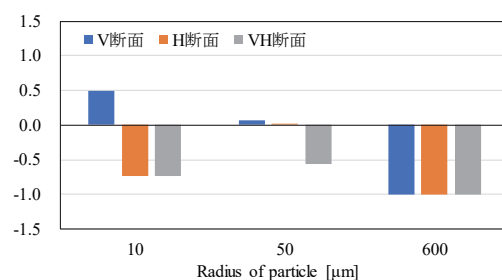


図6 主桁に付着した粒子数/初期粒子数