

新湊大橋における融雪設備工事（放熱管） 品質管理のための試験施工について

土肥 俊満¹・石井 繁治¹

¹北陸地方整備局 伏木富山港湾事務所 新湊東分室（〒934-0222 富山県射水市海竜町5-1）

伏木富山港（新湊地区）臨港道路東西線（以下、「東西線」という。）の中央径間（鋼桁部）は、水熱源式ヒートポンプを用いた融雪設備を設置することとしており、舗装工は、舗装厚80mmである。構成はアスファルトの表層、融雪機能を有した繊維補強コンクリート（以下、「SFRC」という。）基層の2層構成となっている。SFRC基層については、薄層舗装に融雪用放熱管を埋設するため、かぶり厚の確保や充分な充填等の施工管理・品質管理が重要となる。そこで現地施工前に試験施工により基層の施工性・品質等を確認し、実施仕様を決定することとした。本稿では、現地施工前に行った試験施工について報告する。

キーワード SFRC, 品質確保, 試験施工

1. はじめに

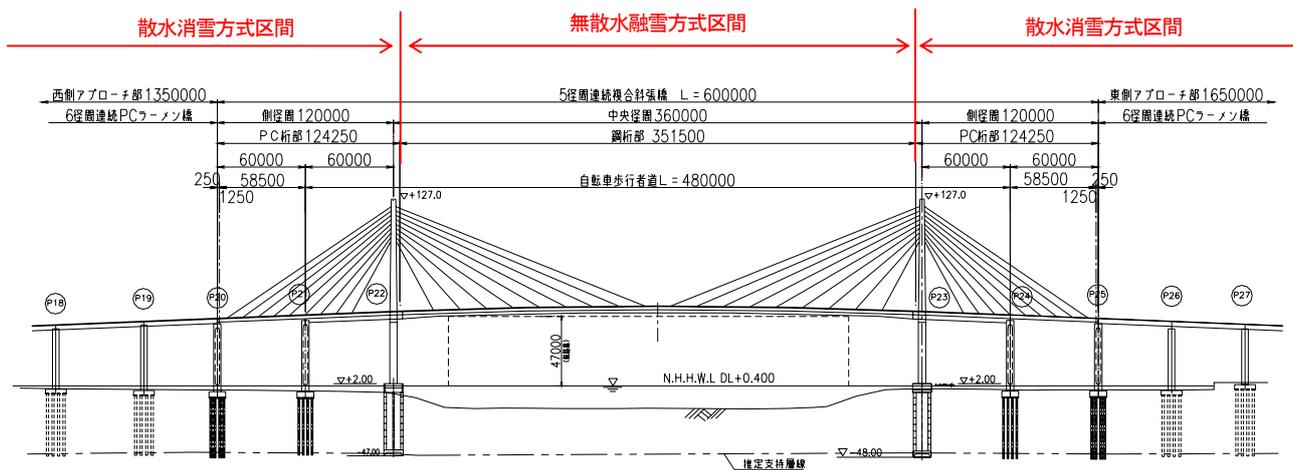
東西線は、富山新港の東西地区を結ぶ延長約3.6kmの臨港道路であり、富山新港で取り扱うコンテナ貨物を中心とする物流の円滑化・効率化や東西地域の利便性向上を図るために整備を進めている。東西線約3.6kmのうち主橋梁部である新湊大橋は、富山県射水市海王町地先から同海竜町地先に至る5径間連続鋼・コンクリート複合

斜張橋である。橋梁下には国際航路（幅270m）が設定されているため、橋長600m、中央径間360m、桁下空間47mの日本海側最大の斜張橋として計画されている（写真-1）。

現在、本事業は、平成22年10月の新湊大橋中央径間閉合以降、自転車歩行車道、舗装、道路照明、道路情報設備等の工事を実施中であり、平成24年度秋の供用を目指して鋭意工事を進めている。



写真-1 富山新港航空写真



図一 東西線側面図

2. 東西線の融雪設備

富山県の、最近10年の年間平均降雪日数は59日間あり、その中で10cm以上の降雪日は34日間記録されている雪の多い地域である。東西線の冬期間の円滑な道路交通を確保するためには、融雪施設の設置は不可欠であると言える。融雪施設は、主として鋼桁部（約360m）の無散水融雪施設と接続するPC桁部、土工部（西側約1,350m、東側約1,650m）の散水消雪施設の2つに分けられる（図一2）。

無散水融雪施設は、神通川左岸浄化センターから海へ放流される下水処理水の熱を利用し、「水熱源式ヒートポンプ」を用いて融雪用放熱管へ通水する循環不凍液に熱を与え、鋼桁部の路面を温める方式である。散水消雪設備は、下水処理水を直接路面に散水することにより消雪する方式である。

無散水融雪設備が設置される舗装工は、橋梁舗装であるため舗装厚が80mmと制限されるなかで融雪用放熱管を設置するという非常に難易度の高い施工となることから、現地施工前に試験施工により基層の施工性・品質等を確認し、実施仕様を決定した。

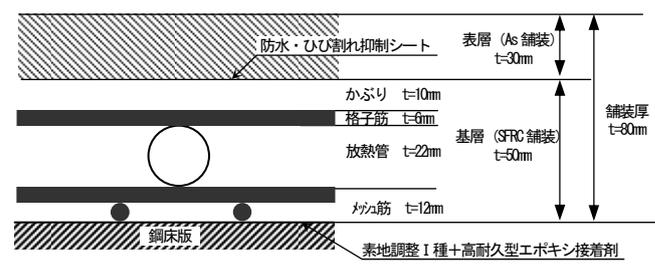
3. 検討目的

東西線鋼桁部は、舗装厚80mm、構造はアスファルトの表層、融雪機能を有したSFRC基層の2層構造となっている（図一2）。SFRC基層は、融雪用の放熱管、放熱管と鋼床版の絶縁を目的としたメッシュ筋、表面のひび割れ抑制を目的とした格子筋により構成されている。基層工の施工については、融雪機能を有するためかぶり厚の確保や十分な充填等の品質管理が重要となる。

SFRC舗装の実績はあるものの、放熱管が入っている今回の様に薄い舗装の施工事例が無いことが、さらに施工

の難易度を高くしていることから、本検討の目的を以下の通りとした。

- ①現場条件に則した試験を行い、所要の品質が確保できる舗装実施仕様の検討を行うこと。
- ②SFRC専用施工機械の実機を用いた試験により、施工性と仕上がりを確認し、舗装実施仕様・施工方法の妥当性を検証すること。



図一 2 当初設計断面図

4. 施工課題

上述のとおり、基層は放熱管を埋設する薄層舗装であるため難易度の高い施工となることから、試験施工は以下のSTEPで実施し、STEP1においては舗装仕様の検討、STEP2においては実際の施工機械を使用し、舗装仕様の妥当性の検証を行った。

(1) STEP1-1 供試体による舗装使用の検討(室内試験)

限られた舗装厚の中に放熱管、メッシュ筋、格子筋を実際に設置して、かぶり厚の確保およびコンクリートの充填を確認するために、30cm角の鉄製モールド内に放熱管ユニットを設置して供試体を作製・切断し、断面性状観察、かぶり厚の測定を行いSFRC基層厚、格子筋の厚さ、混入繊維の検討を行った。

SFRC 基層厚、格子筋断面積、混入繊維、締固め方法の組み合わせを変えた12種類の供試体を作成した（表一1）。

表-1 室内試験 供試体作成パターン

No	SFRC 基層厚	格子筋断面積 (厚さ)	混入繊維	締固め
①	60mm	39.2mm ² (t=6.3mm)	SUS	バイブレーター
②				人力突固め
③		6.6mm ² (t=2.6mm)		バイブレーター
④				人力突固め
⑤		39.2mm ² (t=6.3mm)	ポリプロピレン	バイブレーター
⑥				人力突固め
⑦		6.6mm ² (t=2.6mm)		バイブレーター
⑧				人力突固め
⑨	50mm	39.2mm ² (t=6.3mm)	SUS	人力突固め
⑩		39.2mm ² (t=6.3mm)	ポリプロピレン	
⑪		6.6mm ² (t=2.6mm)		
⑫			6.6mm ² (t=2.6mm)	

(2) STEP1-1 室内試験結果

かぶり測定結果より、舗装厚が 50mm のときは、断面積 39.2mm² の格子筋の場合にかぶりが 7.5mm となり、設計で示される 10mm のかぶりが確保できないことが確認された。これは、メッシュ筋、放熱管、格子筋の製品誤差によるもので、施工により解決できないものである。断面積 6.6 mm² の格子筋では、かぶりが 12.5mm となり、設計で示されているかぶり厚は確保できているものの、施工箇所の不陸、施工誤差等を考慮すると、格子筋が舗装表面に露出する可能性がある。また、他工事の事例を確認したところ、格子筋入り SFRC 舗装のもっともかぶりの薄い施工実績は 23mm であったことから、舗装厚 50mm での施工では品質が確保できないと判断した。

一方、舗装厚 60mm の場合、断面積 39.2 mm² の格子筋では、かぶりは 17~18mm であった。舗装厚 50mm の場合よりもかぶり厚は改善されているものの他工事の事例よりは薄い状況である。断面積 6.6 mm² の格子筋では、かぶりが 23.3mm となった。

(3)STEP1-2 供試体による舗装仕様の検討(屋外モデル)

STEP 1-1 の結果を基に STEP 1-2 では 2m 角の木製型枠内に放熱管ユニットを設置して供試体を作製し、供試体の表面・断面性状観察、かぶり等数値の測定を実施した。

作製した供試体は、STEP 1-1 の結果を基に、舗装厚 60mm とし、格子筋を断面積 39.2 mm²、断面積 6.6 mm² の 2 種類とした (写真-2)。

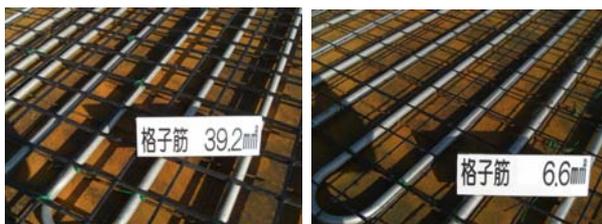


写真-2 格子筋ユニット

(4) STEP1-2 屋外モデル試験結果

かぶりの測定結果より、断面積 39.2 mm² の格子筋では、かぶりは平均値として 17.4mm、最小値として 16mm であった (表-2)。断面積 6.6 mm² の格子筋では、平均値として 24.6mm、最小値として 23mm であった。前述のとおり、他工事の事例より格子筋入り SFRC 舗装の実績が 23mm であるため、施工実績を重要視すると、断面積 6.6 mm² の使用が望ましいと判断された。

また、充填性の確認より、断面積 39.2 mm² の格子筋使用時に、格子筋下に空隙が確認された (写真-3)。格子筋やメッシュ筋まわりの充填不足は、断面欠損による耐久性の低下が想定されるため、望ましくない。断面積 6.6 mm² の格子筋使用時には、充填不足は確認されなかった (写真-4)。

表-2 屋外モデルにおけるかぶりの測定結果

切出版No	格子筋断面積(公称厚さ)	
	39.2mm ² (6.3mm)	6.6mm ² (2.6mm)
①	16.0 mm	23.0 mm
②	18.0 mm	24.0 mm
③	18.0 mm	25.0 mm
④	17.0 mm	24.0 mm
⑤	17.0 mm	24.0 mm
⑥	18.0 mm	25.0 mm
⑦	18.0 mm	25.0 mm
⑧	18.0 mm	24.0 mm
⑨	17.0 mm	25.0 mm
平均値	17.4 mm	24.6 mm



写真-3 断面積 39.2 mm² 格子筋下の空隙状況



写真-4 断面積 6.6 mm² 格子筋下の空隙状況



写真—5 試験施工状況

(5) STEP 2 試験施工(実機使用)

STEP 1 の検討結果より、SFRC 専用機械を使用し、小面積の舗設を行い、最終的な舗装仕様の妥当性の検証を行った。舗設フィールドは、底面は縦横断勾配（縦断 4%、横断 2%）を確保した上で鉄板敷きすることで橋面状況を再現。舗設面積は、放熱管ユニット 2 枚分（4.0m×3.5m×2 枚）の 28.0㎡で実施した（写真—5）。

なお、試験施工断面は、実機による施工で充填不足が解消される可能性を考慮し、STEP 1-2 と同様の断面で行った。

(6) STEP 2 試験施工結果

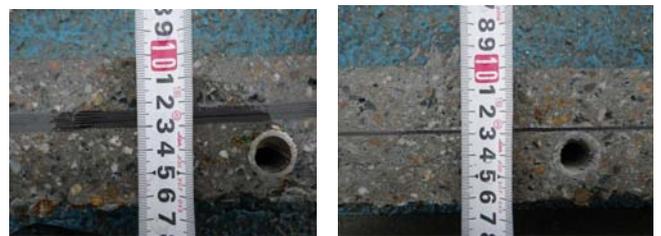
試験施工の結果、断面積 39.2 mm² の格子筋の設置範囲は舗装厚 65.2mm、かぶり厚平均 23mm、断面積 6.6 mm² 格子筋の設置範囲は舗装厚 61.3mm、かぶり厚平均 25mm と比較的大きなかぶり厚が確保されていた（写真—6）。舗装厚が大きくなった要因としては、下地鉄板の不陸によるものであると考えられる。

今回の試験施工の充填性の面では、39.2 mm² の格子筋下面の空隙以上に放熱管まわりの充填不足が目立った（写真—7、8）。

その要因として、格子筋は 150mm 間隔で放熱管に拘束されることから、厚く剛性の高い断面積 39.2 mm² の格子筋は締固めの振動が伝わりにくく、相対的にしなやかな断面積 6.6 mm² の格子筋は振動が伝わりやすいため、コンクリートの流動、空気泡の抜けに差が表れたものと考えられる（図—3）。

施工に用いる専用機械は、揺動スクリーンに高周波バイブレーターを設置し締固めを行うものである。機械で与える高周波は、鋼床版において 100~120Hz、RC 床版において 140~160Hz を標準としている。この標準周波数を用いた結果、断面積 39.2 mm² の格子筋のユニットでは、放熱管まわりの充填不足が数多く発生する結果となった。

充填不足を解消するには、高周波の周波数を上げる方



断面積 39.2mm² 格子筋かぶり(23mm) 断面積 6.6mm² 格子筋のかぶり(28mm)

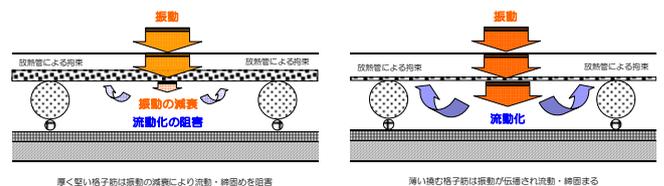
写真—6 格子筋のかぶり



写真—7 断面積 39.2mm² 格子筋の放熱管周囲の充填性状況



写真—8 断面積 6.6mm² 格子筋の放熱管周囲の充填性状況



図—3 振動伝播のイメージ

法がある。しかし、必要以上に振動を与えた場合、振動を伝えやすい鋼床版が全延長にわたり連続しているため、既に仕上げを行った場所にまで振動が伝播し、悪影響を与える懸念がある。

以上の試験施工の結果から、当初設計断面の基層厚50mm、断面積 39.2 mm^2 の格子筋から、基層厚 60mm、断面積 6.6 mm^2 の格子筋へ舗装仕様の変更を行った。

この変更により、表層厚が 30mm から 20mm へと薄くなったが、水密性、たわみ性に優れた碎石マスチックを選定することで舗設可能である。

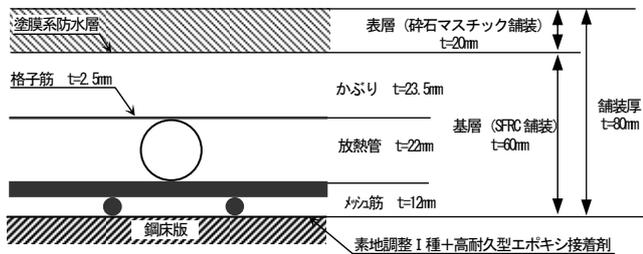


図-4 舗装仕様変更後の断面図

5. おわりに

今回の施工では、試験施工を実施して施工断面の見直しを行ったことで、品質の高い施工が可能となった。施工実績がほとんど無く、限られた条件の中での施工については、このような試験施工による設計断面の見直しは

有効であると考えられる。

試験施工をもとに変更した舗装仕様で、本施工を実施したところ、基層厚は設計値60mmに対して平均61mmと高い精度であった。かぶりについては、メッシュ筋、放熱管、格子筋の据付精度を勘案してみても概ね23mm確保されている。実際に部材を組み上げて舗装厚を再検討したことで、高い精度の施工管理を行うことが出来た。また、コンクリート強度は、設計基準強度 50 N/mm^2 に対し 60 N/mm^2 以上の圧縮強度が得られているとともに、打設完了後、半年が経過した現在でもひび割れも発生していないことからSFRCの充填性についても、確実な施工・品質管理が行われたと判断できる。

参考文献

- 1) 鋼材倶楽部 SFRC 構造設計施工研究会：短繊維補強コンクリート設計施工マニュアル 道路舗装編，1992年9月
- 2) 気象庁ホームページ 気象統計情報