

コンクリート舗装における温度変化に伴う版の挙動とバーステッチ工法の有効性の検証

中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株式会社 名古屋支店
国立高等専門学校機構 石川工業高等専門学校教授
中日本高速道路株式会社 名古屋支社
中日本高速道路株式会社 名古屋支社
中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株式会社 金沢支店

○野呂 直史
西澤 辰男
倉戸 伸浩
渡邊 哲也
高井 健志

1. はじめに

中日本高速道路(株)岐阜保全・サービスセンターが管理する東海北陸自動車道には、供用開始から 35 年が経過したコンクリート舗装(JRCP、以下 Co 舗装)がある。繰り返しの交通荷重による疲労劣化により、横目地部では僅かな段差の発生や、ひび割れ・剥離等が顕著に表れ、コンポジット舗装化が計画されている。FWD 測定により、母体となる Co 舗装版の健全度調査を実施した結果、目地部・ひび割れ部の 2,328 箇所のうち、要補修箇所が 1,124 箇所あった。この要補修箇所に対し、効率的・効果的な補修を行うことを目的として、これまでに 3DFEM 解析による目地劣化モデルの判定 (図.1) を行った。

その後、開削調査(写真.1)および空洞調査(写真.2)による目地劣化モデルの判定の有効性の検証を実施し、また目地劣化モデル判定により重篤と判定される目地部にて、バーステッチ工(写真.3)の試験施工および機能回復効果検証(写真.4)を行ってきた。その結果、目地部のたわみ量(D_0)が $400\mu\text{m}$ 以上且つ荷重伝達率(Eff) $<70\%$ の解析結果であった箇所においてもバーステッチ工を行うことで、 D_0 たわみ量が $400\mu\text{m}$ 未満になり、且つ目地部の荷重伝達機能($\text{Eff} \geq 70\%$)の回復効果が得られた。

本検証は、温度変化に伴う Co 版挙動の影響下にあってもバーステッチ工により回復した目地部機能が確保されているかを FWD 測定により確認するものである。

2. FWD 測定時の温度条件

Co 舗装の表面温度と内部温度の差が大きい時期に生じる Co 版の反り (Co 版挙動) の影響下(図. 2) にあっても、目地部の機能が確保されていることを確認することを目的として、最も温度差が大きいと想定される初秋の夜間(2020 年 10 月 5 日：試験施工から 10 か月経過)に FWD 測定を実施した。FWD 測定実施日時と温度を表.1 に示す。

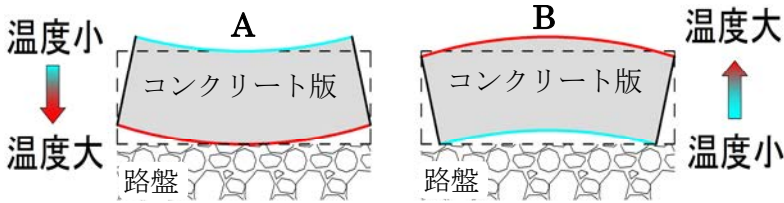


図.2 温度変化による Co 版挙動模式図

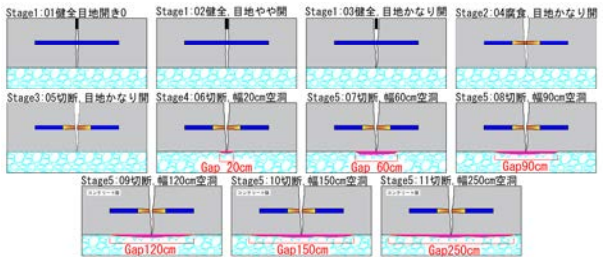


図.1 3DFEM 解析による目地劣化モデル



写真.1 開削調査

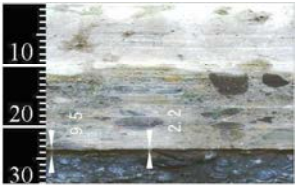


写真.2 空洞調査



写真.3 バーステッチ工



写真.4 機能回復確認 (FWD)

表.1 FWD 測定実施時の各温度	
【測定日時】	2020年10月5日 21:12~21:42
【気温】	測定当日の1日平均気温: 21.5℃
	測定当日当該地域の最高気温: 26.2℃
	測定実施時の平均気温: 13.9℃
	最高気温と測定時の気温差: 12.3℃
【路面温度】	測定当日昼間路面温度: 36.1℃
	測定実施時の平均路面温度: 18.5℃
	昼間と測定時の路面温度差: 17.6℃

キーワード コンクリート舗装、荷重伝達率、バーステッチ、FWD

連絡先 〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦 1-8-11 DP スクエア 錦

中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株式会社 TEL052-212-4552

3. 温度変化に伴う Co 版挙動の有無

Co 版内部の温度状態を示す指標として、内部平均温度と表面温度から底面温度を引いた温度差を版厚で除した温度勾配がある。Co 版上面の温度が下面より低い場合の温度勾配は“負”、その逆は“正”となり、図.2 に示す反り変形となる。測定実施日の平均気温、路面温度等から「土木学会 FWD および小型 FWD 運用の手引き」を参考に次式(1)から Co 版内部の温度勾配 ϕ (°C/cm) を予測した。

$$\phi = \frac{(0.062 \theta_s - 0.0727 \theta_{day})}{h^{0.165}} - \frac{1.167 + 0.236 (\theta_s - \theta_{day})}{h} \sin \left(\frac{t - 15}{12} \pi \right) \quad \cdots (1)$$

ここに、 θ_s : 表面温度(°C)、 θ_{day} : 1 日の平均気温(°C)、 h : Co 版の厚さ(cm)、 t : 測定時刻(0 時～23 時)である。

その結果、 ϕ は-0.26 の“負”の温度勾配となるため、図.2-A のような凹型に変形し、FWD たわみ量が増大している(反りの影響下にある)ことが予測できる。試験施工直後の機能回復確認時の ϕ は+0.33 の“正”の温度勾配であった。

4. FWD 測定結果からの目地部機能確認結果

バーステッチ工による補修直後と本検証で行った FWD 測定結果比較を表.2 および図.3 に示す。補修直後の測定で大幅に改善された D_0 たわみ量は、平均で 82 μ m、最大で 96 μ m 増加したが D_0 たわみ量<400 μ m を確保している。

また荷重伝達率(Eff)は大きな変化が無く Eff $\geq$ 70%を確保している。

表.2 FWD 測定結果比較表

KP	D_0 (μ m)			荷重伝達率 Eff (%)		
	補修前	補修直後	R2.10	補修前	補修直後	R2.10
KP25.389	1225	228	314	5.6	85.1	80.2
KP25.438	1048	272	368	9.8	89.7	85.7
KP25.468	743	287	342	25.4	86.6	78.7
KP25.538	546	179	258	23.9	77.0	83.8
KP26.052	438	191	285	19.0	80.3	80.5

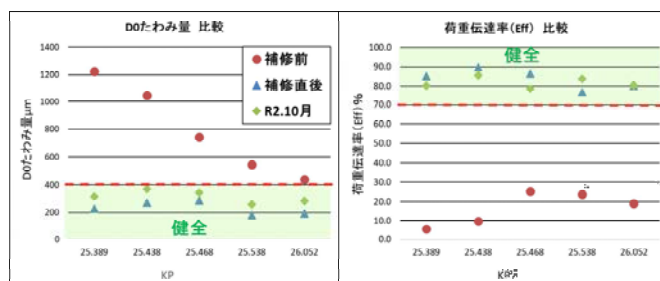


図.3 D_0 たわみ量—Eff 比較散布図

5. たわみ形状の比較

補修前、補修直後、本検証で測定した代表箇所のたわみ形状を図.4 に示す。

この図より、補修前は D_0 のみが大きく“たわんでいる”事が分かる。これは、写真.5 に示すように $D_0 \sim D_{200}$ のうち、 D_0 のみがリープ版上にあり、残りの 8 箇所 ($D_{20} \sim D_{200}$) はアプローチ版上にあるため、リープ版に作用した荷重がアプローチ版にはば伝達していないことを表している。補修直後および本検証で測定したたわみ形状と比較すると、その形状は大きく異なり、リープ版に作用した荷重がアプローチ版まで伝達して荷重が分散されていることが確認できる。全体的にたわみ量は若干増大しているが、Co 版挙動の影響下であっても、リープ版に作用した荷重がアプローチ版まで伝達して荷重が分散されている。



写真.5 載荷板およびたわみセンサー

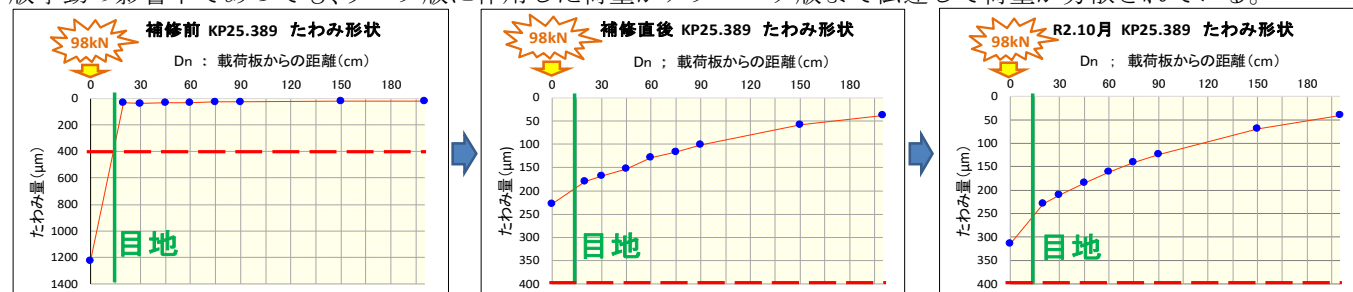


図.4 たわみ形状の比較

6. おわりに

Co 版下に空洞等が懸念される場合、NEXCO 要領等では、打ち換え工法や注工法を採用することになる。

本検証により、バーステッチ工法を行うことで目地部機能は回復し、温度変化に伴う Co 版の挙動(膨張・収縮による反り等)の影響下であっても、その機能が確保されていることを確認することが出来た。しかしながら、標本数が“5 箇所/1,124 箇所 : 0.4%”であり、標本数としては極端に少ないため、今後実施するバーステッチ工施工後にデータの蓄積・解析および目地部機能の回復効果の確認が必要である。