

CMI 報告

劣化した透光性遮音壁の 機能回復技術

榎園 正義・谷倉 泉

1. はじめに

近年、高速道路や自動車専用道路等の高架橋では、景観対策や日照の確保の観点、周辺住民の居住性や道路利用者の快適性の向上に有効であることから、透光性の遮音壁が数多く導入されてきた。また、この透光板の素材としては、表1に示すようにポリカーボネート、アクリル、ガラス等があり、耐衝撃性能、耐燃焼性能、透光性能等が求められ、使用実績としてはポリカーボネート板が最も多く使用されている。

表1 透光板の種類と性能

項目	種類	ポリカーボネート	アクリル	(強化) ガラス
①燃焼性 (%)		自己消化性	可燃性	不燃性
②透過率 (%)		89 ~ 90	93	90 ~ 91
③鉛筆硬度		2B ~ 4B	H ~ 2H	9H 以上
④曲げ強度 (MPa)		88 ~ 94	120	39 ~ 78
⑤引張り強度 (MPa)		59 ~ 69	75	32 ~ 79
⑥比重		1.20	1.19	2.54
⑦シャルピー衝撃 (kJ/m ²)		843	17	アクリルの約 1/10

このポリカーボネートは紫外線により変色（黄変）する特性があり、素材表面の硬度もアクリルやガラスと比べて軟質であるため、素材表面にアクリルやシリコンのハードコートが施されているが、粉じんや砂等による微細な傷やハードコートの経年劣化によるはく離等が発生し、透光性が低下（曇化）する現象が各所で見られるようになった。このように透光板の基本性能である透光性能が維持できなくなった結果、その対策として取替えが余儀なくされてきたのが現状であ

る。さらに、この取替工事には多大な労力とコストがかかり、産廃等の環境負荷の観点からも維持管理手法が課題となっている。

本稿では、表面ハードコート層の耐候劣化等により白色化、あるいは曇化して透光性が低下した現場撤去ポリカーボネート板の機能を回復させる新しい技術（以下、クリアスカイ工法と呼ぶ）を用いた実証実験結果、ならびに国道の透光板や高速道路の透光性遮音壁を対象に試験施工した追跡調査結果について報告するものである。

2. クリアスカイ工法の概要

(1) クリアスカイ工法の原理

クリアスカイ工法の原理は、図1に示すように無色・透明で極めて含浸性能の高いストレートシリコンを原料とする液材を、小傷やハードコートの割れ・はく離部にコーティング（クリアスカイ処理）することによって、透光板表面の凹凸を減らし、透明度を還元させるものである。その前処理としての下地処理にはウォータージェット工法（以下、WJ）を採用している。

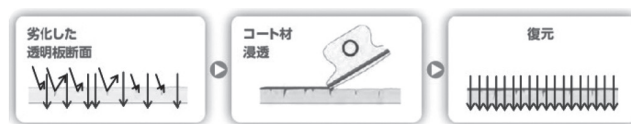


図1 クリアスカイ工法の原理（断面のイメージ）

(2) クリアスカイ工法の特徴

本工法は、以下の①～⑤に示すような特徴があり、様々な施工条件における適用が可能である。

- ①簡易な養生と簡素化されたコーティング方法であるため、従来の取替えによる改修方法と比較して施工の簡素化が図られ、大幅なコスト縮減（1/10以下）が図られる。
- ②劣化により亀裂の入ったハードコートの上からでも、簡単に重ね塗りができる。
- ③過酷な温度、湿度等の各種の環境条件や、飛来する軽量の細砂等による小傷などに対する耐久性を有す。
- ④従来のコーティング剤と比較し、高い付着強度を有しているため、耐久性が高い。
- ⑤平行光線透過率の還元性が極めて良好である。
- ⑥コーティング処理した表面は、親水性塗膜となるため汚れが固着しにくく、メンテナンスが容易である。

3. 実証実験概要

(1) 概要

経年劣化により透光性が確保できなくなり、高速道路の現場からその一部分が撤去されたポリカーボネート板を対象にして、クリアスカイ工法の適用による機能回復を確認する目的で実証実験を実施した。また、広範囲の面積に対して効率的な施工を目指したコーティングシステムの検討・開発を行った。

(2) 予備実験

クリアスカイ工法の適用にあたっては、以下の手順で検討を行った。

- ①透光板の劣化原因究明
- ②下地処理方法の検討
- ③コーティングシステムの開発

(a) 透光板の劣化原因究明

透光板の表面には、写真—1に示すように大きく黒色・白色箇所の2種類の劣化程度の違いが確認された。

そのため透光板から試験体を採取し、写真—2に示す素材の表面観察、EPMA・SEM分析を行い劣化の状態を確認した。その結果、黒色で半透明に見える箇所は、表面処理層のハードコートが劣化・はく離してプライマーのみが残存し、耐候劣化により黄変していることがわかった。また、白色箇所はハードコートが残って微細なクラックが生じて白色化している部分で、比較的容易に表層がはく離することから劣化はかなり進行していることが確認された。なお、現地でのヒアリングによれば、この透光板の劣化は設置数年後から確認されるようになったとのことであった。

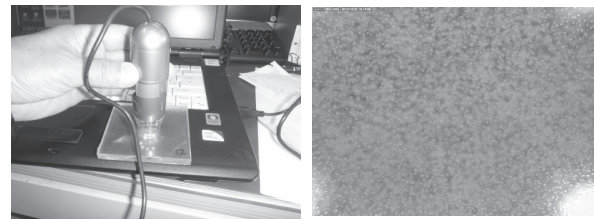
(b) 下地処理方法の検討

この透光性を回復するためには脆弱化したハードコート層のみをはく離できる下地処理方法を併用する必要があることから以下の実験的な検討を行った。

劣化したハードコート層をはく離するための下地処理方法として、①物理的なはく離方法6種類と②化学的なはく離方法13種類について実験的な検討を行った。その結果、物理的なはく離方法では、WJ工法とキャビテーションジェット（以下、CABと呼ぶ）工法で有効性が確認された。また、化学的なはく離方法では、2種類の薬品で残存ハードコート層のはく離が僅かに確認されたが、顕著な効果は確認できなかった。この結果を踏まえ、下地処理方法としてはWJ工法およびCAB工法を選定し、かつ小型のハンドタイプの先端装置を装着させた実証実験を行うこととした。両



写真—1 透光板の劣化状況



(a) 観察状況 (b) 表面観察の例(×55倍)

写真—2 表面ハードコート層の観察



(a) WJ 工法 (b) CAB 工法

写真—3 下地処理方法の検討



(a) 塗布作業 (b) 塗布機材

写真—4 コーティング方法の開発

工法はいずれもWJを用いたものであるが、CAB工法は低圧ではあるものの水温を高めにしてはく離効果を高めることを目的としたものである(写真—3)。

(c) コーティング方法の開発

従来のコーティング方法は、刷毛やスポンジによる手塗作業で行う簡易な方法であり、仕上げに塗りむらが生じるなど品質に若干のばらつきがあった。このため、現場での広範囲の面積を対象とする場合には、安定した施工品質が確保できる新たなコーティング方法

が必要と考えてその開発を行った。その結果、コーティング材料を上部で横移動しながら流し掛けし、最下部で回収する方法を採用することとした。これにより透光板表面を垂れ落ちた塗布材料は、分子間結合により平滑な面を維持することが可能となり、工場の生産ラインとほぼ同等な仕上がりとなる（以下、フローコート工法と呼ぶ）ことがわかった（写真—4）。

(3) 実証実験

(a) 概要

クリアスカイ工法の性能を確認するため、自動車専用道から撤去した実物大の透光性遮音壁（ポリカーボネート板）を用いて、検証実験を行った。

(b) 実験条件

①対象材料

<透光性遮音壁；写真—5 参照>

- ・商品名；ポリカーボネイトプレート
- ・品番；PCMR58600，施工後 11 年経過
- ・形状・寸法；高さ 2260 mm × 幅 1830 mm × 厚さ 8mm × 3 枚

<コーティング剤>

- ・ラスティングコート（エコ・24）

②下地処理方法の種類と条件

透光板の下地処理は予備実験結果を踏まえて、WJ 工法と CAB 工法を用いて行った。WJ 工法の噴射圧力は、50 ～ 280 MPa の範囲において、中圧（AMPa）、やや中圧（BMPa）、低圧（CMPa）の 3 段階の圧力を設定し、移動速度は毎秒 20 mm とした。一方、CAB 工法は 25 ～ 30 MPa の低圧力、水温は 80℃ とし、システム全体の小型化を図った。

③測定項目と測定方法

測定項目と測定方法を表—2 にまとめて示す。本実験では、屋外や現場での測定の再現性を重視し、自動車等の窓ガラスの平行（可視）光線透過率を精密に計ることのできる携帯型の平行光線透過率測定（TP-50）を採用した。

④測定箇所と測定位置

測定箇所は、写真—5 に示す A ～ C の 3 パネルで、1 パネルあたり 8 測点（例えば、A-1 ～ A-8）の合計 24 測点とした。

⑤評価方法

NEXCO 設計要領¹⁾では、製造時の新製品を対象にした光学的性質の評価基準値として、暗室内で測定する全光線透過率（平行光線透過率 + 拡散光線透過率；75%以上）と曇価のみが規定されており、供用後の透光性能を評価する方法は確立されていない。そこで、



写真—5 実験対象の透光性遮音壁（記号は、パネル箇所と測定位置）

表—2 測定項目と測定方法

測定項目	測定方法	主な仕様	メーカ（型式）	
透光性能	目視	目視評価	近景，遠景	—
	透過率	透過率計	測定域；平行光線標準光源 A	光明理化学工業社（PT-50）
表面性状観察	光学顕微鏡	倍率；10 ～ 230 画素数；1,300,000	サンコー社（Dino-Lite Pro）	

屋外で実測可能な平行光線透過率（以下、透過率と呼ぶ）に着目し、暫定基準値として透過率 72% 以上を設定した。目視評価方法は、複数人の肉眼で近景と遠景の透明性を「悪い」、「良い」、「大変良い」の 3 段階で判定する方法とし、施工前・施工後の透光性能は、目視評価と透過率で評価した。

(c) 実験結果

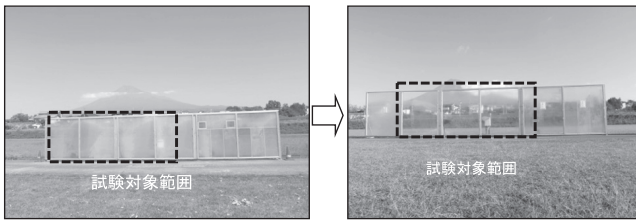
①下地処理効果

WJ の噴射圧は、中圧（AMPa）以下で、パス回数が 2 回以上では目視評価と透過率ともに低下する傾向があり、素地に対して過負荷状態となることから、パス回数は 1 回が最適であった。また、CAB の噴射圧は低圧で、同様にパス回数は 1 回が表層（ハードコート層）の除去に適合することが判明した。

また、WJ と CAB の優位性を比較すると、施工後の透過率および目視評価の結果からはほとんど差は見られなかった。しかしながら、本試験では WJ が施工速度の面から効率的であった。

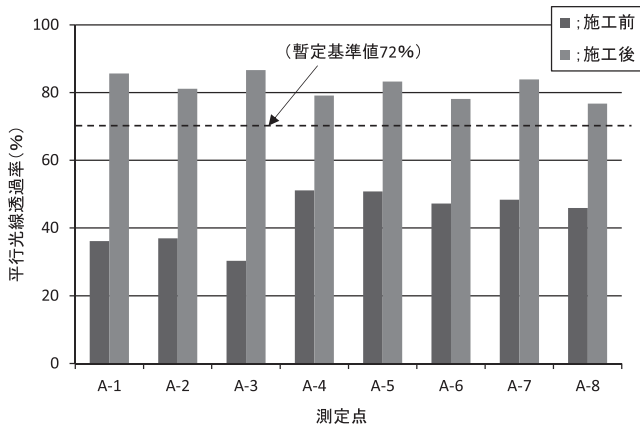
②透過率

施工前・施工後の透過率測定結果の例を写真—6、図—2 に示す。施工後の透過率は、全て暫定基準値（72%）以上を十分に満足し、80% 前後の透過率が確保できる結果が得られた。また、その他の B、C パネルでは下地処理をしていない箇所（施工前の透過率約 50%）において、施工後に 81.5 ～ 84.5% と高い透過率が得られたが、目視評価ではやや透明性に欠ける評価「悪い」となった。この透過率の上昇は、新たなコーティング剤塗布に起因するものと考えられることから、透過率の回復には有効な方法と考えられる。

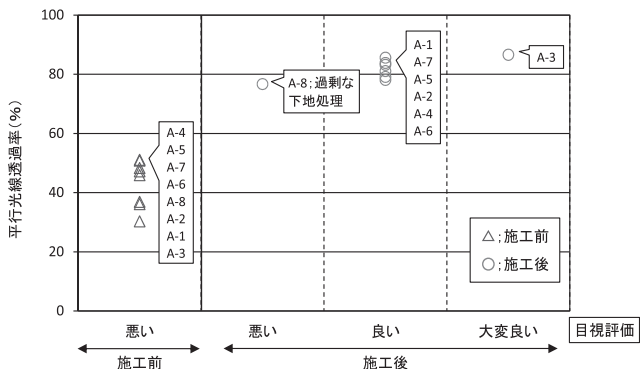


(a) 施工前 (b) 施工後

写真—6 施工前・施工後の状況



図一 2 平行光線透過率測定結果の例 (A パネル)



図一 3 目視評価結果の例 (A パネル)

③目視評価結果

施工前の目視評価は、図一 3 に示すように A パネルの全測点で「悪い」評価であったが、施工後は測点 A-1 ～ A-7 の測点では「良い」、「大変良い」となった。ただし、測点 A-8 はパス回数が 2 ～ 3 回負荷をかけていることから過負荷状態となっているものと推定される。なお、上述したパネル B、C の下地処理をしていない箇所では透過率は高いが、目視評価では「悪い」との相反する結果となった。

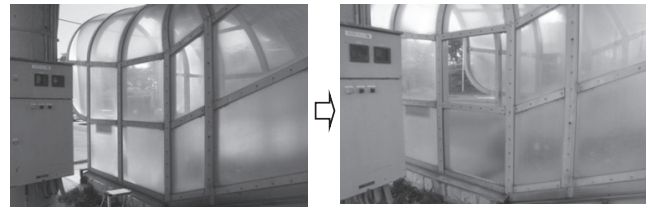
このようなことから、計測器による透過率の評価と合わせて、目視による評価も重要と考えられる。なお、一般的な傾向としては、図一 3 に示すように施工後の透過率と目視との評価結果は、概ね相関が見られた。

4. 適用事例

本工法は国道の陸橋の透光板や高速道路等の透光性遮音壁を対象として小規模な試験施工（耐久性確認）が実施されており、追跡調査の結果、十分な補修効果が維持されていた。主な経過観察状況の概要を以下に示す。

(1) 試験施工事例 1 (既設物件；写真—7 参照)

- ①実施日：平成 22 年（4 年経過）
- ②場所：北海道森町上台町国道 5 号線
- ③施工対象：歩道橋透光性遮音板
- ④下地処理：清掃のみ
- ⑤追跡調査結果：施工時の効果を維持（光沢度による評価）



(a) 施工前 (b) 施工後

写真—7 試験施工事例 1 の比較

(2) 試験施工事例 2 (既設物件；写真—8 参照)

- ①実施日：平成 23 年（2.5 年経過時点で改良工事あり）
- ②場所：T 高速道路
- ③施工対象：透光性遮音壁
- ④下地処理：清掃のみ
- ⑤追跡調査結果：施工時の効果を維持（透過率、光沢度による評価）



(a) 施工前 (b) 施工後

写真—8 試験施工事例 2 の比較

5. まとめ

本実証実験で得られた結果は、次のとおりであった。

- (1) 透光板（ポリカ板）の主な劣化原因は、透光板を保護するために表層に被覆されたハードコートの上層に起因した劣化であると考えられる。
- (2) 素材を傷めずに最も透光性を回復できる下地処理方法は、WJ工法でパス回数を1回に限定し、噴射圧力は中圧（AMPa）以下に抑えることが有効である。また、WJ工法とCAB工法の優位性を比較すると、施工速度の面からWJ工法が効率的であった。
- (3) コーティング方法については、施工速度、安定した膜厚、材料飛散のリスク回避が適用条件として要求されるが、新たに開発したフローコート工法の採用により、確実かつ円滑な施工ができることが確認できた。施工後の透過率は全て暫定基準値（72%）以上を十分に満足し、新品に近い80%前後の透過率が確保できる結果が得られ、その有効性が検証できた。
- (4) 本透光板では、下地処理をしない箇所においても施工後に高い透過率が得られたが、目視評価による透明性は満足しないことから、下地処理は必要と考えられる。
- (5) 以上より、機能回復の評価方法は、施工前後の透過率と目視評価結果には概ね相関関係が見られるが、両者を合わせた総合評価を行うことにより適切な評価を得ることができる。

6. おわりに

本クリアスカイ方法は、既設の道路や橋梁沿いの透光板や透光性遮音壁を対象としたリニューアルを目的として開発した新技術である。これまで他工法で課題

となっていた下地処理方法やコーティング方法、評価方法については、本工法による要素技術の研究開発等により概ね解決のめどが立った。

これにより、経年劣化により透光性能が低下して不透明となった膨大な量の透光性遮音壁等は、道路利用者にとって安全・安心な道路環境と良好な景観を提供できるものと考えられる。今後は、現場の施工環境を踏まえ、施工の合理化を図るための下地処理機械のコンパクト化等の研究開発が必要と考えられるが、その実用化も十分可能である。

さらに、本手法は従来の取替工事と比べて維持管理コストを1/10以下にまで大幅に低減できることや、産廃等の環境負荷の低減を実現することが可能となるため、設備の長寿命化を合わせて極めて有効な維持管理技術として活用できるものと考えられる。

JICMA

《参考文献》

- 1) 設計要領 第五集 交通管理設備編（遮音壁設計要領）、東・中・西日本高速道路株：平成23年7月

【筆者紹介】

榎園 正義（えのきぞの まさよし）
（一社）日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所 研究第二部
課長



谷倉 泉（たにくら いずみ）
（一社）日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所 研究第二部
部長

