

路面太陽光発電の舗装構造・舗装内配線構造に関する一検討

(株)NIPPO 関東第一支店 技術部 ○吉 中 保
 トヨタ自動車(株) プラント・環境技術部 平子 貴大
 トヨタ自動車(株) プラント・環境技術部 永島 淳貴
 (株)NIPPO 中部支店 樋口 正裕
 (株)NIPPO 総合技術部 技術研究所 鍛治 哲理

1. はじめに

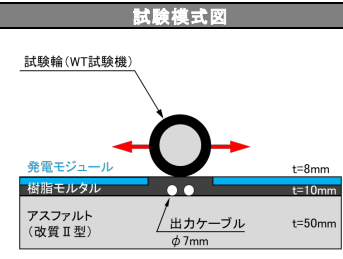
路面太陽光発電は、将来に向けたエネルギー需要予測を担う再生可能エネルギーを道路舗装から生み出すことが期待できる技術で、世界的に開発が進められている¹⁾。当該技術は現行の技術基準類に対し、舗装構造としての整合が未確定であり、発電した電力を路面直下で配線する舗装内での配線構造が想定外にある現状を踏まえ、本稿では、室内検討や実証検討の状況を示し、舗装構造や舗装内配線構造に着目して、想定する理想的な構造のあり方について述べることにしたい。

2. 室内検討例

(1) 路面直下への出力ケーブルの設置

出力ケーブルを路面直下に設置して、大型車相当の接地圧でホイールトラッキング試験を実施した試験条件と結果を表-1に示す。これより、仮に路面近傍に出力ケーブルを配線した場合、出力ケーブルの断線や直上の舗装(樹脂モルタル)の損傷は起こりにくいと考えられる。ただし、実証実験など詳細な検討が必要である。

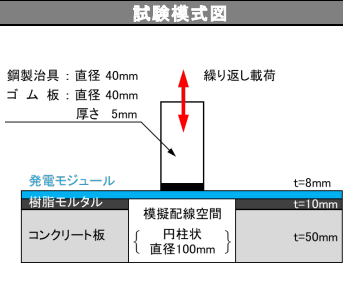
表-1 大型車相当接地圧での出力ケーブル断線と配線直上の舗装損傷 (WT 試験)

試験模式図		試験条件	
	試験温度	20℃	
	接地圧	0.63 MPa	
	載荷サイクル	42回/min	
試験結果			
載荷回数	出力ケーブル	配線上部	
10万回	断線なし	損傷なし	
20万回	断線なし	損傷なし	
30万回	断線なし	損傷なし	
40万回	試験中		
50万回	試験中		

(2) 配線空間の充填処理

発電モジュール直下にある出力ケーブルを引出す部分に空洞が生じた場合の発電モジュールの耐久性について、繰返し載荷試験を実施した試験条件と結果を表-2に示す。ここで、接地圧はWT試験の2倍とし、舗装の破壊作用²⁾が16倍相当となる条件とした。これより、発電モジュールの直下に空洞ができた場合、最大変位は増加していくものの、載荷回数50万回まで(16倍相当とすると800万回)破断しないことを確認し、標準として充填を行うものとした。

表-2 下部配線空間と発電モジュールの変位・破断 (繰返し載荷試験)

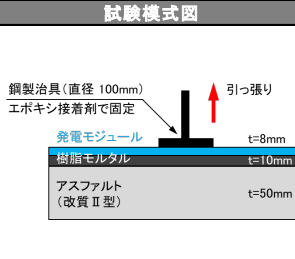
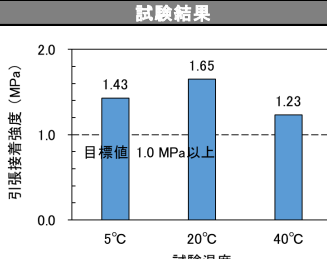
試験模式図		試験条件	
	試験温度	20℃	
	接地圧	1.26 MPa (※)	
	載荷速度	120 mm/min	
	載荷サイクル	16回/min	
試験結果			
載荷回数	最大変位	モジュール	
10万回	2.63 mm	破断なし	
20万回	3.25 mm	破断なし	
30万回	3.83 mm	破断なし	
40万回	4.20 mm	破断なし	
50万回	4.85 mm	破断なし	

※WT試験の2倍に設定

(3) 発電モジュールの付着性

NIPPOで開発を進めている技術は、アスファルト舗装の上に薄層の樹脂モルタルで平滑性を付与し、発電モジュールを接着する。硬化反応で得られる接着力は外気温などの影響を受けやすく、表-3は試験温度3水準での発電モジュールと下部舗装との引張接着強度を確認した例である。目標値を1.0MPa以上とすると(例えば、設計上の輪荷重の3倍程度が作用しても新旧コンクリートの一体化は十分確保できるとしている情報を参考に評価目安を設定した例³⁾)、冬期施工を想定した5℃で1.43MPa、夏期施工を想定した40℃で1.23MPaであり、20℃を含め年間を通じて1.0MPa以上が得られることを確認している。

表-3 発電モジュールと下部舗装との接着力 (引張接着試験)

試験模式図	試験結果
	

以上とすると(例えば、設計上の輪荷重の3倍程度が作用しても新旧コンクリートの一体化は十分確保できるとしている情報を参考に評価目安を設定した例³⁾)、冬期施工を想定した5℃で1.43MPa、夏期施工を想定した40℃で1.23MPaであり、20℃を含め年間を通じて1.0MPa以上が得られることを確認している。

3. 屋外での実証検証例

(1) 駐車場での例

筆者らは、2021年3月にトヨタ本社工場水素発電パーク内の駐車場に路面太陽光発電を設置して共同実験中であり（写真-1）、発電した電気は隣接する工場施設に接続している⁴⁾。

供用性は良好に保たれている。竣工直後に発電モジュールの一部に接着不良を確認し（約5cm角、1箇所）、供用26ヶ月経過時点で変化しておらず、施工上の改善で解決した。

(2) 民間構内道路での例（車道）

筆者らは、2022年2月にトヨタ本社技術本館前道路（車道）に路面太陽光発電を設置して共同実験中であり（写真-2）、発電した電気は超小型モビリティ（C⁺pod）の充電施設に接続している。

供用車線の交通量は約6,600台/月で、供用性は良好に保たれている。供用8ヶ月で発電モジュール間の樹脂モルタルに横断方向のひび割れが生じたことを確認した。発電モジュールに損傷は無いが、配線構造に起因しており、改善検討を進めている。

(3) 舗装走行実験場での例

公道車道向けの検証として、2022年8月に土木研究所舗装走行実験場に試験施工した。舗装構造はアスファルト舗装で担い（As層厚は既設と同じ）、発電モジュールを表面処理層として考え、配線構造は5種類設定した（写真-3）。結果、比較的温暖な時期は良好に推移し、最低気温がマイナス5℃を下回った際にわだちの一部に損傷が発生した。開削した結果、損傷箇所の配線構造内に滞水があり、健全箇所は滞水していないことを確認した。滞水しにくい配策や舗装内配線構造等の重要性を再認識し、一部工区を更新した。



写真-1 トヨタ本社工場 水素発電パーク



写真-2 トヨタ本社技術本館前道路（車道）



写真-3 土木研究所舗装走行実験場

4. 構造のあり方（既存の技術基準類との整合）

(1) 舗装構造

舗装構造については、国土交通省道路局「舗装の構造に関する技術基準」で新技術や新材料の導入が想定されており、前述の舗装走行実験場等で適否が評価できる。なお、発電モジュールは舗装に使用した経験のない素材から出来ており、室内および実証実験を通じての評価が必要である。

(2) 舗装内配線構造

発電モジュールの出力ケーブルを舗装内に設置することについては、経済産業省「電気設備に関する技術基準」が参考になるが、舗装関係ではロードヒーティング（路面下約10cm）のみで、浅い部分での配線方法は想定されていない。万が一の感電の危険性を回避できる出力レベル（許容接触電圧第3種50V以下⁵⁾）を前提とする設定や、舗装と出力ケーブルが損傷しない配線構造の設定が必要である。

5. まとめ

既存技術基準類との関係については、舗装構造に関しては特に問題ないと考えていて、配線構造に関しては、既存の技術基準が系統接続（100V以上）が前提となっていることから、感電しにくい出力レベルに抑えた場合の路面直下への配策を可能にする工夫が必要である。実証検証等を重ねて進展すれば幸いである。

<参考文献>

- 1) 吉中保：脱炭素社会の実現に向けた太陽光発電舗装の開発、道路、2021.7
- 2) 阿部頼政：わが国の構造設計法に対する基本的考察、ASPHALT Vol.28 No.144、1985
- 3) 土木研究所共同研究報告書第395号、—SFRC舗装による既設鋼床版の補強に関する設計・施工マニュアル(案)、2009.10
- 4) 平田茉安里、鈴木一省、太田勝也、吉中保：カーボンニュートラルの実現に向けた太陽光発電舗装の実証試験、第34回日本道路会議、2021
- 5) (社)日本電気協会「低圧電路地絡保護指針」