

自動車用高速周回路における斜面舗装の施工

交通安全環境研究所自動車試験場傾斜路改修

太田 秀平・永瀬 一考

自動車テストコースのひとつである高速周回路は、自動車の高速耐久性や安全性等を評価するもので、周回円曲線部においては高速走行を可能とするため、傾斜角をもったバンクとなっている。今回、独立行政法人交通安全環境研究所自動車試験場（熊谷）の周回路である旋回傾斜路（最大バンク角：40°）の舗装改修工事を実施した。

本稿では、自動車用高速周回路の設計の概念、及び当該工事の斜面舗装機械の特長ならびに施工について報告するものである。

キーワード：アスファルト舗装、特殊箇所の舗装、高速周回路、斜面舗装、舗装機械、緩和曲線

1. はじめに

これまで、自動車を取り巻く産業は、モータリゼーションの発展とともに、基幹産業として、米・欧・日の経済活動の重要な位置を占めてきた。

また、近年においては、米・欧・日を中心とした先進国の自動車産業の市場は、中国をはじめとした経済発展の著しいブラジル、ロシア、インドなどのBRICsと呼ばれる新興諸国へ移行しつつある。

自動車そのものも化石燃料の枯渇や地球温暖化の環境問題から、これまでの内燃機関からEV（電気自動車）への大きな流れがある。

しばらくは、EV（電気自動車）、HV（ハイブリッド車）等とこれまでのICE（内燃機関自動車）と混在するが、走行性能の向上、安全性、快適性の確保のための開発評価には、タイヤと路面が介在している限り走行路面が必要である。

交通安全環境研究所自動車試験場は、日本における新型自動車の型式指定に係わる技術的な審査及び、自動車の安全・環境に関する研究を実施する施設として昭和53年から段階的に供用を開始している。当該施設は、15種類の自動車審査施設を有しており、今回は、その審査施設のひとつで旋回傾斜路（大Rバンク部）のアスファルト舗装の改修を実施した。旋回傾斜路は、曲線部を高速で自動車が走行可能な線形・構造を持つ自動車用の高速周回路と同様であり一般の現道には存在しえない横断勾配を有する。

本報告は、自動車用高速周回路の設計の概念、及び

当該工事の概要について、主に斜面舗装機械の特長や施工方法を中心に紹介するものである。

2. 自動車用高速周回路の設計

一般に自動車テストコースは、その目的、用途、評価内容により種々のものがある。そのなかでも高速周回路は一定の速度で長時間連続走行を実施し、自動車の高速耐久性や安全性等評価するものである。高速で走行するためには、当然、広い敷地を必要とするわけではあるが、曲線部においては傾斜が必要となる。高速周回路の幾何構造設計は、基本的には、一般道路の設計とかわらないが、与えられた敷地条件のもとで、設計条件を整理してゆくことが重要となっている。設計条件は、用地条件、設計速度や、直線長、縦断勾配等があげられるが、ここでは、高速周回路の線形設計のポイントとなる平面線形と横断形状について以下に示す。

(1) 平面線形

道路では、直線部から円曲線部に、自動車がスムーズに走行してゆくためには、緩和曲線を挿入する必要がある。

緩和曲線は、一般道ではクロソイド曲線が使用されている。しかしながら、高速周回路においては、曲線部における勾配が一般道と大きく異なる急勾配が多く、ドライバーが長時間連続高速走行を実施するうえでの走行上の負担の少ない緩和曲線が必要であり、マ

コンネル曲線が多く採用されている。

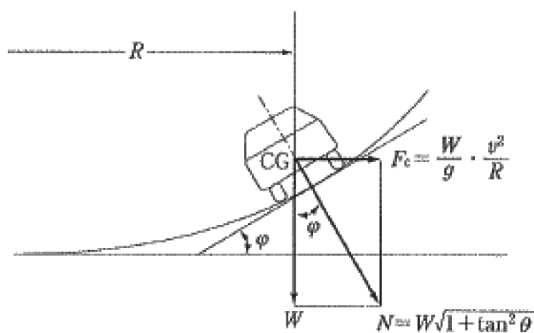
クロソイド曲線は、一定速度で走行する自動車のステアリングを一定の速度で操作する時に、自動車の走行軌跡に一致した曲線である。

一方、マコンネル曲線は、片勾配の変化する区間においては、自動車の進行方向を軸とした回転運動（ローリング運動）に着目したもので、設計速度においては、ステアリング操作なしで走行することが可能な理論に基づいたものである。

(2) 横断形状

高速周回路の曲線部（バンク部）の傾斜角度は、自動車が一定の速度で走行するときの遠心力とのつりあいのとれた勾配が必要となり、設計速度と円曲線半径より求めることができ、以下の式で表示できる。

$$\tan \phi = \frac{V^2}{G \cdot R} \quad (\text{図一1 参照})$$



図一1 バンク走行中に働く力

設計速度とは、理論上の平衡速度で、路面とタイヤの摩擦力には左右されない。実際には、路面には、摩擦力が存在するため、設計速度以上で走行できるのはいうまでもない。

なお、自動車用高速周回路の断面については、一般には、3次曲線であり、緩和曲線区間においては、傾斜角（バンク角）が変化しながら、かつ、横断形状も複雑に変化している。

これに対して、自転車競技場における横断形状は、類似した形状であるが、周回路の内側部分が、曲線形状となっており、自転車の走行する走路部は、直線形状のままバンク角が変化してゆく線形である。

3. 施工事例

交通安全環境研究所自動車試験場の走行試験路は、大、小の旋回傾斜路を持つレイアウトで、周回路は直線型とテレフォン型の複合形状のコースであり、長さ；



図一2 試験場全景

1400 m、幅 150 ~ 225 m、試験場の総（敷地）面積は、24万6千m²である。図一2に、試験場全景を示す。

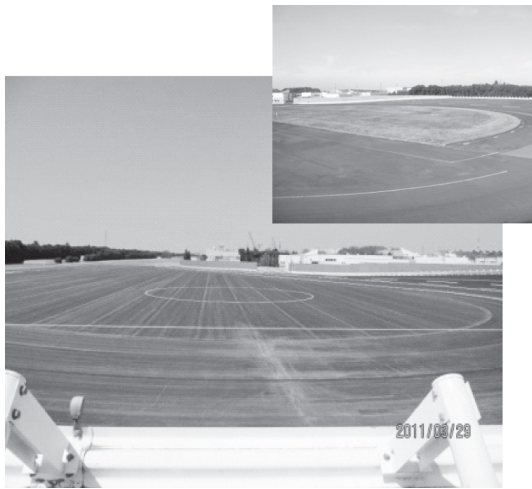
今回、改修を実施した旋回傾斜路（大Rバンク部）は、建設から20年以上経過していたため、バンク部のアスファルト舗装の老朽化が進行、高速レーンの上端部の舗装のずれ落ち等がみられ、早急に改修を実施する必要があった（写真一1参照）。



写真一1 バンク上端部損傷

なお、旋回傾斜路（大Rバンク部）の改修と同時に、傾斜路内側については、緑地帯を撤去し舗装化、勾配修正を伴う舗装リフレッシュをすることで大規模な旋回試験場（スキッドパッド）が確保され、多様な試験に対応できるようになった（写真一2参照）。

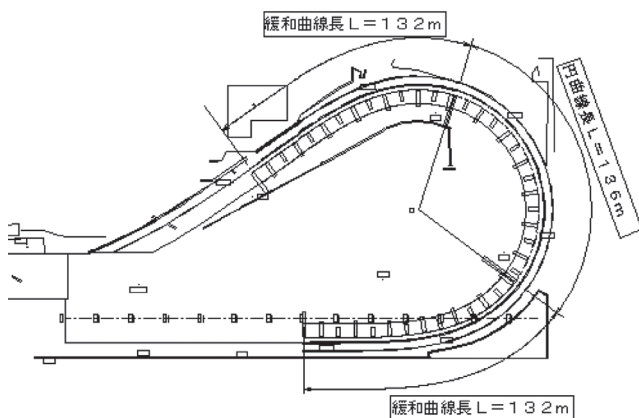
当該工事の旋回傾斜路（大Rバンク部）の概要について表一1、また平面図、標準横断を図一3、4に示す。周回路改修は、最大バンク角40°の既設舗装を撤去し、アスファルト混合物を3層（t = 185 mm）舗設する打換え工事であった。



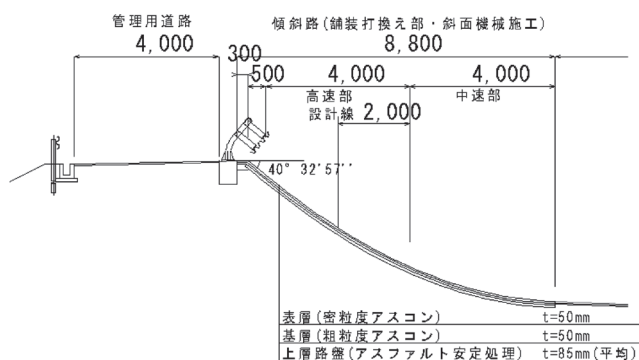
写真—2 旋回試験場（施工前後）

表—1 工事概要

工 事 名	交通安全環境研究所自動車試験場走行路改修工事	
工 期	2010. 11. 01～2011. 03.30	
発 注 者	国土交通省 関東地方整備局管轄部	
起 工 者	独立行政法人 交通安全環境研究所	
工 種	既設舗装撤去 打換舗装工	
幅員・延長	W=8.5～9.5m L=400m（緩和曲線長132m）	
設 計 速 度	75 km/h（曲線半径：70 m）	
最大バンク角	40°	
傾斜路面積	3600 m ²	
舗 装 構 成	種 別	
	3層 t=185 mm	
	上層路盤工（t=85 mm平均厚）	As安定処理混合物30 V
	基層工（t=50 mm）	粗粒As混合物20 V
表層工（t=50 mm）	密粒As混合物13 V	



図—3 基本平面図



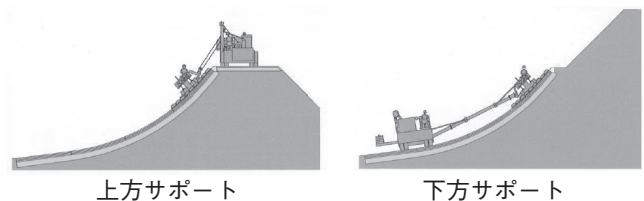
図—4 標準横断面

なお当該工事は、施主である交通安全環境研究所が国土交通省関東地方整備局管轄部に発注・施工管理を委託したものである。

(1) 斜面舗装の施工方法

斜面部の舗装は、アスファルト混合物をアスファルトフィニッシャーで敷き均し、スチールローラで転圧、仕上げにタイヤローラで転圧するという流れは、一般の通常部舗装と同じである。大きく異なるのは、斜面上で舗装機械が施工可能な状態に自立し、材料が円滑に供給され、かつ連続的に舗設作業が実施できるような高度な施工システムを構築しなければならないことである。

斜面舗装の施工方法については、施工機械を下方から支える「下方サポート方式」、施工機械を上方から吊り下げる「上方サポート方式」の2種類がある。工法の選定は、現地の施工条件に左右され、上方サポートの場合、バンク天端部の作業帯を確保できる一般的なもので、下方サポートは、天端作業帯の確保が困難な場合である（図—5参照）。



図—5 バンク施工システム

今回は、下方サポート方式を実施することで、天端部管理道路の舗装を傷めることなく、コストダウンにも貢献できた。

高速周回路を自動車が直線～緩和曲線～円曲線部～緩和曲線～直線と走行する際に、バンクの傾斜角度の変化に応じて、上から押しつけられる路面に垂直な方向へ力が働き、垂直加速度も大きく変化する。したがって、走行路面の平坦性が特に要求される。よって舗装の施工は、敷き均しから転圧に至るまで、一定のスピードで連続的に舗設することが重要となる。

当該工事の周回路は、中速度レーンと高速度レーンの2レーンに分かれており、舗装構成は、上層路盤工、基層工、表層工の3層構成のため、各レーンの各層毎に連続舗設しなければならない。よって、舗設準備工（測量・乳剤散布、型枠設置等）を除く、周回路のアスファルト舗装は6日で舗設した。舗設計画においては、舗装厚さと施工速度のバランス、アスファルト混合物の運搬距離・時間を考慮した。

(2) 施工機械及び編成

斜面用舗装の特殊機械は、実際に斜面舗装を実施するアスファルトフィニッシャとローラ類、それを下方からささえるサポート車群と、アスファルト混合物を供給する機械で構成されている。

舗設機械は、斜面を連続走行するために、エンジンマウントを工夫し、オペレータの運転席も斜面を考慮しオフセットしてある。

今回施工に使用した機械編成を図一6へ示すが、各施工機械についての概要は以下のとおりである。

(a) ベルトローダ

ダンプトラックから一旦、アスファルト混合物の供給を受け、斜面上のアスファルトフィニッシャのホッパーへアスファルト混合物を連続的に供給する自走機械である。本体に旋回可能なベルトコンベアを取り付けた装置である。

(b) ベンディングアスファルトフィニッシャ

アスファルトフィニッシャの敷き均し厚さを調整し、表面を均す板状のスクリード装置が分割されており、その個々のスクリードが横断曲線の形状に制御可能な構造を持った自動車斜面用アスファルトフィニッシャである。

(c) 曲面スチールローラ

斜面施工専用の曲斜面が転圧可能なタンデムローラで、鉄輪ローラの表面を加工している。

(d) ベンディングタイヤローラ

曲面スチールローラと同様、曲斜面が転圧可能なタイヤローラで、車輪がバンク曲面に合わせて制御する装置を有している。

(e) サポータ

斜面上の施工機械を円滑に安全に安定させるためのアンカー車輛であり、施工機械の重量、施工機械の作業速度に応じて、アスファルトフィニッシャ用は、クローラ式、ローラ用は、ホイール式となっている。

ローラ系のサポータは、ローラ類が施工幅員を上下

左右に転圧作業するため、下方サポート装置や、ブーム、ウインチ機構を備えている。

(3) 施工

(a) アスファルト混合物

周回路は、横断勾配が急斜面となるため、舗設中の敷き均し、転圧作業においてアスファルト混合物のずれが発生しやすい。したがって混合物は全て新材を使用し温度管理はもとより、配合においても実績のあるものを使用している。

(b) 舗設

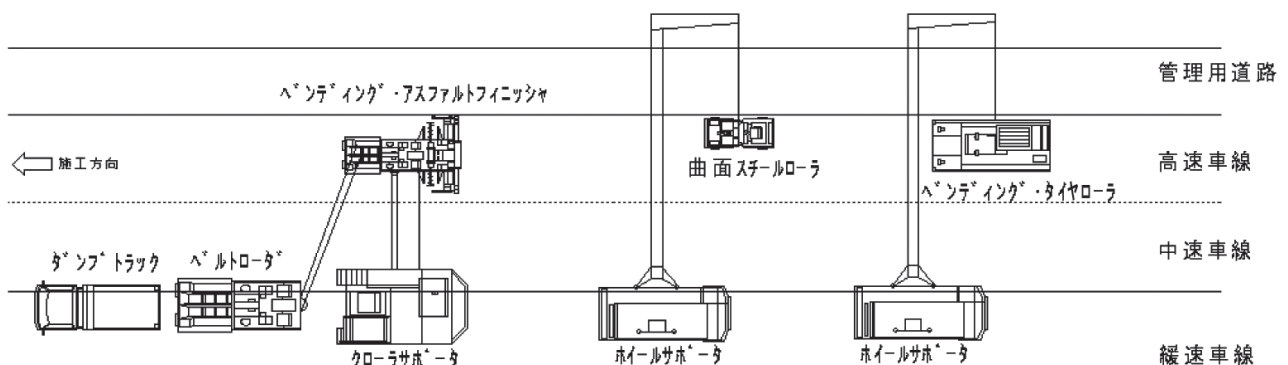
既設舗装撤去後の舗設準備は、特別にバンク施工用に開発したトータルステーションを用いることで、湾曲した曲面の舗装計画高さや位置を適切に管理することが可能となった。したがって型枠やセンサーを高精度にかつ迅速にセットでき、舗装の舗設準備作業の効率のアップ、工程短縮、舗装施工精度の向上に寄与している。

ダンプトラックから、ベルトローダを介して、ベンディングアスファルトフィニッシャへアスファルト混合物が供給され所定の曲面の形状に変化しながら敷き均される。初転圧は、すみやかに曲面スチールローラで実施し、二次転圧はベンディングタイヤローラを使用する。特にローラによる転圧は、サポータ側とローラ側の双方のオペレータのコンビネーションが重要である。施工状況を写真一3, 4へ示す。

4. おわりに

当該工事は天候にも恵まれ、安全に高品質・高精度なコースに改修することができた。舗装工事の終了直後、検査前に東日本大震災に遭遇したが、被害がなかったのは幸いであった(写真一5参照)。

自動車用高速周回路の舗装工事は、一般道の舗装とは異なるきわめて特殊箇所の舗装であり、頻度もあま



図一6 斜面舗装施工機械編成



写真一 3 敷き均し状況



写真一 4 転圧状況



写真一 5 完成した旋回傾斜路（大バンク）を試走

り多くない。しかしながら、設計から施工に至るまで、きわめて高度な技術が必要となる。

近年は、高速周回路を新しく構築するのに加えて、今回のような老朽化した斜面をリフレッシュする改修工事が多くなる傾向にある。今後、周回路は、次世代型自動車のEV（電気自動車）等の高速性能、耐久信頼性や、走行可能距離の向上、自動車運転支援システムの研究開発等へ寄与してゆくであろう。

斜面舗装の施工システムは、品質・精度に熟練したオペレータの存在が大きく影響する。熟練オペレータの高齢化に伴い施工技術の継承が重要であるとともに、一般部の舗装と同様に、施工の合理化、省力化、情報化のさらなる推進を期待するものである。

最後に、当工事に当たりご理解とご指導をいただいた起工者でもある独立行政法人交通安全環境研究所の自動車審査部及び自動車試験場をはじめ、関係者各位へ感謝の意を表します。

JICMA

《参考文献》

- 1) (独)交通安全環境研究所：要覧
- 2) (社)自動車技術会：自動車技術ハンドブック ⑦試験・評価（車輛）編
- 3) (社)日本道路協会：道路構造令の解説と運用

【筆者紹介】



太田 秀平（おおた しゅうへい）
元 国土交通省関東地方整備局
管轄部 整備課
管轄技術専門官
現 同局首都国道事務所
金町国道出張所
所長



永瀬 一考（ながせ かずたか）
日本道路㈱
技術営業部
部長