雨天でも実施可能な浸透探傷法の開発

中村　慎也*1　　髙橋　秀寿*2

Development of method that enables the liquid penetrant inspection even if it rains

Shinya NAKAMURA*1, Hidetoshi TAKAHASHI*2

*1 Researcher, Technical Center, Research and Development Center of JR EAST Group

*2 Researcher, Technical Center, Research and Development Center of JR EAST Group (Manager, Head Office of Kotsu Transport Construction)

Abstract

The liquid penetrant inspection is used for various rail inspections. However, with the current method, there is a problem that flaws can not be detected when the inspection surface is wet. Therefore, in this study, we investigate the inspection method by a new flaw detection method that can detect flaws even when the inspection surface is wet, and examine whether practical use is possible

●***Key words***: Liquid penetrate method, Rail flaw detectioin technology, Black light

1. 緒言

浸透探傷検査（染色浸透探傷）は在来線及び新幹線のレール類やその他部材の非破壊検査として、検査対象物の表面に存在する「きず」を簡易な手順で検出することが可能であり、分岐器および伸縮継目の細密検査、レール溶接部の仕上り検査などで実施されている。しかしながら、現在実施している当検査（染色浸透探傷）は検査面が湿潤状態の場合、適切にきずを検出できないことから、雨天時は簡易テントなどの設置、あるいは作業日程の変更が必要となる。

そこで、本報告では雨天時でもきずを検出することが可能な新たな浸透探傷法の開発を行ったため、その内容について紹介する。

2. 現行の浸透探傷検査[1)]（染色浸透探傷）

2・1 検査手順

現行の浸透探傷検査（染色浸透探傷）の手順は、以下の通りである。

①洗浄液で検査面を洗浄にする。（前処理）

②検査面に浸透液を塗付し、きず内部に浸透液を十分に染み込ませる。（浸透処理）

③浸透液が十分に浸透した後（10分以上浸透時間を確保）、洗浄液を使用し、検査面の余剰な浸透液をウエス等で拭き取り除去する。（洗浄・除去処理）

④白色の微粉末現像剤を塗付し、きず内部の浸透液を吸い上げ現出させ、検査面に形成された白色塗膜と染色きずとのコントラスト差からきず指示模様を視覚化させる。（現像処理）

⑤きず指示模様を観察する。

2・2 雨天時での課題

浸透探傷検査（染色浸透探傷）において、雨天時にきずを視覚化できない理由として以下が挙げられる。

a. 浸透液の浸透性

浸透処理はきず内部に浸透液を浸透させることが必須となるが、きず内部に雨等の水分が介在すると、浸透液が水と混ざらないため、浸透液が染み込まず、視覚化に必要な浸透液量が浸透しない（図1（a））。

*1JR東日本研究開発センター　テクニカルセンター　研究員
*2JR東日本研究開発センター　テクニカルセンター　研究員（現　㈱交通建設　本店　担当課長）

b. 白色塗膜の形成

現像処理は、白色塗膜を形成することが必須となるが、雨等の水分が介在することにより、現像剤塗膜が破壊される。そのため、染色きずと白色塗膜のコントラストが形成不可となり、きずの視覚化が不可能となる。(図1 (b))。

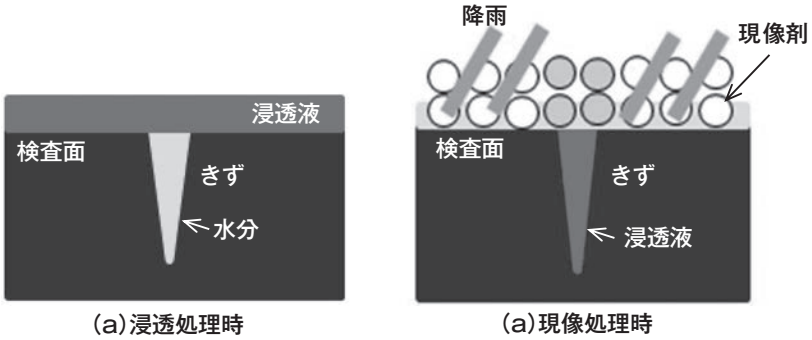


図1　雨天時における浸透探傷検査（現行）の課題

3. 新たな浸透探傷法（蛍光浸透探傷）

前節で記述した現行の浸透探傷検査（染色浸透探傷）の課題を改善するため、本開発では検査面もしくはきず内部に水が介在する状況や雨天時などの断続的に水分が供給される状況でも、きず指示模様の視覚化が可能な検査手法の検討と新しい浸透探傷剤の開発を行った。

3・1 開発概要

新たな浸透探傷法の検討では蛍光浸透探傷法を採用した。蛍光浸透探傷では、染色浸透探傷と同様に浸透液（蛍光浸透探傷では赤色染料の変わりに蛍光染料を含有した液体）、洗浄液（油分と水分に溶解可能な無色透明液体）を使用し、現像処理の代わりにブラックライトを使用する。浸透液がブラックライト照射下で蛍光を発することで、現像剤を使用せずにきずの指示模様の視覚化が可能な手法である。なお雨天時にきずの視覚化を可能とさせるため、各探傷剤（洗浄液、浸透液（蛍光））に必要な性能は以下の通りとした。

- 洗浄液は、きず内部に介在する水分や浸透液と相溶性を持ち、洗浄除去処理が可能な事
- 浸透液（蛍光）は、きず内部に水分が介在している状況でも浸透する事
- 検査時、雨にさらされても経時で検出感度が劣化しない事
- 低温使用時を想定し、検査対象物表面にある微量の雪や氷を除去可能な事
- 高温使用時を想定し、温度変化に関わらず検出感度が劣化しない事

3・2 探傷剤の開発

前項で記述した性能を満足させるため、各探傷剤について開発を行った。

①洗浄液

雨天時や結露等、水分が介在した状態でも水分と浸透液を除去させる必要があるため、揮発性が高く、水分や浸透液と相溶性が高いエタノール（アルコール）を基本配合とした。

※通常使用されている染色浸透探傷用の洗浄液にはエタノールは含まれていない。

②浸透液（蛍光）

洗浄液と同様、雨天時でも使用可能とするためにエタノールを配合した。またエタノールのみではアルコールの揮発速度が速く、すぐに浸透液が乾くため、きず内部への浸透性が悪くなることから、エタノールより揮発しづらいアルコール溶剤も混合した。さらに、浸透液がきず表面から外部に流れず、きず内部に留まるようにするため、添加剤として、粘度調整用の界面活性剤を添加した。アルコールが揮発した状態では、浸透液が結晶状態（濃縮液）に近い状態となり、雨にさらされても経時で検出感度が劣化せずに使用可能となる。

3・3 性能確認試験

開発した各探傷剤の性能を確認するため、各性能確認試験を実施した。

①雨天環境（湿潤状況）下での性能確認

雨天の模擬環境は、図2に示すような加圧装置(圧力を一定に調節しながら散水する事が可能な装置)を利用し、試験を実施した。また、降水量は5mm/hの条件で試験を実施した。試験手順は、20℃の水温中に1晩（12時間）浸漬させた試験片（JIS 60kg普通レールL=300mm）を使用して、洗浄・浸透処理を実施し、30分間雨を降水させた後、ウエスにて除去処理を行い、ブラックライト照射下で、きずの観察を行った。試験に使用したブラックライトについて図3、表1に示す。

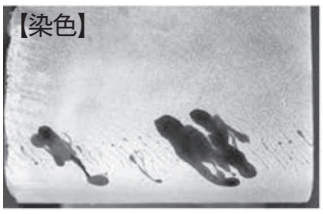
試験の結果、模擬した降水条件5mm/hの強さで30分雨にさらしても、晴天の染色浸透探傷試験とほぼ同等の指示模様を検出することを確認した（図4）。

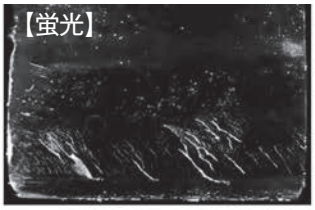
図2　試験状況

図3　ブラックライト

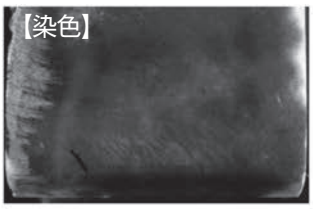
表1　ブラックライト性能表

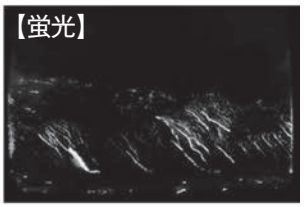
	ZB-365W
電源	18650 Li-ioバッテリー(保護回路付)3.7V(定格) 1本
強度	ヘッド部を回転する事に因り、照射範囲及び紫外線強度の調節可能
寸法	φ34mm(ヘッド)×φ25mm(グリップ)×(L)147mm
重量	約120g(バッテリー除く)
動作時間	約5時間
充電時間	約3.5～4時間





晴天時





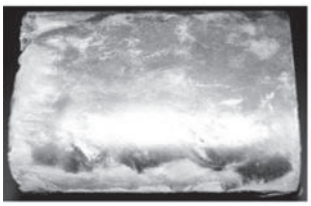
雨天時（模擬降水量：5mm/h）

図4　雨天環境（常温25℃）での試験結果（晴天時比較）

②温度環境（低温時・高温時）下での性能確認

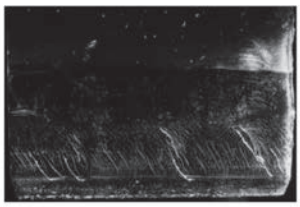
冬季の低温時を想定し、試験片（JIS 60kg普通レールL=300mm）を−15℃まで冷却した状態で試験を実施した。また、冷却後に試験片表面に水を散布し、表面に氷（雪）がある状態を模擬している。高温時の性能確認では、試験片の温度を60℃まで上げた状態で試験を実施した。

試験結果を図5に示す。本手法での常温時の結果と比較し、低温時・高温時ともにほぼ同等の指示模様を検出することを確認した。また、溶接後の探傷を想定した試験として、さらに試験片温度を上げて確認した結果、今回開発した探傷剤では検査対象物が120℃までであればきずの検出は可能であった。

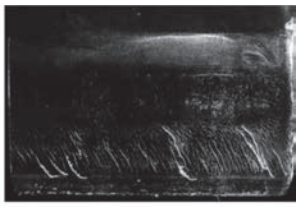


試験片（−15℃）

低温時（−15℃）



常温時（25℃）



高温時（60℃）

図5　温度環境による試験結果

3・4 本手法と従来手法の比較

今回開発した本手法における検査手順と従来手法との比較を図6、表2に示す。本手法では従来の染色浸透探傷と比べ、温度範囲や視認範囲が限定的にはなるが、雨天時（湿潤状態）でもきずの検出が可能となった。また、浸透処理については、浸透液の開発により浸透性を向上させたことで、従来よりも浸透時間が大幅に短縮可能であり、現像処理についてもブラックライトの照射により現像剤の塗布が省略可能となるため、工程の短縮が図られた。

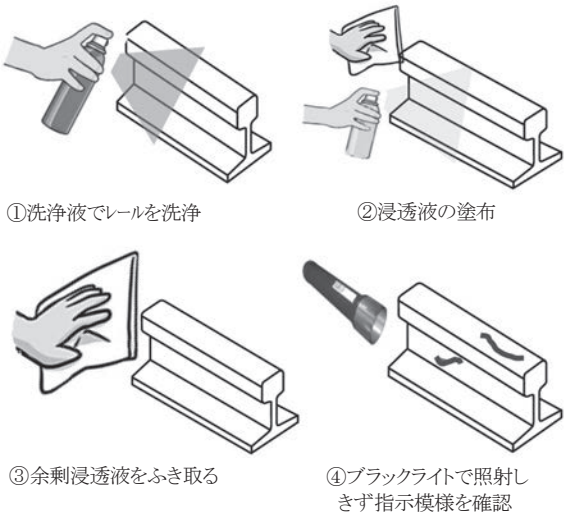


図6　蛍光浸透探傷法による検査手順

表2　染色浸透探傷（従来）との比較

		染色浸透探傷法（従来）	蛍光浸透探傷法（開発品）
探傷剤		a.洗浄液 b.浸透液 c.現像剤	a.洗浄液（開発品）：水溶性を高め水分除去 b.浸透液（開発品）：水に溶けず水中で分散 ※現像剤は省略可能
使用道具		ウエスのみ	ウエス、ブラックライト
作業工程	前処理	①洗浄液でレールを洗浄	①洗浄液でレールを洗浄
	浸透処理	②浸透液を塗布 ※10分放置し浸透させる	②浸透液を塗布 ※2分放置し浸透させる
	除去処理	③余剰浸透液をふき取る	③余剰浸透液をふき取る
	現像処理	④現像液を探傷面に吹き付ける	※工程省略可能（ブラックライト使用）
	観察	⑤きずの指示模様を確認する	④ブラックライトを照射し、きずの指示模様を確認する
性 能		適用範囲：雨天時（湿潤状態）で使用不可 温度範囲：－15℃～200℃ 視認範囲：現像処理の範囲	適用範囲：雨天時（湿潤状態）でも使用可能 温度範囲：－15℃～120℃ 視認範囲：ブラックライトの照射範囲

4. 結言

雨天でも実施可能な浸透探傷法の開発において、各探傷剤の開発・性能確認を行い、実用上問題なく適用できることを確認した。以下、開発成果を記載する。

①検査面が湿潤状態でも、きずの検出が可能（降水量5mm/h程度までは30分雨にさらしても探傷可能）

②冬季作業を想定した低温時でも、きずの検出が可能（検査可能温度域：−15℃～120℃）

③作業工程・時間の短縮が可能（浸透時間も少なく、ブラックライトの照射により現像処理を省略可能）

今後は導入に向け、仕様書や検査マニュアル等の整備を進めていくとともに、メンテナンス業務のさらなる効率化に向け、今後も新たな技術の検証に取り組んでいく。

謝辞

本開発にあたって、共同開発先である栄進化学㈱はもちろんのこと、ご指導、ご協力いただいた関係者の皆様に深く感謝いたします。

参考文献

1）㈳日本非破壊検査協会 編、新 非破壊検査便覧、（1992.10）