

鉄道スラブ軌道のライフサイクルコスト評価に関する研究

Evaluation on Life Cycle Cost of the Slab Track

北海道大学大学院工学研究科 ○正 員 原口征人 (Haraguchi Masato)
 東日本旅客鉄道株式会社 佐藤靖紀 (Sato Yasunori)
 北海道大学大学院工学研究科 正 員 赤川 敏 (Akagawa Satoshi)

1. はじめに

スラブ軌道とは、スラブ板と路盤コンクリートとの間にセメントアスファルトモルタル (CA モルタル) を緩衝材としててん充し、全面で支持する形式の軌道である。1971 年(昭 46)より山陽新幹線や武蔵野線を皮切りに本格的に敷設が開始され、その後東北・上越新幹線を始め、数多く的高架・橋梁・トンネル等で施工されてきた。バラスト軌道に比べ保守コストが少なく、省力化軌道 (メンテナンスの省力化) の一種である。

このスラブ軌道は北海道では千歳線高架などに用いられているが、凍害と推測される CA モルタルの劣化が外気への暴露面から進行している。現在、整備新幹線の建設が東北新幹線・北陸新幹線の積雪寒冷地に入り路線を延伸しつつある。将来的には北海道新幹線の建設に入り、この CA モルタルの凍害が深刻化する懸念がある。

本研究では、CA モルタル修繕の調査およびライフサイクルコスト (LCC) の考え方から、寒冷地用省力化軌道の評価を試みる。

2. スラブ軌道の現状

当初はメンテナンスフリーを目指して導入されたスラブ軌道であるが、敷設後数十年を経過するにつれ各部に劣化が見られるようになり、現在各地で修繕が進められている。主な劣化では、①CAモルタルの欠損、亀裂 ②スラブ板、突起のひび割れ・欠損 ③スラブマットのとび出し、などである。

このうち、CA モルタルの劣化は以下のように進むと推測される。まずスラブ板の下面と CA モルタル層の剥離が起り、次にモルタル縁部分の欠損、スラブ側面から 2~10 cm の深さの部分で凍害による分断が発生しやがて側面から転げ落ちる。また苔や草などの植物が生えている事が多く、常時水分を含んだ状態であることがわかり、この含水状態が寒冷地において凍結破壊を助長して



図1 CA モルタル劣化状況

いることも考えられ、現在実験と検討を行っている。含水比の上昇ではカルシウム分の溶脱が原因である可能性もある。

3. スラブ軌道 CA モルタルの修繕作業

東北新幹線では各保線区ごとで「新幹線軌道工事示方書(営業線) 及び同解説(1994 年改正)」に従った修繕が実施されている。作業は大略以下のように行う。

- ①劣化部分を 10 cm の部分まではつり出す
- ②スラブ板の縁に合わせ型枠を設置
- ③隙間部分から流動性の高く、急速硬化する CA モルタルを注入
- ④硬化後、型枠をはずし表面を整形

この作業は営業運転の終了から始発までの夜間、限られた時間 (4~5 時間) で行われる。また機械化や自動化が困難な作業のためほとんどを人力に依り、毎晩スラブ板 5, 6 枚程度 (約 30m) の修繕に留まっている。人件費や材料費を含めた単価は一晩で約百数十万円になる。



図2 CA モルタルの修繕作業

4. 枠型スラブの開発³⁾

日本鉄道建設公団では、山陽・上越・東北新幹線に敷設されたスラブ軌道の問題点を摘出し、構造及び施工方法の改良を行った。その結果平板形状を枠型形状にすることによって諸問題の解決が期待できるとしてこれを採用し、ほくほく線や北陸新幹線 (高崎~長野間) の建設から敷設をはじめている。

改良された点としては 4 点をあげている。

- ①コンクリート、鋼材量の減少による建設費の低廉化
- ②温度伝達距離の減少によるスラブ板ソリ現象の低下
- ③騒音の減少 (表面が凸凹、枠内に消音設備が可能)
- ④スラブ板の分割交換が可能

このようなメリットがあるが、CA モルタルについては注入量が少なくて済む反面、外部に露出する部分が倍増するために劣化の危険性が大きくなる。これに対処するため、寒冷地用の配合（CA モルタル内部に微細な気泡を混入させ凍結による質量膨張を緩和させる配合）やポリマーを混入させて強度を増加した配合を行っている。

また施工時の省力化のため、不織布あるいは PT クロス繊維等で作られた袋（ロングチューブ）をつくり、そこへ注入する方法をとっている。

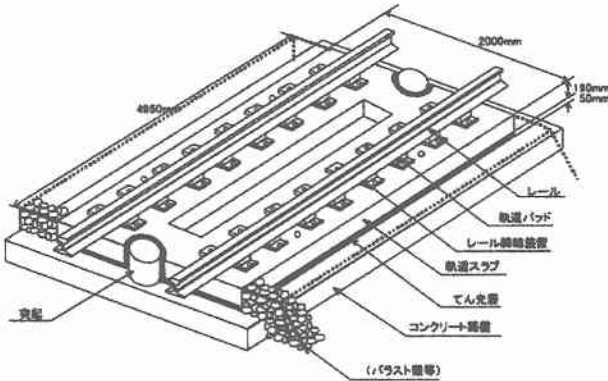


図3 枠型スラブの形状⁵⁾

5. ライフサイクルコスト（LCC）評価

（1）鉄道軌道 LCC の評価の考え方

新規の規格による構造物を施行する場合、前規格の構造と比べて建設コストだけでなく維持管理コストまでを含めたライフサイクルコスト（LCC）で評価することが求められる。LCC 評価法は現時点で定義及び手法について明確にされたものはないが、LCC に関与する要素として次のようなものが挙げられている²⁾。

- 企画コスト+調査設計コスト
- 建設コスト
- 維持管理コスト+運営管理コスト
- 廃棄コスト+更新コスト
- 利用者コスト

鉄道の LCC を考える場合、様々なコストを計算しなければならない。しかし、軌道の形態が建設後の保線活動コストを決定することを考えると、軌道のコストのみを抜き出して算出することが明確な情報を提供しえるといえる。そこで、軌道に関わるコストを下記のように捉え、積み上げて評価することとする。

$$LCC = (\text{建設コスト}) + (\text{管理コスト}) + (\text{修繕コスト})$$

（建設コスト）：最初の建設費

（管理コスト）：運営時の保線巡回に関わる費用。基本的には保守作業のみを意味し、毎年一定量のコストがかかる。

（修繕コスト）：軌道の劣化などによる維持の工務作業。CA モルタルの劣化を考慮し、劣化の進行に伴い指数関数的に増加するものとする。

（2）評価する軌道の分類

今回、対象とする省力化軌道を「標準スラブ」「枠型スラブ」とし、比較のために「バラスト軌道」について

も考察する。また、省力化の理想的な状態を仮定した軌道を「究極省力化軌道」として並記した。

- ①バラスト軌道：管理コストがスラブ形式より大きい。
- ②標準スラブ：管理コストが少ないのに対して、CA モルタルの劣化による修繕費が時間の経過とともに増加していくかたちで加わっていく。
- ③枠型スラブ：標準スラブと比較して暴露面が2倍になることから、CA モルタルの修繕費も2倍になるものと仮定する。
- ④究極省力化軌道：CA モルタルを他の劣化しない構造に置き換え、修繕費がかからない構造と仮定。

（3）LCC による評価

既存研究⁴⁾から標準スラブの建設費がバラストの1.3倍、保守費用の年間経費を積み重ねていくと概ね12年で追加投資分を回収できるとしている。これに従い12年で他の軌道形式も回収するものとして表記したのが、図4である。

このような評価法を用いれば、枠型スラブが初期の建設費こそ少ないが、やがてメンテナンスコストが増大し、長期で見た場合に不経済となることや、省力化が完全になされる軌道は初期投資としてバラストの約2倍のコストをかけても長期的に妥当性を得られることが示される。

今後は具体的な数値（建設費、維持費等）を明らかにしてモデルを構築する予定であり、積雪寒冷地でよりベストな軌道形式を特定していく所存である。

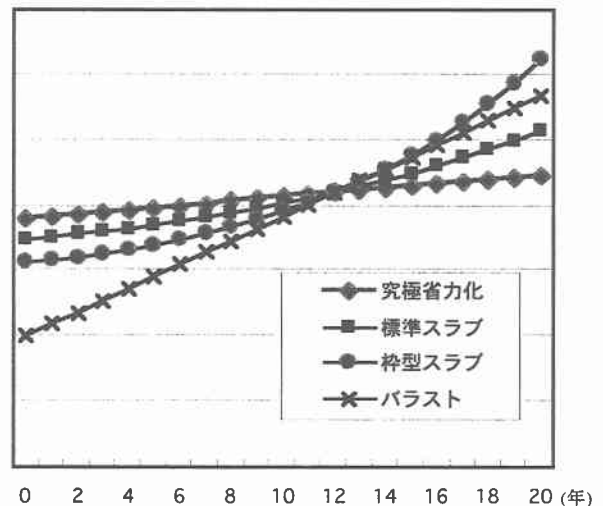


図4 省力化軌道 LCC 評価概念図

参考文献

- 1)大村 他：ライフサイクルコスト評価法におけるリスク概念の導入、土木学会第55回年次学術講演会講演概要集(CD-ROM)、IV-190、2000
- 2)統石 他：道路橋の社会的価値とマネジメントに関する考察、土木学会第55回年次学術講演会講演概要集(CD-ROM)、IV-191、2000
- 3)波賀修：スラブ軌道の今そしてこれから、日本鉄道施設協会誌第38巻第12号、pp.17~20、2000.12
- 4)安藤 他：土路盤上スラブ軌道用路盤の実用性能に関する検討、土木学会論文集No.536/IV-31、pp.87~98、1996.4
- 5)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説-省力化軌道用土構造物-、丸善、pp.21~26、1999.12
- 6)近藤次郎：応用確率論、日科技連、pp.379~386、1970.9