

平板スラブ軌道におけるてん充層の構造見直しについて

東日本旅客鉄道(株) 正会員 ○三村 大輔

1. 目的

品川保線技術センターは、東海道貨物支線東京貨物ターミナル～川崎貨物の羽田トンネル（6.0km）のうち5.4kmを管理しており4.4kmにスラブ軌道が敷設されている。当該トンネルは東京港に接続する京浜運河、森ヶ崎運河、多摩川の直下に設置されており、塩分を含む漏水によりレール及びスラブ板が腐食し交換を実施している。今回はスラブ板交換についてコストダウンと施工性の向上を図ることを目的にスラブ軌道てん充層の構造について見直しをおこなったので報告する。

2. 現状把握

東海道貨物支線羽田トンネルは1973年（昭和48年）に建設され、50年が経過している。スラブ区間のトンネル構造は全てシールド工法であり上下線別の単線形である。軌道構造はレール:50N、スラブ:A-155M、締結装置:直結8形であり、年間通トン1,700万トン、線路等級は2級線である。スラブ板は1,764枚敷設されており、漏水箇所を中心に227枚（全体の12.9%）について鉄筋露出等の不良が確認されている。不良箇所の一部ではタイプレートがスラブに食い込み等により軌道変位が発生しており、年10枚前後のスラブ板の交換を行っている。

3. 方策の検討

A-155Mは平板スラブであり、てん充層はスラブ下面全面に敷設とする設計となっている。スラブ板交換についてコストダウン及び施工性の向上を図るためてん充層が部分敷設となる枠型スラブの採用を検討した。しかし、在来線用の枠型スラブは、当社において使用実績がなく、新たに設計する必要がありコストを要する。また、漏水が枠内に耐水することが想定され、てん充層の劣化への影響が懸念されることに加え、部分的に異なるスラブ板が敷設することになるため巡視時の安全性を考慮し採用を見送ることとした。そこでスラブは平板スラブ、てん充層は枠型スラブと同様の部分敷設とする構造（図1参照）について安全及び使用性について検討を行うこととした。本構造とすることによりてん充材の量の削減によるコストダウン、てん充時間の削減による施工性の向上が期待された。

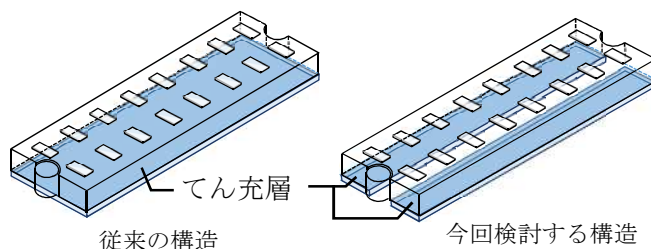


図1 てん充層構造の見直し

4. 安全性及び使用性の照査

使用する平板スラブ「RCA-155M(CR)耐食用(50N)」(図2参照)において3次元有限要素解析(FEM)により軌道スラブの応答値（単位幅当たりの曲げモーメント）を算出する。算出は図3に示す部分支持とし、てん充材はCAモルタル、合成樹脂の2種類で行った。検討に用いた軌道部材の物性値は表1に示す。安全性及び使用性の検討は鉄道構造物等設計標準¹⁾に則り供用時の検討のみを行った。荷重条件は、同区間を走行する電気機関車EF210を想定し、軸重170kN、輪重85kN、軸距2.5mとし荷重載荷位置は、鉄道構造物等設計標準¹⁾に則り第1締結及び第5締結上とした(図4参照)。解析モデルは、レールを梁要素、軌道パッドおよびCAモルタル・合成樹脂をばね要素、軌道スラブを板要素とし、軌道スラブ3枚分の延長をモデル化した。設計曲げモーメントを算出する軌道スラブは、3枚の軌道スラブの中央の軌道スラブとする。

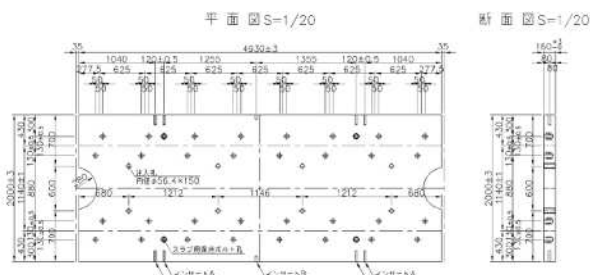


図2 平板スラブ (RC A-155M(CR) 耐食用 (50N))

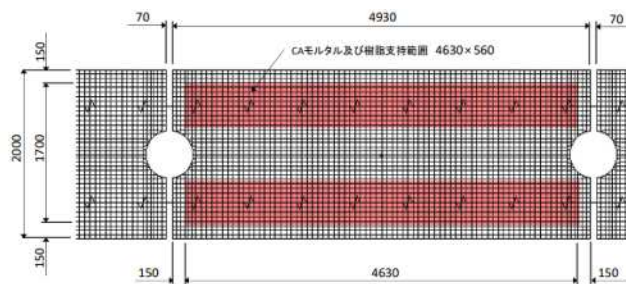


図3 てん充層部分支持のモデル

キーワード スラブ軌道, 腐食, CAモルタル, 樹脂, コストダウン

連絡先 〒108-0075 東京都港区港南2-1-34 品川保線技術センター TEL 03-3443-2689

表 1 検討に用いた軌道部材の物性値

軌道部材		弾性係数 (N/mm ²)	ポアソン比	ばね定数 (N/mm ²)
レール		2.1×10 ⁵	0.3	
軌道パッド		—	—	6.0×10 ⁴
軌道スラブ		3.1×10 ⁴	0.2	
てん充層	CA モルタル	400	—	弾性係数、厚さ、要素面積により決定
	合成樹脂	50		

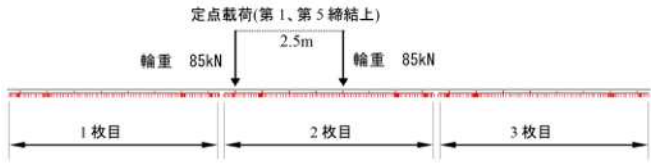


図 4 荷重載荷位置

算出した曲げモーメントを使用して軌道スラブ「RCA-155M(CR)耐食用(50N)」の実配筋で供用時のみ確認を行った。確認は鉄道構造物等設計標準¹⁾に基づく軌道スラブの性能照査に基づき安全性(破壊、疲労破壊)使用性(損傷)について確認を行った。軌道構造係数 γ_i 、軌道部材係数 γ_b は表 2 に示す。

表 2 軌道構造係数及び軌道部材係数

	安全性 (破壊)	安全性 (疲労破壊)	使用性 (損傷)
γ_i	1.2	1.1	1.2
γ_b	1.1	1.0	1.0

5. 解析結果及び性能照査結果

各解析ケースの解析結果の詳細としてレール長手方向及びレール直角方向のシェル要素の曲げモーメントコンター図と単位幅あたりの曲げモーメントの分布の一例を図 5 に示す。

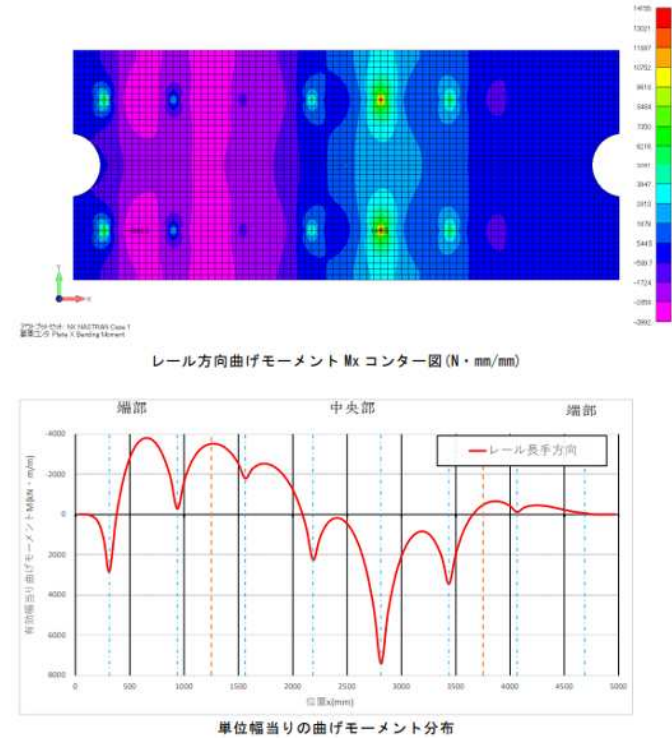


図 5 シェル要素の曲げモーメントコンター図(レール方向・樹脂)

性能照査結果を表 3 に示す。安全性(破壊、疲労破壊)使用

性(損傷)はCA モルタル、合成樹脂ともに全ての項目で判定値 1.0 を下回り安全性及び使用性について問題がないことを確認した。

表 3 性能照査結果

		レール方向				レール直角方向			
		スラブ中央部		スラブ端部		スラブ中央部		スラブ端部	
		上側	下側	上側	下側	上側	下側	上側	下側
諸元	断面形状	h	mm	160	160	160	160	160	160
	有効幅	b _e	mm	2000	2000	722	722	2000	2000
	鉄筋	径・本数	上側	D10-13	D13-13	D10-6	D13-6	D10-23	D13-23
			下側	D13-13	D10-13	D13-6	D10-6	D13-23	D10-15
	CA モルタル	設計曲げモーメント	Md	kN・m	6.20	38.16	6.21	8.40	9.65
		設計曲げ耐力	Mud	kN・m	49.72	65.38	21.98	28.94	84.63
		$\gamma_i \cdot Md/Mud$			0.15	0.70	0.34	0.35	0.14
		$\gamma_i \cdot Md/Mud < 1.0 \Rightarrow OK$			0.61	0.98	0.54	0.31	0.12
	樹脂	設計曲げモーメント	Md	kN・m	25.34	53.5	9.8	7.38	7.68
		設計曲げ耐力	Mud	kN・m	49.72	65.38	21.98	28.94	73.75
		$\gamma_i \cdot Md/Mud$			0.51	0.81	0.45	0.26	0.10
		$\gamma_i \cdot Md/Mud < 1.0 \Rightarrow OK$			0.59	0.80	0.50	0.24	0.11
安全性 (破壊)	CA モルタル	設計変動応力	assd	kN・m	20.21	51.43	22.02	46.63	20.31
		設計疲労強度	frd	kN・m	149.3	146.24	149.3	146.24	149.3
		$\gamma_i \cdot assd/frd$			0.15	0.39	0.16	0.35	0.15
		$\gamma_i \cdot assd/frd < 1.0 \Rightarrow OK$			0.15	0.39	0.16	0.35	0.15
	樹脂	設計変動応力	assd	kN・m	80.29	105.96	68.51	32.05	16.78
		設計疲労強度	frd	kN・m	149.3	146.24	149.3	146.24	149.3
		$\gamma_i \cdot assd/frd$			0.54	0.72	0.46	0.22	0.11
		$\gamma_i \cdot assd/frd < 1.0 \Rightarrow OK$			0.59	0.80	0.50	0.24	0.11
	使用性 (外観)		省略						
	CA モルタル	設計曲げモーメント	Md	kN・m	5.16	31.8	5.18	7	6.4
		設計曲げ降伏耐力	Myd	kN・m	38.48	61.64	17.37	27.97	69.43
		$\gamma_i \cdot Md/Myd$			0.16	0.62	0.36	0.30	0.11
		$\gamma_i \cdot Md/Myd < 1.0 \Rightarrow OK$			0.16	0.62	0.36	0.30	0.11
使用性 (損傷)	樹脂	設計曲げモーメント	Md	kN・m	21.12	44.58	8.17	6.15	4.75
		設計曲げ降伏耐力	Myd	kN・m	38.48	61.64	17.37	27.97	69.43
		$\gamma_i \cdot Md/Myd$			0.55	0.72	0.47	0.22	0.11
		$\gamma_i \cdot Md/Myd < 1.0 \Rightarrow OK$			0.66	0.87	0.56	0.26	0.08

6. 施工結果

安全性及び使用性が確認されたことから型枠スラブ用ロングチューブを用いた施工を行った。当該線区の間合いは 4 時間程度であり、施工は単線形のトンネル区間のためスラブは当夜保守用車で運搬し、組み立て型の門型吊り上げ器を用いて縦どりを行う形で実施した。てん充材の硬化時間を考慮して合成樹脂を用いることとした。結果、従前の構造と比較し樹脂量は 2/3 となり工事費はスラブ 1 毎あたり約 10%のコストダウンとなった。また樹脂の練り混ぜ、てん充に要する時間は 40 分から 25 分と 15 分短縮され施工性も向上した。



写真 1 枠型スラブ用ロングチューブを用いた施工

7. まとめ

平板スラブと枠型スラブ用てん充層の組み合わせについて鉄道構造物等設計標準¹⁾に基づき FEM 解析にて安全性及び使用性の確認を行い、問題がないことを確認した。

今回検討した新たな構造で施工を行った結果、スラブ 1 毎あたり約 10%のコストダウンと施工時間が 15 分短縮され施工性の向上を図ることができた。

【参考文献】1) 鉄道構造物等設計標準・同解説 軌道構造