

スラブ軌道とバラスト軌道の接続箇所を盛土上とした緩衝構造について

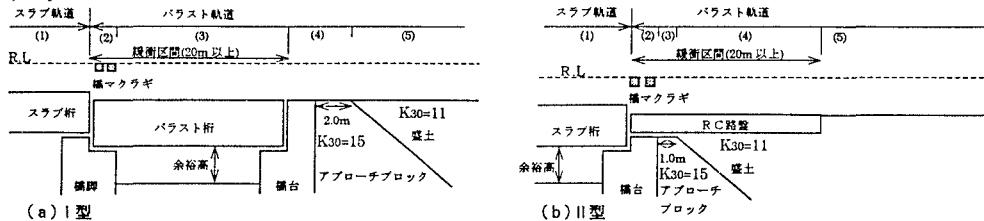
JR東日本 東北工事事務所 ○井上 崇（正会員）

JR東日本 東北工事事務所 佐藤 攻（正会員）

JR東日本 東北工事事務所 辻 浩一（正会員）

1. はじめに

当社の線増工事及び線路改良工事等においては、盛土等の一般区間にはバラスト軌道、高架橋等の特殊区間にはスラブ軌道を敷設するよう規定されている。また、バラスト軌道とスラブ軌道の接続箇所には緩衝区間を設け、その緩衝区間はRC路盤上にバラスト軌道を敷設することを標準としている。この緩衝区間を高架橋等の上に設ける構造（以下、I型という）の場合には、スラブ軌道で計画したレールレベル（以下、RLという）の一部を約20cm扛上する必要があり、アプローチを含めた工事費が増大する場合がある（図1(a)参照）。そこで、橋台裏盛土上のRC路盤上に緩衝区間を設けた構造（以下、II型という）を開発することとした（図1(b)参照）。今回は、その緩衝構造の適用性を静的な構造解析により検討したので報告する。



2. 開発概要

図1 緩衝構造

II型の開発にあたり、目的を総工事費の節減におき、目標を次のとおり（① RLの扛上不要、② 20m以内の緩衝区間、③ レール支持バネ係数比を2.0以内）の構造となるように設定した。前述のレール支持バネ係数比とは、隣接するレール支持バネ係数の相互間の比（表1参照）で、その値の大きなものを用いている。レール支持バネ係数 Kv とは、軌道の弾性を表現するものであり、その値は次式で算定される。 $Kv = 1/(1/Kp + 1/Kc + 1/Km + 1/Ks)$

ここに、Kp：軌道パッドバネ係数、Kc：CAモルタルバネ係数、Km：マクラギ支持バネ係数、Ks：路盤バネ係数

今回の適用性の検討においては、I型とII型の次の構造特性値（角折れ、締結装置反力、たわみ）の比較検討を行うことにより、II型の適用性について検討することとした。そのため、解析にあたり、II型に次のとおり（①スラブ軌道と緩衝区間の接続箇所は、橋マクラギ2本を直結する構造とする、②路盤構造は、スラブ軌道と同等のRC路盤とする、③緩衝区間のバラスト軌道には、PCマクラギを使用する）の付帯条件を付与することとした。

3. 解析方法

図3に示すモデルは、それぞれの緩衝区間の左側にはスラブ軌道のRC桁、右側には一列車を載荷する盛土地盤を配置し、有限間隔弹性支持モデルに置換したものである。この構造解析に用いた構造解析モデルの諸元を表2に示す。解析に用いた列車荷重は当社の標準列車荷重E-17の輪重（図2参照）に衝撃の影響（衝

表1 レール支持バネ係数比

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
(1) Kp (tf/m)	I, II型	5000	5000	5000	5000
(2) Kc (tf/m)	I, II型	91400	—	—	—
(3) Km (tf/m)	I, II型	—	—	20000	20000
(4) Ks (tf/m)	I型	—	—	2980	2190
	II型	—	—	6120	4930
Kv (tf/m)	I型	4740	5000	4000	1170
	II型	4740	5000	2510	2210
バネ係数比	I型	3.34	3.52	2.82	1.20
	II型	—	—	1.77	1.56
(1)/(5)	I型	1.05	1.25	2.35	1.20
	II型	—	1.99	1.13	1.56
(1)/(j)	—	—	—	—	—

注：(1)～(5)は図1の(1)～(5)に対応

表2 解析に用いた諸元

部材等	A (m ²)	I (m ³)	E (tf/m ²)	K	記事
①: 50N レール	0.0065	1.96×10 ⁻⁴	2.10×10 ¹¹	JIS E 1101	
②: 軌道スラブ	0.222	6.69×10 ⁻⁴	3.10×10 ¹¹	f' ck = 400	
③: スラブ桁	1.52	0.385	2.50×10 ¹¹	f' ck = 240	
④: バラスト桁	1.65	0.468	2.50×10 ¹¹	f' ck = 240	
⑤: RC 路盤	0.45	0.00338	2.35×10 ¹¹	f' ck = 210	
⑥: 軌道パッドバネ	0.001	1.0×10 ⁻⁴	1.00×10 ¹¹	Kp = 5000	
⑦: CAモルタルバネ	0.0183	1.0×10 ⁻⁴	1.00×10 ¹¹	Kc = 91400	
⑧: 直列バネ(1)+(2)	0.0019	1.0×10 ⁻⁴	1.00×10 ¹¹	Kv = 4740	
⑨: 直列バネ(1)+(2)+(3)	0.0016	1.0×10 ⁻⁴	1.00×10 ¹¹	Kv = 4000	
K ₁ : 直列バネ	—	—	1170 tf/m	k _{1,1} = 15	
K ₂ : 直列バネ	—	—	1420 tf/m	k _{2,2} = 11	
K ₃ : アプローチバネ	—	—	10200 tf/m/m	k _{3,3} = 15	
K ₄ : 地盤バネ	—	—	1500 tf/m/m	k _{4,4} = 11	
K ₅ : 地盤バネ	—	—	6820 tf/m/m	k _{5,5} = 11	
K ₆ : 地盤バネ	—	—	6250 tf/m/m	k _{6,6} = 11	
K ₇ : 地盤バネ	—	—	5170 tf/m/m	k _{7,7} = 11	
K ₈ : 地盤バネ	—	—	5360 tf/m/m	k _{8,8} = 11	
K ₉ : 地盤バネ	—	—	5000 tf/m/m	k _{9,9} = 11	

*1 及び *2 は、表1の(1)+(2)及び(1)+(3)+(4)を表す。

擡係数 $i = 0.30$ を考慮したものとし、その載荷方法は図3に示すモデル上を左右両方向に静的に連続移動させることとした。

4. 解析結果及び検討

A. けん引荷重によるレールの変位量

図4はそれぞれの構造解析モデルに、けん引荷重を満載した時の鉛直変位量である。図中の数値は、表1で記したレール支持バネ係数であり、II型に関して、この係数比は、前述した目標値2.0以内を満たしていく、軌道の弾性支持については、評価できる。ただ、図4が示す通り、レールの鉛直変位量とレール支持バネ係数の相関性については、桁の剛性が含まれる分、単純に言及できない面がある。

B. 連行荷重による構造物の挙動

連行荷重によるI型、II型双方

の構造特性値を比較し、II型の適

用性について検討する（表3参照）。

[角折れの評価]：解析結果より、I型、II型とともに、着目位置全ての特性値が制限値を充分に満たしているが、II型の方が有利な値を示している。I型とII型のレールの角折れ差は、桁の角折れ差にはほぼ等しく、双方の角折れの優位性は、桁の構造に起因していることが分かる。同様なことが最大鉛直変位量に関しても言える。

[締結装置反力の評価]：一部、制限値を若干こえる箇所が生じたものの、I型に比べII型の方が、締結装置にかかる負担は概ね小さいことが分かる。

[たわみの評価]：たわみに関しては、緩衝区間の中央部付近に着目した。表より、I型、II型ともに制限値を充分に満足していることが分かる。また、II型の優位性が容易に読み取れる。

5. おわりに

今回の検討は、使用時の列車荷重の影響のみによる検討ではあるが、一部に制限値を満足しないものがみられているものの、従来のものよりは構造特性の優位性が認められた。また、所期の目標を達成できる可能性のある構造であることから、この構造の開発意義は大きいと考える。今後の課題としては、次の事項（①制限値を満足するような、軌道構造及び土木構造物の検討、②使用時の永久荷重等の影響をも考慮した検討、③動的な挙動の把握、④20 m以内の緩衝区間の検討）が挙げられる。

最後に、この開発の目的を達成するために、今後上述の課題に取組む予定である。

[参考文献]

日本鉄道建設公団：スラブ軌道用路盤構造 設計・施工の手引（案），1993年8月。

佐藤吉彦、梅原利之：線路工学，1987年2月。

鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物，1992年11月。

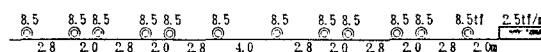


図2 解析に用いた列車荷重

0.313	$24 \times 0.625 = 15.00$	$7 \times 0.625 = 4.375$	0.572	$29 \times 0.657 = 19.053$	$3 \times 0.657 = 1.971$	$17 \times 0.657 = 11.159$
(1)	(1)	(2)	(1)(4)		K.K.K.K.K.	

(3)	(1)	(2)	(1)(4)		K.K.K.K.K.	
△	0.45	19.10	0.45	0.45	19.10	0.45

0.313	$24 \times 0.625 = 15.00$	$7 \times 0.625 = 4.375$	0.572	$29 \times 0.657 = 19.053$	0.657	$19 \times 0.657 = 12.483$
(1)	(1)	(2)	(1)(4)		K.K.K.	

(3)	(1)	(2)	(1)(4)		K.K.K.K.K.	
△	0.45	19.10	0.45	0.25	1.00	18.00

0.313	$24 \times 0.625 = 15.00$	$7 \times 0.625 = 4.375$	0.572	$29 \times 0.657 = 19.053$	0.657	$19 \times 0.657 = 12.483$
(1)	(1)	(2)	(1)(4)		K.K.K.	

(3)	(1)	(2)	(1)(4)		K.K.K.K.K.	
△	0.45	19.10	0.45	0.25	1.00	18.00

(a) I型

(b) II型

図3 解析モデル

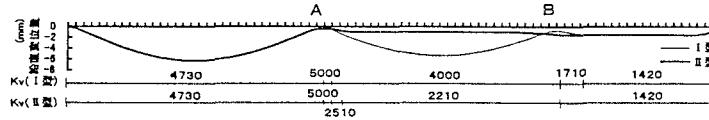


図4 レールの鉛直変位量

表3 構造特性比較

検討項目	着目位置	I型		II型		制限値
		位置	値	位置	値	
角折れ (N/1000)	A 点付近	軌道面	最大 1.42	2.19	0.76	1.57
		桁	最小 0.26	-1.03	0.07	-1.07
		軌道面	最大 0.45	1.01	0.26	0.48
		桁	最小 0.26	-0.01	-0.02	-0.02
		軌道面	最大 0.47	1.94	1.68	5/1000
	B 点付近	桁	最小 -0.84	-2.01	-0.20	-1.49
		軌道面	最大 -0.45	0.01	0.00	0.78
		桁	最小 -1.06	-0.50	-0.27	
		軌道面	最大 -0.31	5.79	-0.31	5.79
		桁	最小 -0.94	-0.79	-0.94	-0.64
締結装置 反力 (tf)	A 左側	最大 0.26	5.51	2.07	4.78	8.50
		最小 0.76	-0.71	0.76	-0.64	-1.00
		最大 -0.84	4.79	-1.51	4.90	8.50
		最小 -1.50	-0.66	-0.31	-1.00	
		最大 1.78	4.21	1.12	3.93	-8.50
	B 右側	最小 0.47	-0.40	1.77	-0.10	-1.00
		軌道		7.52	1.83	
		桁		6.37	0.72	
		軌道	9.96	4.05		
		桁	3000	2540	10400	1/800

* 位置欄の数字は、それぞれの点からの右方向の距離を表す。