

IV-27

PCまくらぎの縦・横方向のレール支持バネ係数Kの評価について

北海学園大学工学部	学生員	鈴木 元
北海学園大学工学部	学生員	皆木 孝英
北海学園大学工学部	正員	上浦 正樹
JR貨物(株)		日野 将規
JR貨物(株)		青島 健

1. はじめに

レール支持バネ係数はレールの振動解析や軌道狂いの算定に重要な指標である。いままでこの検討にあたってはいくつかの仮定を置いていた。その主なものは道床係数(C)が道床厚の2/3に比例するものやまくらぎ圧縮係数(DI')が仮定されているものなどがある。しかし、実際の軌道に即した検討をするためには、これらの仮定をせずにレール支持バネ係数を定めることが望ましい。

本研究は、この2変数を定めるために、従来から研究が進んでいる3連モーメントを用いて載荷時のレール方向のレール変位を算定する。また、レール直角のまくらぎ長手方向でまくらぎ変位を考慮して有限弾性はり支承モデルにより載荷点とまくらぎの変位を算定し、実際の変位を小型FWDにより逆解析の手法により最適解をもとめるものである。

実際の軌道の選定にあたっては、もっともばらつきの少ないPCまくらぎと砕石を使用している軌道とした。

2. 試験方法

2.1 HFWDによるたわみ試験

HFWD (Handy Falling Weight Deflectometer) は小型化、簡易化した FWD(Feeling Weight Deflectometer)として新たに開発された、たわみ測定装置で重量が約 17kg であり、最大 1tf の衝撃荷重によって載荷直下と載荷点から離れた任意の点のたわみ量を測定できるものである。(図-1 参照)

今回この HFWD を使用して、JR 貨物構内の軌道 (PC まくらぎ:50N レール) の縦方向、横方向(図-2、図-3 参照)に 300, 500, 650kgf の荷重を 3 箇所のレール上に載荷し、たわみを測定、たわみ曲線を求める。(図-4、図-5 参照)

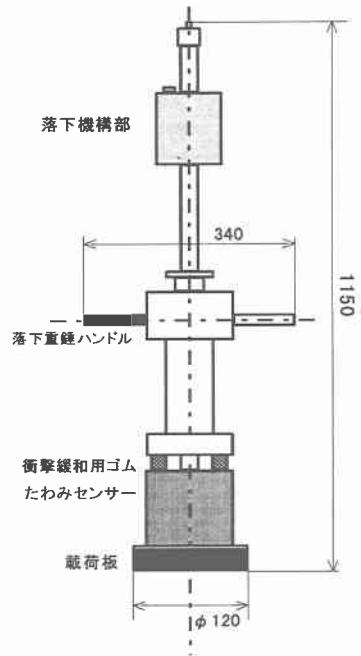


図-1 HFWD

The evaluation of coefficient of rail support spring K on the P.C. sleeper

Gen SUZUKI, Takahide MINAKI, Masaki KAMIURA, Masaki HINO, Takesi AOSIMA

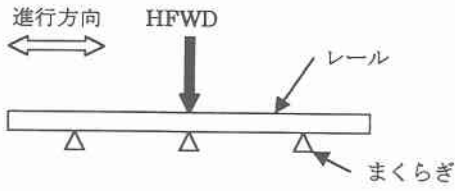


図-2 縦方向

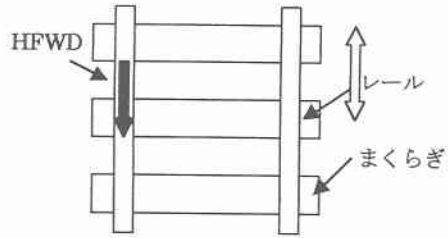


図-3 横方向

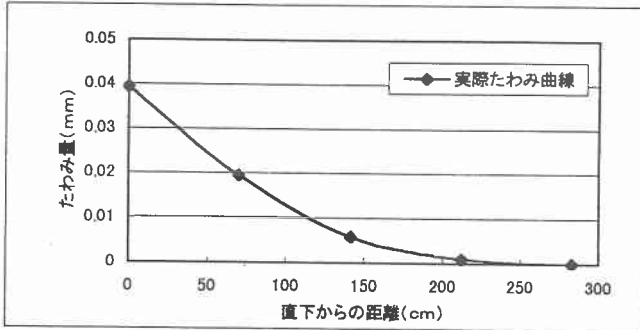


図-4 縦たわみ曲線

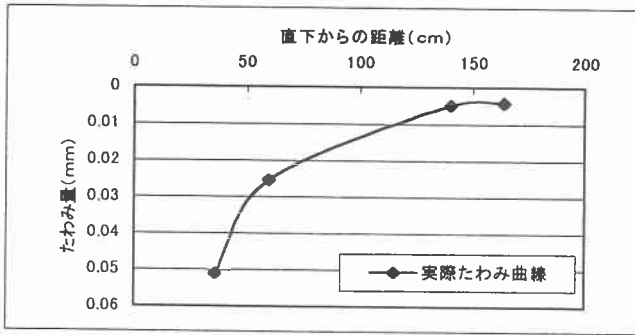


図-5 横たわみ曲線

2.2 理論によるたわみ曲線

縦方向・横方向をまくらぎと道床等を弾性支承による有限の梁と仮定し、縦方向は3連モーメントを用いて載荷時のレール方向のレール変位を算定するプログラムを組んだ。また、横方向はレール支持バネ係数 K (kgf/cm^2)、まくらぎの曲げ剛性 EI ($\text{kgf}\cdot\text{cm}^2$) を与えることで任意のたわみ量を求めることができる解析プログラム (Lotus123 版) を Excel 版に変換した。この解析プログラム2つを使用してさらに今回 EI を定数: $EI = 8 \times 10^8$ ($\text{kgf}\cdot\text{cm}^2$) とし、適当な K を与えてたわみ量を求めることにする。次に与えられた、たわみ量からたわみ曲線を描く。

2.3 たわみ曲線の比較

試験で求めたたわみ量と解析プログラムのたわみ量の差を平方して和を取る（残差平方和：RCM と称する）ことでレール支持バネ係数 K (kgf/cm^2) を変えてこの RCM ができるだけ小さくなるような理論によるたわみ曲線を求める。（図-6、表-1 参照）この RCM が最も小さい時の K を今回評価する。

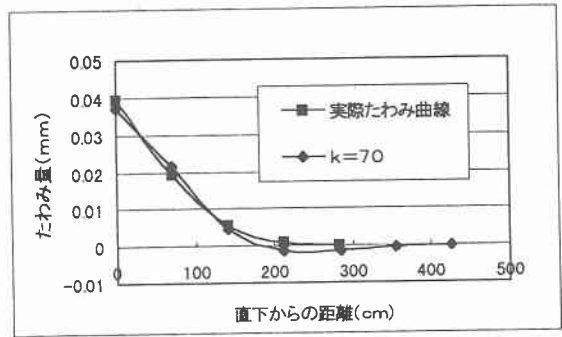


図-6 RCM の求め方

表-1 RCM の求め方

距離(cm)	実際値(mm)	理論値(mm)	(実)-(理)	$[(\text{実})-(\text{理})]^2$
0	0.039	0.037	0.002	4.35E-06
70.5	0.019	0.021	-0.002	4.05E-06
142	0.006	0.005	0.001	5.63E-07
212.5	0.001	-0.002	0.002	5.95E-06
283	0.000	-0.001	0.001	1.31E-06
			RCM(mm)	0.004

3. 試験結果と考察

3.1 試験結果

縦方向、横方向それぞれ3箇所まで300,500,650kgfの荷重をかけた時のたわみ量を測定し、解析プログラムを使用して荷重別の K を求め、その時の RCM の値をまとめた。また、荷重別の K の平均を取ることでその箇所での K とした。（表-2 参照）

表-2 K と RCM の値

		<縦方向>		<横方向>	
		$K(\text{kgf/cm})$	RCM	$K(\text{kgf/cm})$	RCM
1箇所目	300kgf	70	0.004	90	0.016
	500kgf	60	0.011	75	0.031
	650kgf	60	0.015	75	0.042
	平均値	63.3		80	
2箇所目	300kgf	30	0.018	30	0.034
	500kgf	25	0.033	25	0.070
	650kgf	25	0.043	25	0.094
	平均値	26.7		26.7	
3箇所目	300kgf	75	0.016	80	0.025
	500kgf	55	0.005	85	0.023
	650kgf	55	0.012	80	0.029
	平均値	61.7		81.67	

3.2 考察

3箇所でのたわみ測定を行ったが、3箇所とも縦方向・横方向のレール支持バネ係数Kが2箇所目は同じ値になったが、1と3箇所目は異なる値になった。異なる値になった原因として砂利の締固めが縦方向と横方向で違っていると考えられる。1箇所ごとの(300,500,650kgf)に見てみると縦方向・横方向ともにレール支持バネ係数Kがほぼ同じ値になった。これにより縦方向もしくは横方向のレール支持バネ係数Kが正しいと考えられる。また、レール支持バネ係数Kがわかると逆解析の手順で道床係数C(kgf/cm³)が求められ、これによりレール下圧力係数 η 、まくらぎの曲げによる沈下係数D₁(tf/cm)、道床沈下係数D₂(tf/cm)、合成バネ係数D₁'(tf/cm)、まくらぎ圧縮係数D₁'(tf/cm)を求めることができる。(表-3参照)

従来、CやD₁'はC=13.3tf/cm³程度、D₁'=1×10⁵kgf/cm程度とされてきたが、今回逆解析により計算で求められることができるので比較してみた。しかし、比較してみるとC、D₁'の値は、一定値よりかなり低い値が得られた。記載したデータ以外も同様に低かった。

表-3 D₁'の求め方

300kgf時のD ₁ '		500kgf時のD ₁ '		650kgf時のD ₁ '	
K(横)	90	K(横)	75	K(横)	75
b(cm)	24	b(cm)	24	b(cm)	24
C(kgf/cm ³)	3.75	C(kgf/cm ³)	3.125	C(kgf/cm ³)	3.125
P(kgf)	300	P(kgf)	500	P(kgf)	650
l(cm)	200	l(cm)	200	l(cm)	200
ytr(mm)	0.033333	ytr(mm)	0.066666	ytr(mm)	0.086666
ytR(mm)	0.039346	ytR(mm)	0.069137	ytR(mm)	0.093296
η	1.180396	η	1.037055	η	1.076495
B(cm ²)	2400	B(cm ²)	2400	B(cm ²)	2400
D2(kgf/cm)	9000	D2(kgf/cm)	7500	D2(kgf/cm)	7500
D3(kgf/cm)	49890.13	D3(kgf/cm)	202399.4	D3(kgf/cm)	98045.49
a(cm)	70.9	a(cm)	70.9	a(cm)	70.9
K(縦)	60	K(縦)	50	K(縦)	50
D(kgf/cm)	4254	D(kgf/cm)	3545	D(kgf/cm)	3545
D1(kgf/cm)	8067.003	D1(kgf/cm)	6722.503	D1(kgf/cm)	6722.503
D1'(kgf/cm)	9622.998	D1'(kgf/cm)	6953.455	D1'(kgf/cm)	7217.362

4. おわりに

今回、縦方向と横方向のKについての評価をしたがデータが3箇所と少ないのでいまいち信頼性に欠けると思われるので、今後データ数を増やしてこの評価の信頼性を向上させ、さらにPCまくらぎだけでなく木まくらぎにも手を伸ばしたい。また考察の後半で述べたC、D₁'の値が異なることについての検討を行う必要がある。

参考文献

- 1) 「弾性解析による木まくらぎの良・不良判定法」 上浦正樹、高橋頼 1994-6
- 2) 「列車走行時のレール変形に対してレール支持条件の変更が及ぼす影響の関する理論的検討」 佐藤吉彦、浜崎郷広 1981-7
- 3) 「線路工学」(第3版) 佐藤吉彦、梅原利之 1987-11