

W-99 二軸貨車の曲線軌向

鉄道技術研究所

正員 工博 佐藤 裕

平田 五十

正員

〇 杉山 亨

1. 目的

二軸貨車の曲線軌向については、古くより解析されてゐるが、これでは輪軸が車体に対し前後方向に移動しないとしたモデルについてのみ取り上げられていた。そこで、輪軸が車体に対し前後方向および左右方向に移動可能な形バネで支持されたと考え、貨車の曲線軌向時の静力学を、ワラ1、ワム23000について計算し、これと輪軸が車体に剛結されたモデルとの差を求めた。

2. 解析方法

前後左右方向バネを考えた二軸貨車は、曲線を通過するときに受ける力は、ネーマン流の方法によるとき、貨車の輪軸に進行方向と直角に  $Q_0/\sqrt{L^2+L_1^2}$ 、進行方向に  $Q_0 L/\sqrt{L^2+L_1^2}$  の力となる。ここに  $Q_0$  はネーマン流に摩擦中心までの距離、 $Q_0$  は輪重×摩擦係数、 $L$  は車輪センターの接点と輪軸中心の距離である。これらの力とフランジとの釣合、モーメントの釣合、および幾何学的関係式を考慮すれば、二軸貨車の曲線上の位置、横圧などを決定する。解析に使用した諸定数を表1に示す。ここで  $W$  は一車輪当り重量、 $L$  は左右バネ間隔、 $L_1$  は軸距、 $\alpha_1$  は前後バネ係数、 $\alpha_2$  は左右バネ係数

3. 解析結果

3.1. 前軸のみが外軌に接した時。

前軸のフランジが外軌に接してゐる、後軸のフランジは、レールに接しないというモデルで曲線上の位置、横圧などを求めた。その結果を表2表に示す。 $\delta_1, \delta_2, \delta_3$  は各々前軸、後軸、前後軸中心線の車体に対する傾きを示し、 $L_1, L_2$  は前後軸各々の摩擦中心までの距離、 $Y_1$  はレール横圧、 $Y$  は後軸の外軌からのはずれを示す量である。表に示されてゐる様に、ワラ1、ワム23000共に後軸の外軌側のフランジが、外軌からはずれる、外に飛び出してしまう事を示している。故に後軸も接しないまま走行する事は、正規状態の貨車では不可能な事になる。又ワム23000は左右バネ係数を一定無限大としたためワラ1と同様の結果にたつてゐる。この事は幾何学的配置には左右バネ係数より前後バネ係数の影響が大まかと思われる。

	ワラ1		ワム23000	
	積車	空車	積車	空車
W(t)	2.55	2.30	6.15	2.38
Q <sub>0</sub> (t)	1.31	0.40	1.23	0.48
a(m)	0.57	0.57	0.57	0.57
b(m)	0.97	0.97	0.97	0.97
L(m)	4.13	4.13	3.90	3.90
R <sub>1</sub> (kN)	62.8	20.7	100	36.5
R <sub>2</sub> (kN)	42.0	14.8	∞	∞

表1表

	R=400	R=600	R=800		
$\delta_1$	-0.0070	-0.0052	-0.0099	-0.0081	-0.01
$\delta_2$	0.0145	0.0126	0.0154	0.0145	0.0147
$\delta_3$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
L <sub>1</sub> (m)	1.0	-1.5	0.7	-0.9	0.6
L <sub>2</sub> (m)	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4
B <sub>1</sub> (t)	1.8	1.1	2.2	1.0	2.2
Y <sub>1</sub> (mm)	-37	-25	-42	-36	-45

表2表 ワム23000 積車

	R=400	R=600	R=800		
$\delta_1$	-0.0113	-0.0157	-0.0163	-0.0183	-0.0186
$\delta_2$	0.0249	0.0248	0.0248	0.0247	0.0246
$\delta_3$	-0.0180	-0.0168	-0.0131	-0.0116	-0.0100
L <sub>1</sub>	-1.1	0.7	-0.6	0.5	-0.5
L <sub>2</sub>	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2
B <sub>1</sub>	1.2	1.9	1.0	1.9	0.9
Y	-105	-124	-131	-134	-122

ワラ1 積車

3.2. 前後軸のフランジカールに接している時

上記した様に前軸のフランジが接しているだけでは、釣合いが成立しない事があるため、前後軸のフランジカールに接するといった条件で解析をした。その結果を表3に示す。ここで $g_1, g_2, g_3$ はそれぞれ前軸の外軌、内軌、後軸の外軌、内軌の積圧を示す。この結果、両貨車共に、いずれの曲線半径で

も前後軸共に、外軌に接して釣合いが成立している事がわかる。これは剛性モデルで計算すると、

	R=400m		R=600m		R=800m	
	積車	空車	積車	空車	積車	空車
$g_1(kN)$	*1.5	*0.5	*1.4	*0.5	*1.4	*0.5
$g_2(kN)$	1.3	0.5	1.3	0.5	1.3	0.5
$g_3(kN)$	*1.1	*0.4	*1.1	*0.4	*1.2	*0.4
$g_4(kN)$	1.2	0.4	1.1	0.5	1.2	0.4
$L_1(m)$	4.1	4.2	4.8	4.8	5.5	5.3
$L_2(m)$	1.7	1.9	2.4	2.4	3.3	2.8
$Y_1(mm)$	-0.0035	-0.0036	-0.0030	-0.0022	-0.0026	-0.0029
$Y_2$	0.0078	0.0081	0.0059	0.0061	0.0050	-0.0050
$Y_3$	-0.0019	-0.0018	-0.0015	-0.0014	-0.0012	-0.0012

表3表ワラ1 \*接触位置

で計算すると、ワラ1、ワムス3 000共に、前軸が外軌に接して走行すると、後軸は必ず内軌に接して走行しているからバネモデルとの相界点である。

	R=400m		R=600m		R=800m	
	積車	空車	積車	空車	積車	空車
$g_1$	*1.4	*0.6	*1.4	*0.5	*1.4	*0.5
$g_2$	1.2	0.5	1.2	0.5	1.2	0.5
$g_3$	*0.8	*0.3	*0.9	*0.4	*1.0	0.3
$g_4$	1.1	0.4	1.1	0.3	1.2	0.4
$L_1$	3.1	3.0	3.3	3.4	3.6	3.5
$L_2$	1.0	0.9	1.2	1.4	1.5	0.8
$Y_1$	-0.0027	-0.0029	-0.0025	-0.0026	-0.0023	-0.0025
$Y_2$	0.0073	0.0074	0.0055	0.0057	0.0045	0.0040
$Y_3$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

表3表ワム 23000

3.3 釣合い点の安定性について

静的釣合い点の安定であるかどうかを求めたために、釣合い点付近でのバネのポテンシャルエネルギーを求めた。その代表的結果を表ワラ1、ワムス3 000に示す。これらの図に示される様にワラ1では、釣合い点はエネルギーの極小値に落ちるが、ワムス3 000ではエネルギーの不安定な点に落ちる。これらの結果は、積車、空車、又曲線半径に依らず成立している。

3.4 前後バネ常数が変化した時の釣合い点の変化

バネ常数が変化する時、仮に無限大の時には、後軸が外軌に接して走行し、正規状態では、後軸が外軌に接している事から判断して、後軸が外軌からはずれる点があると思われるが、この点を解析して、講演時に報告したいと思う。

