

新日本製鐵(株) 正員 大長 智
正員 〇 三 木 甫

1. まえがき

近年、製鉄所構内鉄道は高炉、転炉設備等の大型化、および、輸送の合理化に伴い車両の大型化、重量化、輸送量の増大が著しいので、それに適合した軌道構造の強化、省力化(保守人員の減少)が推進されており、メンテナンスフリーの設備が要求されている。しかも、産業鉄道は一般高速鉄道と相違して、重荷重車両(軸重40~50t)が低速(約15km)で運行しており、また設備レイアウトの制約より、①曲線半径が小さい($R=100m$)、②分岐器が多い($6^\circ, 8^\circ$)、③軌道回路のねじ目が多い等の非常に厳しい保守条件のもとにある。重荷重車両が低速で曲線を運行するとき、非常に大きい転向横圧が作用するため、軌道構造のレール、締結装置、まくらぎ、および、道床に非常に大きい力が作用する。とくに、レールは頭頂面のメタルフロー、縫目部、および、レール上首部、電装等のき損現象が50kgNレール、および、生レール区間で数多い傾向にある。そこで、重荷重軌道に対し、60kg熱処理レールの現場布設試験を行い、また60kgレールの応力試験を実施したので、その概要を報告する。

2. レール

重荷重軌道ではレールの重量化(50kgN→60kg)が最も軌道のメンテナンス費の軽減になることは今までの実績で明らかにされている。60kgレールが製造されたのは昭和42年であり、それ以前は一般的に50kgNレールが使用されていた。図-1にレールの形状を示す。60kgレールは形状の点からレールの上首、および、下首半径が50kgNレールより大きくなっているため、応力の集中が減るので、上首き損事故防止に効果があると思われる。

60kgレールはJRS規格の生(C)レール、および、HH(Head Hardening)レールを一般的に使用している。レールの許容軸重は車輛とレールとの接触面応力(ヘルツ応力)より計算することができる。軸重40~50tの60kgレールのヘルツ応力の限界領域を越えており、メタルフローが非常に激しく発生し、約2年でレール更换する必要がある。ゆえに、車両が重量化してくれば、①車輛を多くつける、②冶金学的に新しいレールを開発するなどのいずれかの方法が必要となってくる。改設設備の改造費を考慮すれば、レールで対換する方法が一般的に経済的である。表-2にレールの機械的性質を示すが、メタルフローはレールの強度、硬度等を

図-1 レール形状

JRS 60kg

JRS 50kgN

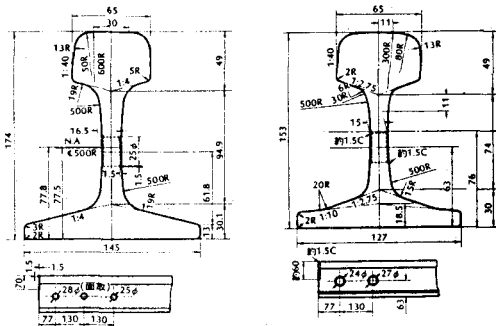
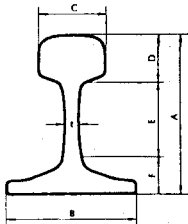


表-1 レール断面性能



種 類	寸 法 (mm)							断 面 積 A (cm ²)	重 量 W (kg/m)	断面二次 モーメント I (cm ⁴)	断面二次 半 径 i (cm)	断面係数 Z (cm ³)
	A	B	C	D	E	F	t					
JRS 60kg	174.00	145.00	65.00	49.00	94.90	30.10	16.50	77.50	60.80	3,090	6.31	321
JIS, JRS 50kgN	153.00	127.00	65.00	49.00	74.00	30.00	15.00	64.20	50.40	1,960	5.53	242
60kg/50kgN	1.14	1.14	1.00	1.00	1.28	1.00	1.10	1.20	1.20	1.57	1.14	1.52

大きくするこで対応できる。レールの布設試験場所は軸重40t～50tの鋼製台車線路(通トン17000号、通過回数N=500,000号、R=100^m、150^m)であり、布設後1年の追跡調査の結果では、曲線部外軌側レールの経目部において、メタルフローが若干発生し、テリ面幅が少々広い程度で合のこ経過は良好である。

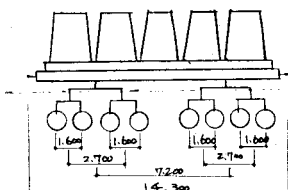
表 - 2 レール強度と硬度

レール種別	As Roll		熱処理		硬 度		第1硬化層の焼入深さ
	Y.P.(%)	TS(MPa)	Y.P.(%)	TS(MPa)	H _v	H _s	
50 ^{kg} NC	50	90	—	—	~270	~39	—
60 ^{kg} C	50	90	—	—	~270	~39	—
60 ^{kg} H.H	50	90	80	110	310HX	50±3	5mm
60 ^{kg} 新レール	50	90	105	120	382	52±3	8mm

3. レール応力試験

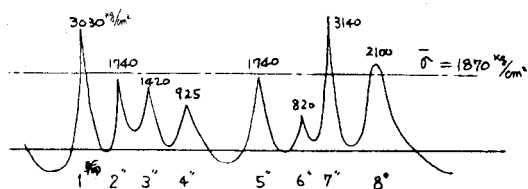
試験は鋼製台車運行ルートのうち、曲線(R=100^m)区間内の外軌側レールの1部分、中央表面部に3軸ゲージで貼付した試験レール(60^{kg}, $\ell=6.170\text{m}$)を布設した。ゲージ貼付について図-4に示す。試験列車は図-2に示す軸重51tの鋼製台車(2軸車ゲージ)を特別編成し、45^{km/h}にて当該試験レールの布設場所を運行速度 $v=5, 10, 15\%$ で牽引、および、推進のリバース運転をさせた。ひずみの最も大きかった(0-5- ℓ)ゲージの応力波形を図-3に示す。応力波形のパターンは今回の測定において、牽引時、および、推進時とも第1輪、および、第7輪の通過時の応力が非常に大きく、平均応力の1.6～2.2倍に達している。この過大応力は車両の軌向横圧と同時に

図-2 試験列車



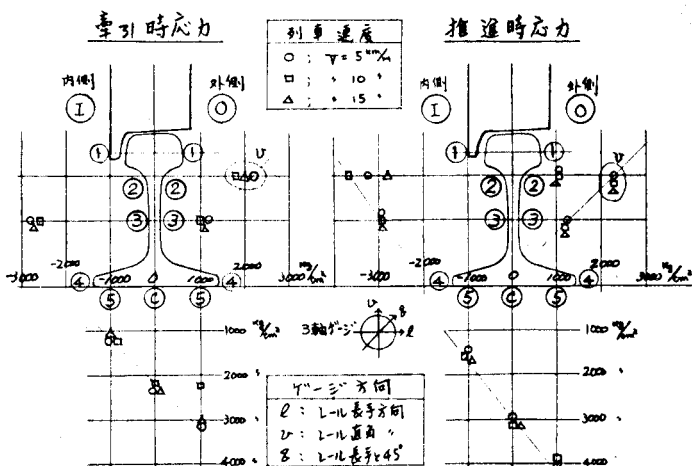
台車自重 75T
積載重量 333T
軸重量 40.8T
軸重 = $\frac{40.8T}{8輪} = 5.1輪$

図-3 0-5- ℓ ゲージの応力波形($v=15\%$ 牽引時)



過大輪重が作用する長めに生じ、これがメタルフローの原因と思われる。図-4にレール断面各部分の最大応力を示す。今回の測定では大概のことが判った。①推進時応力が牽引時応力より大きい。②列車速度が $v=15\%$ 以下では速度による応力の大きな差異はない。③上首部応力はレール直角方向(0ゲージ)が大きい。④レール下面の平均応力は計算値と大体等しいので、実応力は計算値の1.6～2.2倍の応力が作用していると思われる。

図-4 レール断面各部応力(レール長手方向を示す)



4. まとめ

軸重51t試験列車による60^{kg}レール各部応力はレールのY.P.5000%より小さく、最大応力の発生頻度からみてレール寿命より道床の腐蝕と軌道の寿命は深まるものと思われる。また過大応力はメタルフローの原因と指定されるが、新レールの現場布設試験の追跡調査(1年)では、メタルフローに対し非常に良い結果を得ている。