620. 162. 4:669. 15. 74

高マンガン転てつ器の摩耗試験*

(乾燥状態の場合)

八 木 明**

On the Abrasion Test of High Manganese Point
(Under the Dry Condition)

by Akira YAGI

To find out the prevention of defacement in case of being used for the point of railway, I carried out an experiment under the following conditions, using an Amsler-type abrasion testing machine, at various slip speed of 0~15 cm/sec, and contact pressures of 50~90 kg/mm².

The test piece of tyre is about 0.7 %C steel of standard structure, and the other material of High manganese steel and Chrome-mangan steel is from 1050°C water-hardening.

The following are the findings result from the present test :

1. Hardness of High manganese steel goes up to a certain extent at the beginning of the test. However, anti-wearing character can not be expected to increase owing to the growing of its hardness.
2. Satisfactory effect of wear resistivity can not be expected much in the sliding motion between C-steel and High manganese steel due to sliding friction.
3. From these facts, High manganese steel seems to be superior in anti-shock toughness than in wear resistivity.
4. Chrome-mangan, which somewhat covers for the effects of High manganese steel, in some case must be used carefully within the limit of its application.
5. In this case, the actual amount of the wear can be estimated by this tests.

1. ま え が き

C 0.8~1.2%, Mn 10~14% を含む高マンガン鋼は水じん法を施すと大きな衝撃に耐え、かつ耐摩耗性をそなえた鋼材になることを 1887 年に Hadfield が世に紹介してから、これらの機械的な特性を必要とする土木・建設・鉱山機械や鉄道の転てつ器などの部分品に用いられてきた。

しかし、いまでもこれらのすぐれた特性の割合はわからないままにばく然と使われているのが実情であるために、実際に使ってみても意外に早く摩耗することがあったり、また期待したほどの耐摩耗性はないという報告⁽¹⁾もあって、これらの相反する事実をどう考えるかということは調べられていないようであり、高マンガン鋼の耐摩耗性に疑問を持つ声もある。

筆者はさきにアムスラー形摩耗試験機を使って、レールとタイヤのような塑性領域の接触をする場合の、

実際の摩耗量を知ることができるのではないかと思われる実用的な試験方法を発表し⁽²⁾⁽³⁾、この経験から接触条件のよく似ている鉄道の高マンガン転てつ器の摩耗の一端を報告⁽⁴⁾した。

これによって、高マンガン鋼も接触条件のいかんでは予想外の摩耗量を呈することもあって、上記のような相反する結果を示す理由の糸口を知ることができたのではあるが、この試験をさらに進めて、いまなお十分に知られておらないと思われる高マンガン鋼の摩耗を調べて、かりにも高マンガン鋼の耐衝撃・耐摩耗性材料という安易な先入感などによって、その試験方法や使用方法を誤らないための要点を記述したいと思う。

2. 試験内容の概要

2.1 試験条件の選定 摩耗試験を行なうときは、実際に起きている接触条件が試験片の接触条件にも再現されていることが肝要である。ゆえに筆者の使用したアムスラー形摩耗試験機で試験できる実際に高マンガン鋼を使った箇所の試験は次の範囲と思われる。

* 昭和 35 年 4 月 3 日 第 37 期通常総会講演会において論文講演として講演，原稿受付 昭和 34 年 11 月 27 日。

** 正員，大阪工業技術試験所(大阪市大淀区大仁西 2)。

すなわち鉄道の高マンガン転てつ器やブルドーザなどのキャタピラ機構中の転輪と履帯の接触のときの条件のように、塑性領域の高圧接触で転動としょう動が同時に起きる場合に限定され、土木機械を対象とするときは試験の際に土砂を混入するような処置が望ましい。

鉄道の転てつ器とは、第1図のように、一つの線路上を走る車両を他線に分岐または併合するために設けられる線路中の一連の設備をいい、その主要部分は車両を分岐または併合の際に、車両転向のエネルギーをタイヤフランジから水平方向力(横圧)として受ける先端レールと、分岐レールと基本レールの交さするところに設けられるてっさが一組となって、その目的を果す。したがって先端レールはタイヤフランジからは衝撃とすべりの接触を、てっさはてっさ欠線のために、さらに大きな衝撃を受けるので、普通の箇所のレールよりも消耗は激しく、ために高マンガン鋼が望まれたのであろう。

しかしながら、転てつ器の受ける力の解析はひずみゲージなどの測定法が最近までなかったためか、土木部門でもこれらを対称とした報告⁽⁵⁾⁽⁶⁾は意外に少なく、この問題もようやく緒についたところで、現状では正確な接触条件を定めることは困難である。

さしあたり炭素鋼を扱ってきた筆者の試験経験で、

炭素鋼で作られた転てつ器の摩耗面を観察しても普通の箇所のレールと著しい差異は認められず、また上記の報告などから、転てつ器のレールとタイヤの接触応力をヘルツ式で推算しても、一般のレールとタイヤの試験⁽²⁾⁽³⁾に用いた値である接触応力 40~90 kg/mm²、すべり速度 0~15 cm/s でもさしつかえないと判断した。

2.2 摩耗試験片について 摩耗試験片は直径 ϕ 30 mm、幅 7 mm の円柱形に仕上げる。その製造過程は高マンガン鋼の特長を失わぬように次のような工法によって極力実際に則するように努めた。

a. 普通高マンガン鋼の場合 C=0.8~1.2%, Mn=10~14% を含むものを指し、この場合は鋳造後に 1050°C に加熱し、水じん法を行なって製品とする。ただし、それらは鋳放しのまま使われるときと、マンガンをてっさのようにタイヤの通る面の 5~10 mm の厚さを削り去る場合とがある。

筆者の別報⁽⁴⁾においては、専門工場に依頼して1個1個を鋳造し、正規の水じん後に研磨仕上を行なったが、試験結果は意外な高い摩耗を呈したので、工法を改めて直径 60 mm の円柱の鋳造物から心部のみを正規の形状に仕上げるようにした。

b. 特殊高マンガン鋼の場合 普通高マンガン鋼を使うと、時と場合によっては、しばしばはなはだし

第1表 試験材料、組合せ記号、試験条件一覧

組合せ記号	鋼 材	化 学 成 分 %						かたさ Hs
		C	Mn	Si	P	S	Cr	
A ₁ /Mn・3	{ 高 マ ン ガ ン 鋼	1.03~1.06	12.48~13.34	0.29~0.31	0.030~0.032	0.005~0.008	—	23~37
	{ タ イ ヤ 鋼	0.69	0.72	0.15	0.050	0.053	—	38~42
A ₁ /Cr・Mn	{ クロムマンガ鋼	1.09	13.35	1.30	0.030	0.004	1.76	30~35
	{ タ イ ヤ 鋼	0.69	0.72	0.15	0.050	0.053	—	38~42
A ₁	{ レ ー ル 鋼	0.71	0.69	0.24	0.032	0.041	—	30~32
	{ タ イ ヤ 鋼	0.69	0.72	0.15	0.050	0.053	—	38~42
接 触 応 力 σ kg/mm ²		$\approx 50 \sim 90$			$\approx 110 \sim 130$			
す べ り {	速度 S cm/s	0 3 8 15						
	割合 S %	0 2 5.5 10			0 0			

注 1) A₁ 組合せは比較のために既報のものを引用した。

2) マンガン鋼は 1050°C から水じん、レール・タイヤ鋼は標準組織のまま用いる。

第1図 転てつ器の説明と測定現品の布設状態

い摩耗を呈することが実際に経験されている。

この対策として、上記の化学成分に Cr 2% を加えたものが用いられるので、比較のために上記と同じ製造過程で試験片を準備した。

c. タイヤ試験片について これらに相対するタイヤ試験片は、実際の廃材から正規の形状に削り出した。このタイヤは 0.69% C 鋼で、現在の標準とみなせる炭素含有量である。

なお上記の試験片は顕微鏡によって組織を確認し、試験の際の組合せ記号、試験条件、化学成分、かたさなどの詳細な事項は第 1 表に一括し、組合せ記号 A₁ は既報⁽²⁾⁽³⁾のルール、タイヤとも 0.7% C 鋼の組合せで、比較のために引用したものである。

2.3 摩耗試験方法の概要 アムスラー形摩耗試験機の下試験片取付軸にはマンガン鋼を取付けて 850 rpm の定回転を与え、上試験片取付軸には 0.69% C のタイヤ鋼を取付け、両者をばねで圧接して荷重を与え、転動状態の試験をする。

この時の接触応力はヘルツ式で推算し、荷重装置の調節で所望の値を与えることができ、転動状態としゅう動状態を同時に得たいときは、上下試験片取付軸を連動する歯車の比を替えることによって、任意の割合の転しゅう動を得ることもできる。

各試験結果の整理は、既報⁽²⁾⁽³⁾のように試験片の摩擦面の刃物きずの消失する初期をいちおうの目安とし、その後任意接触回数ごとの試験片摩耗量を化学てんびんで精測して得られた試験片摩耗量から一定接触回数ごとに試験片摩擦面の単位面積から摩耗し去った重さ(比摩耗量 g/cm²/10⁵)に換算し、接触応力、す

べり割合などの摩耗を支配すると考えられる要素をそれぞれの軸に求めた立体図表にまとめ、組合せの優劣の比較を原則としていた。

しかし高マンガン鋼は炭素鋼と異なり、使用に伴ってかたさが増し、同時に耐摩耗性が増すという特異な性質を有しているので、個々の試験そのものから特異な現象を調べるとともに、上記のような総合的な優劣の比較を同時に行なうのがよいと考える。

3. 試験経過の説明

3.1 試験結果の基本表示法 第 2 図は第 1 表に記入した A₁/Mn-3 組合せにおける S=0% (転動接触のみ)、 $\sigma \approx 56, 110, 130 \text{ kg/mm}^2$ の試験結果を例示したもので、同図の左上すみには比較のために A₁ 組合せの一結果を引用した。

x 軸には試験片の接触回数を、y 軸には試験片の摩耗量と摩擦面の任意 10 箇所をショアかたさ計で測定した算術平均値との関係を示した。

他の試験も同様で、いずれの試験もかたさは 10⁴ 回接触以内の初期に上昇して(試験片の摩擦面は切削しているので、素材のかたさより Hs 10 程度は高い)それ以降は変化せずにほぼ一定の値になる。ゆえに上昇したかたさは、各接触条件に相応した値になると考えられるから、これを筆者は“平衡かたさ”と仮称しておく。

なお、摩耗量が接触回数とともに漸増してゆくのは後述のように摩擦面に酸化物ができず、また転動方向に条こんなどが生じて丸さが失なわれ、接触領域でのすべりが増すためと思われる、かようなときの比摩耗量

第 2 図 炭素鋼同志の比較参考図

は初期を除いた全接触回数を通じて算出した。

3.2 試験結果の集計 a. 接触条件とかたさの関係 第2図の結果から各試験条件下のそれぞれに相応する平衡かたさの値がわかるから、この値はそのまま第3図の立体図表の z 軸に目盛り、 x - y 面の相応条件の箇所に記入すれば総合的な比較ができる。

b. 接触条件と比摩耗量の関係 また各試験ごとの摩耗の割合は第2図から比摩耗量が算出でき、立体図表として総合的な比較ができる。第3図はこの結果で、組合せ記号の右はタイヤ鋼、左はマンガン鋼で一組となり、いかな接触条件のときにどの程度の摩耗割合になるかを対比することができる。

なお図中の A_1 組合せは、レール、タイヤともに0.7% Cの標準鋼同志で、比較のために引用したものである。

3.3 すべりを伴うときの摩耗 第3図の S 軸の0以外の座標は転動、しゅう動が同時に作用している試験で、高マンガン鋼の場合は、すべり割合の増加とともに予想外の摩耗を呈し、この摩耗割合は筆者がすでに発表⁽²⁾⁽³⁾したレールとタイヤの摩耗試験結果と比較すると、最悪な組合せに近い摩耗量である。

なお別報に発表⁽⁴⁾した高マンガン鋼の摩耗は、鋳出試験片の表面の切削量の少ないものを用いたためか、本報の結果の2倍に近い摩耗量を呈していた。

4. 実際と室内試験の対比

転てつ器の摩耗調査報告は力学的な解析や測定と同様に少ないので、現実に使っている鉄道または製造業

者から提供されたものを例示して、これらも含み一般的な傾向と室内試験との関係を検討した。

なお、40年ほど前に国鉄でこの転てつ器の試用をはじめたころ、すべり接触の激しい先端レールにローレン、ベスレーム社などの高マンガン製品の試験記録⁽⁷⁾もあるが、本報の3.3項の結果でもわかるように、すべり割合の多い接触条件下では炭素鋼や焼入鋼よりはるかに摩耗量が多いので好結果は得られなかったのであろうか、現在では路面軌道に用いられている程度なので、鉄道の高マンガン転てつ器といえ、てっさのみが対称になっている。

4.1 調査例その1. 第1図は調査を行なった現品の布設状態を示す全般の見取図をかね、第4図はその測定箇所の詳細を示す。

これらの調査は、布設したままで列車運転の合間に行なうので、室内試験のような正確さは望めないが、摩耗量は原形断面の型板をはさみゲージのように現品にあて、そのすきまに斜線尺をそう入して測定し、かたさはショアかたさ計を使うのが普通である。

第5図(a)、(b)はこれらの方法によって測定されたなかで、各てっさの最大摩耗量を呈した箇所のみをまとめた。

(a)図は x 軸に通過トン数と y 軸にかたさの関係を、(b)図は通過トン数と摩耗量の関係を示したもので、 x 軸の通過トン数はいずれも室内試験の“接触回数”に対応するものである。

4.2 調査例その2. 第6図は電化前の山陽本線宝殿駅構内に布設された現品のかたさのみの測定例⁽⁸⁾

各図ともに記入単位、割合は同一

第3図 比摩耗量・平衡かたさ比較図

である。

本品の使用期間は3年2箇月を経ているから、かたさは平衡状態に達しているものと認められる。

4.3 室内試験結果の対比 **a. 接触回数とかたさの関係** 実際においても第5図(a)にみられるように、使用の初期にかたさの上昇することは、室内試験と全く同様で“平衡かたさ”の現象も認められる。

b. 接触応力とかたさの関係 タイヤがレールの頂部を転動接触する(圧接のごく瞬間なときが衝撃と考えられる)とき、両者の振動(加速度の値は普通の

直線路を70 km/hの運転速度では10~30 g, レール継目で50~60 g, てっさ欠線で100~120 gといわれる)のために相互に打合い、加工硬化をするのであるが、この打合いを見掛けの接触応力になおす関係はわからないけれども、静的接触の場合より見掛けの接触応力は高いと考えられる。

ゆえに高マンガン鋼物体が転動接触によって、加工硬化する現象を介して室内試験と実際との関係を調べる当否のほどはすぐ断ぜられないが、上記の振動加速度を目安として、次のように室内試験と実際とを結びつけると、多少の意義があるのではないかと思う。

まず第1図の測定箇所は20~30 km/hの運転速度で、タイヤとの接触応力は70 kg/mm²程度、かたさはH_s 55~60の範囲、振動加速度は20~30 g程度である。この値を基準にして以下の各場合を検討すると、まず第6図の分岐線での速度、タイヤとの接触応力も前記と同程度であるために、かたさもH_s 55~60程度になっている。しかし基本線では運転速度が70 km/h程度のためレール、タイヤの振動加速度も高く、分岐線の1.5倍とみなして接触応力105 kg/mm², かたさはH_s 60~65が測定されている。

またてっさ欠線を経てタイヤが移るノーズ部分は特に打撃が激しく、これを分岐線の2倍と仮定して、接触応力140 kg/mm², H_s 70~75が測定され、いずれも実際によく測定される値である。

第3図の試験結果から第7図(a)に示すように、接触応力とかたさの関係線図ができ、上述の仮定値も第7図(a)に併記すると、実際のかたさは斜線の範囲内に分散し、実地調査、室内試験ともに一次の関係があるとみなしてさしつかえないであろう。

c. 接触応力と摩耗量の関係 第5図(b)の実地測定結果は、10⁴回接触以前の使用開始時の摩耗は激しいが(実際の調査では圧接のための永久ひずみや、切削時の刃物きずがつぶされるので少し多くでる), やがてこれらの影響もなくなった定常状態の摩耗になる。

第5図(b)から定常状態になったときの比摩耗量は0.01~0.06 g/cm²/10⁵程度で、この区間のタイヤからの接触応力は70 kg/mm²程度と推定され、かつ若干のすべりを伴っている。

次に第3図の室内試験から接触応力と比摩耗量の関係線図を作り、これに実際の測定結果を

第4図 測定箇所詳細

(a)

測定てっさ別の記号は(a)図と共通

(b)

第5図

第6図 実際のマンガンてっさにおける平衡かたさ

推定される相応条件の座標に記入すると第7図(b)が得られ、実際の摩耗量はいちおう筆者の行った実験条件内にあるので、実際の摩耗を推知する上になんらかの手掛りになると思う。

なお、実際の測定結果のばらつきが大きいのは、正確な測定ができなかったり、正確な車両の通過トン数がわからぬため、また路面軌道の摩耗量の比較的多いのは砂じんによるためと思われる。

5. 試験結果の考察

以上の室内試験、実地調査の結果から見出された高マンガン鋼の摩耗現象について、従来からいわれていることに対して二、三の私見を述べる。

5.1 高マンガン鋼の摩耗とその原因 a. 転動接触のみのとき 高マンガン鋼は使用時間の経過とともにかたさが上昇し、耐摩耗性を増すものと考えられてきたことは、第5図(a), (b)のかたさ上昇中に対して、かたさの上昇が止まるときの関係ならばそのとおりである。

しかし、この現象も上記の接触条件の範囲で、第2図や第3図 $A_1/Mn.3$ 組合せにおいては認められない。

b. すべりを伴うとき すべりを伴うと第3図にみられるように各接触応力ともすべりの増加によって摩耗は増え、すべり5%以上になると摩耗は著しく増加し、はなはだしいときは別報⁽⁴⁾のように同図の倍にも達したこともあった。

c. 摩耗試験中の特異な現象 筆者がかってタイヤを0.7% C 鋼に一定し、組合うレール鋼の炭素含有量を0.7, 0.5, 0.4%……と順次減らせると、炭素含有量の低いレール自体の摩耗が増すとともに、タイヤの摩耗の増える傾向にあることを発表⁽³⁾したが、このうちで0.2% C 鋼のレールを組合せたときの試験経過中の摩擦面は今回の高マンガン鋼の場合と全く同じような状態であった。すなわち、すべり割合が増すと摩耗粉は砂じんのように発生し、摩擦面は荒れて光沢のないなし地はだで、たがいに引っかき合うような感であって、この現象がなんらかの手掛りになると思う。

また第2, 3図において炭素鋼同志の A_1 組合せの摩耗の少ない差異の一因として、試験中の試験片の摩擦面は、すべりの少ないときは赤かっ色、すべりの多いときは黒かっ色の酸化鉄でおおわれているが、一方が高マンガン鋼になると上述のように常に相互に引っかき合う荒れた銀白色の摩擦面で、転動状態であっても摩耗はいくらか上回り、この傾向は各接触応力ともすべりを伴うとさらに悪化し、すべり10%にもな

第7図

ると第3図の立体図表でも比較できるように、いままでの常識では考えられないような結果になる。

5.2 クロムマンガン鋼の摩耗 摩耗防止方法として金属酸化物を利用することが知られているから、最近のクロム2%程度を含む改良高マンガン鋼は耐摩耗鋼材として興味があるので試験をしてみた。

第3図 $A_1/Cr \cdot Mn$ 組合せはこの総合結果で、すべり割合、接触応力の高い過酷な条件のときの摩耗が少なく、この点はふつう高マンガン鋼や炭素鋼に比べて著しい特長である。

試験経過において摩耗の少なくなる接触条件のときは、常に黒色の酸化物で摩擦面がおおわれることで、すべり割合の増加とともに摩耗の増大する高マンガン鋼の摩耗の一要因を物語っているようにも思われる。

5.3 かたさと摩耗の関係 従来高マンガン鋼の耐摩耗性は、使用に伴ってかたさが増し、組織はマルテンサイト化するためといわれていたもので、筆者の別報⁽⁴⁾においては組織写真も撮ってはみたが打撃によって生じたスリップバンドは認められても、高マンガン鋼独特のオーステナイト組織の粒界は依然として存在

し、はっきりした関係はわからず、かたさが上昇するから摩耗が減少する実験的な結果は、本報の全試験を通じて今なお見出されず、この場合の摩耗もかたさとは無関係で、5・1 項 c に述べた特異な現象が摩耗を促進していると考えざるを得ない。

もっともマンガンてっさのノーズ部分のかたさ H_s が 80 以上の例もあるが、これは前述の振動加速度 100 g にも達する衝撃から生じたもので、この程度の条件になれば打撃による永久ひずみも大きく、またヘヤクラックなども生じやすく、耐衝撃性というのも程度問題で、これほどの接触条件になれば“耐衝撃材料”としても検討を要するところであろう。

かようなときの接触条件は筆者の試験をはるかに上回り、その再現も容易ではないが、かような場合のすべりを伴う試験が果して必要かは改めて考えてみたいと思う。

5・4 高マンガン鋼を扱う上の注意 a. 実際に対して 以上の結果からすべり摩擦のために摩耗の増加する傾向があるから、てっさのような転動接触（衝撃作用と類似）を主とする箇所に使うときは実用上の問題はない。

またクロムマンガン鋼は第 3 図 $A_1/Cr \cdot Mn$ 組合せにみられるように、特定の条件下で特に優秀な性質を発揮しているが、使用条件を誤ると思わぬ結果を招来する。

b. 室内試験に対して 高マンガン鋼は過酷な接触条件のところで使われているので、アムスラー形摩耗試験機のように、高圧接触下で転しょう動できるような構造でなければ、その特長を知ることができない。しかし、この試験機でも見掛けの接触応力が 100 kg/mm² 以上になると、試験片相互の塑性変形のみ増加する傾向があるので、注意すべきことである。

また土木、建設機械を対象にすると、摩耗試験の性質上それぞれの目的に適した装置や条件を再現し、同じ条件下で材質の優劣を比較しなければ、やはりその特長を知ることができない。

c. 実際の摩耗データについて 摩耗現象は学術の中間的な存在であり、また工学でも多部門にわたるために、かような土木部門の実際の摩耗データもわずかで、ために実際と室内試験の対比には非常に大きな断層が感ぜられる。

ために摩耗は機械、金属、土木工学など中間の問題として残る公算が大きく、本報にみられたような常識とは正反対の結果さえ生じていることさえあって、このためには各部門においては折りに触れて摩耗の記録を整理し、少しでも問題の解決のために役立てることを希望する。

6. 結 論

本報で得られた結果をまとめると次のようである。

1) 高マンガン鋼のかたさは、使用開始の初期に上昇して一定値になるが、かたさの上昇によって耐摩耗性が増すとは認められない。

2) 高マンガン鋼は各接触応力ともにすべり割合の増加にしたがって摩耗も増加する傾向があり、すべり摩擦に弱いと考えられるから、試験や実際への応用に当っては、この点に注意する必要がある。

3) クロムマンガン鋼は高マンガン鋼の弱点を補っているが、特長を発揮する使用条件が限定されるから注意すべきである。

4) 高マンガン鋼は衝撃荷重によって不意に破断しない特性がいかにされていると考えるべきであるが、その程度もあいまいなので、今後耐衝撃材料としての検討が望ましい。

5) 実際の摩耗量と室内試験を対比した結果、室内試験で実際のおおよその摩耗量を推知することができる。

不備は続報で補う所存であるが、本報を結ぶに当り朝倉博士を中心とした学振第 6 小委員会報告の示唆を謝し、困難な試験片の製作を担当された大同製鋼、日本鑄造会社、実地データを恵与された近畿日鉄、大同製鋼会社の担当者各位、かたさ試験機の適正值保持に協力された関西カタサ研究会の山城氏らに誌上を通じて謝意を表する。

文 献

- (1) 斎藤、山本、摩耗試験、(昭 18-3)、149、トキワ書房。
- (2) 八木、機械学会論文集、23、130 (昭 32-6)、386。
- (3) 八木、機械学会論文集、24、142 (昭 33-6)、345。
- (4) 八木、材料試験、8、68 (昭 34-5)、423。
- (5) 小野、鉄道技術研究資料、14、11 (昭 32)、14。
- (6) 加藤、工学院大学研究報告、No. 1 (昭 29-4)、46。
- (7) 軌道研究会編、特殊分岐器、(昭 12-4)、71、工業雑誌社。
- (8) 栗田、伊吹、電気製鋼、24、7 (昭 31-7)、1。

討 論

〔質問〕 (1) 研究の結果から、高マンガン鋼のてっさは、使用上の効果は摩耗からは無意味とのことだが、実際上の経験はどうであるか、この点を調査する必要がある。

(2) 高マンガン鋼てっさの有効なのは、摩耗以外の他の理由、たとえば衝撃破壊に強いのが理由であるなら、将来てっさ材料についての研究上有意義のこととなる。(朝倉希一)

〔回答〕 (1) かようなはなはだしい摩耗を呈しながら問題にならなかった理由は次のように補足すると明らかになると思う。

イ) 転動接触の場合 実際試験、室内試験ともに“転動接触”で使われるときは摩耗に関しては問題はない。

ロ) すべりを伴う場合 本文 64 ページの試験記録⁽⁷⁾から、先端レールを使ったと推定されるデータは第7図(b)のような座標になり、現在のものより高い摩耗量を示しており、先端レールには適さぬと思う。またいまでも曲線路中にてっさを設けることがしばしばあるが、この場合はタイヤフランジが当たりやすいから注意する必要があると思う。

これに対しブルドーザのキャタピラや排土板の切刃、パワーショベルのつめなどのようなすべりを伴う箇所には既に高マンガン鋼は用いられておらず(答1)

(答2)(答3)、表面焼入れや表面盛金などがこれに代っているのも、これらの機械を使う仕事にたづさわった人々の経験からうみ出された対策で、非常に興味があるものと思っている。また砂のはいる路面軌道は年間の通過トン数が200万トン以下で、たとえ単位接触回数当りの摩耗は多くとも、一度布設すると10mmくらいの摩耗をするのに20~30年もかかるので、本文中のようにいまなお実用に供されている。

(2) 御指摘のように結果的にみた高マンガン鋼の特長は、炭素鋼その他のように衝撃などによって不意に破壊しない特性が買われていると思う。たとえば、マンガンてっさに生じたセリークラックは炭素鋼レールのように深く進まず、うろこのような薄片になる事実から“切欠き感度の鈍さ”にあるのではないかと推定される。

また原形よりずいぶん摩耗して薄くなった路面軌道の先端レールや、クラッシャの圧碎歯なども“折損”することなく使われているようである。

高マンガン鋼も“疲労”の面から調査研究すれば何か新しいことがわかるのではないかと考えている。

(答1) 吉崎他、神戸製鋼、No. 13~15 (昭 29-4, 7, 10)。

(答2) 秋本、神戸製鋼、No. 19~21 (昭 30-10, 昭 31-1, 4)。

(答3) 大塚、関西支那第35期定時総会講演会前刷、講演番号 108, (昭 35-3-18)。

論文集 26 巻 170 号 (昭 35-10) 正誤表

執筆者名	ページ	欄	行	誤	正
村上 裕則 ^他	1391	左	20	干渉	干渉
	1393	第6表	第2欄	ρ/b	ρ_1/b
津田 鉄弥 ^他	1394	左	下から8行以下	ρ/b	ρ_1/b
	1406	左	12	=0	削除
	1411	第6図	説明	翼有限部根元	翼有効部根元
	1413	第4表	第2欄11行	励振蒸気力, F	コンマを削除
前沢成一郎	1414	右(討論)	13, 14	13行最後のかっこを14行の(2・11)の次へ移す	
	1466	(39)式	下から1	分子, 分母の	
	1467	(43)式		$\sum_{n=3,5,\dots} M_n(\dots)$	$\sum_{n=3,5,\dots} M_n(\dots) \cos \frac{n\theta_0}{2}$
	〃			$\sin n\theta$ は	$\sin n\theta$ には
	1470	(73)式		$\dots(-1)^{(s+m)/2-1} \left[\dots \right]$	$\dots(-1)^{(s+m)/2-1} \frac{m}{s} \left[\dots \right]$
	〃	(74)式		$= \frac{\theta_0}{\pi} (2\zeta) m (\Omega^2 \gamma_{s,m})$	$= \frac{\theta_0}{m\pi} (2\zeta) (\Omega^2 \gamma_{s,m})$
	1471	(85)式の分母		$\sum_{n=3,5,\dots} M_n(\dots) \frac{n\theta_0}{2}$	$\sum_{n=3,5,\dots} M_n(\dots) \cos \frac{n\theta_0}{2}$
	1474	(99)式		$(\dots + y_n \sin n\theta)$	$(\dots + y_n \sin n\theta)$