

鋼管移送騒音防止装置“マグネスキッド”

Silencing Equipment for Steel Pipe Production Lines, “Magneskid”

The electromagnetic technique applied in various fields of electric and electronic industries has been remarkably improved of late. It has become an indispensable tool for the rationalization of production lines, labor saving, improvement of working environment, etc.

This article introduces “Magneskid”—an application of electromagnets for noise abatement for steel pipe production lines.

泉 館 昭 雄* Akio Izumidate
北 川 碩** Hiroshi Kitagawa
石 田 真 之 助*** Shinnosuke Ishida
伊 東 将*** Susumu Itoh

1 緒 言

近年、パイプラインや各種配管に使用される鋼管の需要が増加している。一般に製鉄所などにおける鋼管製造部門では、製造した鋼管の移送にローラコンベヤを用い一つのラインを構成している。またこのような各ライン間を連結するとともに鋼管の各種処理や検査を行なうよう規定の位置に一時鋼管をたくわえるスキッドを各ライン間に設けている。このスキッドは鋼管を次のラインへ移送しやすくするために通常傾斜をもたせているが、次々に鋼管を流すと、スキッドに溜(た)めてある鋼管とラインから送られてきた鋼管が衝突し、大きな轟音(ごうおん)を発生する。またスキッドの距離が短い場合は上記の傾斜を付けずにスキッドを構成したり、クレードルを設けて一時貯蔵を行なったりするが、この場合にも同様に鋼管どうしが衝突して轟音を発生する。この轟音は鋼管であるがために騒音エネルギーが大きく遠方までひびき渡り、特に昼夜を問わず操業する製造所の場合、この轟音は一つの騒音公害といえる。

一方、最近の騒音公害規制立法ならびに労働環境の問題などによって騒音規制が行なわれ、上記のような騒音を発生する製造所などにおいては騒音を押える方法、装置が要求されている。

本報にて以下に説明する装置はスキッドに電磁石を配置し、この電磁石の有する磁気エネルギーと鋼管のころがりエネルギーとの相互作用により鋼管内にうず電流を発生させ、このうず電流と電磁吸引力とによるブレーキアクションによって、速度、ひいては衝突エネルギーを減衰させ、鋼管の衝突時の騒音を抑制するとともに、衝突や蹴(け)りによる鋼管の傷、変形をも防止する画期的なものである。なお本装置に関してはすでに多数の特許を国内外に出願中である。

2 騒音防止の現状と問題点

騒音は環境汚染の一つとして最近にわかにクローズアップされ、世論の関心が高く環境汚染の中で苦情、陳情の件数が最も多い。これは騒音発生源が多種雑多であり、しかもそれらが住居地域と混在しているということに起因している。環境汚染の中でも大気汚染や水質汚濁などには、たとえばppm(汚染濃度)のような科学的、客観的指標があるのに対し、騒音は単に騒音レベルという物理的指標のほかに、情緒的、心理的影響を考慮しなければならないため、ますます複雑となり最も解決の困難なものとされている。

騒音はその発生源の種類によりそれぞれ複雑な様相を示しているが、監視と規制により種々の対策が施されつつあり、部分的には効果の上がっているところもあるが、全体的には騒音防止の度合いはあまり変わらず、むしろ発生地域の範囲が局地的なものから広域化しつつある現状である。

騒音は従来、たとえば、吸音材、防音壁、マフラーなどを用いていったん外部に発生した騒音の軽減や吸収がその防止対策の中心であった。すなわち、ある系のエネルギーをみた場合、本来は効率低下から望ましくないにもかかわらず、たとえば機械的・電氣的エネルギーの一部が音のエネルギーとなり、このロス(損失)の音のエネルギーが騒音というやっかいな物理現象となり、この対策にさらに余分のエネルギーを必要とする悪循環を繰り返すのである。

そこで当然ではあるが最も理想的な姿は、その系の機能をそこなうことなく騒音の発生源を根本から断つ一次的な手段であり、またこれができるのが真の騒音防止装置といっても過言ではない。

3 騒音発生源のモデル化

3.1 あらい斜面をすべらずにころがる物体の運動

今、図1のように鋼管がこう配 θ を有するあらいスキッド(斜面)の上をすべらずにころがる場合の運動を考えてみる。

図1において鋼管の質量を M とすると鋼管に働らく力は重力 Mg (鉛直方向)、斜面の抗力 N (斜面に直角)と摩擦力 F_f である。

さて、図1のような鋼管をころがしながら移送する方法は、チェーンコンベヤ、ベルトコンベヤといった機械的搬送手段に比べ、鋼管自身の自由落下による物理現象をそのまま利用したもので、最も安価で確実な搬送手段といえる。しかしながら鋼管はころがるに従い速度を増して行き、したがってその運動エネルギーも移動距離に比例して増大するので、いったんころがり出した鋼管をストップさせるには斜面の途中に機械的ストップを設けてこれに衝突させるか、あるいは静止している他の鋼管と衝突させてストップさせる方法が従来とられている。この衝突時に大きな騒音が出るわけである。この衝突による騒音が小さければスキッドにこう配を設けて鋼管を移送するのが安価で確実であるが、小径管～大径管により衝突時のエネルギーは5～2,500(N·m)にも及び、これをわずかな制動距離で制動して衝突による騒音を防ぐには非常に大きな制動力を必要とする。一般にスキッドラインを移送する

* 新日本製鐵株式会社設備技術センター電気計装開発室 ** 日立製作所機電事業本部 *** 日立製作所大みか工場

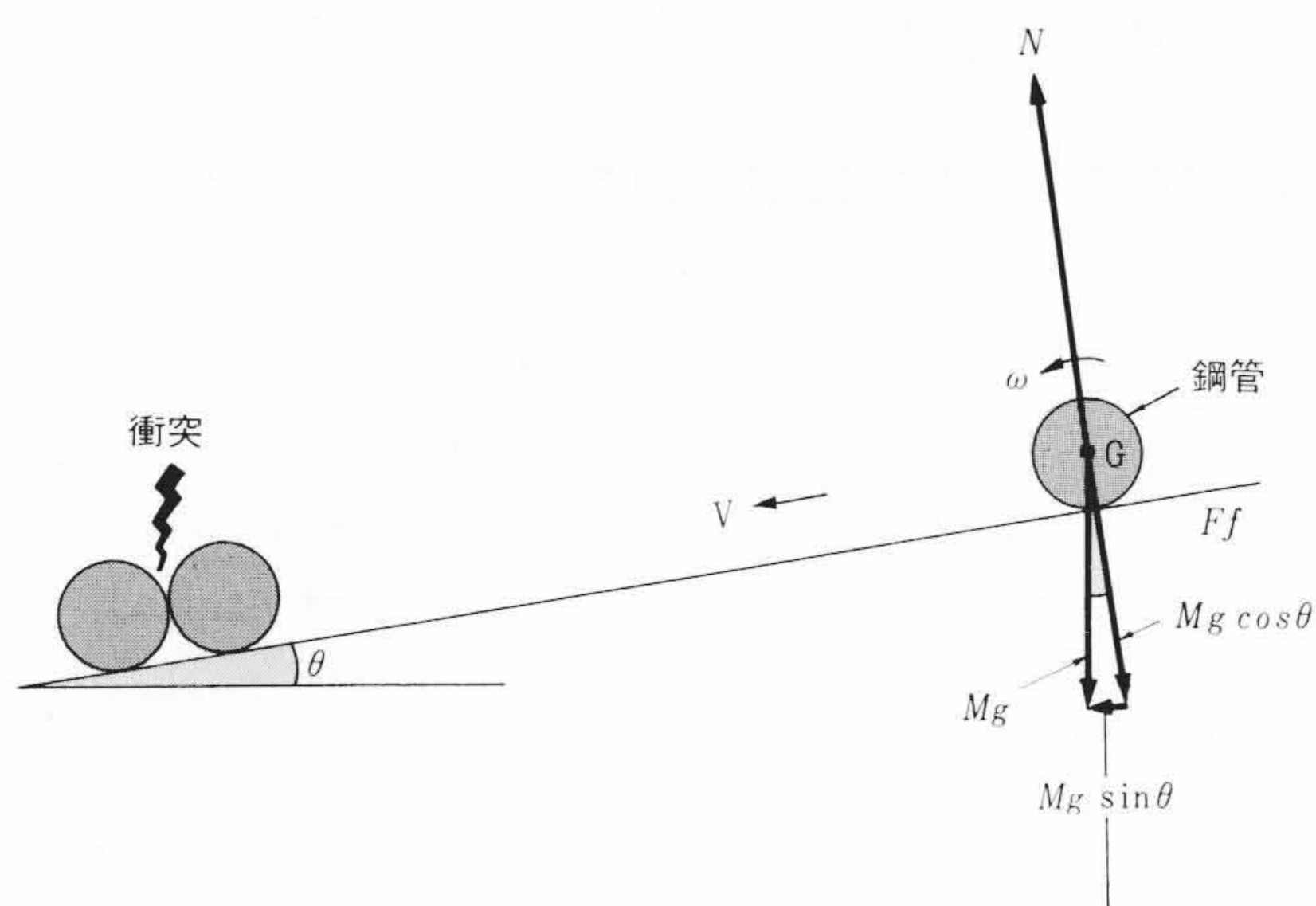


図1 あらい斜面をすべらずにころがる物体の運動 質量 M を有する鋼管は重心速度 V ですべらずにころがり止まっている鋼管と衝突して大きな騒音が発生する。

Fig. 1 Dynamic Motion Without Slip on Rough Slope

鋼管を速度を大きくして移送する例はまれで大半はその移送速度を必要としないにもかかわらず、自由落下現象を用いているため不必要な加速を鋼管に与えてしまい、二次的に出た騒音の対策をしなければならないのが現状である。また鋼管に不必要に加速を与え大きな衝突エネルギーで衝突させるのは、製品の変形、表面の傷の問題などから本来避けるべきで、製品の価値からも「すべらすな」、「ころがすな」、「ぶつけるな」のような鉄則は守られなければならないと考える。

3.2 衝突による音のエネルギーについて

さて衝突などによって発生する騒音を理解するには、音の物理現象を理解し、耳で聞こえた音の感覚について認識する必要がある。音は物体の急激な衝突や振動によりそれを取り巻く媒質が波をつくり出すときに生じ、人間の耳に聞こえるのは、空気中の粒子の振動が鼓膜に伝わり人に音を感じさせる結果である。すなわち、その音の伝搬は空気粒子の慣性と弾性によるものであって、音源に接近している媒質（空気）の微小粒子は、音源の振動によって押され、その部分は次々に隣接の粒子に力を与えて、連鎖反応を繰り返しながら音を伝える。この伝搬のしかたは力の伝達である。すなわち粒子の慣性、弾性の力によって空気中の一つ一つの粒子は、一つの位置で振子のように往復運動をする。

このような物理現象の音を人間が聴覚でとらえて、聴者の心理作用などのフィルタを通し、クリティカルな点は主観的な尺度で判断して「うるさい」「さわがしい」と感じた場合に騒音として受け取られるのである。

われわれが日常聞いている音の強さというのは、実はたいへん微少なエネルギーである。ある点の音の強さというのは、その点と同じ音が 1m^2 のわくを通り抜けるときのエネルギーのワット数で表わされる。音の強さが $1\text{W}/\text{m}^2$ あれば非常に「うるさい」人間が耐えうる限界に近い強い音である。普通の会話程度では $10^{-6}\text{W}/\text{m}^2$ 内外である。

ところが人間の耳は音の強さ、高さ、音色を聞き分けることができ、非常に弱い音から強い音まで感ずることができる。人間の耳に聞こえる音の周波数範囲はだいたい 20Hz から $20,000\text{Hz}$ といわれている。音の高さを決めるものが周波数で、周波数範囲の最低から最高まで $1,000$ 倍の範囲が聞こえることになる。光の場合、周波数の最低から最高まで約 2 倍であることを考えると音の可聴範囲はいかに広いかがわかる。これを

音の強さで考えると、耳にやっと聞こえる大きさは $10^{-12}\text{W}/\text{m}^2$ であり、また $1\text{W}/\text{m}^2$ まで聞こえるから音の強さに対する耳の応動範囲は 1 対 10^{12} 倍であり耳がいかに敏感であるかがわかる。

人間が音を聞いたときの感じには前述のように主観的な尺度での判断がはいつてくる。また人間の耳には独特のくせがあり、周波数の小さい低い音や、周波数の高い音では非常に感度が悪くなる。そしてこれらには個人差が出てくる。騒音問題を扱うときこの点十分な注意を要する。

音の大きさのレベルを表わすのに phon が一般に用いられる。 phon は $1,000\text{Hz}$ ではその音圧レベルの値をいい、 $1,000\text{Hz}$ 以外の音については $1,000\text{Hz}$ 以外の音と聞き比べて大きさが等しいと判断される $1,000\text{Hz}$ の音圧レベルの数値をいう。

人間の最小可聴音の強さ I_0 は $\nu=1,000\text{Hz}$ で $10^{-12}\text{W}/\text{m}^2$ であるから任意の音の強さ I_s のレベル I_sL は、

$$I_sL = 10 \log_{10} \frac{I_s}{I_0} \quad (\text{phon}) \quad \dots\dots\dots (1)$$

(1)式より $I_s=1\text{W}/\text{m}^2$ のときは、 $I_sL=120\text{phon}$ となる。

また、たとえば現在 120phon の騒音を 80phon に下げようとするには(1)式より I_s すなわちエネルギーを $\frac{1}{10,000}$ にしなければならず、いかにむずかしいかがわかる。

すなわち、衝突などの衝撃時の騒音を例えば 80phon に押えようとするには非常に小さな速度、すなわち衝突物をソフトタッチさせなければ実現できない。しかしこの小さな速度は、衝突エネルギーが単一の単振動波動エネルギーに変換されると仮定したためであり、実際には複数の単振動合成と考える必要がある。すなわち、鋼管どうしの衝突などの衝撃音の場合には純音のように簡単ではなくいろいろの周波数成分から成っており、それぞれが相互に干渉し複雑な振動となる。いずれにせよ、速度 V を小さくしてやれば衝突による音のエネルギーは減少し騒音を抑制できる。

4 うず電流式騒音防止装置の原理

4.1 鋼管に作用する磁氣的吸引力

今、図2のように長さ $2h$ の2本のスキッドレールの両端を鉄心にて短絡し、この両鉄心に励磁コイルを設け、鉄心の両端がそれぞれ同極となるよう二つの励磁コイルが等しく励磁されている場合を考える。一方のマグネットヨーク端から距離 x の点 P 、 Q 上に鋼管がある場合、鋼管に流れる磁束 Φ_{y1} は一般に近似的に次式で表わされる。

$$\Phi_{y1} = ae^{-bx} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここで a 、 b は磁路によって定まる定数である。

また他方の励磁コイルにより鋼管に流れる磁束 Φ_{y2} は、

$$\Phi_{y2} = ae^{-b(2h-x)} \quad \dots\dots\dots (3)$$

したがって点 x における鋼管内合成磁束量 $(\Phi_x)_T$ は、

$$(\Phi_x)_T = \Phi_{y1} + \Phi_{y2} = ae^{-bx} \{1 + e^{2b(x-h)}\} \quad \dots\dots\dots (4)$$

(4)式の関係は図2に示すとおりである。合成磁束 $(\Phi_x)_T$ は励磁コイルと鋼管間の距離 x に対し $0 < x < h$ の間では近似的に x の二乗に反比例し、 $h < x < 2h$ の間では近似的に x の二乗に比例することになり、 $x=h$ の点で変曲点を有する。すなわち、鋼管が $0 < x < 2h$ まで移動する間に合成磁束 $(\Phi_x)_T$ は変化して鋼管に作用する磁気エネルギーの位置変化が生ずる。この場合、鋼管の移動方向と反対方向に磁氣的吸引力 F_m が働き、マグネットの励磁電流を一定値 I とすれば次式が成立する。

$$F_m = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \frac{d(\Phi_x)_T}{dx} = -\frac{1}{2} I \cdot abe^{-bx} \{1 - e^{2b(x-h)}\} \quad \dots\dots (5)$$

(5)式の関係を図示すると図2中のハッチングを施した部分のように $0 < x < h$ 、すなわち鋼管がマグネットを離れようと

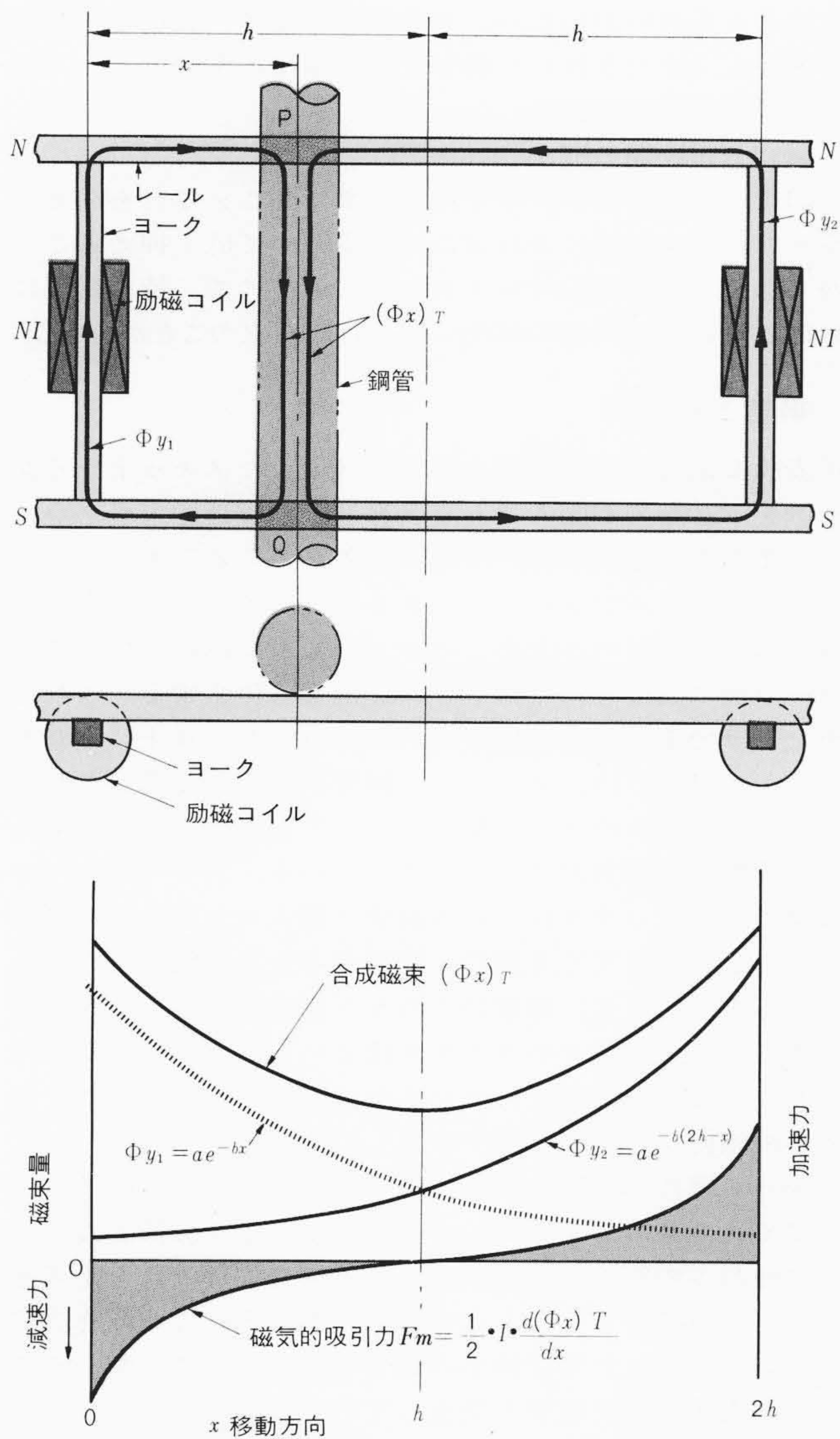


図2 鋼管に作用する磁氣的吸引力 鋼管内に流れる合成磁束は鋼管が移動するに従い変化し、マグネットから鋼管が離れようとするとき減速力、マグネットに近づこうとするとき加速力が作用する。

Fig. 2 A Characteristic of Magnetic Force Acting Upon Steel Pipe

すると、減速力が働き、 $h < x < 2h$ 、すなわち鋼管がマグネットに近づこうとするとき加速力が働き、鋼管には減速—加速の振動力が作用する。(5)式は非線形であるが同一励磁量で励磁コイル間距離 $2h$ を小さくすれば、

$$F_m \approx \frac{I \cdot ab}{2h} (1 - e^{-2bh}) \cdot (x - h) \quad \dots \dots \dots (6)$$

と直線近似化ができる。

4.2 鋼管に作用するうず電流ブレーキ

前項で述べたように鋼管内には $(\Phi_x)_T$ なる磁束が流れている。一般に導体内を貫いている磁束が時間について変わるか、または導体と磁束が相対的に運動して導体の一部が磁束を切れば、導体内に誘導電流、すなわち閉ループのうず電流を生ずる。うず電流は導体の形、大きさ、透磁率、固有抵抗、導体内の磁束分布状態と時間についてその変化あるいは導体によって磁束が切られる速度などによってきわめて複雑な形および分布となる。

どんな場合でもうず電流が生ずるとその結果として導体内にジュール熱を生じて導体の温度が昇り、かつそれだけの電力損失をきたす。うず電流によって二次的に生ずる磁束はレ

ンツの法則で明らかのように、常に電磁誘導の原因、すなわち一次磁束の時間的変化または一次磁束と導体との相対運動に反抗しようとする逆作用を現わす。

磁束が切られることによって誘起する起電力 e によってそれと同方向に流れる誘導電流 i が生ずれば、フレミングの左手法則により電磁力 Fe が働いてその運動に反抗する。したがって導体を $V \cdot dt$ だけ運動させるには外部から $Fe \cdot V \cdot dt$ に等しい機械的エネルギーを供給してやらなければならない。エネルギー保存則より機械エネルギーは回路に生ずる電気エネルギー $e \cdot i \cdot dt$ に変換されるべきである。

図1のように鋼管がころがる現象を考えると $Fe \cdot V \cdot dt$ なる機械エネルギーは鋼管のもつ運動エネルギーから得られるべきもので、外部から供給する必要はなく鋼管が本来もっている運動エネルギーを電気エネルギーに変換し、さらにこの誘起起電力によって生ずる誘導電流 i による電磁力 Fe に変換され、鋼管の運動方向に対する抗力を生ずると考えられる。ただしこの場合、鋼管移動時の音のエネルギー、摩擦ロスなどはないと仮定されており、また鋼管内に生ずると考えられるうず電流損についてのみ考慮している。

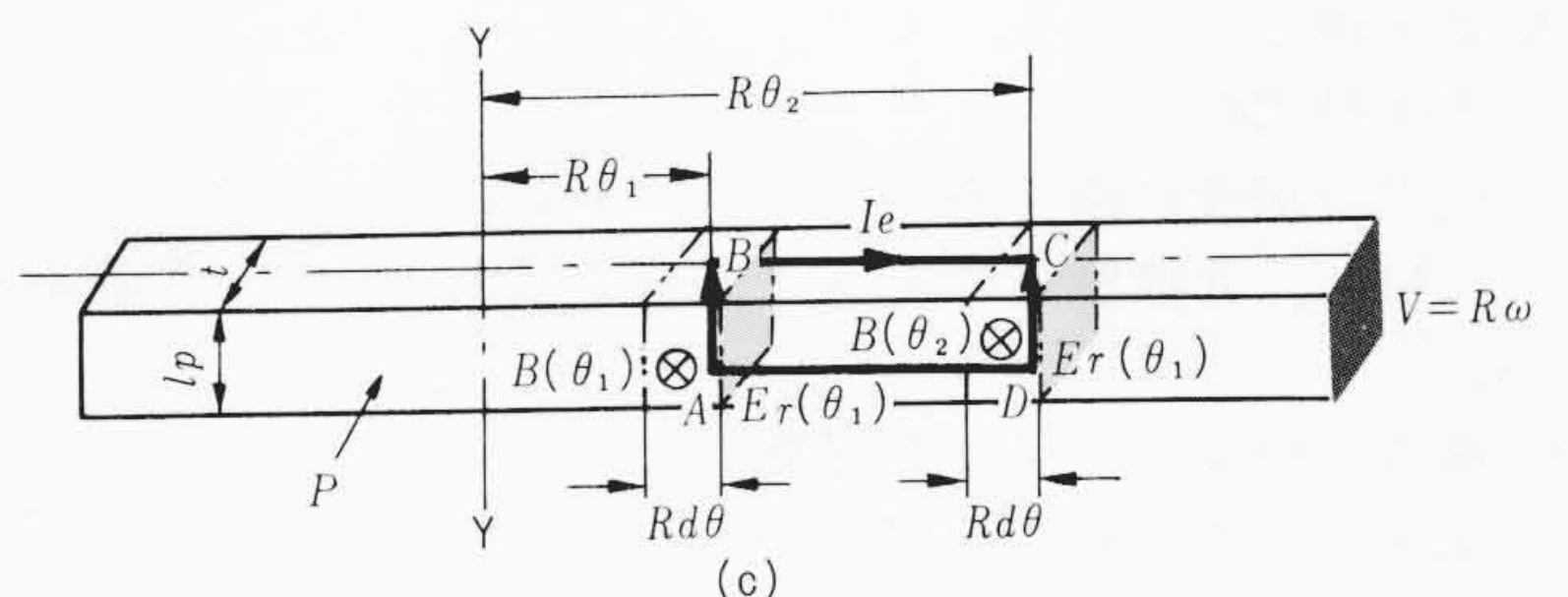
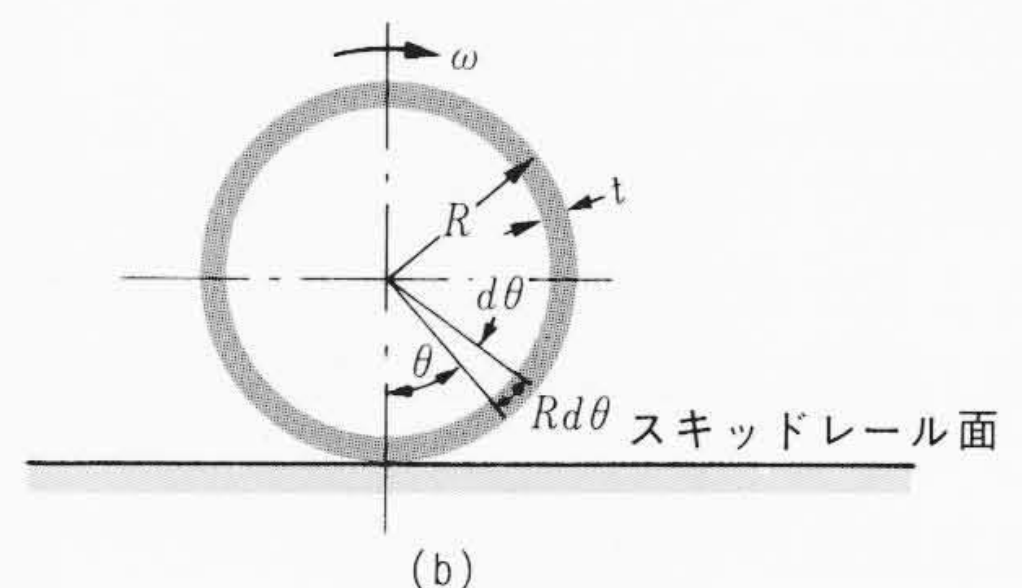
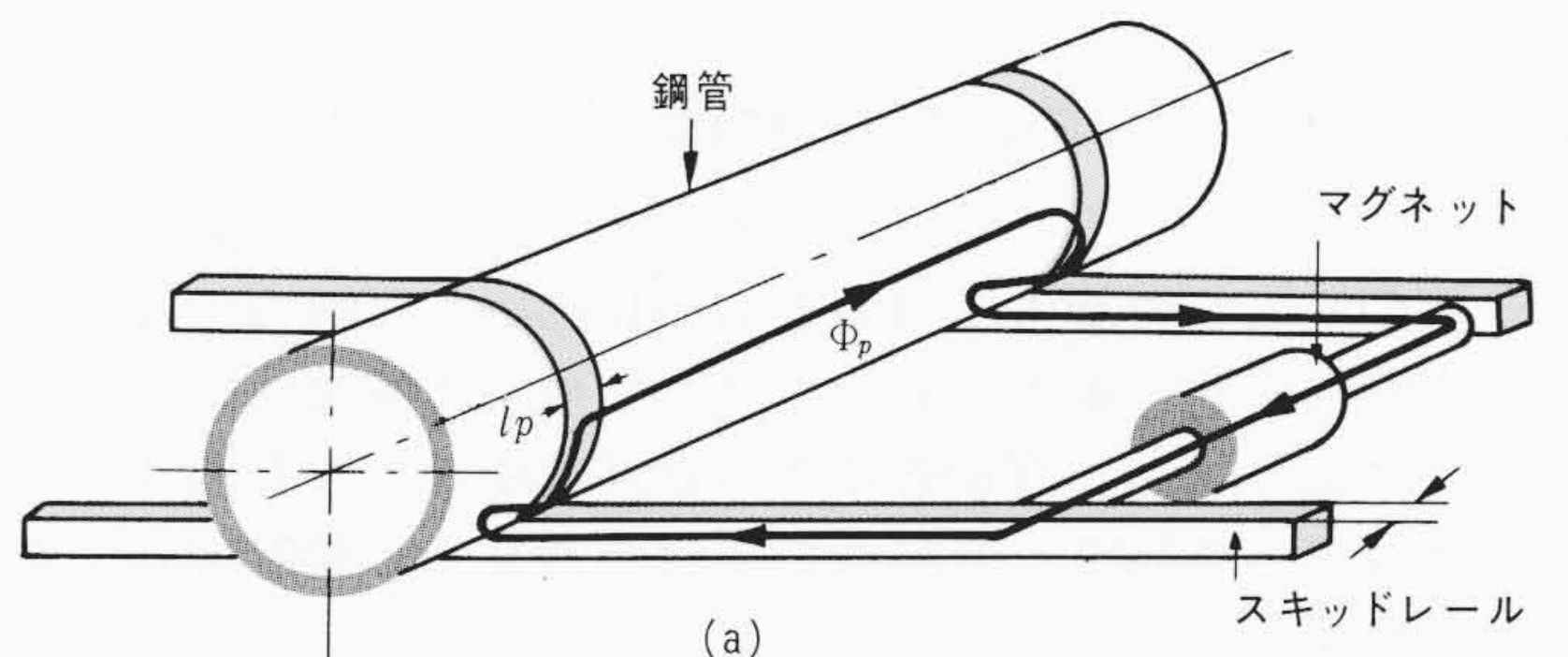


図3 鋼管内に生ずるうず電流 鋼管内に発生するうず電流によって生ずる二次磁束は、一次磁束と導体（鋼管）の相対運動に反抗しうず電流ブレーキとなる。合成ブレーキ力による吸収エネルギーと、初速時に鋼管の有するころがりエネルギーが等しくなったところで鋼管は停止する。

Fig. 3 An Analysis of Inductive Eddy Current in Steel Pipe

今、図3のようなモデルを考えファラデーの右手の発電法則を適用する。図3(a)は鋼管が磁化されたスキッドレール上にあり、鋼管内に Φ_p なる磁束が通っている状態を示し、図3(b)は鋼管がスキッドレールと接する部分の拡大図、図3(c)は同図(a)のレールに接する部分を切り開いた状態を示すものである。図3(c)のYY中心軸に対称に磁束密度がx方向に減少していくことは図3(b)より明らかである。すなわち、 $B(\theta_1) > B(\theta_2)$ となり、したがって導体Pが $R\omega$ なる速度で移動すれば図3(c)に示すように $E_r(\theta_1) > E_r(\theta_2)$ なる誘起起電力が生ずる。したがって回路には I_e なる閉ループ電流が流れる。

今、スキッドレールが鋼管に接する部分の最大磁束密度を B_0 とすれば鋼管の全断面に働くうず電流ブレーキ力 F_e は近似的に次式で表わされる。

$$F_e = q \cdot B_0^2 \cdot V \cdots \cdots (7)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{ここで、} \quad q &= \frac{Sp(8l_p + 5\pi R)}{15\rho} \\ Sp &= 2\pi R t \text{ (鋼管の断面積)} \\ \rho &: \text{固有抵抗} \end{aligned} \right\}$$

すなわち、うず電流ブレーキは B_0 を一定とすれば、速度 V に比例する。

5 鋼管移送騒音防止装置の特長

以上述べてきたように、本装置はスキッドに電磁石を配置し、この電磁石の有する斜面方向の振動磁気吸引力を媒体として鋼管内にうず電流を発生させ、このうず電流によるブレーキアクションにより鋼管のころがり速度、すなわちころがりエネルギーを減衰させ鋼管の衝突時の騒音を抑制する従来にない騒音防止装置である。

本装置は次の特長を有している。

(1) 騒音発生源の消滅

従来の騒音防止対策は発生した騒音の軽減または吸収対策中心であったが、本装置は騒音発生源を根本から断つことができる。

(2) 大きな減音効果

うず電流ブレーキ作用により鋼管のころがり速度を著しく減速することができ、衝突エネルギーを抑え、発生する騒音を抑制、僅少にし、鋼管どうしのソフトタッチを可能にする。

(3) 大幅な速度制御が可能

各励磁コイルへの通電電流を変えたり、通電する励磁コイルの適時選択ができ、外径、長さ、肉厚の異なる種々の鋼管の速度制御が可能できわめて能率的である。

(4) 鋼管の傷、変形防止

従来、避けられなかった衝突時に鋼管に発生するスクラッチマーク（傷）や変形をソフトタッチにより防止でき、製品価値を高め得る。

(5) 非接触式磁気ストッパ

従来の鋼管に直接接触させて減速するメカニカルストッパに対し、非接触式ストッパなので二次的騒音や摩耗がない。

(6) 構造が簡単で取付けが容易

工場内設備の配置などをとなく既設のスキッドレールをマグネット構造の一部として使用でき、またマグネット本体も小形軽量で取付けが容易である。

(7) 職場環境の改善

ある企業に同時に入社した人が、一方は空調室、一方は騒音の激しい職場では作業者が定着せず、またたいせつな

熟練者をも失いかねない。本装置は作業者の職場定着問題も解決し、またきれいで静かな作業環境の実現により、難聴問題も解決できる。

(8) 騒音公害問題の解決

鋼管は音響効果が大きく遠方にまで聞こえる音を発生しやすいが、本装置によればこれをきわめて低く押えることができ、しかも音をコントロールできるので、特に夜間における騒音公害問題の解決にも大いに役立つことができる。

6 構造と適用例

代表的な鋼管移送騒音防止装置を適用したスキッドラインの一例を示したのが図4である。普通、鋼管は搬入ローラによって1本ずつ搬入され、所定の位置までくるとキッカーにより鋼管がスキッドレール上へある初速度で蹴り出される。鋼管はスキッドレール上をころがって徐々に速度を増して搬出ローラ前に設けられたストッパに衝突し停止する。これを搬出ローラで1本ずつ搬出する。スキッドレール上に鋼管が1本しかないときは、ストッパに鋼管が衝突する場合の騒音発生となるが、このような場合はまれで普通はスキッドレール上に複数本の鋼管がストックされている。スキッドレール上にすでにストックされている鋼管と搬入ローラによりスキッド上をころがってくる鋼管が衝突するときに大きな騒音を発生することになる。鋼管のころがり速度を小さくし騒音を軽減するにはこう配を小さくすればよいが、取扱い鋼管は肉厚、外径、長さなど多岐にわたるため、そのラインで取り扱う最小の鋼管が自重で落下するようこう配が選定されている。したがって理想的設備は鋼管仕様によりこう配が自動的に変化してくれるものであるが、これは大がかりな装置となり、同時に複数本の鋼管がころがってくる場合にはこれも不可能となる。そこで今までは大きな鋼管は本来そのこう配を必要としないにもかかわらず最小の鋼管がころがるこう配上をころがって大きな衝突騒音を発生している現状である。

これらの諸問題を安価にしかも既設のラインを乱すことなく解決するのが鋼管移送騒音防止装置である。すなわち各スキッドレールを短絡する複数個の励磁コイルを有するマグネットを設けて、これらの複数個の励磁コイルを励磁することにより、図4のように極性を有するマグネチックスキッド(Magnetic Skid, 商品名“Magneskid”)とした装置である。

図4のようなMagneskidによって実測した鋼管ころがり特性曲線は図5に示すとおりである。

マグネットを励磁しないで鋼管をころがすと計算値は点線で示された速度となる。実測値は実線のように計算値より低い値となるが、これはレール面の凹凸(おうとつ)、鋼管の真円度などが影響しているものと考えられる。

12m長のスキッドライン上ころがり距離 $S_0=9.88\text{m}$ で同一鋼管を衝突させた場合の実測騒音レベル SPL_1 (音源から1m離れた点におけるSound Pressure Levelで(1)式と同じ値)は116dBと人間の最大許容音に近い大きな値を示した。

一方、図5のように12m長のスキッドラインに5個のマグネットを1m間隔で配置しこのマグネットの励磁量を変えたときの特性は、

(1) 50Vで励磁したとき：鋼管の速度はマグネットE点の真上でマグネット無励磁時の25%の速度、エネルギーは(13)式より6.25%となる。

(2) 100Vで励磁したとき：鋼管の速度はマグネットE点の真上でマグネット無励磁時の16%の速度、エネルギーは(13)式より2.56%となる。

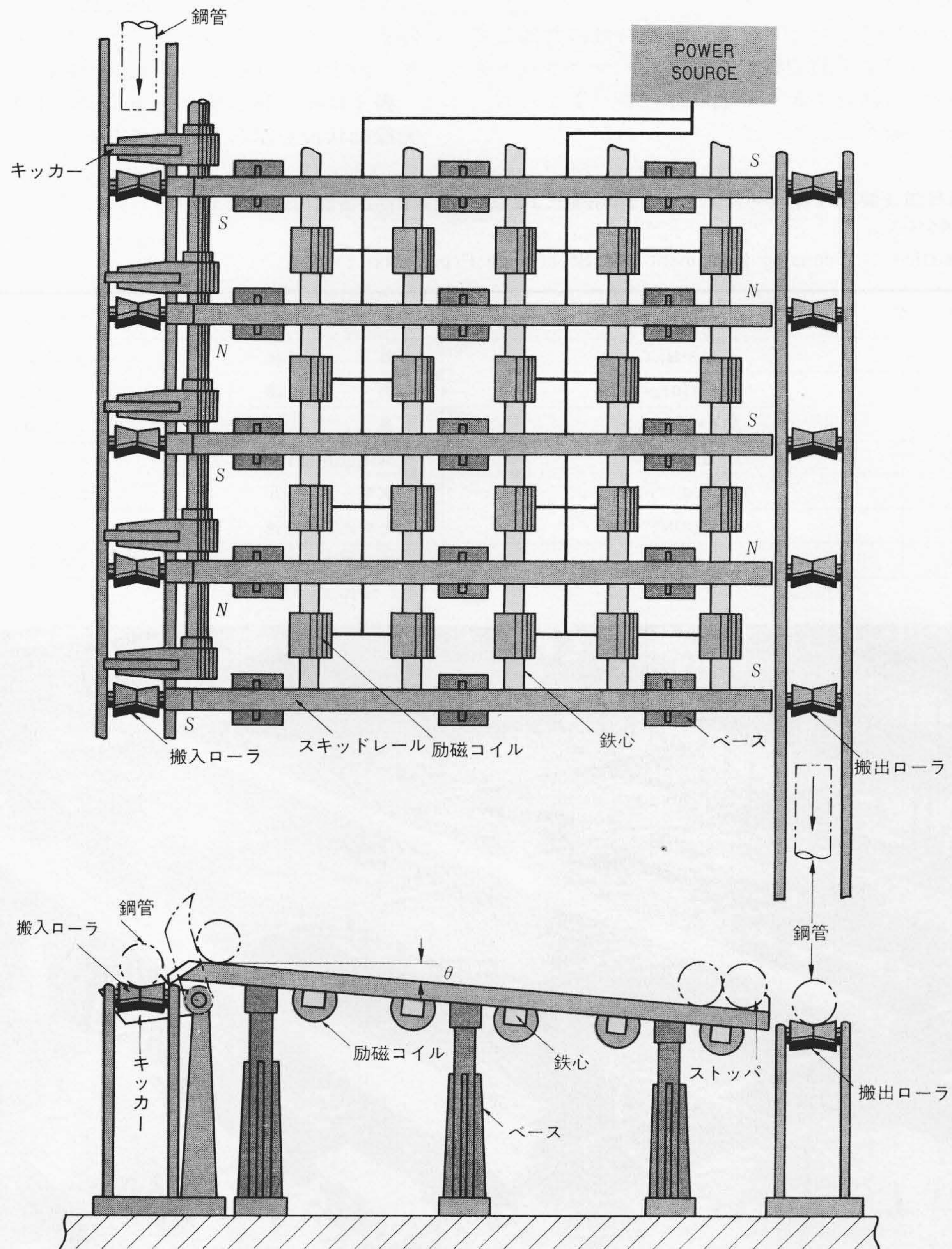


図4 鋼管移送騒音防止の適用例
スキッドレール間にマグネットを網の目状に配置して各レールを棒状のマグネットにすることによってマグネスキッドが構成される。

Fig. 4 An Application of Silencing Equipment for Steel Pipe Production Lines

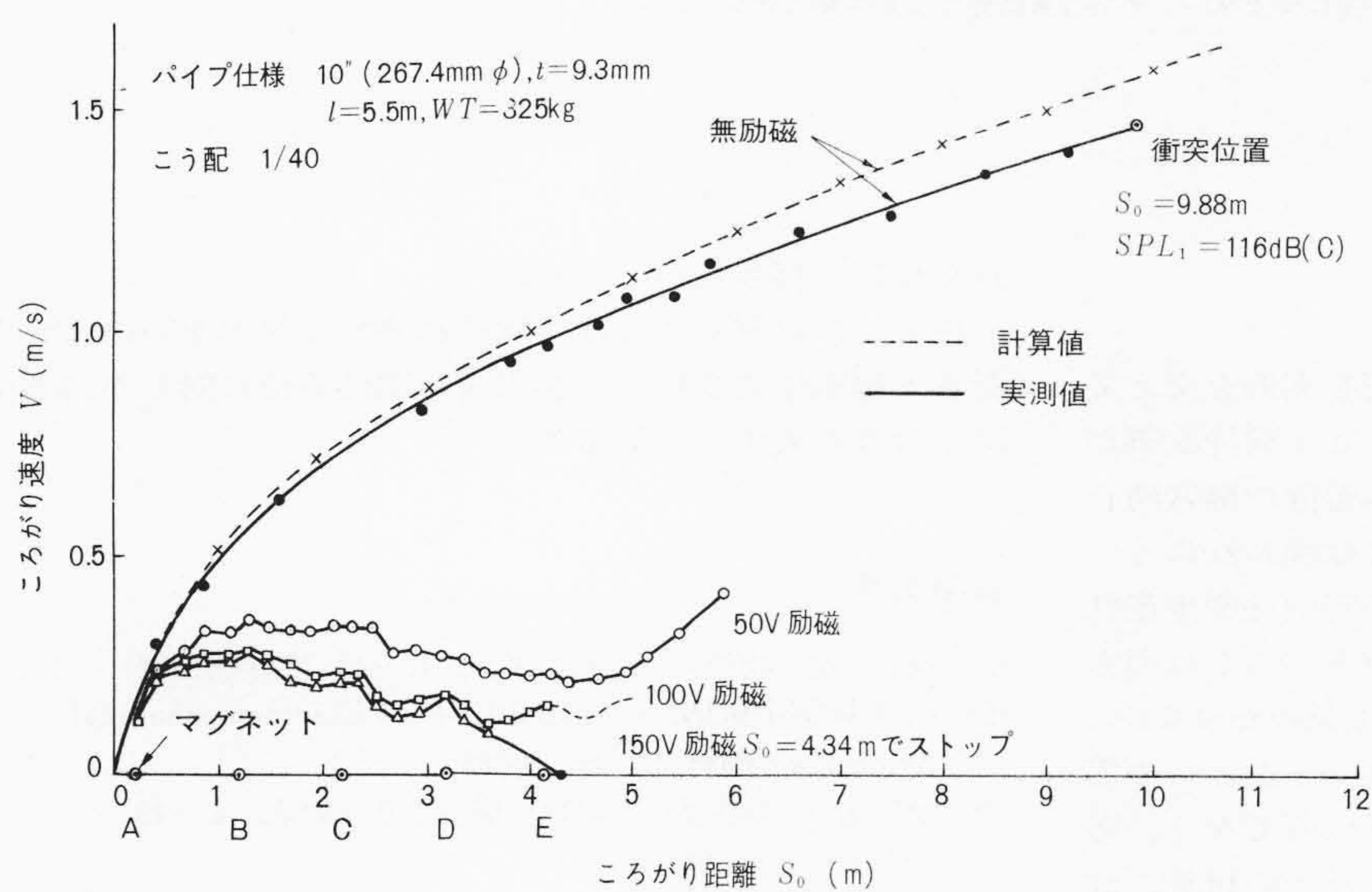


図5 鋼管ころがり特性 (一例)
鋼管には減衰振動的な力が作用し、またこの力はマグネットの励磁量の調整により任意に可変できる。

Fig. 5 A Characteristic of Throwing Down Steel Pipe on Skid Rail (Example)

(3) 150Vで励磁したとき：鋼管はマグネットE点を通り過ぎた位置で停止する。

またマグネットを励磁したときのころがり特性に共通していえることはマグネット手前で鋼管を加速し、マグネットを通り過ぎると同時に制動力が大きく働いている。すなわち、鋼管は振動しながら徐々に減速していくのがわかる。

以上のような特性となりマグネットの励磁量を適時選択してやることにより鋼管の速度制御、ソフトタッチ、途中での停止・発進などが容易にでき、しかも大幅なころがりエネルギー減少により衝突音を大きく軽減することができる。

表1は鋼管移送騒音防止装置の仕様の一例を、図6はその実稼動状況を示したものである。

表1 鋼管移送騒音防止装置仕様（一例） 下表の仕様による鋼管移送騒音防止装置では、衝突エネルギーは0～30%に減少する。

Table 1 Specification of Silencing Equipment for Steel Pipe Production Lines

マ グ ネ ッ ト 仕 様		鋼 管 お よ び ス キ ッ ド 仕 様	
形 式	MS-B ₂₀₈	外 径	4"(114.3mm)～16"(406.4mm)φ
自 重	110 kg	肉 厚	3.0～12.7mm
大 き さ	80φ×2,000mm	長 さ	4,000～12,500mm
電 圧	DC 110V	スキッドこう配	1/40
電 流	75℃にて 1.93A	スキッドレール	6本×6.7m/マグネット40個
定 格	CONT	とび出し時初速	0.7m/s
種 別	B 種	衝突エネルギー	0～30%（マグネット無励磁を100として）

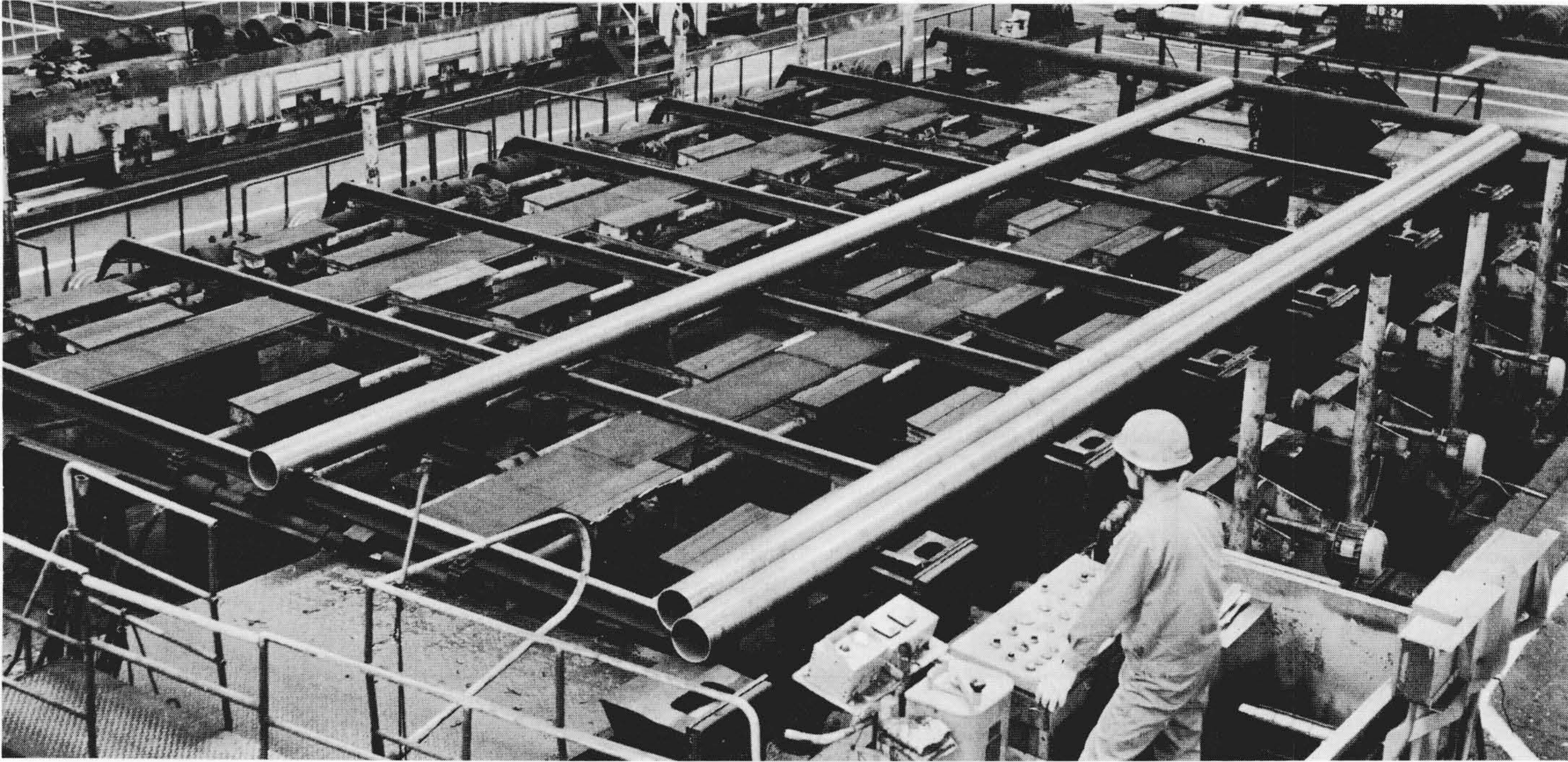


図6 稼動中の鋼管移送騒音防止装置 鋼管の移送はマグネットの励磁量調整により任意にコントロールでき鋼管どうしのソフトタッチが可能である。

Fig. 6 A Setting "Magneskid" in Motion

7 結 言

以上、鋼管移送騒音防止装置の機能と特長を実例を交えて紹介したが、本装置の意義は生産能力を落とさず環境改善が行なえる公害防止機器としたことにある。本装置の騒音防止装置としての設置効果は直接生産コスト面には現われにくいですが、きれいで静かな作業環境の実現により、安全性や生産性の向上ならびに公害防止などに大きな効果があることは明らかで、衝突による傷や変形の有効防止の効果も見のがせない。本装置はまた鋼管ばかりでなく、丸鋼、丸ビレットなどへの応用分野にも拡大されることは明らかで、装置のみでなく、応用の面でもより完全なものとするため、いっそうの研究、改

良を続けて行きたいと考える。

終わりにのぞみ本装置の開発に終始ご協力をいただいた、新日本製鐵株式会社・光製鐵所の関係各位に対し本誌を通じ厚く謝意を表する次第である。

参考文献

(1) 原島 鮮：物理学コンパニオン，47（昭-36 学術図書）
(2) H. H. WOODSON, J. R. MELCHER：Electromechanical Dynamics Part I 283（1968）
(3) 福田基一，奥田襄介：機械の騒音とその対策，4～43（昭-44 共立出版）