

株式会社 日立製作所 正員 石川 正和
 日本鋼管 株式会社 正員 植村 俊郎
 日本鋼管 株式会社 正員 ○若菜 弘之

1. はじめに

近身の深刻化する都市交通問題を解決する手段として、モノレールが計画、建設されることが最近多くなってきている。図-1に跨座型のモノレールとその軌道桁を示す。この図に示すように、モノレールは、ゴムタイヤを車輪として、軌道桁の上を走行していくため、降雨時の走行面が濡潤状態においても、タイヤと走行面の間の摩擦力を確保しておく必要がある。このため、軌道桁に鋼板を用い、上フランジ面を直接走行面とする場合には、継断配が良くなる。走行面に対して何らかの表面処理が必要となることがある。

表面処理の1つの手段として、鋼軌道桁の上フランジに溝を形成した鋼板を用いることが行われる。図-2にその一例を示す。これは、走行面に溝を付け、表面を凹凸に、摩擦係数を高めたものであるが、その溝のため、平滑な面と比べて走行音が大きくなる。

本検討は、一般的に、例示した格子状の溝を有する走行面が考えられるが、これに対して、摩擦特性を変えることもなく、走行音を低減した、新しい溝パターンを提案し、その実験的検証を行ったものである。

2. 走行音の低減方法

(1) 走行音の発生機構... 走行音は、次に説明する音の合成されたと考えられる。

- ・ポンピング音... タイヤが溝内の空気を押し出すことによって生じる音。
- ・擦過音... タイヤが溝のエッジを引っかく
- ・打撃音... タイヤが走行面を打撃する
- ・その他... タイヤの固有振動、タイヤの溝による音

(2) 格子パターンの走行音

(1)に説明したように、走行音は溝のパターンに大きく関係していると考えられる。この溝のパターンによる走行音（以下パターンノイズ）を、次のようにフーリエ級数を用いて表わす。

パターンノイズ $W(t)$ は、横溝がタイヤに接するこまくり返しによって生じると考えられるので、 $W(t)$ は、走行速度と横溝ピッチとの関係から計算される振動数 f を基本振動数として、フーリエ級数展開される。

$$W(t) = \sum a_n \cos(2\pi n f t) + \sum b_n \sin(2\pi n f t) \quad (n = 1, 2, 3, \dots) \quad (\text{式-1})$$

$$\text{ここに } f = V/P \text{ (Hz)} \quad (V: \text{走行速度 (cm/s)} \quad P: \text{横溝ピッチ (cm)}) \quad (\text{式-2})$$

走行音 $W(t)$ は、空気振動によるものと考えられるので、平均値成分は、0と考える。走行音の波形を図-3(a)のよう仮定すると、(b)に示すような周波数特性となり、単音的な特性の音となっている。

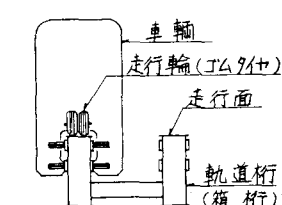


図-1 跨座型モノレール

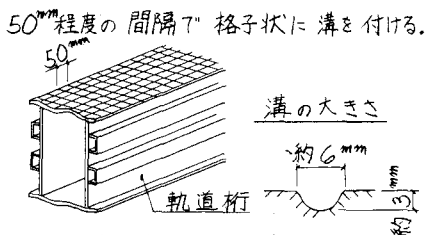
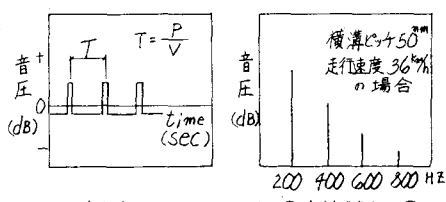


図-2 溝付走行面の例



(a) 走行音の波形 (b) 周波数特性図
 図-3 格子パターンの走行音モデル

(3) 走行音の低減法

走行音を低減するため、溝パターンを工夫し、図-4(b)、(c)に示す基本的な溝パターンを考える。(b)は、音の干渉を利用し、走行音を小さくするパターンである。(c)は、音をホワイトノイズ化し、音色を変え、目立たない走行音とするパターンである。ここでは、(b)について説明する。

図-4(b)は、(a)と同じピッチの機構を、左右のタイヤ位置で $\frac{1}{2}$ ピッチずらしで配置したものである。この場合、パターンノイズ $Wb(t)$ は、左右のタイヤから発生する走行音の合成 $W(t)$ と考える。式(1)を基に、 $Wb(t)$ を計算すると、 $Wb(t)$ は、式(3)と示す形となる。

$$Wb(t) = \frac{1}{2} W(t) + \frac{1}{2} W(t + \frac{T}{2}) \quad (T = 1/f \text{ sec})$$

$$= \sum a_n \cos(2n\pi f t) + \sum b_n \sin(2n\pi f t) \quad (n = 2, 4, 6, \dots) \quad (\text{式-3})$$

(b)のパターンは、音の干渉を利用したもので、式(1)における奇数次の振動成分を打ち消すため、式(3)に示すように、偶数次の振動成分のみとなるので、全体の音圧レベルは下がる。すなわち、図-3(b)に示した、もとの格子パターンとの周波数特性は、図-5のように変化する。

3. 新しい溝パターンの提案

これまでの考察に基づいて、比較検討するパターンを図-6に示す。ここで(D)に示す、斜め溝パターンは、溝がタイヤに連続して残ることで、衝撃を和らげ、走行音を低減することを目的としたものである。

これらのパターンの設定にあたり、パターン相互に摩擦係数の差異がないように、横溝ピッチの平均値は、全て同じになるようにしてある。

4. 実験によるパターンの相互比較

設定した溝パターンにおける走行音と比較するため、パターンノイズシミュレーターによる模擬走行音の分析、及び奥タイヤを用いた、走行摩擦、走行音の測定を行った。結果を表-1に示す。

5. 結論 提案する溝パターンは、基本とした格子状の溝パターンの摩擦特性を変え、走行音を小さくすることができるとは、実験によって確認できた。その手段である、音の干渉化、あるいは音のホワイトノイズ化は、十分に発揮されていると思われる。実際の設計に採用するにあたっては、今後さらに溝加工上の問題(製作精度・製作単価等)を研究して、具体的なものにしていく必要がある。最後に、研究の遂行にあたり、協力いただいたグリグストンタイヤ(株)をはじめとする関係者各位に感謝の意を表す。

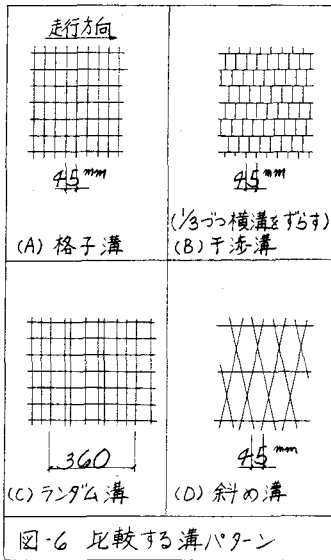
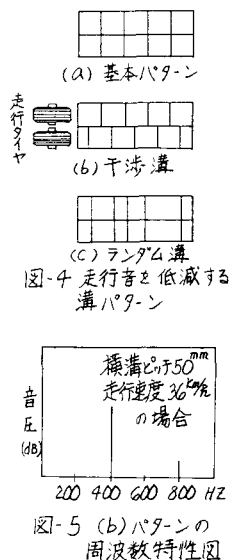


表-1 パターン相互の比較 (A)と比べた(B)(C)(D)の特性を示す。 (A)と同等 --- ○ (A)より改善 --- ◎				
実験	項目	(B)	(C)	(D)
パターンノイズ シミュレーター による結果	音圧	◎	○	◎
	音色	○ 単音	◎ ホワイトノイズ	○ 初音ノイズ
奥タイヤによる 走行テスト による結果	摩擦係数	○	○	○
	音圧	◎	○	◎