

新しい覆工板の開発

Development of New Steel Road Deck

中西 輝 行*

Teruyuki Nakanishi

町 田 豊**

Yutaka Machida

斉 藤 恂***

Makoto Saito

井 上 末 富****

Suetomi Inoue

大 方 茂*****

Shigeru Okata

Synopsis :

Kawasaki Steel Corp. has developed the new steel road deck with such features as follows :

- (1) Skidding resistance between automobile tires and road surface is comparable with asphalt road.
The excellent skidding resistance is derived from small square projections formed on the flange surface of H-shapes by special work roll of universal mill.
- (2) Running noises of automobiles are a little more than those on asphalt road, but somewhat less than those on usual steel road decks.
- (3) Being constructed with welded H-shapes and split tees, the deck has less unit weight and higher strength than the design load according to the specifications for high way bridges.

1. 開発の経緯

最近、都市の生活環境を豊かにするための社会投資として、地下鉄、上下水道などの地下工事が全国各地ですすめられている。これらの工事はほとんどが道路を掘削して行われているが、路面は工事中も一般道路と同様の交通に使用するため、覆工板で覆われている。

覆工板は約20年前から用いられているが、初期には木材が使用され、現在では鋼製、鋳鉄製、コンクリート製のものが用いられるようになってきた。鋼製のものは最初は軽量形鋼を組立てた構造

であったが、その後改良され、厚鋼板、溝形鋼、山形鋼あるいはH形鋼などによる溶接組立構造が用いられるようになり、覆工板の大部分は鋼製となっている。

鋼製覆工板は軽量で運搬や取扱いが容易であること、強く耐久性にすぐれているなどの特長をもっているが、表面が摩耗すると降雨時のすべり摩擦係数が在来のアスファルト路面より低下することが指摘されている。このため表面に樹脂加工を施したものが考えられているが、割高であること、長期間使用するには補修しなければならないことなどが難点となっている。このような欠点を補うためには、鋼製覆工板を表面処理することなく、鋼

* 水島製鉄所管理部条鋼管理課掛長

*** 国内営業本部札幌営業所掛長

***** エンジニアリングセンター建設開発部土木開発室

** 水島製鉄所第3圧延部掛長

**** エンジニアリングセンター建設開発部鋼構造研究所

板の表面そのものを改善してアスファルト路面に匹敵するようなすべり摩擦係数をもたせればよい。また車輛走行時の騒音発生が、在来の道路並みに低い鋼製覆工板の開発が強く望まれている。

当社ではこれらの要請に対して、新しい圧延方法によりH形鋼のフランジ外面に突起をつけた突起付きH形鋼を製造し、このH形鋼を用いた新しい覆工板の開発に成功した。

本報では覆工板の構造体の特長、構造性能確認のための耐荷力試験、H形鋼表面の突起形状を決定するため行った各種パターンの突起についてのすべり摩擦係数試験、フランジ外面に突起のついたH形鋼の圧延方法および開発した覆工板を使用した性能試験(現場走行試験)について報告する。

2. 構造とその特長

覆工板は幅1m、長さ2mの版構造であり、

詳細はFig. 1に示すように、突起付H形鋼H-190×197×5×7とこれを切断したCT形鋼を基本とし、中間に板厚9mmの横リブを3ヶ所配置した格子構造になっている。

荷重に対して横リブの荷重分配が十分行われ、一体となって働くので、この覆工板は従来のものにくらべて最も軽量設計(325kg/体)となっている。さらに使用中に予測される過大な荷重、衝撃

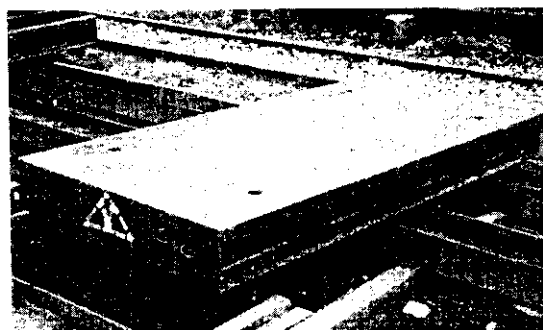


Photo. 1 General view of new steel road deck

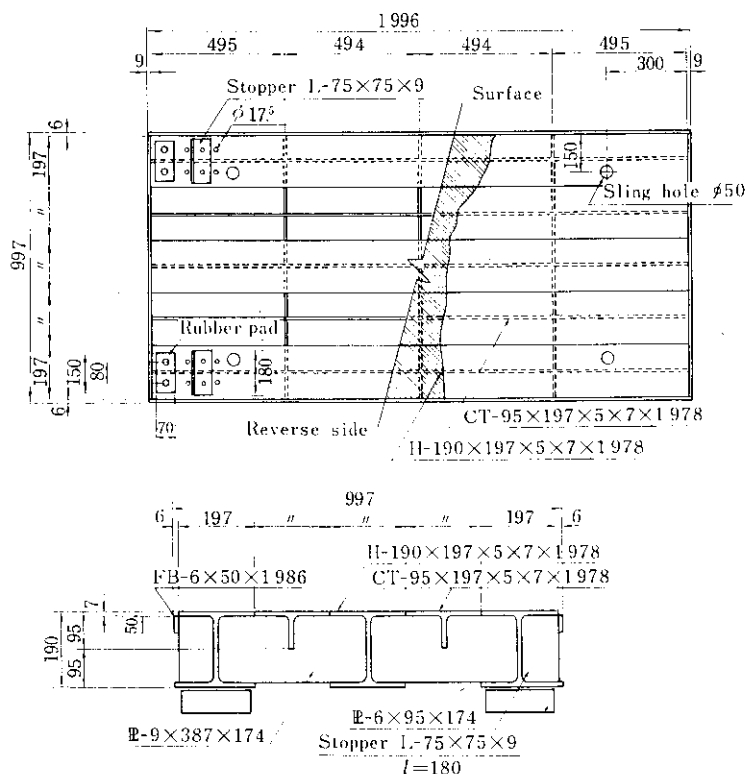


Fig. 1 Detail of new steel road deck

荷重、くり返し荷重に対しても十分な安全性をそなえている。組立、溶接ともに容易な構造となっているが、加工において横リブの溶接は特に入念に行うことが肝要である。

3. すべり摩擦係数におよぼす突起形状の影響

すぐれたすべり摩擦係数をもった突起形状を決定するため、種々の突起形状の試験板を切削、圧延、鋳造などにより製作し、すべり摩擦係数を測定した。

3.1 実験方法

Fig. 2 に示す装置を用いて、自動車左側後輪の下に試験板をセットし、タイヤに散水しながら後輪を回転させ、すべり抵抗力をロードセルにて測定した。実験状況を **Photo. 2** に示す。**Photo. 3** に実験に供した試験板(20cm×40cm)の突起形状を示す。

実験条件は以下のとおりである。

- (1) 試験車：トヨペットコロナ 型式PT41
- (2) タイヤ：ブリジストン標準タイヤ
5.6-13-4PR
- (3) 空気圧：1.7kg/cm²
- (4) 速度：20~60km/h
- (5) 散水量：13.4l/min

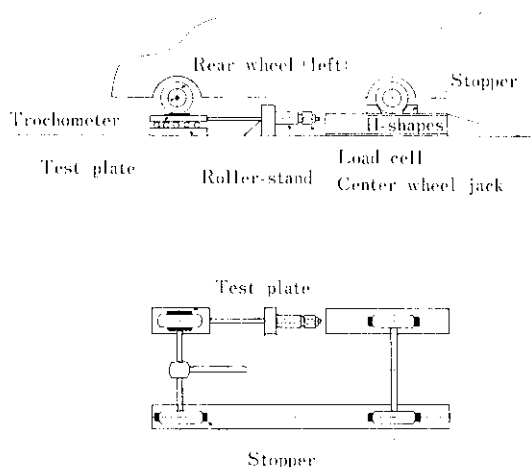


Fig. 2 Measuring apparatus for skidding resistance coefficient μ

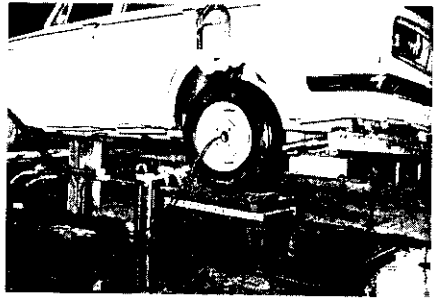


Photo. 2 Model test for measuring μ

3.2 実験結果

Table 1 に実験結果を一括して示す。この結果よりおよそ次のようなことが明らかとなった。

- (1) 突起形状は丸いものより角ばった方が摩擦係数大きい。
- (2) 角突起の中では突起面積が小さく、かつ数が多いほど摩擦係数大きい。
- (3) 鋼と鋳物の材質の違いは0.2程度鋳物の方が摩擦係数大きい。

したがって、すべり摩擦係数の大きい突起形状は角小突起を多数配置したもの(試験板 No. 8)

Table 1 Effect of projection shapes on skidding resistance coefficient

Test plate No.	Skidding resistance coeff. μ			
	0.2	0.4	0.6	0.8
No.1 round	—	—	—	—
No.2 rectangle	—	—	—	—
No.3 rectangle	—	—	—	—
No.4 checker plate	—	—	—	—
No.5 flat plate (trolling)	—	—	—	—
No.6 square dot	—	—	—	—
No.7 rectangle	—	—	—	—
No.8 square	—	—	—	—
No.9 resin coated flat plate	—	—	—	—
No.10 flat plate casting	—	—	—	—

が最適と考えられる。

3.3 角小突起の大きさと突起間隔

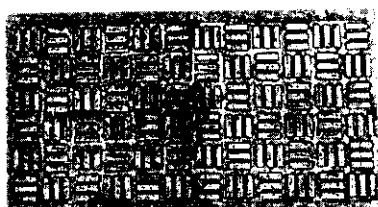
建設省土木研究所、市原¹⁾によれば、タイヤと路面との摩擦は、タイヤと路面の付着によってタ

イヤをせん断変形させることによる摩擦が支配的であり、湿潤状態で摩擦係数が低下するのは、タイヤと路面の間に水の膜ができて付着をきるためとしている。

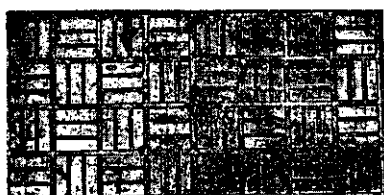
したがって、湿潤状態での摩擦抵抗を大きくす



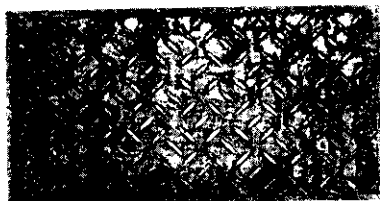
No. 1 Projection area 25%
Projection height 2mm



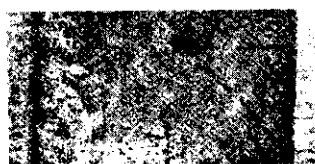
No. 2 Projection area 25%
Projection height 2mm



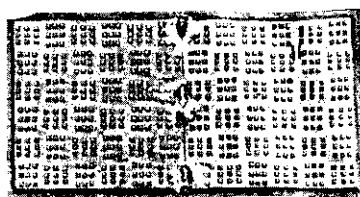
No. 3 Projection area 50%
Projection height 2mm



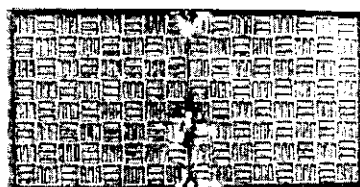
No. 4 Projection area 15%
Projection height 1.5mm



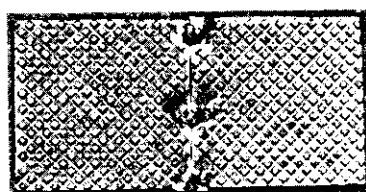
No. 5 Flat plate (Rolling)



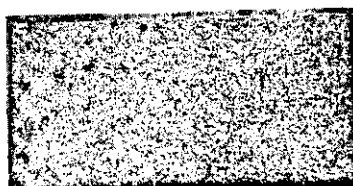
No. 6 Projection area 15%
Projection height 2mm



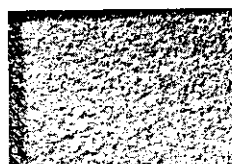
No. 7 Projection area 25%
Projection height 2mm



No. 8 Projection area 25%
Projection height 2mm



No. 9 Resin coated flat plate



No. 10 Flat plate (casting)

Photo. 3 Projection shapes of test specimens

るには路面の凹凸による水膜の除去作用が重要となる。すなわち、突起の大小のすべり摩擦抵抗におよぼす影響は、定性的には次のように考えられよう。

- (1) 水膜がない状態では、タイヤと路面の接触面積が大きいほど摩擦抵抗は大きい。
- (2) 水膜が存在する状態では、突起の溝の幅が大きくなるにしたがって水膜の除去作用は大きくなり摩擦抵抗が大きくなるが、溝の幅が大きくなりすぎると、タイヤが溝の中の水膜と接触して摩擦抵抗が低下する。

したがって、突起の幅と間隔の特定の比のところに摩擦抵抗のピークが現われることが予想される。このような観点で、種々の突起幅と突起間隔をもつ角小突起試験体について、3・1と同様の方法ですべり摩擦係数測定を行った。その結果を Fig. 3 に示す。

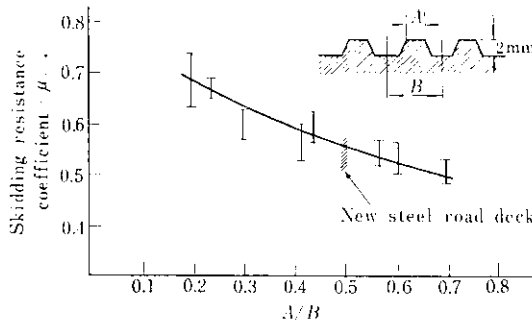


Fig. 3 Effect of projection shape on μ

この実験条件では摩擦係数がピークを示す突起形状は把握できなかったが、後述する実車テストに使用した覆工板の突起形状 ($A/B=0.5$) より摩擦抵抗のすぐれた突起形状が存在することを示唆している。実際の圧延に際しては突起形状比 A/B が小さい場合、十分な突起高さを得るにはブルダウンが大きいことと 1 パスでの圧延荷重不足が懸念されたため $A/B=0.5$ を採用した。

4. ユニバーサル圧延による突起付 H 形鋼の圧延技術の開発

すべり摩擦係数が大きいと考えられる角小突起をユニバーサル圧延で H 形鋼のフランジ外面に形成させる場合、従来より一般に行われている仕上

圧延 1 パスで突起を形成する方法では次のような難点がある。

- (1) 凹部の面積が大きいいためブルダウンが大きくなり、十分な突起高さおよび形状を得ることが難しい。
- (2) ロールを加工する場合、角小突起を 1 個ずつ彫込むことは、非常な加工工数と特別な工作機械を必要とする。

そこで中形圧延工場の仕上圧延機の編成がユニバーサルミル (U_s)—エッジミル (E_s)—ユニバーサルミル (U_F) の連続圧延であることを利用し、角小突起を U_s と U_F の 2 回に分けて形成する方法を開発した。

この方法では、突起形成のための 1 回の圧下面積が半分になるのでブルダウンが軽減する、ロールの切削加工が容易になる、さらには角形突起であれば容易に形状を選定できる、などの利点がある。

ミル編成を Fig. 4 に、 U_s 、 U_F の垂直ロールのカリバー形状を Fig. 5 に、角小突起の寸法を

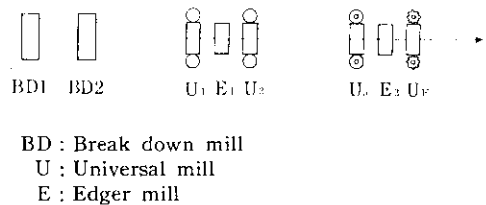


Fig. 4 Mill layout

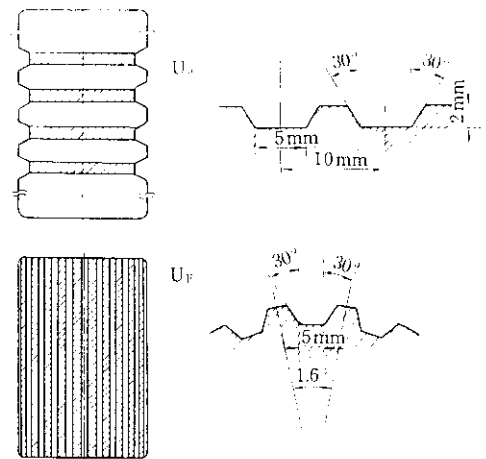


Fig. 5 Vertical roll calibers of finishing mills

Fig. 6 に示す。

Fig. 7 に示すように、 U_s の垂直ロールにより生じた圧延方向と平行な筋状の突起を U_r の垂直ロールの溝に充填させることにより、角小突起を得ている。Photo. 4 に角小突起を有する H 形鋼を示す。

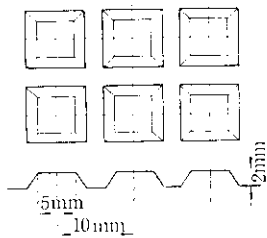


Fig. 6 Dimension of projection

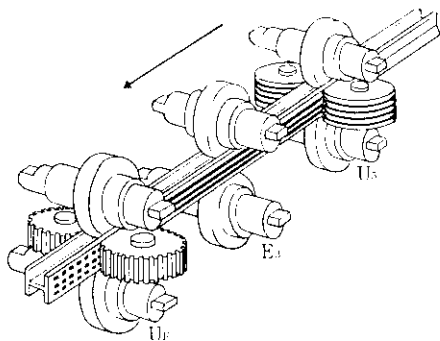


Fig. 7 Projection forming process in finishing universal mills

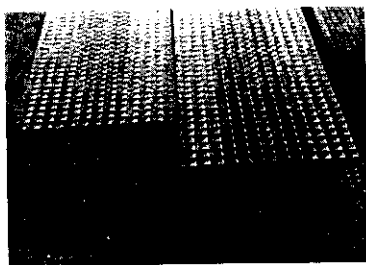


Photo. 4 H shapes with square projection

5. 覆工板の性能試験

5.1 載荷試験

覆工板に載る荷重としては、自動車、建設機械などさまざまなものがあるが、ここでは道路橋示方書にもとずき T-20 の後輪荷重 8 t (幅 20 cm

×長さ 50 cm) に衝撃荷重の影響を考慮して、40% 割増した $8 \times (1 + 0.4) = 11.2$ t を設計荷重として採用した。

5.1.1 試験方法

(1) 載荷方法: Photo. 5 に示す載荷装置を用い、Fig. 8 に示す位置に載荷した。この場合の載荷面積は道路橋示方書と同じ 20 cm × 50 cm とした。

(2) 試験体: Fig. 9 に示す 4 種類の試験体を使

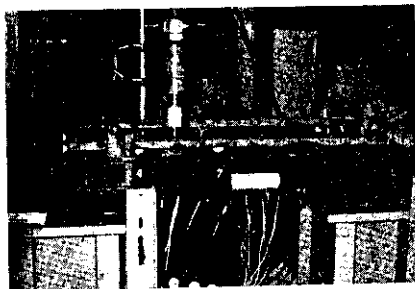


Photo. 5 Loading test

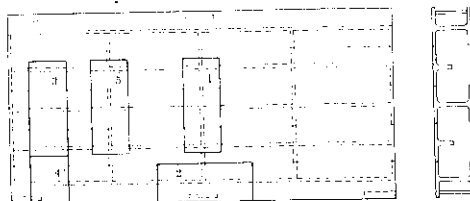


Fig. 8 Loading positions

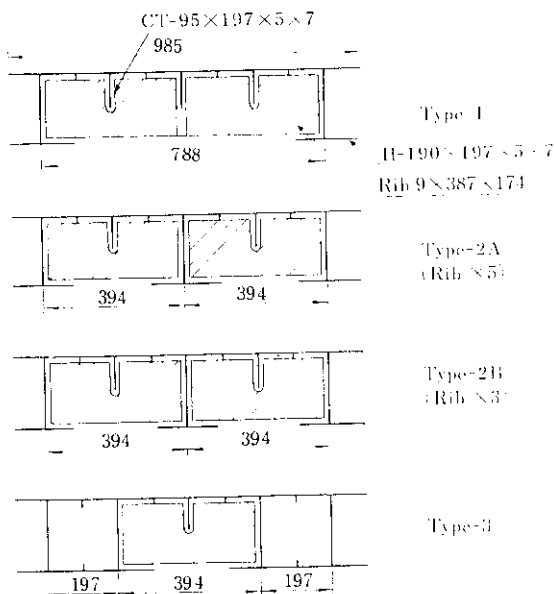


Fig. 9 Test specimens for loading test

用した。横リブは Type-1, Type-2A, Type-3 では Fig. 1 のように支間中央, 支間 $\frac{1}{4}$, 端部の 5ヶ所, Type-2B は支間中央, 端部の 3ヶ所に設けた。試験体の支間 l は 1.9 m である。

(3) 測定項目: Table 2 に示す荷重サイクルで

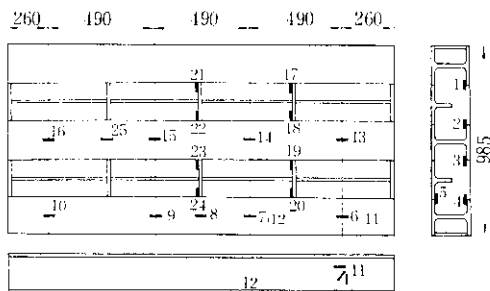


Fig. 10 Measuring positions for strain

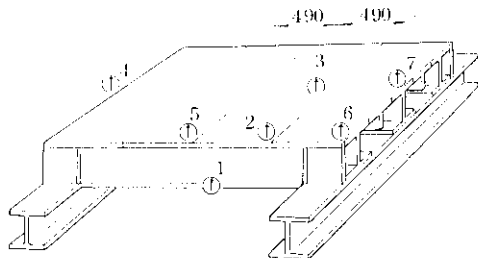


Fig. 11 Measuring positions for deflection

載荷し, Fig. 10, Fig. 11 に示す位置のひずみ, 変位を測定した。

5.1.2 試験結果

設計荷重時における覆工板部材の載荷位置ごとの応力を Table 3 に示す。

道路橋示方書における許容応力は 1400kg/cm^2 であるから, この結果より構造的には設計荷重に対して弾性限度以内にありかつ許容応力度内にある Type 2A が適当と考えられる。

Type-2A について載荷条件として最も危険側である載荷位置②での荷重-ひずみ曲線を Fig. 12

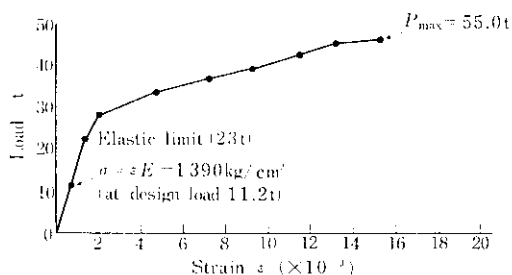


Fig. 12 Load-strain curve at loading position ② (strain gauge 8) of Type-2A
(σ : stress, E : Elastic modulus)

Table 2 Loading cycle in loading test

		Loading step (t)							Loading position	
Loading cycle	A	0	5	10	15	10	5	0	① ④	③ ⑤
"	B	0	5	10	15	10	5	0	5	11.2
		-22.4	-28	33.6	-39.2	-44.8	-46	-47	②	
		Destruction								

Table 3 Results of loading test

Test specimen	Stress (kg/cm^2)					Weight of test specimen (kg)
	①	②	③	④	⑤	
Type-1	1134	1575	2373	2091	1432	290
Type-2A	730	1390	966	604	797	303
Type-2B	600	1029	1791	1222	540	296
Type-3	903	1170	956	1522	857	360

①~⑤: Loading position

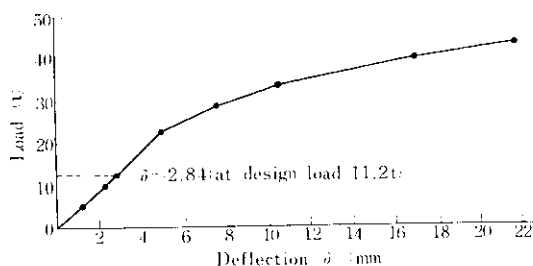


Fig. 13 Load-deflection curve at loading position ② (dial gauge 1) of Type-2A

に、荷重-たわみ曲線を Fig. 13 に示す。たわみは $\delta/l = 2.84/1900 = 1/669$ であり、たわみについても道路橋梁方書における単純支持桁に対する許容たわみ量 $1/500$ を満足している。

5.2 局部変形試験

覆工板としての強度は上記結果より確認されたが、荷重の種類によっては表面に局部変形を生じて、自動車の走行性、騒音などに悪影響をおよぼすことが懸念される。

T-20 荷重の前輪荷重に相当する荷重を局部的に載荷し、その点における曲率半径を求めた。載荷位置は局部変形が最大になると考えられる

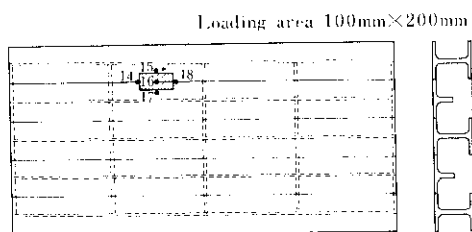


Fig. 14 Measuring points of local deformation

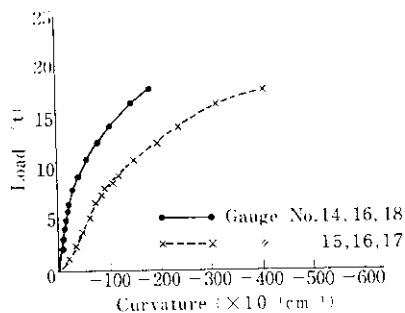


Fig. 15 Load-curvature curve at measuring points

Fig. 14 に示す位置とした。

その結果を Fig. 15 に示す。荷重が約 8 t までは弾性的挙動を示している。したがって設計荷重 $2 \times (1 + 0.4) = 2.8 \text{ t}$ ではまったく問題はない。また後輪荷重 11.2 t による影響は、接地形状の関係で前輪荷重によるよりも小さくなるので結果は省略する。

5.3 現場走行試験

すべり摩擦係数の大きい突起形状は角小突起であることが、室内実験の結果明らかになったが、実際の道路走行時における摩擦面の状況は実験の場合とは相当異なった条件にあると想像されるため、工事現場に敷設されて 3 ヶ月経過した覆工板 (Fig. 6 に示す突起形状をもつもの) 上で自動車を走らせてすべり摩擦係数を測定した。

5.3.1 試験状況

- (1) 試験日時：昭和49年8月25日
- (2) 試験場所：東京都江東区大島町2丁目
(都営地下鉄10号線工事現場)
- (3) 試験車：高速すべり試験車
- (4) 試験条件

速度：20km/h, 40km/h, 50km/h
 路面状況：散水車による散水湿潤状態
 路面温度：28.5°~33.5°C
 使用タイヤ：5.60-13 4 (BS社製)
 タイヤ内圧：1.6kg/cm²
 輪荷重：300kg
 制動：100%

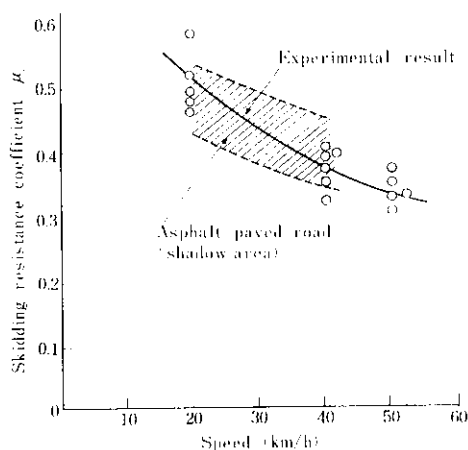
5.3.2 試験結果

すべり摩擦係数は、試験車を測定路面で走行させながら、油圧によりタイヤを路面に接着させ、タイヤにかけた荷重と抵抗力により求めた。試験状況を Photo. 6 に、測定結果を Fig. 16 に示す。

40km/h でのすべり摩擦係数は平均 0.38 という結果が得られた。同様に測定したアスファルト路面で 0.35~0.45 という値が得られており²⁾、アスファルト路面に匹敵する性能をもっているといえる。



Photo. 6 Road test

Fig. 16 Experimental results of μ between new steel road deck and automobile tire

5.4 騒音測定

現場走行試験と平行して、タイヤと覆工板の接触による車輪走行騒音を測定した。

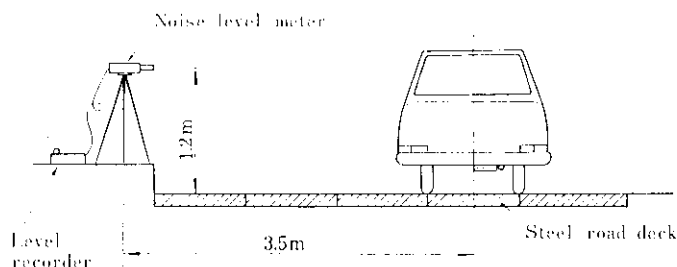


Fig. 17 Measurement of noise level

5.4.1 試験状況

(1) トヨタ自動車工業製コロナ・マークIIライトバン1800cc(1974年型)を使用し、走行速度は40km/hとした。測定は一般車輦のない早朝を選び、測定時はエンジンを切って車輦機関音を消去して行った。測定位置をFig. 17に示す。測定機器はリオン製の指示騒音計とレベルレコーダーを使用した。

5.4.2 試験結果

道路端における走行騒音レベルの一例をFig. 18に示す。アスファルト路面より幾分高いが従来の覆工板よりは低い値である。

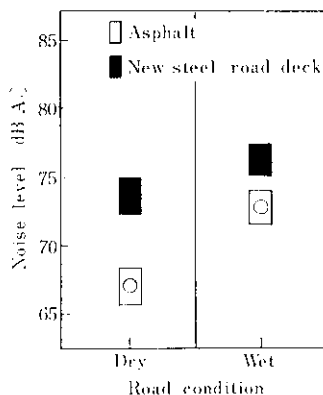


Fig. 18 Effect of road surface conditions on noise level (speed : 40km/h)

6. ま と め

以上述べてきた各種の試験結果より、今回開発した覆工板は従来のものにくらべて軽量化されており、すべり抵抗、車輛走行時の騒音ともにすぐれた性能をもつものであるといえる。都市内での施工実績も着々と増大している状況にあるが、今後ともすべり摩擦係数の経年変化の測定、高摩擦抵抗と低騒音化のための最適な突起形状の追求、製作スパンの拡大などをはかり、より性能のよい覆工板に育てたいと考えている。

また上記各種試験のほかに、日照による昇温特性および疲労試験も行い、溶接部の安全性を確認

しているが、これらの詳細については機会があれば後日報告したいと考えている。

なお現在、室内実験で最も高いすべり摩擦係数を示した角小突起形状（突起幅 A /突起間隔 $B=0.2$ ）を有するH形鋼の試作を完了しており、この場合突起間隔が大きいので突起高さを高くできるため、すべり摩擦係数の経年変化には相当有利であると考えられる。これを使用した覆工板の諸性能を確認中である。

最後にこの新しい覆工板の開発に関係し、ご協力いただいた山本建材リース（株）、川商建材リース（株）の諸氏および現場走行試験に際しご指導をいただいた科学警察研究所の諸氏に深く謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 市原薫：路面のすべり抵抗に関する研究（1），土木研究所報告，（1969）
- 2) 日本自動車工業会：道路すべり抵抗と追突事故防止に関する研究報告書，（1972）