
π 形鋼を用いた合成覆工板

Steel-Concrete Composite Road-deck with π Shape Steel

石渡 正夫(Masao Ishiwata) 松室 知視(Tomomi Matsumuro) 小川 宗広(Munehiro Ogawa) 佐野 忠行(Tadayuki Sano)

要旨：

覆工板は、道路を掘削して下水道、地下道などの構造物を建設するときに仮設用の路面として使用されるが、一般の道路と同様のすべり摩擦抵抗および十分な強度と耐久性が要求される。従来から多用されている鋼製覆工板は、主要道路で使用する時には、エポキシ樹脂などによる表面処理を施すべり摩擦抵抗を維持しているが、かなり割高なものとなっている。当社では、独自製品である π 形鋼を用いた鋼・コンクリート合成覆工板を開発した。本覆工板は耐荷力試験の結果、設計荷重 11.2t に対して極限耐荷力は中央載荷で 60.6t、端部載荷で 46.2t であり、十分な安全性を有している。また路面はコンクリートのため、すべり摩擦抵抗および低騒音の面でもすぐれた特長を有している。

Synopsis：

Road-deck which serves as temporary surfacing of roads excavated for the construction of sewerage and /or subway is required to possess the same skid-resistance, strength and durability as ordinary roads do. In the case of using conventional steel road-deck for main roads, skid-resistance requirement is met by surface treatment using epoxide resin, but this costs relatively high. Kawasaki Steel Corporation has developed a steel-concrete composite type of road-deck using π shape steel which is one of unique products. The results of load test reveal a sufficient safety of this road-deck as evidenced by an ultimate strength which markas 60.6t for center loading and 46.2t for edge loading as against a 11.2t design load. Because it is of concrete, road surface has excellent properties in both skid-resistance and low noise.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

π 形鋼を用いた合成覆工板Steel-Concrete Composite Road-deck with π Shape Steel石 渡 正 夫*
Masao Ishiwata松 室 知 視**
Tomomi Matsumuro小 川 宗 広***
Munehiro Ogawa佐 野 忠 行****
Tadayuki Sano

Synopsis:

Road-deck which serves as temporary surfacing of roads excavated for the construction of sewerage and/or subway is required to possess the same skid-resistance, strength and durability as ordinary roads do. In the case of using conventional steel road-deck for main roads, skid-resistance requirement is met by surface treatment using epoxide resin, but this costs relatively high.

Kawasaki Steel Corporation has developed a steel-concrete composite type of road-deck using π shape steel which is one of unique products.

The results of load test reveal a sufficient safety of this road-deck as evidenced by an ultimate strength which marks 60.6t for center loading and 46.2t for edge loading as against a 11.2t design load.

Because it is of concrete, road surface has excellent properties in both skid-resistance and low noise.

1. まえがき

都市の交通網、環境整備を推進するため、道路を開削して地下鉄、上・下水道、電気・ガスの共同溝などの建設が各都市でさかに行われている。この工事にあたって、路面には覆工板を用い、交通流を遮断することなく交通の安全を確保しつつ、路面下の作業が進められている。

覆工板は、①降雨時においても一般道路と同程度のすべり摩擦抵抗を有すること、②振動騒音が小さいこと、さらに③仮設材として軽量で取扱が容易であり十分な耐久性と安全性を有することなどが要求される。従来から多用されてきた鋼製覆工板は、主要道路に用いるときは、上記①を満足するよう表面にエポキシ樹脂処理を施して使用しているが、この処理の寿命はたかだか数年とされ

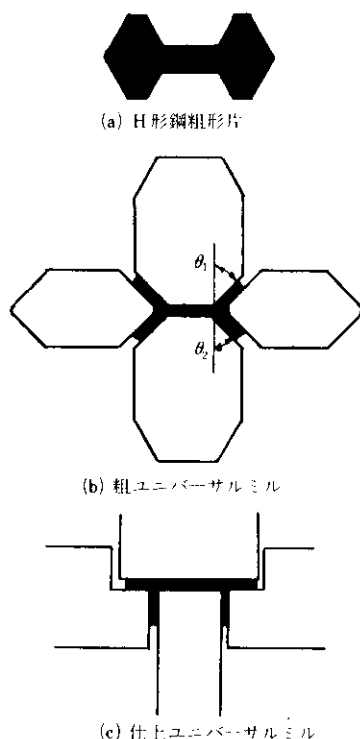
ており、コスト的にも割高なものとなる。これに対してコンクリートと鋼を一体化した合成覆工板は上記の①、②、③を満足し、すぐれた性能を有するものと期待できる。当社では合成覆工板に関する研究¹⁾を行ってきたが、これをさらに発展させ、独自製品である π 形鋼を用いた鋼・コンクリート合成覆工板を開発したのでその特性について報告する。

2. π 形鋼の製造

π 形鋼は当社独自の圧延技術によるもので、製造法は、Fig. 1 に示すように粗圧延機により H 形鋼粗形片を圧延し、粗ユニバーサルミルを経て、仕上ユニバーサルミルで π 形に成形している。粗ユニバーサルミルでの圧延は、Fig. 1 (b) の θ_1 を大きく、 θ_2 を小さくすれば仕上ユニバーサルミル

* エンジニアリング事業部開発部主査(課長待遇)
*** 技術本部鋼材技術部大阪鋼材技術室主査(副部長待遇)
(昭和54年11月29日原稿受付)

** 阪神製造所養合製造部条鋼課課長
**** 川商建材リース課常務取締役

Fig. 1 ユニバーサルミルによる π 形鋼の圧延

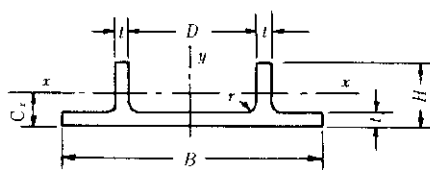
での成形が容易になるが、粗ユニバーサルミルの垂直ロールに過大なスラスト荷重が働き厚み調整が困難になるので、圧延荷重のバランスを勘案して適当な角度としている。その他の製造法としては、H形鋼粗形片より、粗ユニバーサルミルを経て、孔形ロールにより圧延する方法、粗ユニバーサルミルと仕上ユニバーサルミルの間に成形ロール群を設ける方法などがあるがまだ実施されていない。

π 形鋼の標準寸法を Table 1 に示す。標準寸法以外でも粗形片形状を変えれば、異なったサイズも製造可能である。またコンクリートとの付着性向上のため、Fig. 2 のように突起を付けることもできる。

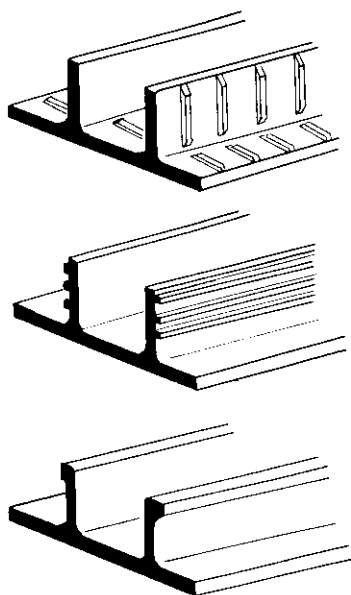
3. 覆工板の構造と性能

3.1 覆工板の構造

現在使用している覆工板は Fig. 3 に示すように幅 1 m、長さ 2 m、厚さは 20 cm とし、一般のもの

Table 1 π 形鋼の標準寸法

呼 称	標準断面寸法 (mm)						断面積 cm ²	重 量 kg/m	断面2次モーメント cm ⁴		断面2次半径 cm		断面係数 cm ³		重 心 cm
	H	B	D	t	r				I _x	I _y	i _x	i _y	Z _x	Z _y	
210×45×5	50	210	123	5	7		15.42	12.1	27.5	570	1.35	6.17	6.88	54.3	1.00
210×45×6	51	210	123	6	7		18.42	14.5	34.1	688	1.38	6.18	8.46	65.5	1.06
210×45×7	52	210	123	7	7		21.42	16.8	41.0	807	1.40	6.20	10.1	76.9	1.13
225×50×5	55	225	123	5	7		16.67	13.1	36.8	680	1.51	6.47	8.36	60.4	1.10
225×50×6	56	225	123	6	7		19.92	15.6	45.5	819	1.53	6.48	10.2	72.8	1.16
225×50×7	57	225	123	7	7		23.15	18.2	54.6	960	1.55	6.50	12.2	85.3	1.23
245×50×5	55	245	137	5	7		17.67	13.9	37.5	865	1.48	7.08	8.43	70.6	1.05
245×50×6	56	245	137	6	7		21.12	16.6	46.4	1040	1.50	7.10	10.3	84.9	1.11
245×50×7	57	245	137	7	7		24.45	19.2	55.7	1220	1.52	7.11	12.3	99.6	1.18
305×60×6	66	305	160	6	7		25.92	20.3	79.6	1910	1.75	8.60	15.5	125	1.45
380×75×6	81	380	210	6	7		32.22	25.3	150	3790	2.16	10.9	23.3	199	1.66

Fig. 2 突起付 π 形鋼

と併用できるようにしている。 π 形鋼(245×50×5 mm)は4本並列し、幅方向両端部には橋梁にお

ける鋼床版のU形リブに類似した補剛桁を取付け、支間 l に対し $l/2$, $l/4$ の位置に横リブを配置した。 π 形鋼のリブには20cm間隔で16mm丸棒を配置してコンクリートとのコネクターとし、厚さ8cmの軽量コンクリートを打設し一体化している。開発した覆工板の重量は480kg/体であり鋼製のものに比して30%程度大きい。

試験用覆工板に使用した π 形鋼、鋼板の機械的性能をTable 2に示す。コンクリートは軽量粗骨材(ライオナイト、比重1.29)、砂(吉野川産)および普通ポルトランドセメントを主材料とし、Table 3に示す配合および強度のものを用いた。

なお、コネクターとしての効果を明確に知ると

Table 2 使用鋼材の機械的性質

種 別	規 格	降 伏 点 (kg/mm ²)	引張強度 (kg/mm ²)	伸び (%)
π 形 鋼	SS41	32.4	45.0	30.8
鋼板	長さ方向	25.0	41.0	35.8
	直角方向	25.9	41.0	35.7

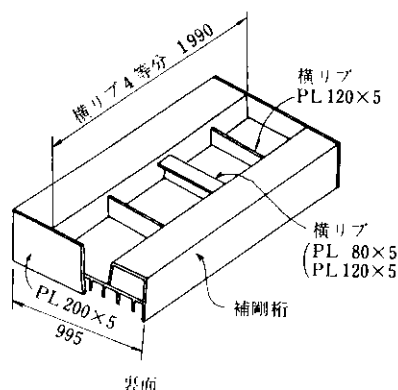
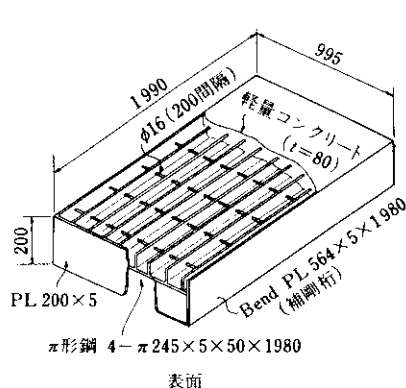


Fig. 3 合成覆工板の構造

Table 3-A コンクリートの配合

粗骨材の 最大寸法 mm	スランプ cm	空気量 %	A E 材 ポゾリス 5 L	単 位 量 kg			
				セメント	水	細骨材	粗骨材
20	8	5	0.98kg/m ³	392	154	737	507

Table 3-B コンクリートの強度・弾性係数

養 生 (日数)	圧縮強度 (kg/cm ²)	引張強度 (kg/cm ²)	弾性係数 (kg/cm ²)
標準養生 (28日)	271	28.4	201×10 ³
現場養生 (28日)	285	26.2	192×10 ³

め、 π 形鋼のリップには16mm丸棒を通常の2倍の間隔(40cm)で配置した。

3.2 覆工板の曲げ特性と破壊強度

試験は設計荷重 12t までの曲げ特性試験と中央部および端部載荷による曲げ破壊試験を行った。各試験における載荷位置を Fig. 4 に示す。

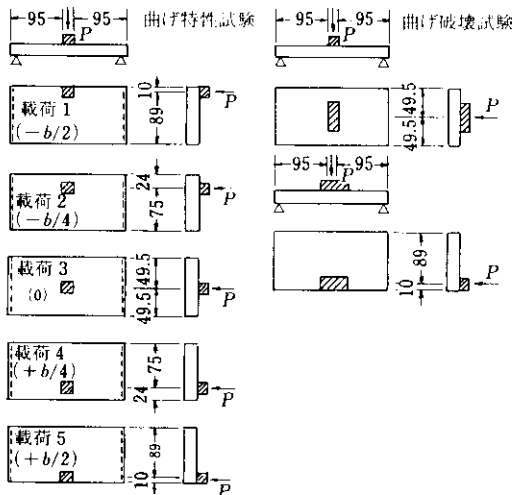


Fig. 4 各種試験における覆工板の載荷位置

曲げ特性試験において、荷重 0~12t の範囲内で覆工板に生ずるひずみおよびたわみは、いずれの測定点でも直線関係を示した。本覆工板は補剛桁ウェブと横リブで構成される格子桁構造²⁾と見なされる。支間中央部で載荷重を $-b/2$ (端部)、 $-b/4$ 、0(中央)、 $b/4$ 、 $b/2$ (端部)と幅方向に移動させた時、一定の点(たとえば中央点)に注目したときのその位置のたわみ(δ)と各載荷位置に載荷したときの注目点のたわみの平均値($\bar{\delta}$)との比を Fig. 5 に示す。Fig. 5 より荷重分配性能は横リブおよび π 形鋼・コンクリート版の横方向曲げ剛性によりかなり良好といえる。

曲げ破壊試験では、中央載荷、端部載荷による破壊荷重はそれぞれ 60.6t、46.2t であり、設計荷重 11.2t に対して十分な耐荷力を有している。破壊状況は Fig. 6 に示すように、中央載荷では両端の補剛桁がまず降伏し、コンクリート上縁に大きな圧縮ひずみが生じ、コンクリートの圧潰により破壊した。覆工板をコンクリートと π 形鋼・補剛

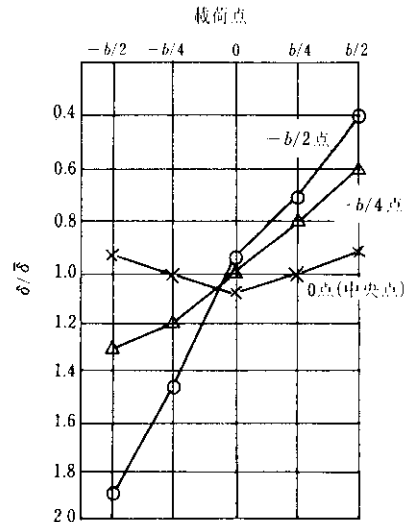
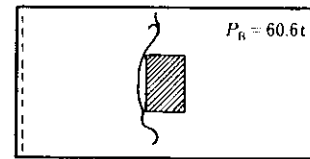
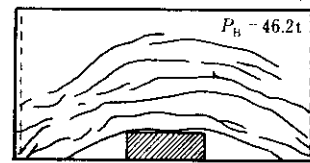


Fig. 5 荷重分配性能



中央載荷



端部載荷

Fig. 6 覆工板の破壊状況

桁との全幅有効な合成桁と見なし、コンクリートの圧縮強度 $\sigma_{CB} = 285 \text{ kg/cm}^2$ 、鋼材の降伏強度 $\sigma_{SY} = 3240 \text{ kg/cm}^2$ を用いて計算した破壊荷重は 51.6t である。実測値は計算値の 1.17 倍である。端部載荷では荷重側の補剛桁が降伏し、続いてコンクリートスラブに引張りひびわれが生じ、横リブも降伏して破壊した。破壊荷重は 46.2t で中央載荷の場合の 76.2% である。すなわち、覆工板の全幅の 2/3 が有効幅となって抵抗したと考えられる。

Fig. 7 は中央および端部載荷時の支間中央断面のたわみを示したものである。中央載荷時の計算値は n (鋼とコンクリートのヤング率比) を 10 とし全幅有効断面として計算した。荷重-たわみ関係がほぼ比例している範囲は、それぞれ 32t および 24t で、この荷重で補剛桁下縁は降伏ひずみに達し

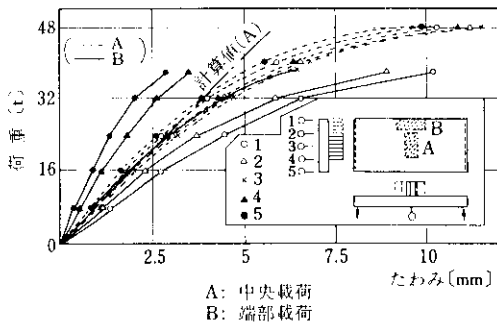


Fig. 7 荷重-たわみ図

ていることが確認されている。

3.3 π 形鋼とコンクリートの付着性

π 形鋼はコンクリートと一体化するときの付着面積が大きく、付着面積/断面積の比は16mm 丸棒に相当するが、丸棒が周囲のコンクリートに拘束されているのに対して、 π 形鋼はコンクリートと片面のみで接している点が異なっている。

π 形鋼とコンクリートの付着性を試験するために、Fig. 8 に示すような π 形鋼 (245×50×5) を用い、桁高(h)を10cm、15cm および 20cm の π 形鋼・コンクリート合成桁とし、コネクターとしての横筋あり、横筋なしの計6 体について、支間170 cm、せん断区間50cm 純曲げ区間70cm の2 点載荷曲げ試験を行った。なお、横筋ありの場合は16 mm 丸棒を等間隔に14 本配置した。桁端にはダイヤルゲージを設置し、 π 形鋼とコンクリート間のずれを測定した。

ずれ開始および破壊時の付着応力度を Table 4

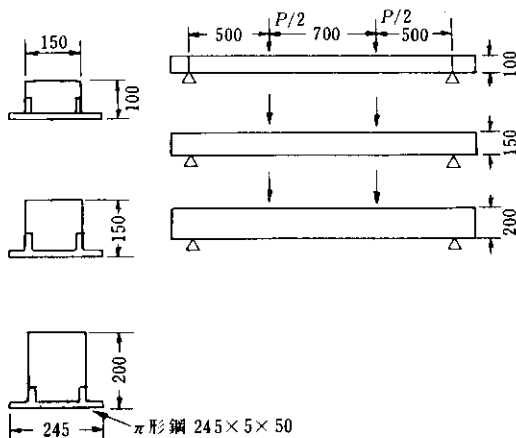
Fig. 8 π 形鋼を用いた桁試験

Table 4 平均付着応力度

覆工板	中央載荷 端部載荷	ずれ開始		破壊	
		P_t	$\tau \text{ kg/cm}^2$	P_t	$\tau \text{ kg/cm}^2$
桁 試 験 体	横筋なし	48.0	13.0	60.6	14.9
		32.0	11.5	46.2	14.9
		$h=10$	4.0	9.0	4.2
	横筋あり	$h=15$	5.0	7.2	5.33
		$h=20$	7.0	7.0	7.5
		$h=10$	7.5	18.6	7.64
	横筋あり	$h=15$	9.5	15.2	10.08
		$h=20$	10.0	11.2	11.80
				13.2	

に示す。横筋を用いた桁は横筋のない桁に比して、ずれ開始荷重、破壊荷重がともに50~100%向上している。同表には覆工板における諸値も併記したが、覆工板の場合は、中央載荷、端部載荷でそれぞれ48t、32tでずれが生じ、コンクリート中の鉄筋に初めてひずみが生ずるようになる。この荷重以下では鉄筋にはひずみが発生せず、コンクリートと π 形鋼は付着力により一体化しているものと考えられる。この付着力はくり返し荷重により次第に低下することが予想されるので、前述のように、 π 形鋼のコンクリートとの付着面に、Fig. 2 に示したような異形鉄筋のような突起を付けることが効果的と考えられるが、これらは今後の研究課題としたい。

4. あとがき

π 形鋼を用いた合成覆工板の性能について、試験結果をまとめると次のとおりである。

- (1) 設計荷重内の曲げ特性試験では完全な弾性挙動を示し、版としての横方向荷重分配性能も良好である。
- (2) 曲げ破壊試験での最大荷重は端部載荷で46.2tであり、設計荷重の約4倍である。
- (3) π 形鋼とコンクリートは設計荷重の2.8倍まで付着により合成が保たれている。それ以後は鉄筋により、ずれ力が伝達されるようになる。

本覆工板は、現在京都市、大阪市、神戸市などの地下鉄工事等で約1.5万 m^2 供用中であり、京都市地下鉄工事ではすでに3年間継続して使用して

いるが良好な状態である。

π 形鋼は橋梁床版、落石防護工屋根などにコンクリートとの合成構造材として使用可能と考えられる。現在、静的および動的試験を実施しているが、

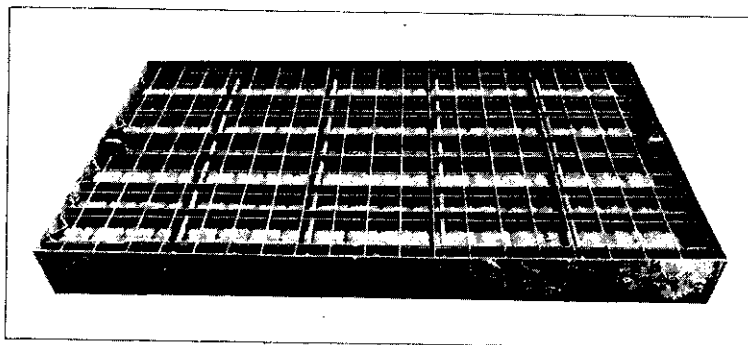
好結果を得ているので、機会を改めて報告したい。

おわりに、本覆工板の開発にあたり、大阪市立大学工学部土木工学科西堀助教授に種々御指導をいただいた。ここに深謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) 西堀，山本，石渡：鋼・コンクリート合成覆工板の耐力と力学的特性，川崎製鉄技報，7（1975）4，74～87
- 2) 橘，小松沢（Hawranek/Steinhardt），鋼橋の理論と計算，（1964），113～156，〔山海堂〕

覆工板(合成覆工板)



合成床版(橋梁，建築構造等)

