

軽量形鋼とその利用について

大阪大学工学部 寺 沢 一 雄*

八幡エコンスチールKK 山 本 邦 光**

1. 軽量形鋼の創生

(1) 概 説

われわれの生活環境は年ごとに明るくなって行くが、その原因の一つはわれわれの接するものの形状と色彩が、すべて軽快になつたからであろう。軽いナイロンの服を着て日本一軽い高性能のトランジスタラジオをポケットに入れ、軽量の電車やバスで移動し、ビルや家に入る。このように生活に密接に結びついてきた軽量化は、今に始つたものではない。根本的に軽量であることを要求されるものたとえば航空機の如きは当初より軽いものであつたし、その後今日に至るまでに更に研究が続けられている。航空機は材料自身が軽量であるに加えてその材料をより有効に使うために、力学上からも絶えざる検討がなされている。電車や自動車は主に鉄で造られているが、これも軽量の要求されるものであるし、同時に不測の事故に耐えるような構造的な要求にも合致しなければならないので、今日では軽くて丈夫なものができるに至っている。建築物でも然りである。日本では最近のことであるが、アメリカやドイツ等の諸外国では建物の重量が軽いことがもたらすいろいろな利点に早くから着目し、軽い建物を建造している。これらのものに全部共通していることは、主だつた構造部材や補助部材は勿論、外殻等も薄い部材からできていることである。特に船舶、航空機等は骨だけに力を負担させるのでなしに外殻の板（皮）にも負担させ、この皮とスチフナーとしての骨格が共同して外力に耐えるようになっていく。

この段階に至るには構造力学の発達の影響がなくてはならないのであるが、最近ではこの分野でも相当な進展がみられる。建築や橋梁のように四角な形が多くしかも土地に固定したものは、厳密な解を得ることが困難であるため、軽量化は部分的に取入れられ漸次全構造まで進展して行くという道を進んでいる。建築の一部に軽量形鋼が使用された最初の例は、1855年頃建造されたニューヨークのある銀行である。この時は屋根と床に利用された。その後1900年頃冷間成形された部材を全構造に使つて、倉庫格納庫等が造られた。

一定の断面積の下で最も断面性能の高い断面形状というのは、理論上早くから分つていながら、広く使用される段階に至らなかつた原因はもう一つある。それはこの種の形鋼は厚みの薄いことが必要であるため、熱間圧延形鋼では製造不能であり、薄い板を折り曲げて造らねばならないので、折り曲げに際しては一々プレスを使用せねば他に方法がなく、製作費のために却つて不経済になるという点であつた。車輛等は後で収益の得られる生産財であるため、多少の製作費の高いことは長い間にまかないがつくので、プレス成品でも使用可能であつたわけである。この冷間圧延の部材はアメリカでは **Light Gage Steel** と呼ばれ、またドイツでは **Dünnwandig Stahl** と呼ばれ、特に連続ロール成形機が出現するに及んでからは非常な勢いで応用されるようになってきた。わが国では諸外国には多少遅れて1955年秋頃から、連続ロール成形機による成品を八幡エコンスチールが製作を開始し、今日では大手鉄鋼メーカー全部が手がけている。そして軽量形鋼建築と呼ばれてて大小多種多様の建築が、それぞれの要求に合致して建設されるようになった。

(2) わが国における歴史

軽量形鋼が主として使用されている建築関係においては昭和34年4月に日本建築学会、構造標準委員会、鋼構造分科会、薄板鋼構造小委員が発足し、次いで八幡製鉄でも軽量形鋼研究委員会が発足して、国状に適した断面形状寸法の探求と製作、計算の簡便法の探求、部材の振れや撓屈に対する実験的裏付け等がなされ、全く独創的な新しい計算の方法が生み出され、日本建築学会が薄板鋼構造計算規準として制定している。製品が多種に亘るに及んで **J I S** の設定が当然の問題となり、再び日本建築学会及び工業技術院で、建築構造用冷間成形軽量形鋼につき **J I S, G 3350** が（昭和33年11月）制定された。形鋼の種類としては

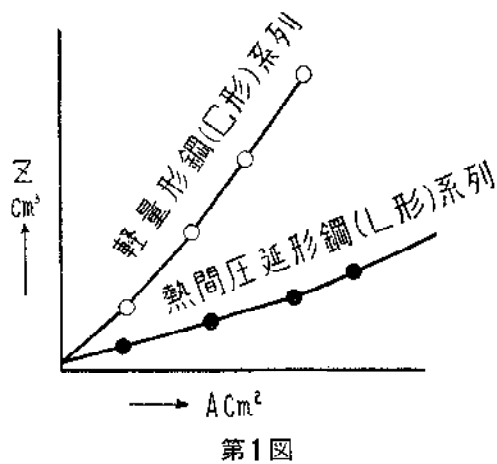
 の7種

である。

一方では昭和30年10月住宅公団が発足し、公団、公庫公営住宅にこの **L G S** 構造が推薦されている。昭和30年10月には日本軽量鉄骨建築協会が発足し、軽量鉄骨の発展に多大の貢献をなしている。

* 造形学科教授

** 東京都足立区千住園屋町36



第1図

(3) 特長

i) 構造用軽量形鋼

- ① 断面形状が鋼材の性質を最大限合理的に使用するように工夫されているので、従来の熱間形鋼に比し単位重量当りの断面性能が高い。(第1図)
- ② 自重が軽く使用鋼材料が少なくすみ基礎工事費も少なく済み
- ③ 運搬しやすく現場組立作業が容易
- ④ 工期が短縮される
- ⑤ 耐久力がありまた靱性があり、火災に対して安全性をもつ
- ⑥ 地震に対して強い

ii) デッキプレート類

- ① 床重量が軽くなる
- ② 構造材が節減できる
- ③ 組立てが簡単で工期短縮される
- ④ 床部仮枠が不要
- ⑤ 天井兼用化粧材として使用できる

iii) サッシューパー及び窓枠

- ① 軽量で取扱い簡単
- ② 安価である

2. 製造方法

(1) コールドロール・フォーミング法

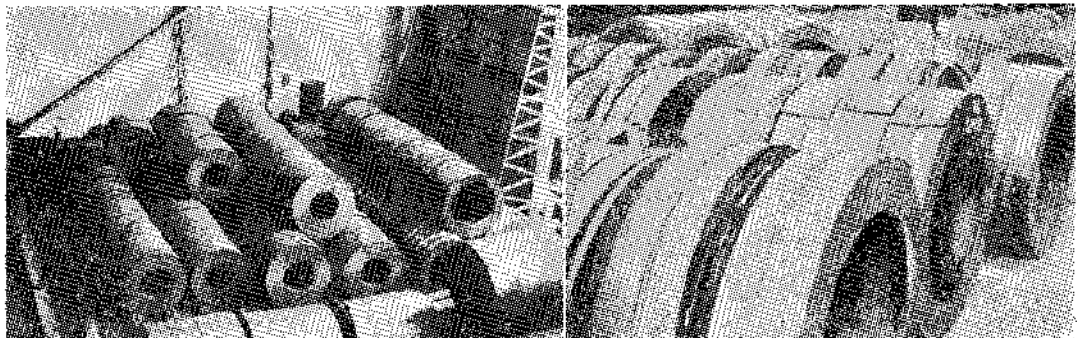
軽量形鋼製造方法では最適の方法であり、一般に使用される。このために優秀で経済的な成品が得られるようになった。この方法はJISに定められた形鋼は勿論、複雑な形状のもの、たとえば閉断面の“かしめ”のような

ロック・シーム・チューブ、サッシューパー、巾広の床板ガードレール等も製作出来る。そして材質に関係なく加工成形可能という利点がある。ここにある会社の材料を紹介すると第1表の通りとなる。

第1表

区 分	品 種
一般構造用材	Hot Rolled Strip Cold Rolled Strip Pickled Hot Rolled Strip
床 板	Pickled Hot Rolled Strip Zinc Grip Strip
サッシューパー	Zinc Grip Strip Zinc Flash Bonde Strip
窓 枠	Pickled Hot Rolled Strip
ロックシーム チューブ	Pickled Hot Rolled Strip Cold Rolled Strip
ガードレール	Hot Rolled Strip

形鋼を成形する場合先ず製品を作る前の巾、すなわち展開巾を持つ板を用意する。この板は巾約1m重量約3ton程の帯鋼から縦切して得られる。素材は第2図(a)に示すものであり、縦切後のものは第2図(b)に示すものである。かくして得られた帯鋼をロール機にかける



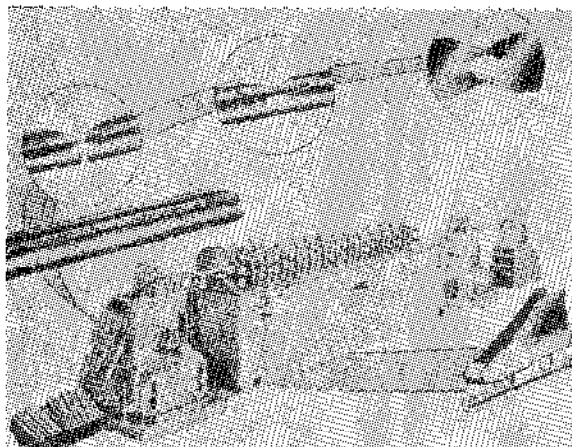
(a)

(b)

第2図

と、所定の断面形状のものが完成してでてくる。これは連続的に成形されるので、使用に適するように定尺に切断する。切断は走行切断機(カットオフマシン)をロール機のすぐ後に配置しておき、製品走間速度と同じ速度で移動させつつすばやく切断する方法を用いている。あるものは後の加工切断工程または加工後の組立溶接が容易になるように、ロールで成形する直前にあらかじめ孔開機(ノッチングマシン、(第3図))で加工を行なつてから成形する。

クローズドセクション製造工程は、成形ロール機で管状にしたものを引続き溶接機に導きここで溶接して、次



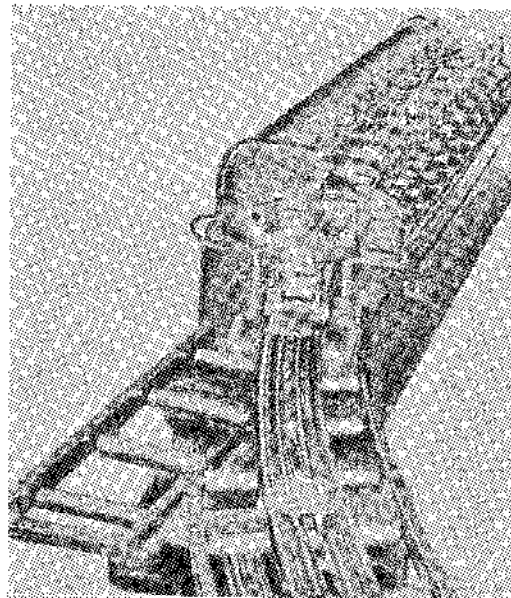
第3図

いで冷却後矯でロール機で矯正して切断する。

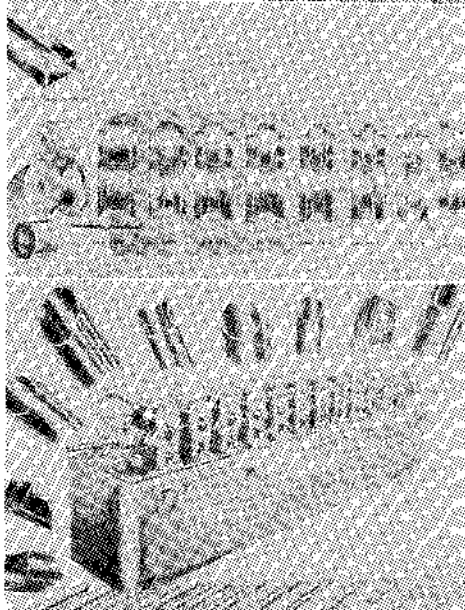
曲げ材は、ロール機よりでてくるものを引き続き曲げ機にかけて、所定の彎曲度にして切断する方法によつて造られる(第4図)。所定の断面形状ができ上るまでには一連の連続した成形ロールを通過するに従つて、順次できて行くようになる。C溝形鋼を例にとれば、第5図のようになり、ロック・シーム・チューブの場合は、第6図のような順序に成形されて行く。ロール数は断面の形状によつて異なり、形の複雑なもの程第7図のようにロール数が多い。場合によつてはこれを2、3台連続して並べて使用するが、形状の異なるものでも、同じロール数で成形できるものが数多くあるので、この際はロールを組替えるわけである。成形ロール機には片持型と両支持型の二種類がある。片持型はロール主軸の片側だけを主軸受で支持している形式のもので、薄物、や小断面の成形に用いられる。両支持型は用途広くロール径75mm~300mmロールスタンド間隔も80mm~1200mmで、狭いものから広巾のものまで多種断面のものができる。

第8図のロールは成形ロール機に使用するもので、ロールは全て工具鋼、半硬鋼が主で焼入れし研磨仕上する。特に耐摩耗性を要する場合は高炭素クロム鋼を使用する。ロールは分割ロールになつており、摩耗のはげしい部分を交換できるようになつて便利である。この連続ロール成形法による利点は次の通りである。

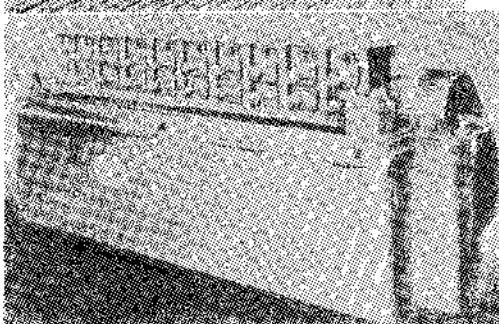
1. 製品の形状寸法が正確である。精度 $\pm 0.3\text{mm}$ で極めて優秀である。
2. 漸次折り曲げられるため、プレス製品と異なり角部の毛管的亀裂が入らない。角部の彎曲部分は平板部分の補剛になる所であるから、特に重要な部分である。
3. 長尺物が必要な場合、その要求に応じて幾らでも長いものができる。
4. 材料はロールの回転によつて進行するので、潤滑材を使用することにより製品の表面は無傷で美しく



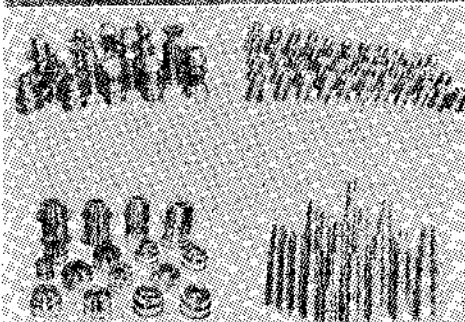
第4図



第5図



第6図



第8図

ある、

5. 機械の生産能力が大であるので、製品が経済的にできる。
6. 開断面は勿論であるが閉断面もできる。ロックシームのように“かしめ”のものもできる。また溶接、彎曲、Punching Notching等の作業工程も併設できるので、能率的でかつ経済的である。
7. 比較的板厚の厚いものや、相当巾広いものが製造可能である。

しかし欠点としては、ロールの製作に相当の時間と経費が必要なので、使用数の少ない形状のものは不利である。

(2) プレス法

角部を一度に加工して折り曲げるものである。ドロ잉よりまだ急激に折り曲げられるため、製品の信頼性が少ない。また精度が多少落ち、かつ量産には不適當である。製造可能な断面形状は非常に限定される。さらに開断面でも製造不可能なものがあり、長さに制限を受ける。しかし形状が数多いのに筒数は少ないものが必要な場合には、最も適當な方法と考えられる。

(3) ドロ잉法

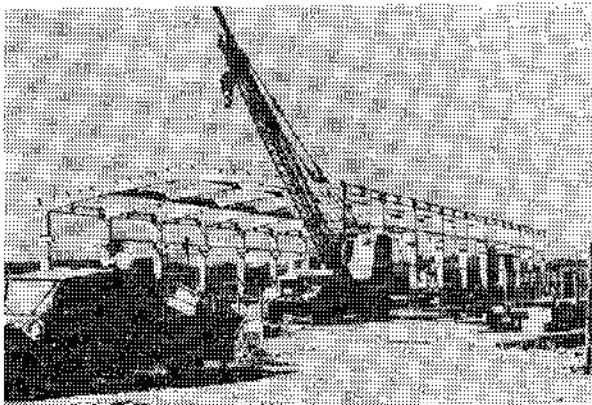
鉄板を少数のロール間を強力に引張つて通過させることによつて成形する方法で、ロール数は少ないので製作は差程困難ではないが、その反面急激に折り曲げるので角部に傷が入る危険性がある。また表面が美麗でなく、余り量産には適さない。形状にも限界がある。

3. 軽量形鋼の利用

(1) 建築方面への利用

i) 工場倉庫

全工事費に対し主体工事の占める割合が大きいため、軽量形鋼を使つたために経費の節減される割合が極めて大きい。張間が五間以上になるとほとんど木造より安価になり、張間が大きくなればなる程安価になる割合が大となる。規模が大きくなると、熱間圧延形鋼と併用すれ



第9図

ばさらに経済的となる。工場倉庫に限らず一般に軽量形鋼造の建物は壁面を少なく、窓を大きく取れるので室内は明るい(第9図)。

ii) 学校建築

体育館……体育館のように空間の大きいものは、前項同様非常に経済的になる。温暖地区、多雪地区共多数災例があり、美しく経済的なものができるので賞賛を受けている。工場等と同様、ラーメン構造とトラス構造が両方用いられている。骨組はできるだけ露出させたものが多い。

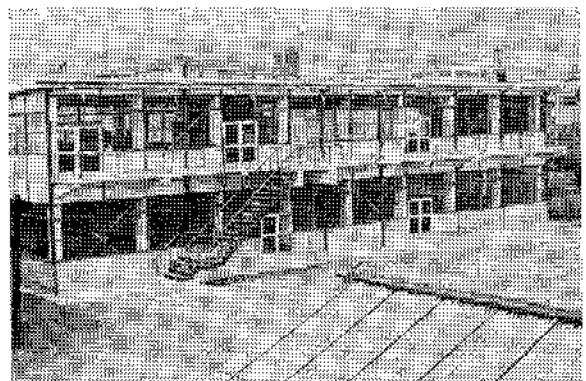
一般教室……校舎も平面が比較的標準化され間仕切りも少ないので、取扱いが安易である。特に2階梁の経済性は大きいので、2階梁以外の部分を他の材料で造り、2階梁のみを軽量形鋼にする場合もある。大壁式のものが多い。

iii) 事務所

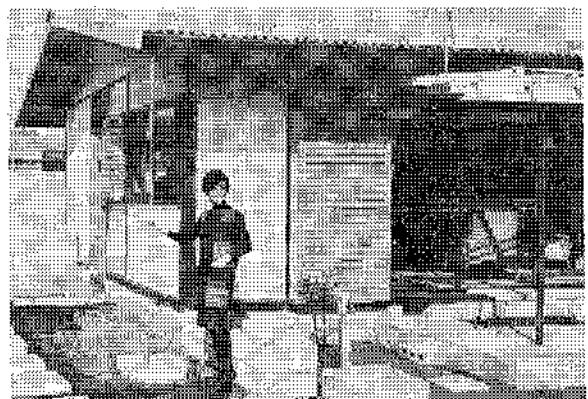
木造と余り大差ない経費で、非常に気持ちのよい建物ができる(第10図)。一部3階建のものもある。工事はほとんどの場合乾式工法が採用されている。真壁式でも大壁式でも、設計者の自由なデザイン力が表現されている。

iv) 住宅

鉄骨を外面に表わした軽快なものから、鉄筋コンクリートのような平屋根のものまで種々使われており、連続



第10図



第11図

住宅やテラスハウスのようなものには、特にその経済性が発揮できる（第11図）。今後は量産公共住宅を初めとして、住宅のプレハブ化乾式化の方向に大いに活躍すると思われる。いずれにしても開口部の多いモダンな軽快な住宅は、軽量形鋼という材料を中心として考えられ始めた。

iv) その他

神社のように特殊な木材を使うものは大変な経費がかさむが、軽量形鋼だとそれにとられずにすむので大変安価にできるのは面白い。建設工事現場の仮設小屋、アーケード、ガレージ、サマーハウス、プラットホーム、またはニワトリ小屋、カニコ小屋にいたるまで、また建物に附ずいた手すり等にも、その特性を發揮されている。

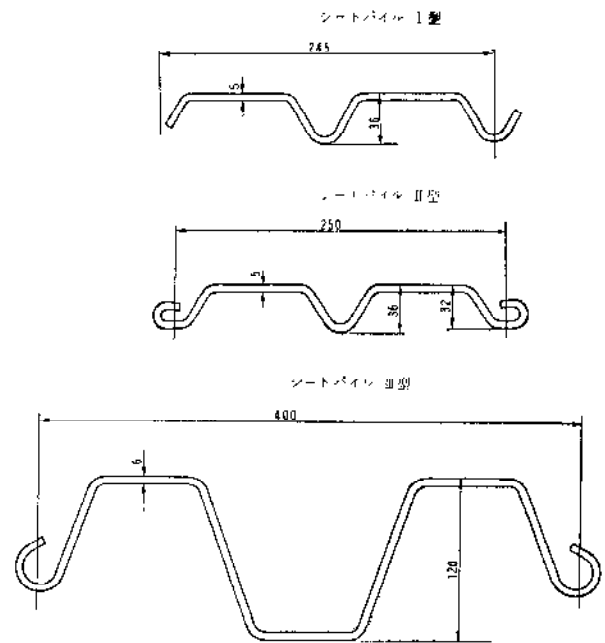
(2) 土木方面への利用

軽量形鋼は建築構造材としての用途の他に、産業界各方面に利用されている。その一例をあげるならば、上木関係の用途である。しかしこの場合、一般に軽量形鋼と呼ばれているものは比較的用途が少ない。むしろ土木関係においては、冷間成形形鋼と呼ぶ方がまだ当を得ている。そこでここでは、現在冷間で成形されているものについて述べることにした。

(1) シートパイル

冷間成形によるシートパイルは、熱間圧延の方法により製造されたシートパイルほどの強度および水密性を必要としない仮設または永久的な構造物に使用されるものである。

- 特長
1. 軽くて弾力性があるため取扱容易
 2. 軽量で断面性能が高い
 3. 耐用年数が長く経済的
 4. 水及び土砂漏れを防げる
 5. 打込引抜が容易



第12図

6. 必要な長さが容易に得られる形状寸法及び断面性能

一般によく使用されている例についてのべる。

(1) 形状寸法は第12図の例のごとくである。

(2) 断面性能

I型、II型、III型の性能は第2表の通りである。

(3) 用途

主な用途は次の通りである。

1. 一時的に反復使用する場合（仮設工所用）
ガス・水道・電線などの地下埋設用仮土留
埋立用仮土留・河川工事の締切
抗道支保工用護および天井矢板
2. 半永久的に使用する場合（埋め殺し用）

第2表

			I 型		II 型		III 型	
厚	さ	mm	4	5	4	5	5	6
有	効	巾 mm	245	245	250	250	400	400
製	品	巾 mm	261	261	280	280	434.4	435.4
高	さ	mm	35	36	35	36	119	120
断	面	積 cm ²	13.07	16.22	15.29	19.11	37.91	45.49
単	重	kg/m	10.3	12.7	12.0	15.0	29.8	35.7
換	面二次モーメント	cm ⁴	15.8	19.3	18.29	22.92	555	679
断	面	係数 cm ³	6.66	8.02	8.33	10.16	82.7	100
回	転	半 径 cm	1.10	1.09	1.09	1.09	3.83	3.86
単	位	巾当り重量 kg/m ²	42.0	51.8	48.0	60.0	74.5	89.3
単	位	巾当り断面係数 cm ³ /m	27.2	32.7	33.32	40.74	208	250

埋立・干拓および河川の護岸工事
堰堤・樋門基礎

(4) 使用法

打ち込みは通常2本子打ちで、短時間に簡単に行なうことができる。その際頭部の割れを防ぎ、中心部を打つために、鋳鋼製のキャップを使用する。

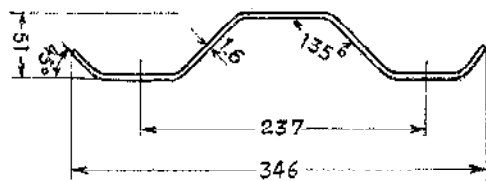
〔2〕 ガードレール

自動車交通が増加し高速化するにつれて、交通の安全性が要求されてきたので、自動車、人や家を保護するために道路に設置するものである。ガードレールにはビーム型とケーブル型とがあるが、ビーム型のレールを冷間成形により加工する。

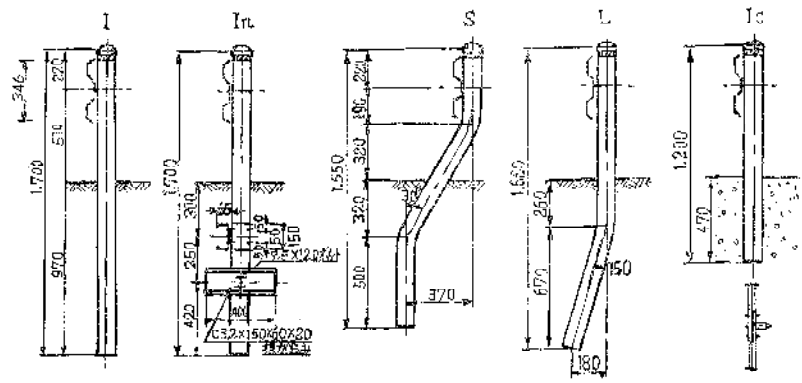
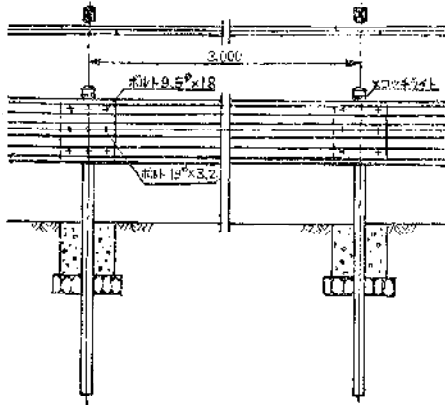
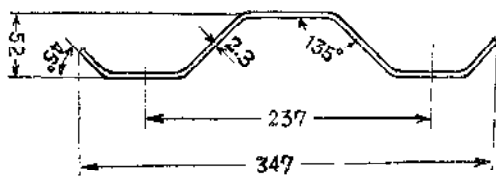
- 特長
1. 弾性に富み車や人が受ける衝撃は比較的緩やかであり、一方ガードレールは衝撃に十分耐える。
 2. 外観が優美で風致によく調和する
 3. 局部的取り替えが容易である。
 4. 橋梁用高欄としても使用できる。

形状および種類

ガードレールは、レール・支柱・取付ナット等よりなり、各主要部材は加工後パーカライズして、その上に防



第 13 図



第 14 図

錆塗料を塗布し、設置現場で組立た後仕上げ塗装を行なう。ただし支柱の土中挿込部分はアスファルト塗装を施し、防錆をはかっている。

ガードレールは用途に応じて数種類があり、設置条件に応じて最も適したものを使用する。その例を第3表に示す。

レールの断面形状及び断面性能の例を示せば、第13図と第4表のようになる。

組立て及び支柱の種類を示せば第14図のようになり、設置場所の条件に応じて最も適当なものを使用する。

〔3〕 コルゲートパイプ

コルゲートパイプは波付された金属管の略称で、ヒューム管やコンクリート管等と類似の目的に使用されるが、これは小さく分割されたセクションを設置現場で簡単に組立てる点が、他のパイプと異なる。

- 特長
1. 強度が大きい
 2. 軽量である
 3. 施工が簡単である
 4. 耐久性がある
 5. 経済的である

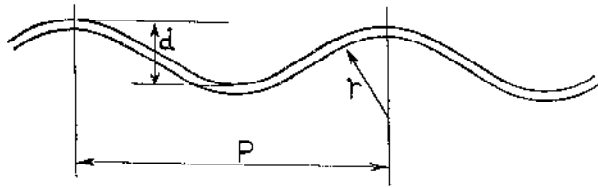
用途

1. 排水用
道路、鉄道下の横断水路、道路、鉄道の側溝
2. 集排水用
窪地、低地の集排水
3. 送配水用
低圧送水管 灌漑用水管
4. 通路用
立体交差の下部通路簡易トンネル
5. その他
骨材貯蔵サイロ

断面形状には波形、円形、アーチ形、パイプアーチ形があるが、それらの形状は第15図と16図の通りである。

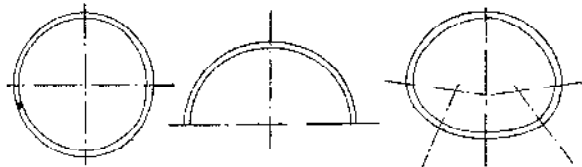
種類は波の形状寸法により2種に大別され、パイプの断面形状及び継手により多くの種類がある。これらを第5表に示す。

なお波形の1型と2型の形状は、先の第15図のごとくである。



波形の種類	P (mm)	d (mm)	曲線部半径 (mm)
1 型	67.7	12.7	17.5
2 型	150.0	47.5	28.0

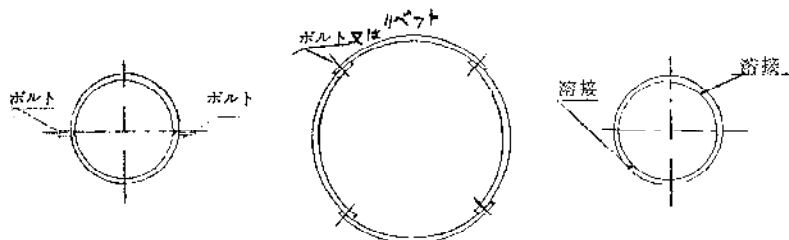
第 15 図



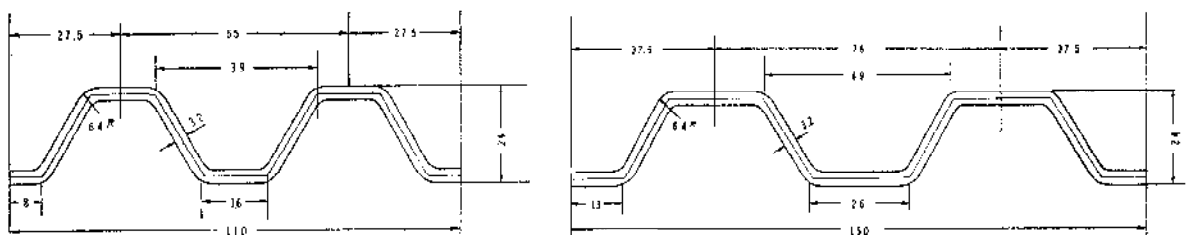
第 16 図

継手形式にはフランジ型、ラップ型、突合せ型があるが、それらの形式は第17図の通りである。

現在使用されている製品は、1型は直径が25cmより2mまでで、板厚が1.6, 2.0, 2.7, 3.2, 4.0mmである。2型は円形の場合直径が2mより4.5mまで、板厚が2.7, 3.2, 4.0, 4.5, 5.3, 6.0, 7.0mmである。ア



第 17 図



第 18 図

ーチ形、パイプアーチ形でも各種寸法のものがある。

厚板の材料はJIS G3307SPH1が主に使用されており、この上に原則的に450g/m²の亜鉛メッキを施す。

板厚の選定や流量の計算は、表やグラフによつて行なえるようになっている。

〔4〕 鉄矢木

坑道および隧道の支保材として使用されるものである。従来は木材が使用されていたが、木材は腐朽しやすく耐圧力も弱い欠点があるので、最近鉄矢木に代りつつある。

- 特長
1. 耐圧力が大
 2. 経済的である
 3. 簡便で適切に使用できる

形状寸法及び断面性能

一般によく使用されている例についてのべる

- (1) 形状寸法第18図に示すごとくである。
- (2) 断面性能は第6表のとおりである。

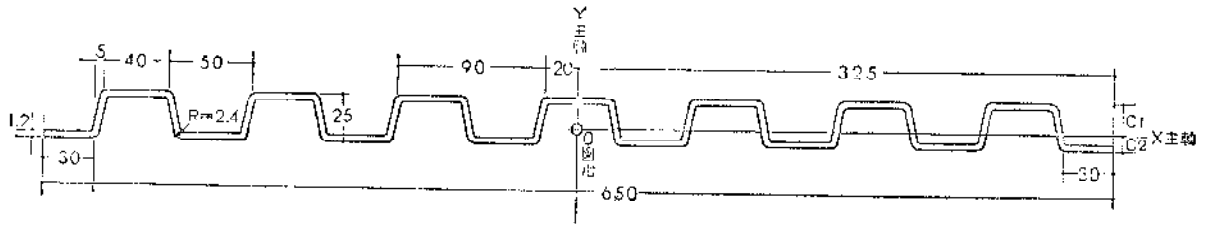
用途は次のごとくである

1. 坑道、隧道などの矢木
 2. ガス、水道、電線などの地下埋設用仮土留
 3. 埋立、開拓および河川工事の護岸、仮土留、締切
- (3) 車輛、船舶への利用

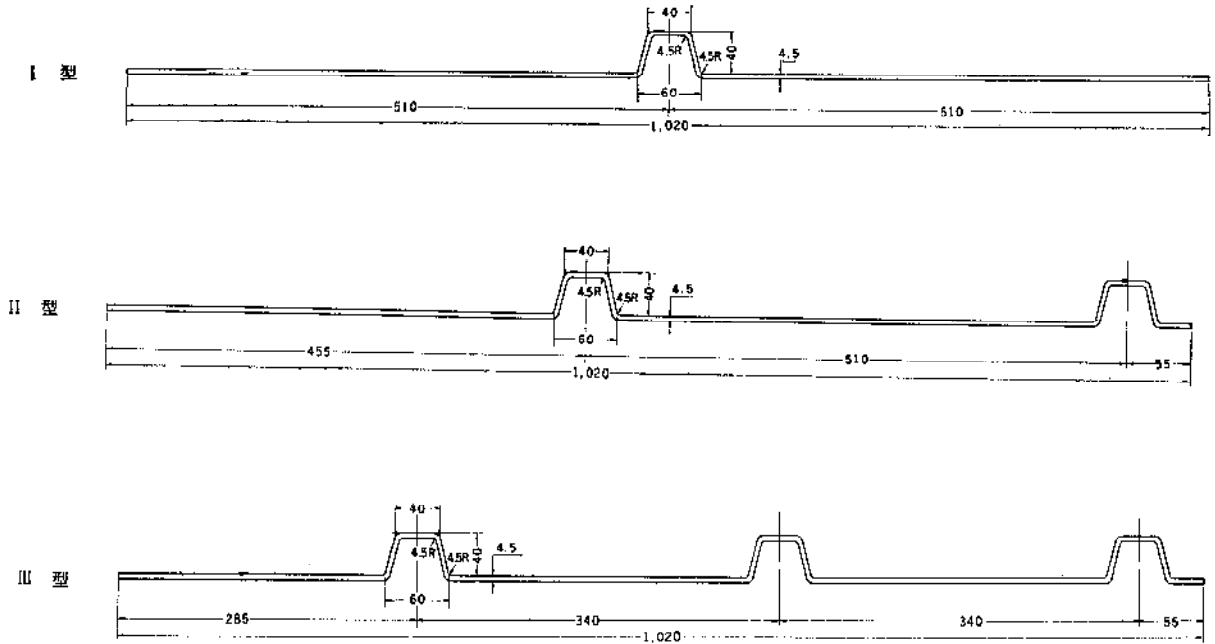
軽量形鋼の需要のほとんどが建築、土木方面にしまられているが、最近では車輛船舶においても、軽量形鋼というよりも冷間連続成形された形鋼が使用されつつある。大体において形鋼よりも巾広なもの、デッキプレート類が多い。特に船舶においてはその特殊な構造上、他の製品のように汎用性は少ないので、使用範囲が限定されるが、これが与える利点は非常に大きいものであり、今後冷間連続成形品の進むべき道の一つとも考えられる。

1. 車輛

以前から軽量形鋼が用いられていたが、総てプレス製品であった。しかし最近ではロール成形機による製品が、骨組や床板(キーストプレート)に使用されている。その1例を第19図に示す。



第 19 図



第 20 図

2. 船舶

主体骨組を除く船室内部の壁体，棚，付属設備，即機装廻りに，小断面のものから大広巾のものが漸次使用され始めている。重量が軽くなることは船舶にとって有利な

点であるので，耐力壁を除き，多少の荷重の働く部分には，軽量形鋼を使用した方が良い。第20図に使用例を示す。

第 3 表

用途	レール		支 柱	
	厚 さ (mm)	巾 (mm)	大 き さ (mm)	間 隔 (m)
高速道路用	2.3	347	□ 100×100×3.2	3.0 4.0
簡易道路用	1.6	346	□ 100×50×3.2	3.0
市街地用	1.6	346	□ 2×60×30×10×2.3	3.0
橋梁高欄用	2.3	347	□ 100×100×3.2	1.5 2.0

第4表

板厚 t mm	断面積 A cm ²	重量 W kg/m	断面二次 モーメント		断面係数	
			I _x cm ⁴	I _y cm ⁴	Z _x cm ³	Z _y cm ³
2.3	9.23	7.24	901	34.8	52.4	11.3
1.6	6.42	5.05	643	24.7	37.2	8.02

第6表

種類	断面積 A (cm ²)	重量 W (kg/m)	断面二次モーメント I (cm ⁴)	断面係数 Z (cm ³)
11 型	4.951	3.89	3.17	2.64
15 型	6.231	4.89	4.57	3.81

第5表

波形	断面形状	継手	
		形式	方法
1 型	円形	フランジ型	ボルト締め
		ラップ型	ボルト締め
			リベット締め
突合せ型	溶接		
2 型	円形	ラップ型	ボルト締め
	アーチ形		
	パイプアーチ形		