

川崎製鉄技報

KAWASAKI STEEL GIHO

Vol.4 (1972) No.2

鋼構造研究所の概要

An Outline of the Steel Structure Research Laboratories of Kawasaki Steel Corporation

山崎 徳也 (Tokuya Yamasaki) 嶋 文雄 (Fumio Shima) 盛岡 純一 (Junichi Morioka) 原 道彦 (Michihiko Hara)

要旨：

川崎製鉄（株）鋼構造研究所は、先に発足した当社技術研究所と一体となって建材営業に結びつく鋼構造物に関する研究開発および試験業務を行なうべく、1971年11月8日に開所された。本報告は、新しい組織の概略と、多品種の当社建材製品を採用した建築物、ユニークなアイデアを盛り込み設計製作されたテストベッド、独特の制御装置をもち高精度荷重測定可能な1,000 t 大型構造物試験機などの設備について紹介する。

Synopsis：

The Steel Structure Research Laboratories of Kawasaki Steel Corporation was opened in the suburbs of Chiba City in November 1971 with an aim to perform research & development work and testing of steel structures to expedite sales of structural steels in collaboration with the Research Laboratories founded in 1969. This report presents an outline of the new organization as well as its new building using various kinds of Kawasaki's products and some other new equipment; a test bed designed and constructed with a unique idea, a 1000-t testing machine with a particular controlling system to measure the load with high accuracy, etc.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

鋼構造研究所の概要

An Outline of the Steel Structure Research
Laboratories of Kawasaki Steel Corporation

山 崎 徳 也*

Tokuya Yamasaki

嶋 文 雄**

Fumio Shima

盛 岡 純 一***

Junichi Morioka

原 道 彦***

Michihiko Hara

Synopsis:

The Steel Structure Research Laboratories of Kawasaki Steel Corporation was opened in the suburbs of Chiba City in November 1971 with an aim to perform research & development work and testing of steel structures to expedite sales of structural steels in collaboration with the Research Laboratories founded in 1969.

This report presents an outline of the new organization as well as its new building using various kinds of Kawasaki's products and some other new equipment; a test bed designed and constructed with a unique idea, a 1000-t testing machine with a particular controlling system to measure the load with high accuracy, etc.

1. まえがき

近年、社会や経済の急速な発展と科学技術の長足の進歩により、土木建築構造物は長大化、高層化さらには複合化し、長大橋や超高層ビルなどの大型構造物および複雑な特殊構造物が建造されるようになった。これに伴い建設資材としての鋼材消費量も大幅に増加し、いまや国内における全鋼材消費量の50%に及ぶシェアを占めるまで伸長するに至った。

鉄鋼メーカーにも従来のように、ただ素材製品を生産販売するという消極的な姿勢より脱皮して、ユーザーへのサービスという見地からも、独自の新製品や新工法に関する総合的研究開発を積

極的に推進することが望まれており、その対象分野も都市の再開発や海洋開発、宇宙開発など多岐多様に及んでいる。

これらの研究開発には、コンピューターの高度利用による理論的研究を必要とすることは、言うまでもないが、従来通りの縮小された試験片や模型による実験では、相似率の困難さに加えて、試験体の加工精度も実際と著しくかけ離れたものとなり、実在の構造物が真に必要とするデータが的確には得られず、実大実験またはこれに近い大型縮尺による実験によらなければ、大型構造物の力学的特性を正確に把握することは、到底不可能事である。

このような状況を十分に把握し、検討した結果当社においても、すでに昭和44年5月千葉製鉄所

* 本社鋼構造研究所次長・工学博士

** 本社建材開発部部長代理兼鋼構造研究所構造研究室長

*** 本社鋼構造研究所構造研究室主任研究員

構内に統合開所された技術研究所とは別途に、新たに建設資材の営業と直結し、ユーザーからの要請に応えるべき研究開発の実施機関を設置して、建材開発部門と密着のうえ、総合的機能を発揮し得る体制のもとに、土木建築などの分野における大型プロジェクトに関する開発研究を、強力かつシステムティックに推進すべきことが要望され、ここに大型試験機を有する鋼構造研究所創設の構想が、打ち出されるに至った。

かくして1,000 t 大型構造物試験機とテストベッドを主体とする静的試験施設を建設する第1期工事が、昭和45年6月22日に着工され、同年12月15日に工作実験棟およびその諸設備が竣工、引き続き翌46年7月15日に管理センター、9月30日に1,000 t 大型構造物実験棟がそれぞれ竣工し、所員の充実とともに、鋼構造研究所は実働体制に入った。

幸いに、敷地は6,000余坪と広く、第2期工事では、耐震、耐風、耐波浪を対象とする疲労、振動に関する各種実験設備の設置を意図しており、これらの拡充設置により、この分野の民間における第一級の研究所としての役割を十分果すことができるであろう。

2. 組 織

昭和45年12月15日の工作実験棟およびその諸設備の竣工に先んじて、12月1日の職制改正で、建材開発部の試験研究室が発展的に解消され、これを強化して鋼構造研究所が新たに組織されたのであるが、その組織と人員構成は図1および表1に示すとおりである。

すなわち、当社の建材開発に関する研究組織と

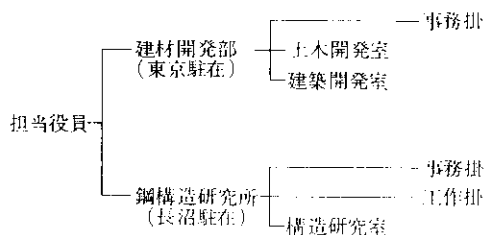


図1 鋼構造研究所の組織図

表1 鋼構造研究所の構成人員

組 織 名	事 務 員	技 術 員	技 能 員	計
事 務 掛	4			4
工 作 掛		3	16	19
構造研究室		11		11
計	4	14	16	34

しては、営業部門に属する建材開発部と当研究所とがあり、それぞれ研究の総括と実施機関として総合システムの研究開発を進めている。

なお、技能社員は研究室に直属させないで、将来における研究室の拡大や変更時にも対処しうるとともに、作業量に応じて適宜人員の流動的な配置を可能ならしめることを考慮して、工作掛に一括プールする効果的運営を採用している。

企業の営業部門に所属する当研究所の運営に当って、その基本的使命を考慮するとき、研究内容に対して高度の学問レベルが要求されることはもちろんのこと、さらに開発された研究成果をいかに営業面に効果的に反映させるかが最終課題であると考えられる。このような内容への育成方針が組織とその人的構成の細目に至るまで配慮されているため、発足以来短時日にもかかわらず、今日すでに順調な研究活動が行なわれている。

3. 建設概要

当研究所の敷地を千葉市郊外長沼町に選定した主な理由は、次のとおりである。

- (1) 千葉製鉄所工場部門および構内にある技術研究所に近接しているため、建材製品に関する工場との連絡および共同研究を適時有効に行ないうること。
- (2) 東京にも比較的近いと、学会、協会、官公庁などとの交流や情報の入手が容易であり、かつ東京本社との連絡を常時緊密に行ないうること。

当所の全体配置図を図2に示す。

第1期工事の主要建物は、施設の中核をなす管理センター、工作ヤードとテストベッドをもつ工作実験棟および1,000 t 大型構造物実験棟である

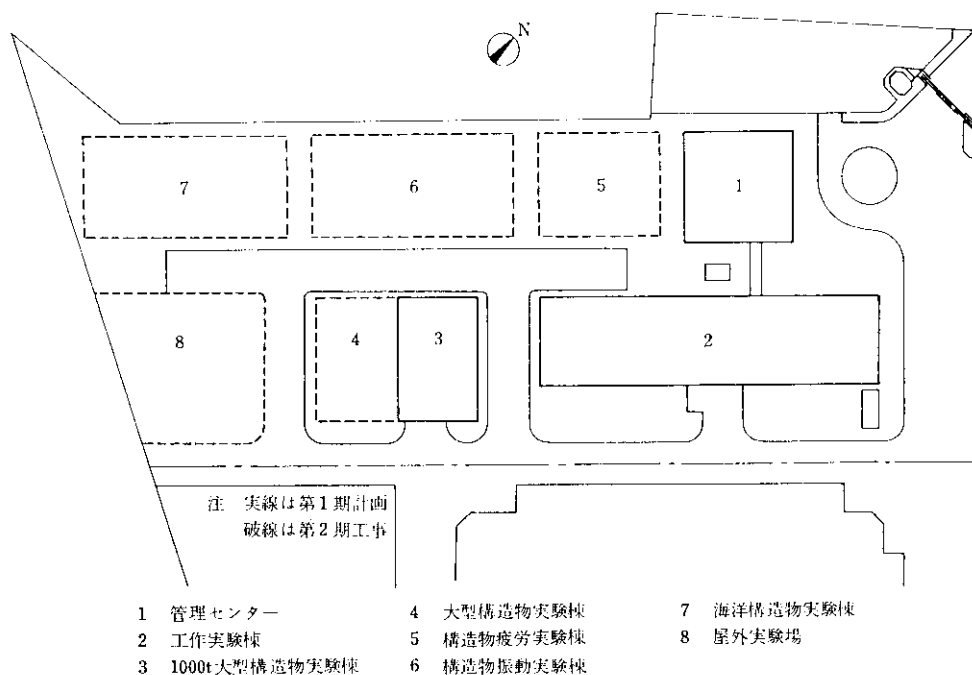


図 2 鋼構造研究所全体配置図



写真 1 正門, 左より工作実験棟, 管理センター

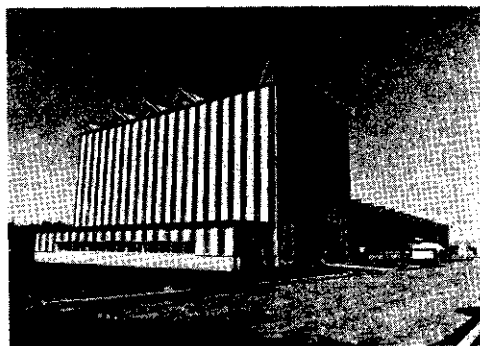


写真 2 1,000 t 大型構造物実験棟

(写真 1, 2 参照)。

これらの建築概要および設備を 表 2 に, 平面図を 図 3 に示す。

全体計画は主として当所建設班が担当し, 工事は千葉製鉄所土建部, 動力部などの協力のもとに実施された。建設工事費は約 5 億 6 千万円である。

設計施工業者は,

土建設計	レイモンド建築設計事務所
総合業者	(株)竹中工務店(千葉営業所)
鉄骨業者	五光鉄構(株)

テストベッド 川崎重工業(株)(加古川工場)

1,000 t 大型構造物

試験機 (株)東京衡機製造所

などである。

計画, 設計上において, 特に考慮した点は次の諸項である。

(1) 管理センターには, 鋼構造研究所の名にふさわしいイメージを持たせ, さらに将来の拡充を予測して, 増築時にも業務に支障ないように計画配慮した。

表 2 建築概要および設備

棟 名	建築面積 (m ²)	床面積 (m ²)	延面積 (m ²)	構造	クレーン 容量・スパン(m) (t)高さ(m)	階の高さ		居室の天井 高さ		軒の高さ		最高の高さ		仕 仕		設 備
						F L+(m)	F L+(m)	F L+(m)	F L+(m)	G L+(m)	G L+(m)	G L+(m)	G L+(m)	外 壁	屋 根	
管理センター	729.000	1 F 129.600 2 F 729.000	858.600	鉄骨造 平家建		1 F 3.500	1 F 2.700			6.800	9.000			圧縮鉄板 (リバーウォール)	軽量コンクリート造 砂付ルーフフィンダ	硬度試験機 光弾性装置 写真室
工作実験棟	1,855.500	1 F 1,848.000 2 F 336.000	2,184.000	鉄骨造 平家建	5 t H=14.100 3 t H=14.100 2 t H=6.100 2 t H=5.500 2 t H=3.800	1 F 5.000	1 F 4.800			8.300	10.130			着色亜鉛鉄板 (リバーカラー) t=0.8mm 木毛板 t=20mm	着色亜鉛鉄板 (折放構造 V-300) t=0.8mm	200 t, 50 t 万能材料試験機 衝撃試験機 X線写真装置 テストベッド 工作機械
1,000 t 大型構造物 実験棟	558.600	558.600	558.600	鉄骨造 平家建	10 t H=13.350 2 t H=11.500	15.500	2.900 15.500			15.500	17.900			着色亜鉛鉄板 (リバーカラー) t=0.8mm	着色亜鉛鉄板 (折放構造 V-300) t=0.8mm	1,000 t 大型構造物 試験機
宇 前 所	23.921	22.545	22.545	鉄骨造 平家建		2.500	2.200			2.700	2.860			塩ビ鋼板 (ビニレジノ) t=0.8mm 断熱材入り	鉄筋コンクリート造 ホールドアップ防水 均一モルタル塗	
ボイラー室	26.040	26.040	26.040	鉄骨造 平家建		3.600	3.600			3.800	3.800			着色亜鉛鉄板 (リバーカラー) t=0.8mm 木毛板 t=20mm	着色亜鉛鉄板 (リバーカラー) t=0.5mm	ボイラー
合 計	3,193.061	3,649.785	3,649.785													

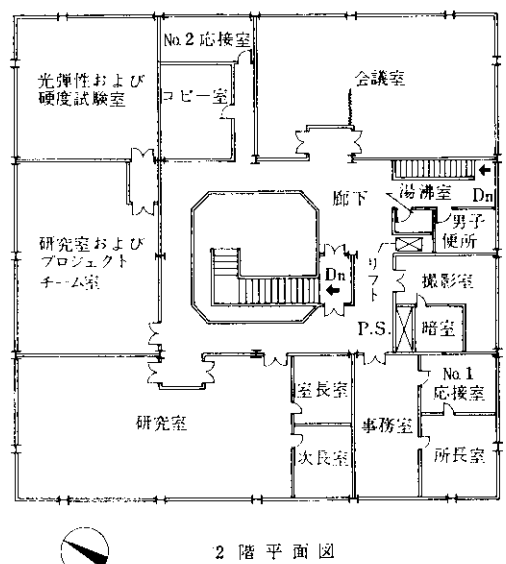
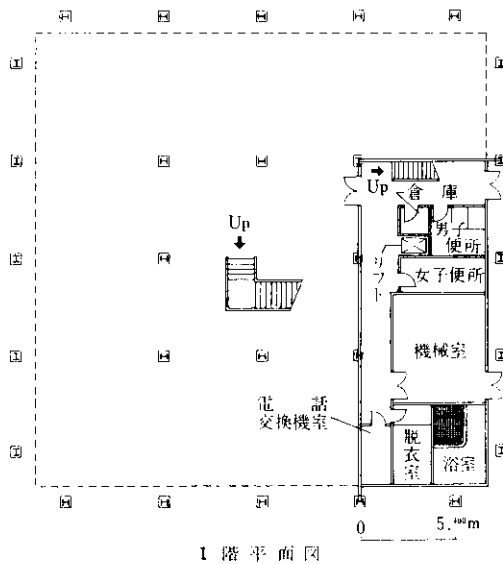


図 3-1 管理センター平面図

(2) 工作実験棟および 1,000 t 大型構造物実験棟は、採光、換気、照明、配管、(電気、ガス、水、圧搾空気など) 安全設備などに関して、社内外の研究所を調査参考のうえ、将来計画をも加味して万全を期した。

(3) 当社建材部門の成果である鋼管杭にお

るリバージョイント工法、鉄骨フレームにおける R-H 工法や諸建材を採用することはもちろんのこと、さらに開発途上の新製品をも積極的に試用してその開発の促進を図った。

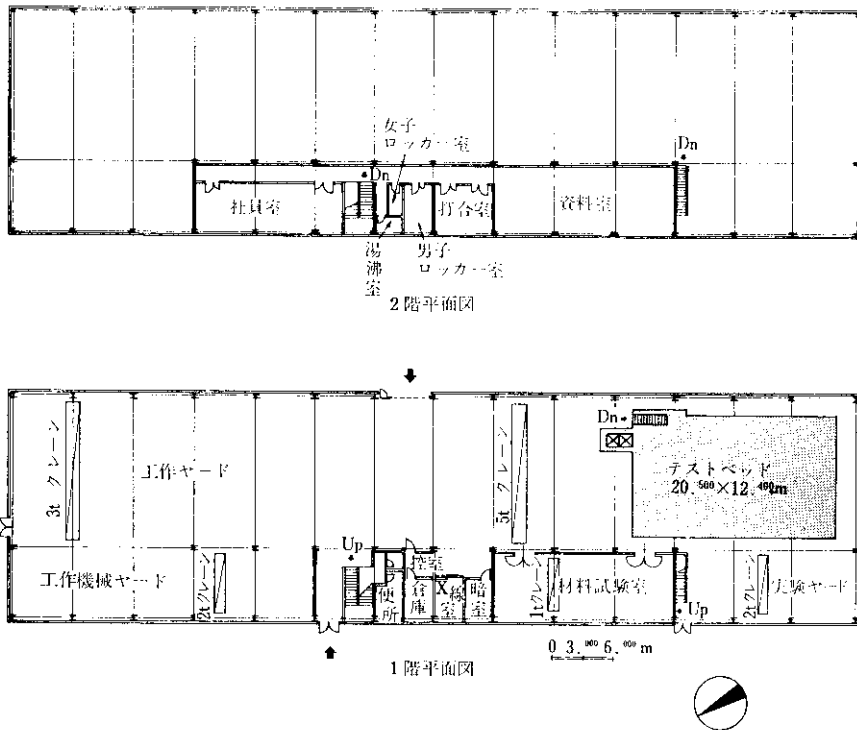


図 3-2 工作実験棟平面図

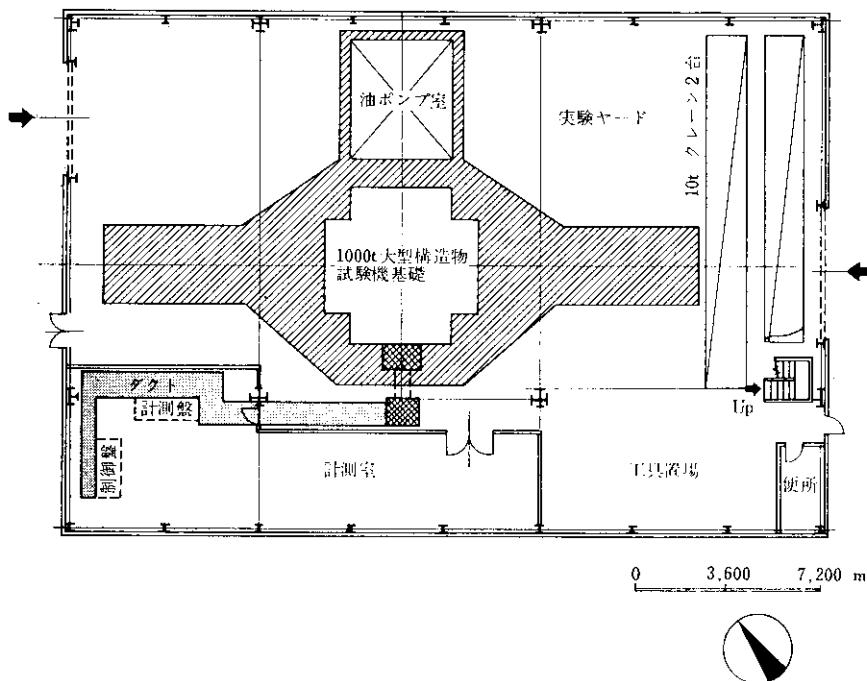


図 3-3 1,000 t 大型構造物実験棟平面図

(4) 試験機器に関しては、広く内外の諸設備を調査検討のうえ、独自のアイデアを盛り

込んで設計したが、その詳細に関しては章をあらためて次に述べることとする。

4. 主な設備

4-1 テストベッド

4-1-1 テストベッドの構造

テストベッドは現在の構造物実験に対する多種多様の諸要求を満たしうる汎用実験設備であり、機能的にはむしろ実験機器そのものであると考えられ、このため、テストベッド自体の汎用性もさることながら、その上に組立てられる載荷フレームの利用面においても多くの自由度を保有することが要求される。任意形状の実験供試体に任意形式の荷重を載荷するためには、その都度相当のくふうを必要とすることは当然であるが、個々の実験に対して、毎回載荷装置を準備するのではなく、既存の各種載荷用の部材や支点などを適宜組み合わせることによって、任意の載荷方式が得られれば、構造物の使用状態における実際の外的条件を実験室で正確に再現することが時間的にも経済的にもきわめて容易であると考えられる。

このような基本的な考え方にもとづいて、全体的な設計製作を行なったが、特に以下に述べるよ

うに定着機構に留意し、広汎な実験への適応ができるようにした。

テストベッド本体は、図4に示すように幅12.4m、長さ20.5m、厚さ1.2mの鉄骨コンクリート造りの上板と鉄筋コンクリート造りの地下部分より構成されており、上板鉄骨はCT-175×350×12×19を上下弦材、CT-125×250×9×14を斜材としたラチスばりを横方向に3径間連続ばりとして架設し(写真3参照)、ラチスばり間にアンカー部を設置することにした(写真4参照)。

アンカーは1ヶ所4ヶの孔をあけており、上板面に140ヶ所配置されている。アンカーの構造詳

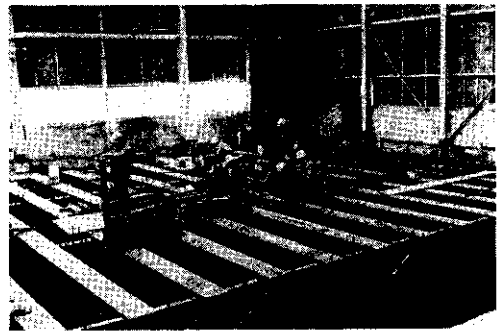


写真3 テストベッド上板鉄骨ラチスばり

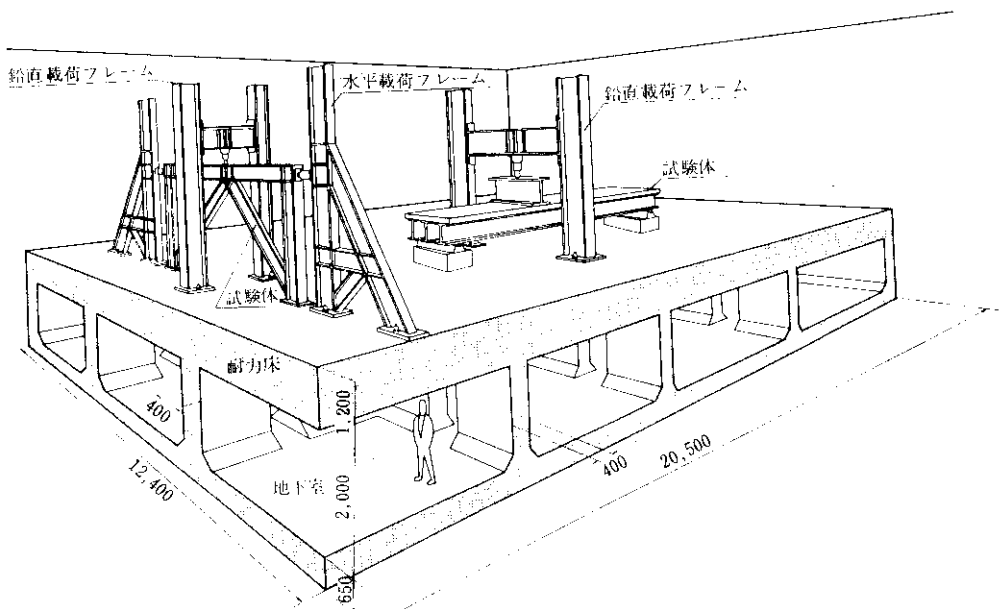


図4 テストベッド全体図

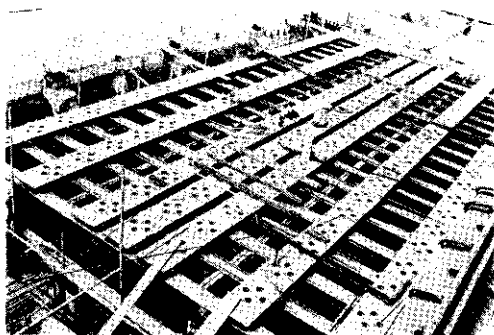


写真 4 テストベッド上板の上部鋼板

細に関して 図 5 にアンカー上部、図 6 にアン

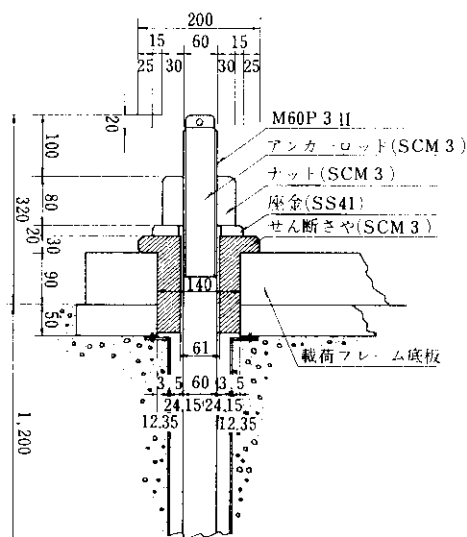


図 5 テストベッド上部アンカー部

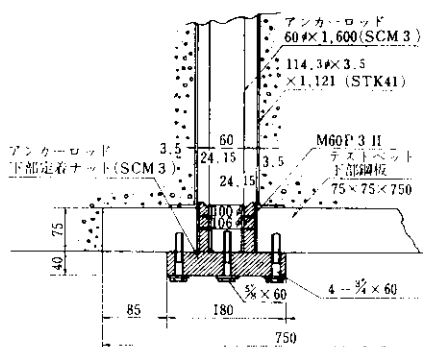


図 6 テストベッド下部アンカー部

カー下部をそれぞれ示しているが、上部について大略説明すれば次のようである。すなわち、载荷フレームの底板とテストベッド上板アンカー穴とを通して、正確かつ最高度の力の伝達を図るため中央部に穴のあいたせん断さやをはめ込み、その中に 60φ のアンカーロッドを挿入し、アンカー下部定着ナットにねじ止めしたうえ、アンカーロッドに 1 本当たり 100 t のプレストレスを行なって载荷フレームとテストベッド上板を固定する。アンカー 1 ケ所に 4 ケのアンカー穴を設けたのは、载荷フレーム組立て時の方向性を除くためであり、アンカーロッド 2 本を対角線に位置するアンカー穴に使用する。アンカーの耐力は引張力、圧縮力およびせん断力のいずれも 1 ケ所当たり 200 t である。アンカーロッドに 100 t のプレストレスを与えるため、それ以下の荷重であれば、载荷フレーム定着部の変位は当然零であると考えられるから、試験装置としては、きわめて望ましく、精密測定を可能にする一大特色と言えるであろう。

設計計算に当っては、载荷フレーム底板穴と上板アンカー穴を連ねて挿入されたせん断さやのみが一面せん断的に水平力に抵抗するものと仮定したが、実際にはアンカーロッドに導入したプレストレスによって生じる、载荷フレーム底板とテストベッド上板との間の摩擦力が、さらに協同して水平力に抵抗すると考えられ、せん断に対しては、かなりの余裕があると思われる。

4.1.2 载荷フレーム

载荷フレームの機能として一般に次の 2 つのタイプに分類できる。

- (1) 荷重方向は一定方向に限定されているが、载荷荷重値は出来るだけ大きくとる方式のフレーム。
- (2) 荷重方向は任意に選択できるが、荷重値はそれ程大きくはとれない方式のフレーム。

(1) の载荷フレームは、単一部材たとえば引張材、はり材、補強材などを組立て、剛性が大きくなるように接合部を溶接もしくは高力ボルトを用いて作成した鉛直载荷または水平载荷専用フレ

ムである。特に、テストベッドの使用頻度からみれば、鉛直載荷が最も多く、したがって、当所では6 mの幅員がとれる鉛直載荷専用のフレームを製作した（写真5参照）。このフレームはフレーム自体の精度をあげるために、材質S45Cの丸

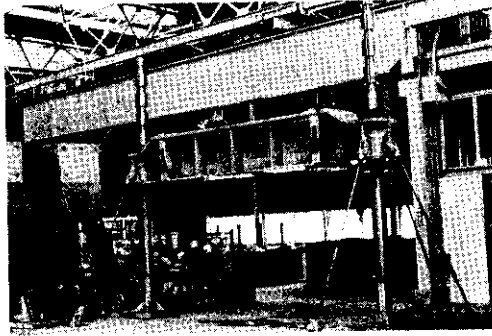


写真5 鉛直載荷専用フレーム

棒に精密加工による凹凸をつけ、この丸棒を横ばりの両端に貫通させ、その上下面で凹凸に合わせてストッパーを挿入するという構造形式を採用している。なお、横ばりの水平度の微調整を丸棒の支点におけるねじ込み長さによって行なえるように考慮し、1/12,000（スパン6 mに対して）の精度における調整を可能にした。

(2)の載荷フレームは、まず接合部を標準化のうえ、多種多様の実験形式や載荷方式に適合し得るように細分化した部材要素を、ボルト継手で長さ方向に接合してはり材や柱材を構成し、それらを組立てて作製する形式であるが、構造的には継手が弱点となる。載荷荷重の大きさは継手の耐力で決定され、当然大きな試験荷重は期待できない。

4.1.3 施工精度

テストベッドは構造物実験における荷重反力の単なるアンカーではなく、テストベッドと載荷フレームとを含めて汎用特性をもつ実験機器であるという基本概念に立っているため、当然施工に対しきわめて高度の精度が要求されることになる。特に4.1.2(2)項のフレーム組立てに対しては、テストベッドのアンカー位置の精度と、せん断さやとの“はめ合い”を考えれば、穴径の精度に関

して一段と厳密に考慮しなければならない。テストベッド面の高低差については、厚さの異なるライナープレートを数枚重ねて敷くことにより、十分調整が可能であると判断し、さ程厳密には配慮しなかった。

表3に施工時の目標精度をまとめて示してい

表3 テストベッドの施工精度

項目	名称	記号	組立て目標精度
上部鋼板	アンカー穴径	A	$140^{+0.1}_{-0}$ mm
	アンカー穴間距離	B	400 ± 0.3
	〃	C	600 ± 0.4
	プレート間距離	D	$1,000 \pm 1.0$
	〃	E	$2,000 \pm 2.0$
下部鋼板	アンカー定着穴径	F	$106^{+1.0}_{-0}$
	アンカー定着間距離	G	400 ± 0.6
上下部鋼板間のずれ 上部鋼板の高低差	鋼板長手方向		± 30
	隣接アンカーに対して	DおよびE	± 1.5

注) 記号は 図7, 8, 9 参照

る。これらの精度を確保するため、上部鋼板に関するアンカー穴の成型に当っては大型横ボール盤による精密連続加工を採用することとした。プレート間の距離に関しては、アンカー穴と同時にアンカー中心（図7参照）に径9 mmの測長用基準孔を設け、この孔を基準にして、鉄骨のラチス

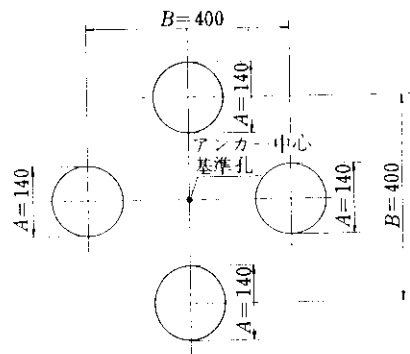


図7 テストベッド上面アンカー配置図

ばり上における芯出しおよびレベル出しを精密に行ない、高精度を保持して逐次固定した。アンカー穴径および上部鋼板のアンカー穴間距離はボール盤を用いて加工したのでその最高精度は当然保証され容易に目標の精度をうることができた。また、プレート間距離の精度も上述のアンカー中心の基準孔の利用により全体的には十分満足すべき結果が得られている(図8参照)。

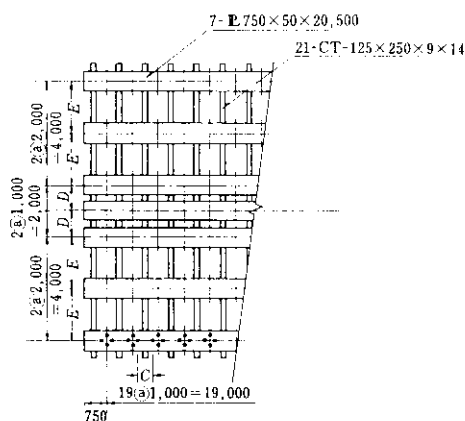


図8 テストベッド鉄骨配置図

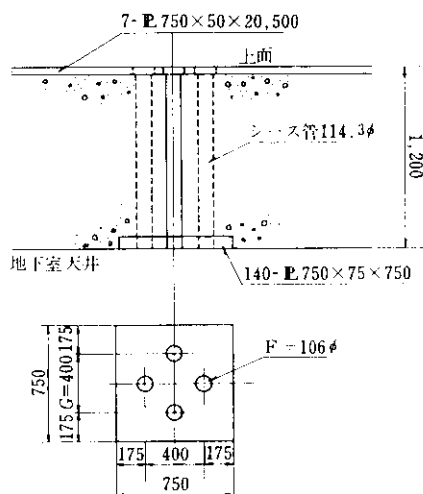


図9 上板コンクリートアンカー部断面図

上下部鋼板間のずれは、図6に示すようにシース間とアンカーロッド間に24mmのすき間があり、また下部定着孔とアンカーロッド定着ナットとの間にも6mmの余裕が与えられており、10mm程度までのずれは実用上差支えないと考えられるので、最終的な組立て精度のチェックは行なわなかった。高低差は予期以上に小さく、光学レベルを用いた測定結果ではアンカー中心で60%が同一レベル、30%が $\pm 0.5\text{mm}$ 、残り10%も $\pm 1.0\text{mm}$ で精密に組立てられていることが確認できた。

4.2 1,000t 大型構造物試験機

4.2.1 本 体

1,000 t 大型構造物試験機は比較的単純な大型構造物部材や実大構造物の一部などに対する耐力試験や性能試験を行なう目的で製作されたものである。そもそも大型試験機はテストベッドと異なり、できる限り単純化し、圧縮専用あるいは引張専用というように単一機能に専用化することが望ましいが、作動原理は同一であるから、わが国においては経済的な理由もあって圧縮と引張を兼ね備えた試験機として製作されることが多い。

一般的通念として、大型試験機による引張試験は試験片の着脱に手間がかかるため、圧縮試験は堅型、引張試験は横型とされている。しかし荷重精度の面から比較するとき、横型ではその名の通りに構造上水平位置に設置される関係から、必然的に主シリンダーとラムとの摩擦抵抗が上下の接触面で不均等となり、その値も荷重指示値に対して $\pm 1.0\%$ を限度とせざるを得ないという難点がある。これに反して堅型では摩擦抵抗が無理なく全面で均等に作用するのみならず、その値も $\pm 0.5\%$ 以下と大幅に低下する優位性が認められる。このような性能の相違は構造上からくる本質的な宿命といえる。

当研究所では、今日、構造工学の理論的解析が大型計算機の利用と解析手法の飛躍的發展に伴ってますます精緻化していることを考慮するとき、実験研究もまた大型化だけにとどまらず、その精度について現在可能な限りの向上を図るべきであ

るとの抱負をもち、あえて、引張および圧縮の両機能をもつ高精度堅型大型構造物試験機の設置を決定した。その際、この規模の大型試験機（表 4 参照）ではわが国で始めて、引張試験片の取付けにくさび式チャック方式を採用し、試験片の着脱を容易にするとともに作業の能率化を図ったことは特筆に価すると思われる（写真 6 参照）。

表 4 1,000 t 構造物試験機的主要仕様

項 目	機能および寸法	
全 高	11.75m	
全 幅	6.0m	
有効幅	3.0m	
最大ひょう量	1,000 t	
変更ひょう量	1,000 t 500 t 200 t 100 t (50 t) (20 t)	
主ラムストローク	0 ~ 1,000mm	
主ラム速度	500 t 以下	0 ~ 100mm/min
下部クロスヘッド昇降速度	500 ~ 1,000 t	0 ~ 40mm/min
引 張 試 験	200mm/min	
最大引張荷重	1,000 t	
引 張 間 隔	(A) くさび形チャックのとき 100 ~ 7,000mm (B) ピン式チャックのとき 1,000 ~ 5,000mm	
試 験 寸 法	(A) の場合 丸棒 50 ~ 160φ 平板 厚さ 10 ~ 110mm 幅 600mm (B) の場合 平板 厚さ 最大 210mm	
圧 縮 試 験		
最大圧縮荷重	1,000 t	
圧 縮 間 隔	0 ~ 7,000mm	
耐圧盤寸法	1,500 × 1,500mm	
曲 げ 試 験		
最大曲げモーメント	2,500 t-m	
曲げ支点間隔	4,000 ~ 20,000mm	
荷重計測方法	オイルカプセル方式	

※ () 内は保証範囲外

一般的に言って、構造物の静的載荷試験において、実験精度の向上を期するためには、試験供試体の剛性には関係なく、極微低速負荷、長時間一定荷重保持、あるいは一定変位保持の諸機能が当然必要となってくる。アムスラー型やリーレー型などに代表されるいわゆる万能試験機の構造様式ではこのような型式での載荷方法を行なうことは

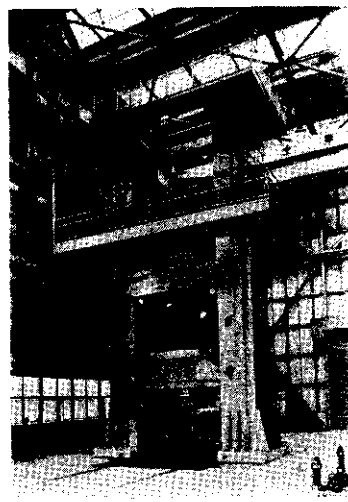


写真 6 1,000 t 大型構造物試験機

困難である。特に供試体が塑性域に入ってから、一定時間変位を保持する試験は全く不可能であり、その対策として主ラムと主シリンダーとの間にパッキンを挿入して変位保持時間中のオイルリークを極力少なくする手法やラムの変動をポテンショメーターで電圧に変換し、この電圧変動を入力としてラム変位を自動制御する方式が考案されるに至った。

前者のパッキン使用の場合は完全にオイルリークを止めることができず、長時間の変位保持負荷試験は困難であり、後者に関してはポテンショメーターの分解能が比較的悪い場合、フルスケールに対して1~2%の変動は避けられない。これらの精度上の難点を改善するため最近では、変位検出に差動トランスやマグネスケールを用いる改良策が採用され、かなりの精度向上が期待されるようになった。当研究所の試験機は上記の諸懸案をすべて満足しうるような設計条件を慎重に検討して製作したもので、後述するようにその性能に関しては予期以上の好結果が得られている。

図 10 に本体構造と主油圧系統図を示した。本体ベッド中央部に外径 1.2m の主シリンダーおよび 70cm の主ラムを固定し、主ラムの中心にラムクロスヘッドがピボットを介して取付けられてい

図 10 に本体構造と主油圧系統図を示した。本体ベッド中央部に外径 1.2m の主シリンダーおよび 70cm の主ラムを固定し、主ラムの中心にラムクロスヘッドがピボットを介して取付けられてい

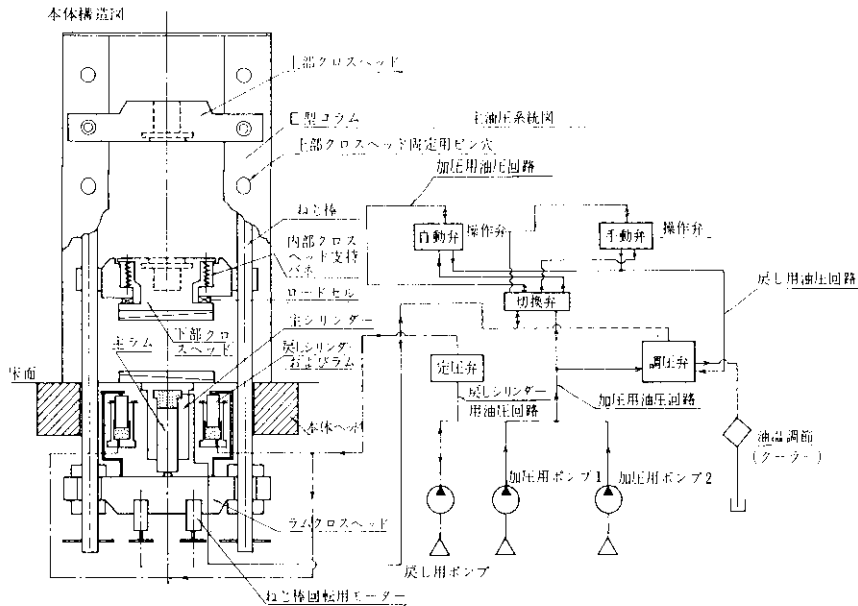


図 10 1,000 t 構造物試験機本体および主油圧系統図

る。本体ベッドの両側にはねじ棒が貫通しており、このねじ棒の下端にラムクロスヘッドが固定され、ねじ棒の床面より上の部分には下部クロスヘッドがねじでかみ合っている。ラムクロスヘッドには一対の戻しシリンダーが主シリンダーと逆方向に設けられており、この戻しシリンダーには主ラムの復帰と負荷時にねじ棒、ラムクロスヘッドおよび下部クロスヘッドなどの自重（合計 40 t）を打ち消すためこれと等しい上向反力を与える機能をもたせている。ねじ棒はラムクロスヘッドに取付けられている 2 基の電動モーターで相互に逆方向に回転し、この回転によって、下部クロスヘッドの上下移動が可能となっている。ベッドには□型の溶接構造コラムがボルトで焼締され、1.5m の高さ間隔にピン穴があり、上部クロスヘッドがピン止めされる。

さて、試験機の加圧機構であるが、図 10 に示すように加圧用油圧ポンプによって送られる作動油は切換弁、操作弁（自動弁、手動弁）、切換弁の循環回路を通して、主シリンダー内に入る。戻し用油圧ポンプから送られる作動油は定圧弁によって一定圧力（140kg/cm²）を保ったまま戻しシリンダー内に入り、試験機の加圧部に上向の反力を加える。主シリンダー内に作動油が送り込まれる

と、主ラムがラムクロスヘッドおよびねじ棒を下方へ押し下げる。このようなメカニズムに基づいて、下部クロスヘッドとベッドとの間で圧縮試験が行なわれている。一方上部クロスヘッドはコラムにピン止されているため、これを固定ばりとして上部クロスヘッドと下部クロスヘッドとの間で引張試験が可能となる。

次に戻し機構に関してであるが、操作弁によって戻し側の回路が開かれると、主シリンダー内の作動油が操作弁を通して、調圧弁の戻し側の回路からオイルタンクに戻される。したがって、主シリンダー内の油圧が下り、戻しシリンダー内のそれよりも低下するため、戻し作用が開始され主ラムは復帰する。

調圧弁には、加圧側と戻し側の 2 つのチャンバーがあり、それぞれ弁棒が挿入されている。この弁棒は一定のバネ常数のバネで支持されており、弁棒の上部には主シリンダー側の油圧（図 10 点線の油圧回路）、下部には加圧側と戻し側の油圧がそれぞれ作用している。バネの作用により、加圧側はバネの力だけ油圧が高く、戻し側では逆にバネによって常時戻し回路が開いた状態になっている。操作弁および切換弁も、チャンバーと弁棒からなり、それぞれの目的に応じて油道が設けら

れ、弁棒の移動によって、油圧回路の開閉ができるようになっている。操作弁の弁棒の移動はポテンシオメーターとバランスモーターの組合わせで制御し、その操作は操作盤上の“つまみ”または自動制御によって行なわれる。切換弁は電磁的操作により定圧弁から内部の弁棒の一方に一定油圧が加へられ、弁棒の位置が自動弁側か、手動弁側に移動する機構をとる。

定圧弁はチャンバーの中にバネで支持した弁棒が内蔵されており、バネ力で油圧が 140kg/cm^2 の定圧になるように調節されている。

荷重値は図 10 に示すように、下部クロスヘッドの油圧式ロードセルで検出する。下部クロスヘッドは二重になっており、その外部クロスヘッドはねじ棒にかみ合い、内側には引張試験用のグリップ棒を持った内部クロスヘッドが、外部クロスヘッドにバネで支持され、その間にドーナツ状のロードセルがはさまれている。内部クロスヘッドに加えられた荷重は、ロードセルを通して、外部クロスヘッドからねじ棒に伝達される。ロードセルはシリンダーとラムからなり、それらの間に 1mm の油の薄膜を作成し、荷重変動によるこの油圧変化をプレッシャーセルで電圧に変換のうえ荷重計測と荷重の自動制御への入力とするものであ

る。

4.2.2 荷重計測および自動制御

計測荷重値の表示は、図 11 に示すようにプレッシャーセルの電圧をポテンシオメーターで平衡させ、平衡までに要するバランスモーターの回転量が荷重計指針の回転角となる機構を採用している。荷重指示計での荷重アナログ量はさらに A-D 変換によってデジタル量に転換され、操作盤の計測パネル上でデジタル表示される。

自動制御は、制御対象として荷重、ラム変位および歪（外部変位計による供試体直接の変位）の 3 種類を包含しており、それぞれに対して定速度、一定保持および繰返し操作が可能である。これらのメカニズムは、静的な材料試験機の標準型に用いられている自動制御装置と大略同じであるが、特に付加した特色としては以下の諸点が数えられる。

- (1) 自動制御に対する精度の飛躍的向上を図ったこと。
- (2) 荷重、ラム変位および歪制御の任意時における相互切換を可能ならしめうる自動追尾装置の完備を図ったこと。
- (3) 荷重制御の高度化を図り、荷重設定値の

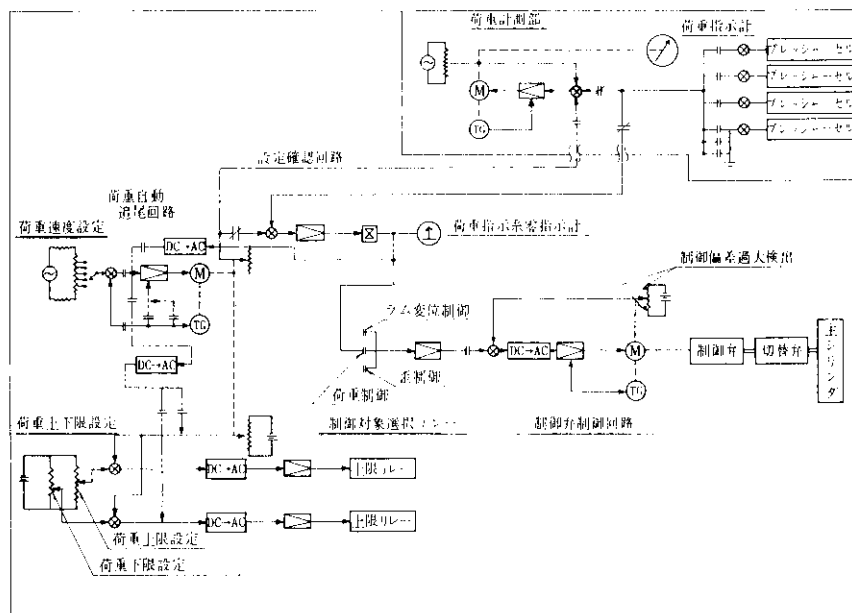


図 11 荷重制御関係ブロック図

確認回路を設置したこと。

図 11 は本機における自動制御の例として、荷重制御のブロック図を代表的に示したものであるが、ラム変位制御および歪制御も同一原理である。制御入力としては、荷重に対してはプレッシャーセル、ラム変化と歪に対しては差動トランスの電圧を用いている。

自動制御回路は、速度設定回路、上下限設定回路および自動追尾回路がそれぞれの制御を対象とした個別の回路を構成しており、なお共通回路としては制御弁の制御回路がある。さらに別途上記(3)に述べた荷重制御に対してだけは、上下限設定値の確認回路が設けられている。

図 11 に示すように、プレッシャーセルの電圧と荷重速度設定回路から発生する電圧とが比較されることにより、その偏差が制御弁の制御回路の入力に用いられ、制御弁のバランスモーターを回転させる。この作用により既述したように制御弁の弁棒が移動して油道の流量を正確に調節し、電圧偏差に比例した油量を主シリンダーに送ることになる。

荷重設定回路のバランスモーターと同軸に直流の可変抵抗があり、その出力電圧と上下限設定の出力電圧との比較を行なうことにより、荷重の上下限設定を可能ならしめている。すなわち、両出力が一致したときリレーが作動し、荷重速度設定回路のモーターが停止することによって、そのときの電圧が維持される機構である。荷重自動追尾は制御対象選択リレー3ケのうちの荷重制御リレーが切れているとき動作するように回路構成が考案されている。したがってロードセルの油圧変化に伴うプレッシャーセルの電圧変動と速度設定回路の電圧との偏差が常に零になるように制御回路が動作しておれば、他の制御対象から荷重へ切換えるとき操作弁制御回路の入力に変動はなく、切替動作前の状態がそのまま維持されて円滑に荷重制御に移行しうることになる。

荷重設定確認は、プレッシャーセルと荷重制御回路とのリレーを切り、上限あるいは下限設定の出力を荷重速度設定回路のバランスモーターに与えることにより回転を起こさせれば、同回路における電圧が変化し、これが荷重指示計に設定

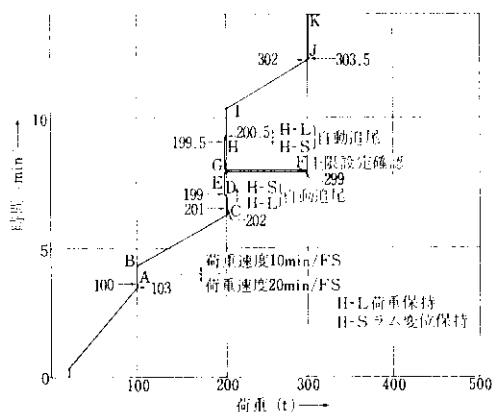


図 12 荷重増加—保持の単純負荷試験結果 (500 t レンジ)

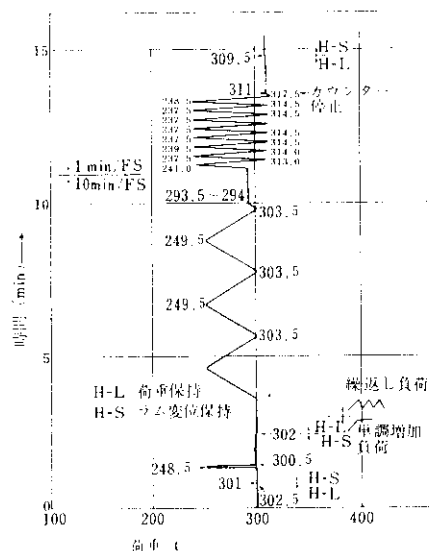


図 13 繰返し負荷試験結果 (500 t レンジ)

値として表示される機構になっている。この回路によって荷重負荷に先立ってあらかじめ設定値の大きさを、計測時と全く同一精度で正確に知ることができ、実験結果の精度に対する信頼性を数段向上させるものと確信する。

4.2.3 性能試験

図 12, 図 13 に板厚50mm, 幅400mm, 有効長1,500mm (破断荷重820 t) の試験片を用いた荷重制御による上下限設定, 自動追尾, 設定確認および繰返し負荷の性能試験の結果を示す。図 12 は荷重増加—保持の単純負荷試験を, 図 13

は繰返し負荷試験をそれぞれ対象としたものである。

図 12 では 500 t レンジで、まず上限値を 100 t に設定のうえ、荷重制御で負荷したが、設定値をわずかに越えて点 A の 103 t で停止し正しく 100 t で保持に入り、30 sec 後に荷重速度を変換したのちさらに 30 sec の保持を点 B まで続行した。次いで 200 t に設定したが、点 C の 202 t で停止し 201 t で保持に入っている。これを 45 sec 保持したのち点 D で制御対象を荷重よりラム変位に切替えたが、たかだか 2.0 t の変動に留まっている。引き続きラム変位で DH まで 200 t を保持したが、途中で 1 min 経過後をえらび設定値確認試験として仮りに 300 t を設定のうえ記録させたのが EFG であり（所要時間 4 sec）、299 t ときわめて良好な成績を示している。点 H で再びラム変位から荷重に復元したが、その変動値も 1 t にすぎず、正確に保持されて点 I に至り、ここで荷重を増加したが、点 J の 303.5 t で停止し 302 t で保持に入っている。

図 13 では同様な手順で設定下限値 250 t を確認した後、300 t と 250 t による繰返し負荷試験を行なった。構造物試験における最も重要な条件の一つは、荷重を増加して任意値において保持に入

ったとき、点 A, C, J などのように荷重が停止してほとんど減少しないことと、A B, C I, J K, に見られるように保持中に荷重変動が起こらないことである。この荷重制御の性能試験結果では、500 t のフルスケールに対して、保持に入ったときの荷重減少幅が 100 t で 0.6% (3/500) と他値よりも大きくでているが、200 t および 300 t では 0.2% (1/500), 0.3% (1.5/500) と著しく小さくなっており、総じて期待通りの好結果を示しているといえる。繰返し負荷試験でも上下限の停止荷重にはほとんど変化がなく、一定値を示しているので、設定値に対して 0.6% (フルスケールに対して) 程度の変動誤差は問題とならないと判断される。

他方、降伏点や破断強度を目的とする品質保証のための材料試験では、上述のような試験法は用いられず、材料の破断までの単調増加負荷が大部分なので、荷重指示値と標準荷重検定器との誤差だけが問題となり、これに対しては日本海事協会の荷重検定試験が公的なものとして実施されている。したがって、本試験機に関しても NK 検定（日本海事協会による荷重検定）に合格することを、性能検定の基本的条件としたが、その結果は図 14 に示すように各レンジを通して（ただし、50 t, 20 t レンジは NK 検定の対象外であったが、参考として検定を受けた）最大誤差でも 0.4% と非常に好成績である。

他の制御対象すなわち歪およびラム変位制御による性能試験の結果に関しては、現在なお試験継続中であり、終了後あらためて報告したい。

5. むすび

時あたかも、政治、経済、社会は言うに及ばず科学技術においても、これらが互に複雑にからみ合い、しかも世界的に激動する一大転換時期に遭遇しており、このような時代に対処すべき企業の抜本的な発展への姿勢として、一方においては国際経済機構における現代資本主義経済の旗手として経営面での確固たる展望があり、他方においては工業技術を基盤とする鉄鋼メーカーである以上当然技術体系における創造的開発のパイオニアシ

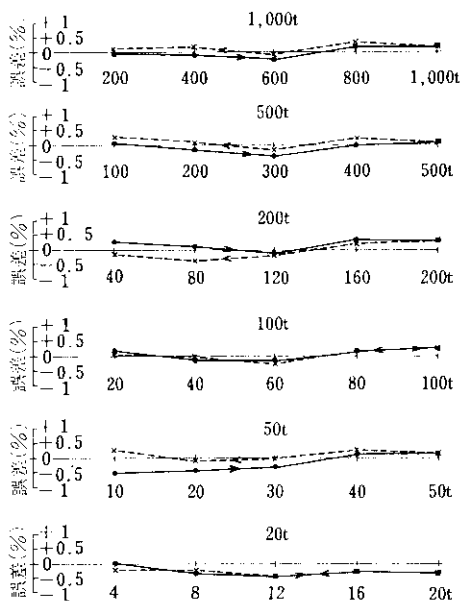


図 14 荷重成績表（日本海事協会検定データ）

ップの育成であると思われる。

前者は、社会科学の最重要課題として人間の意義をも問われており、合理的経済下におけるテクノストラクチャーの分析や、国家構造の解析としてわが国の風土と伝統とに歴史的に培われてきた精神文化面における日本美の再発見にも及ぶであろう。

当研究所は言うまでもなく、後者の応用部門を担当するものであり、しかも営業部門に所属する所以をあらためて認識するとき、日々これ今日ただいまの実践科学に直接参画するフロントとしての責任と抱負を自省するだけでなく、直接的には当社の消長に、また間接的にはわが国ひいては世界の国土開発、福祉社会の建設に寄与しなければならず、そのためには社会科学計画の推移を注意深く見守りつつ、これと密接した相関考察のもと

地域社会との調和を図り、自然環境を破壊より改善に転化し、地震、台風、津浪、水害などの自然災害を克服し、さらに大気、水質汚染や騒音振動などの公害を駆逐すべく全所員一致協力して、建設工学の構造分野の発展に努力すべきことを決意する次第である。

当所の発足にあたり、官界、民間を通じて広くご厚情を賜わり、ご愛顧くだされたことをあらためて感謝するとともに、ますますのご支援ご鞭撻を祈念申し上げ、着々と成果を積み重ねていささかなりとも御恩に報いたい所存である。

最後に計画推進にあたり、ご指導を賜った鶴田明先生、小西一郎先生、奥村敏恵先生に深甚なる謝意を表するとともに、試験機設計に関して貴重なご助言をくだされた西野文雄先生にお礼を申し上げます。

H形鋼支保工

最近では地盤の良悪にかかわらずトンネルの掘削を行なわざるを得ない場合が多く、それに加えてトンネル自体の断面も大きくなり、当初使用されていた木製あるいは古レールなどを用いた支保工では作業空間が広くとれなかったり、支保工として不備な点が目だつようになったので断面性能のすぐれたH形鋼がトンネル支保工として使用されるようになった。

H形支保工は工場でロールされた直材をトンネルの断面に合わせてアーチ状あるいは図1に示すような各トンネルの形に冷間（常温）曲げ加工されたものです。

特 長

1) 合理的な断面

I形鋼V形鋼に比較して耐荷重が大きい。

2) 材質の均一性

H形鋼は十分な品質管理のもとで製作されるので、材質が均一で信頼度が高い。

3) 良好な加工性

冷間での曲げ加工が容易であり、また溶接による悪影響がない。

4) 施工が容易

軽量で簡単な構造であるから容易に組立てることができる。

5) 工期の短縮

作業空間が大きいために大型掘削機械や高性能のコンクリート機械の使用が可能で工期を大幅に短縮することができる。

H形支保工の種類

図1に示したように導坑用、水路トンネル用、道路用、山陽新幹線用などがあります。支保工に用いられるH形鋼の寸法は表1のとおりです。

表1 支保工に用いられるH形鋼の寸法

呼 称	寸 法 (mm)					断面積 (cm ²)	重量 (kg/m)	断 面 二 次 モーメント (cm ⁴)		断 面 係 数 (cm ³)		断 面 二 次 半 径 (cm)	
	H	B	t ₁	t ₂	r			I _x	I _y	Z _x	Z _y	i _x	i _y
100×100	100	100	5	7	8	18.85	14.8	339	117	67.8	23.4	4.24	2.49
	100	100	6	8	10	21.90	17.2	383	134	76.5	26.7	4.18	2.47
125×125	125	125	6.5	9	10	30.31	23.8	847	293	136	47.0	5.29	3.11
150×150	150	150	7	10	11	40.14	31.5	1,640	563	219	75.1	6.39	3.75
175×175	175	175	7.5	11	12	51.21	40.2	2,880	984	330	112	7.50	4.38
200×200	200	200	8	12	13	63.53	49.9	4,720	1,600	472	160	8.62	5.02
250×250	250	250	9	14	16	92.18	72.4	10,800	3,650	867	292	10.8	6.29

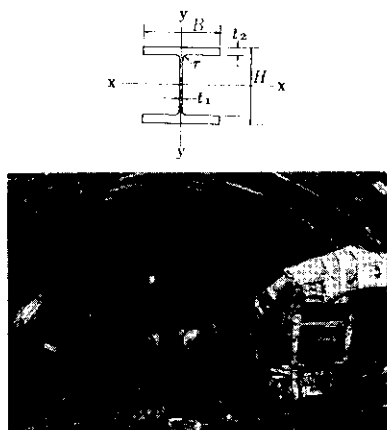


写真1 山陽新幹線に使用のH形鋼支保工

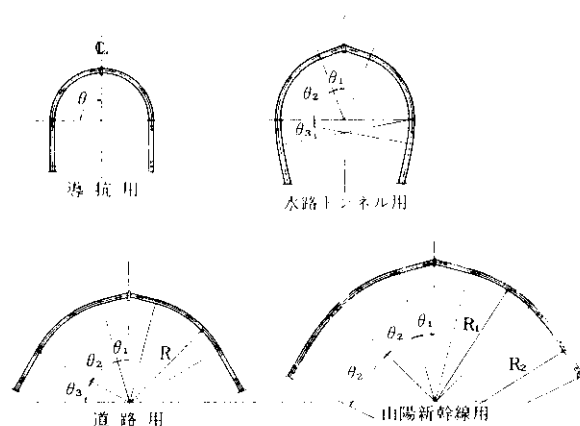


図1 H形鋼支保工の一般的な形

山留め工

山留め材は、曲げ部材と圧縮部材から構成されていること、接合部が多いことからH形鋼の特長が生かされる部材です。地下鉄、締切工事、立体交差その他に使われます。

特 長

- 1) 断面性能が優れている。とくにウェブにボル

ト穴がないためせん断力に対して有利である。

- 2) 材料が豊富である。
- 3) 主材は同一加工のため互換性がある。
- 4) 在庫管理が徹底しているため即納できる。

規 格

表1に示すように各種寸法の主材が揃っているため、あらゆる場所に適用可能である。

表 1 主 材 の 規 格

主 材 名 称	寸 法(mm)	重 量(kg/m)	定 尺(m)
腹 起 こ し 材, 切 ば り 材	H-200×200×8×12	55	0.6, 0.75, 0.9
	H-250×250×9×14	80	1.0, 1.5, 2.0
	H-300×300×10×15	100	3.0, 4.5, 5.0
	H-350×350×12×19	150	5.5, 6.0, 7.0
	H-400×400×13×21	190	8.0
火 打 ば り 材	H-200×200×8×12	55	1.0, 2.0
	H-250×250×9×14	80	
	H-300×300×10×15	100	1.0, 2.0, 3.0
	H-350×350×12×19	150	
調 整 材	H-200×200×8×12	55	
	H-250×250×9×14	80	0.1, 0.15, 0.2
	H-300×300×10×15	100	0.3, 0.5
	H-350×350×12×19	150	
	H-400×400×13×21	190	

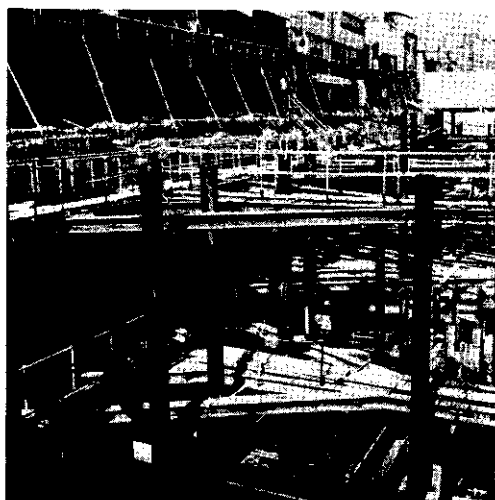


写真1 施工例京成デパート新築工事（上野）



写真2 施工例コープビル新築工事（大手町）

スノーシェッド—防雪工—

スノーシェッドとは、図1、2のように、道路、鉄道などをなだれや吹だまりの被害から護るための上屋形式の構造物であり、主構部にH形鋼が使われます。

特 長

- 1) 現場の条件に応じてもっとも合理的な任意の材料が選択できる。
- 2) 交通を確保しながら施工でき、工期が短縮できる。
- 3) 部材はすべて、人力または簡単な器具を用いて組立てられる程度に分割されており、ま



図1 なだれ用スノーシェッド

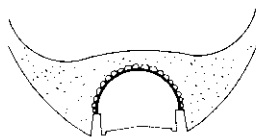


図2 吹きだまり用スノーシェッド

たこれら部材の接合はボルト、ナットだけでできるようになっているので、特別の技術や付帯設備の必要がなく、組立が簡単です。

- 4) 上記1), 2), 3)により非常に経済的です。

種 類

1) なだれ用スノーシェッド

なだれ用スノーシェッドの型式は大きくわけてL型および入型の2種類があり、既設の擁壁がある場合または石積工では山留ができないほど地盤の軟弱な場所では入型が経済的ですが一般にはL型スノーシェッドが用いられます。

主な使用材料は主構部をH形鋼、屋根をコルゲートシートなどにより構成されます。

2) 吹きだまり用スノーシェッド

交通路の両側が山でなだれの危険のないところの吹きだまり防止には、アーチ型のスノーシェッドが用いられます。主構材料はH形鋼、屋根材はコルゲートシートが使用されます。また採光と換気のため両側下方にコルゲートシートの代わりにエキスパンドメタル、また頂部に採光のため合成樹脂系の強化板を用いることもできます。

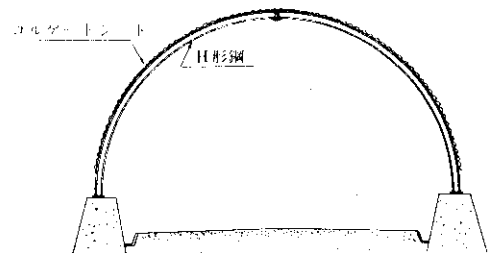
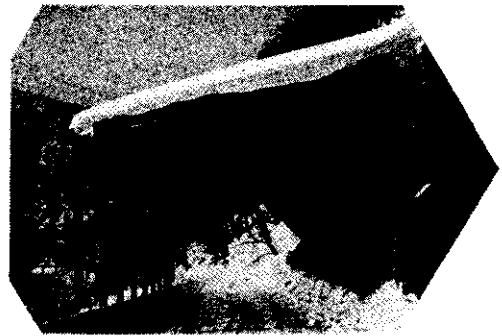


図3 アーチ型スノーシェッド

H 形鋼プレハブ鉄骨

工場、倉庫、体育館、商店建築、事務所、などの建物を対象にしたH形鋼によるプレハブ・フレームであり、架構方法や加工仕様を標準化し、コンピューターシステムによるサービス体制のもとに、一貫した製造・販売を行なっています。

山形タイプ

(特 長)

- 1) 工期を30%短縮できる
- 2) 持出ジョイントの採用
- 3) パラエティに富んだ組合せが可能
- 4) フレーム販売

表 1 規 模 単位：m

タイプ	スパン	軒 高	柱 間 隔
普 通	7-30	3-7	3-9
ホ イ ス ト	〃	〃	4-6
ク レ ーン	10-24	6-10	3-9

備考：スパン 1 m, 軒高 0.5m ピッチ

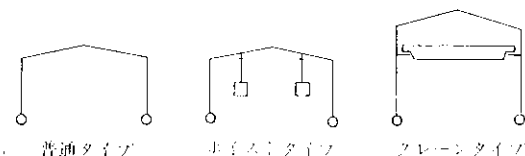


図 1 山形タイプ種類



写真 1 山形タイプ施工例

ビルタイプ

(特 長)

- 1) 主材から2次部材まで規格化し、量産している
- 2) 即納体制が整っている
- 3) 現場の建方工事が簡単で確実
- 4) 急速施工に重点を置いている
- 5) セット販売 (図 2 参照)

表 2 規 模 単位：m

階 数	2 - 4 階
ス パ ン	5.0-12.0 @1.0
階 高	1階のみ 3.5 他 3.0
柱 間 隔*	3.6

*桁行延長を 3.6m で割れない場合、一部 3.6m 未満で処理。

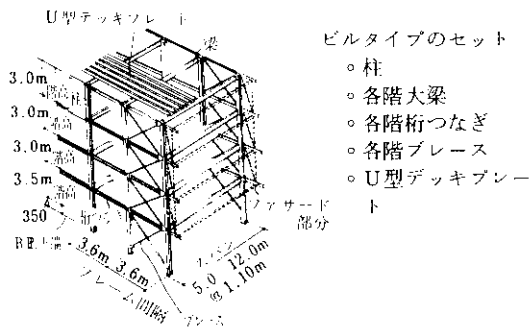


図 2 ビルタイプ

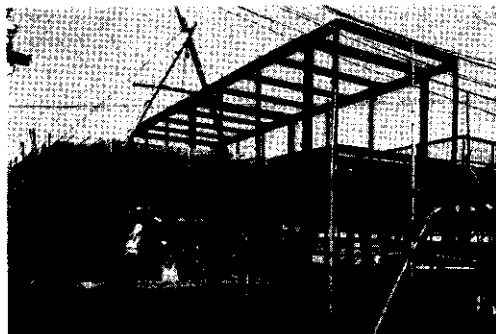


写真 2 ビルタイプ施工例

アーチタイプ

熱間圧延H形鋼の単材を曲げ加工して、梁をアーチ形構造に仕上げた最も単純な形式のプレハブ鉄骨です。

特 長

- 1) アーチの特性を生かし、構造的に有利である。
- 2) アーチ状屋根が、デザイン的に美しい。
- 3) 圧延H形鋼を、管理のゆきとどいた工場で加工するので、精度、強度ともに信頼性が高い。

- 4) 精度が高く、継手方法も簡明なので、組立て建方が安易である。

種類および仕様

図3に示したスパン Lm 、軒高 Hm は、任意に選べます。使用鋼材と、曲げ半径の最小値は表3のとおりです。

アーチ状の梁は、スパン15m未満は1本、15m以上30m以下は2本、30mをこえる場合は、3本となる。

柱-梁の仕口、梁-梁の継手は、Hフレーム山形タイプと同様です。

防錆塗装1回塗りとしている。

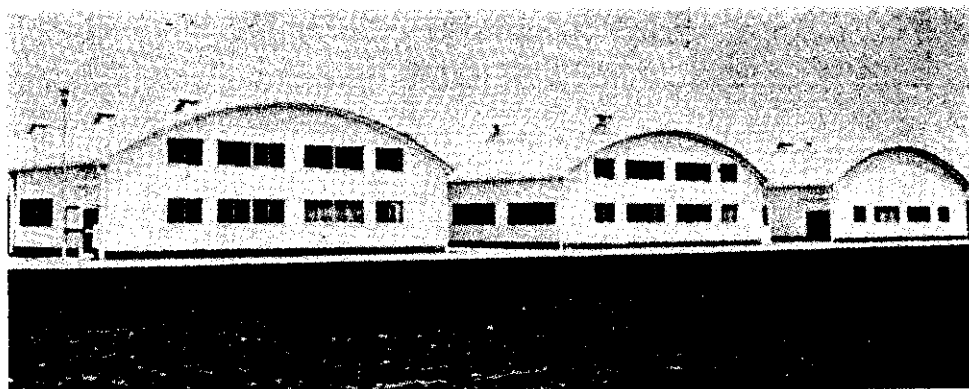


写真 3

表 3

H 形 鋼 サ イ ズ	最 小 許 容 半 径 (m)
H-250×125×6×9	7.0
H-300×150×6.5×9	13.0
H-350×175×7×11	20.0
H-400×200×8×13	25.0
H-450×200×9×14	26.0
H-500×200×10×16	28.0
H-600×200×11×17	30.0

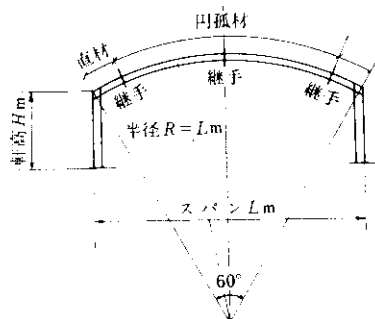


図 3

自動精密穿穴切断H形鋼 (ABC-H)

ABC-H (Automatic Boring & Cutting System-H) とは数値制御による自動穴あけ切断加工システムにより、精度の高い穴あけ切断加工を施したH形鋼のことです。ABC-H を使用することにより鉄骨ファブリーケーターにとっては、次のようなメリットが考えられます。

- 1) 工場の設備が有効に使用できる
- 2) 使用材料の歩どまりが向上する
- 3) 工期が短縮できる
- 4) 高精度の製品が供給できる
- 5) 継手寸法を標準化してあるので原寸図、加工図などが不要になる

加工範囲

H形鋼のサイズ (mm)

最小 丈 400 幅 200

最大 丈 1,010 幅 477

なおH形鋼の材軸に対する斜切断も可能

精 度

穴ピッチ, ゲージ $\pm 0.4\text{mm}$

切断長さ (全長に対し) $\pm 1.0\text{mm}$

加工標準寸法

1) 梁用H形鋼 (表1)

2) 柱用H形鋼

ボルト本数は計算で求める。ただしボルトのサイズ, ピッチ, ケージは, サイズごとに統一し表1に準ずる。

表1 加工標準寸法

H 形 鋼 サ イ ズ	使 用 ボルト	フ ラ ン ジ							
		ボルト 本 数 n	ゲ ー ジ					プレートー1	プレートー2
			g_1	g_2	p_1	e_1	e_2	$a \times b \times t_1$	$a \times c \times t_1$
H-250×125 6/9 (H-248×124 5/8)	W-5/8"	4	75		60	30	22	245×119×9	245×44×9
H-300×150 6.5/9 (H-298×149 5.5/8)	W-3/4"	4	90		60	30	26	245×142×9	245×52×9
H-350×175 7/11 (H-346×174 6/9)	W-3/4"	4	105		60	30	33	245×171×9	245×66×9
H-400×200 8/13 (H-396×199 7/11)	W-3/4"	6	120		60	30	35	365×190×9	365×70×9
H-450×200 9/14 (H-446×199 8/12)	W-3/4"	6	120		60	30	35	365×190×9	365×70×9
H-500×200 10/16 (H-496×199 9/14)	W-7/8"	6	120		60	30	35	365×190×12	365×70×12
H-600×200 11/17 (H-596×199 10/15)	W-7/8"	6	120		60	30	35	365×190×12	365×70×12
H-588×300 12/20 (H-582×300 12/17)	W-7/8"	10	150	40	60	30	31	605×292×16	605×102×16
H-700×300 13/24 (H-692×300 13/20)	W-7/8"	12	150	40	60	30	31	725×292×16	725×102×16
H-800×300 14/26 (H-792×300 14/22)	W-7/8"	14	150	40	60	30	31	845×292×19	965×102×19
H-900×300 16/28 (H-890×299 15/23)	W-7/8"	16	150	40	60	30	31	965×292×19	965×102×19

H 形鋼 サイズ	ボルト 本数 m	ウ		プレート—3	許容曲げモーメント		許容せん断力	
		ゲージ p_2	エ e_2		($t \cdot m$) $L M_R$	$S M_R$	(t) $L Q_R$	$S Q_R$
H-250×125 6/9 (H-248×124 5/8)	3	60	30	125×180×6	4.05	6.07	11.4	17.1
H-300×150 6.5/9 (H-298×149 5.5/8)	3	60	30	125×180×9	6.06	9.10	14.9	22.3
H-350×175 7/11 (H-346×174 6/9)	3	60	30	125×180×9	10.0	15.1	18.7	28.1
H-400×200 8/13 (H-396×199 7/11)	4	60	30	125×240×9	15.9	23.8	24.4	36.6
H-450×200 9/14 (H-446×199 8/12)	4	60	30	125×240×9	20.0	30.0	30.8	46.2
H-500×200 10/16 (H-496×199 9/14)	5	60	30	125×300×9	24.9	37.3	38.2	57.3
H-600×200 11/17 (H-596×199 10/15)	6	60	30	125×360×9	34.0	51.1	50.4	75.5
H-588×300 12/20 (H-582×300 12/17)	6	60	30	125×360×12	56.0	84.0	53.9	80.7
H-700×300 13/24 (H-692×300 13/20)	7	60	30	125×420×12	80.2	120	69.6	104
H-800×300 14/26 (H-792×300 14/22)	8	60	30	125×480×12	101	152	84.0	126
H-900×300 16/28 (H-890×299 15/23)	9	60	30	125×540×12	128	192	94.5	141

- 注 1) 許容曲げモーメントは、フランジのボルト穴を差し引いた有効断面係数と引張許容応力度との積より算定し、ボルト耐力が、それ以上の値となるように、ボルト本数を決めています。
- 2) 許容せん断力は、所定のボルトの耐力、母材の剪断耐力、スプライズプレートの耐力の3者のうち、最小の値を示しています。
- 3) 鋼材は、S S 41, ボルト品種は F 9 T を対象にしています。

