
DHS 工法の静加力実験

Experiments under Static Loading in DHS-System

荻野 英也 (Hideya Ogino) 山口 修一 (Shuichi Yamaguchi) 滝沢 章三 (Shozo Takizawa) 西村 誠 (Makoto Nishimura)

要旨：

広い空間を有する建築物を建設するために、新しい構法「DHS (Diagonal H Structure) 構法」を開発した。本構法はH形鋼柱の両主軸を建物の主軸に対し交互に 45°回転して配置することを特徴とする。この配置により、H形鋼柱の持っている弱軸、強軸の強度と剛性の差をなくし、均等な性質の経済的で安全性の高い骨組を可能にする。この報告書では本構法に関する実験結果、特にH形鋼柱および柱梁接合部の強度、剛性、靱性、応力分布について説明する。実験によると従来の構法に比較して本構法は十分満足しうる力学的性状を示した。

Synopsis：

This paper introduces DHS (Diagonal H Structure) -System, a new system for the construction of buildings of wide space. The feature of this system is that the principal axis of the wide flange column rotate at 45° to that of the structure. It can eliminate a large difference in strength and stiffness between the strong axis and the weak, and thus a rigid-frame structure which is economical and safe can be obtained. This paper reports the results of the experimental studies of this system, such as strength, rigidity, ductility and stress distribution in wide flange column and beam-to-column connection. It has been found by this study that this structure has enough dynamic value as compared with conventional systems.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

DHS構法の静加力実験

Experiments under Static Loading in DHS-System

荻野英也*

Hideya Ogino

山口修一**

Shuichi Yamaguchi

滝沢章三***

Shozo Takizawa

西村 誠****

Makoto Nishimura

Synopsis :

This paper introduces DHS (Diagonal H Structure) -System, a new system for the construction of buildings of wide space. The feature of this system is that the principal axis of the wide flange column rotate at 45° to that of the structure. It can eliminate a large difference in strength and stiffness between the strong axis and the weak, and thus a rigid-frame structure which is economical and safe can be obtained. This paper reports the results of the experimental studies of this system, such as strength, rigidity, ductility and stress distribution in wide flange column and beam-to-column connection. It has been found by this study that this structure has enough dynamic value as compared with conventional systems.

1. 緒 言

「DHS (Diagonal H Structure) 構法」は、広い空間を有する建築物を建設するためのH形鋼の新しい使用法として開発され、昭和45年10月発表以来すでに10件近くの実施例が見られるようになった。

本構法は柱に用いるH形鋼の断面主軸が梁に対して 45° 回転していることを特徴としているが、この配置によりH形鋼の方向性を打消し、一般にはあまり例のないH形鋼単材による両方向ラーメン架構が可能である。しかしこの構法では、一般の構法とはことなり、柱に用いるH形鋼の2主軸に曲げをうける。このように2方向から曲げを受

け、同時に軸力を受けるH形鋼については現在までに多くの研究¹⁾がなされているが、ほとんどの場合単曲率の曲げを受けるH形鋼を扱っており、水平荷重時の骨組に適用できるものは少ない。

一般に骨組の力学的特性としては、骨組の強度・剛性・靱性および柱梁接合部の変形能力があげられるが、特に柱梁接合部の変形能力は耐震設計上非常に重要な要因といわれている。

この一連の実験でもDHS構法について上述の各項目を中心に調べた。実験は次のようにわけられる。

- (1) 素材試験 (M-実験)
- (2) 柱梁接合部のディテールに関する実験 (S-実験)
- (3) 鉛直荷重時の柱梁接合部の力学的性状に関

* 本社建材開発部建築開発室課長

*** 本社鋼構造研究所構造研究室・工学博士

** 本社建材開発部建築開発室技長

**** 本社建材開発部建築開発室

する実験 (V-実験)

(4) 水平荷重時の骨組の力学的性状に関する実験 (F-実験)

(5) 異なるせいの梁がとりつく柱梁接合部の実験 (D-実験)

なお、本構法については、以上の実験の他に都立大学寺田の行なった実験²⁾がある。

2. 素材試験 (M-実験)

本実験では「鉛直荷重に対する柱梁接合部の力学的性状に関する実験 (V-実験)」および「水平荷重に対する骨組の力学的性状に関する実験 (F-実験)」の理論解析の資料を得るため、実験に使用したH形鋼の力学的特性を調べた。試験体は中央1点集中荷重をうける単純梁で200t万能試験機で加力した。実験より求めた材料の機械的性質をTable 1にまとめた。

3. 柱梁接合部のディテールに関する実験 (S-実験)

3.1 実験概要

この実験は柱梁接合部のディテールの検討と、溶接方法の違いが接合部の耐力、剛性に及ぼす影響を調べる目的で行なった。試験体は柱断面に梁フランジがとりついた引張型のものであるが、これは垂直荷重時の応力状態を想定したものである。試験体は、Fig. 1に示したように、S-17、S-18の2タイプ各4体、計8体である。S-17タイプ

は柱のフランジ間に垂直スチフナを溶接しその外周を水平スチフナで補強した形式であり、水平スチフナの必要幅を調べることを目的としている。水平スチフナの幅および諸元をTable 2に示すS-18タイプは柱のフランジとウェブの間に水平スチフナを設けたものであり、溶接方法と水平スチフナの補強効果を調べることを目的としている。

加力は200t万能試験機を用い長手方向に引張力を加えた。水平スチフナの歪は歪ゲージを用いて測定し、標点間距離を70cmとしたときの加力方向の伸びを1/100mmダイヤルゲージを用いて測定した。

3.2 実験結果および考察

Table 2に実験結果を、Fig. 2にS-17の荷重-変形曲線の初期勾配（以下剛性という）と水平スチフナの断面性能との関係を示す。

(1) S-17試験体

Fig. 2より接合部の剛性 (K) とスチフナ単独の断面2次モーメント (I_s) は一次の関係があることがわかる。 $I_s=0$ における K は接合部に水平スチフナがない時の剛性と考えられるがこの値を水平スチフナの剛性に換算することにより荷重に有効に働く接合部の断面性能を得ることができる。この値がTable 2の断面2次モーメント、(I_e)、断面係数 (Z_e) である。この値によると接合部の強度は断面係数にして水平スチフナ単独の値のほぼ2倍と考えられる。スチフナ部分の歪ゲージによる測定値からもこの結果は裏付けられた。

強度についてみるとS-17-2試験体以外の3体

Table 1 Mechanical properties of materials

	Size	Yield stress σ_y (t/cm ²)	Max. stress σ_u (t/cm ²)	Yield strain ϵ_y ($\times 10^{-3}$)	Elastic modulus E (t/cm ²)	Strain-hardening strain ϵ_{Ht} ($\times 10^{-3}$)	Strain-hardening modulus E_{Ht} (t/cm ²)	G_H^* (t/cm ²)	Poisson's ratio ν	Yield load P_y (t)	Max. load P_u (t)	Yield moment M_y (t)	Max. moment M_u (t)
MV-B	H-200×100×5.5×8	2.95	3.95	1.38	2140	15.2	322	119	0.35	15.5	23.8	5.42	8.31
MF-B	H-148×100×6×9	3.13	4.48	1.53	2050	16.8	250	92.5	0.35	14.4	23.5	4.33	7.03
MF-C	H-100×100×6×8	3.09	4.48	1.48	2080	16.3	250	92.5	0.35	15.7	21.6	2.36	3.84

* G_H : Modulus of elasticity in shear at onset of strain-hardening

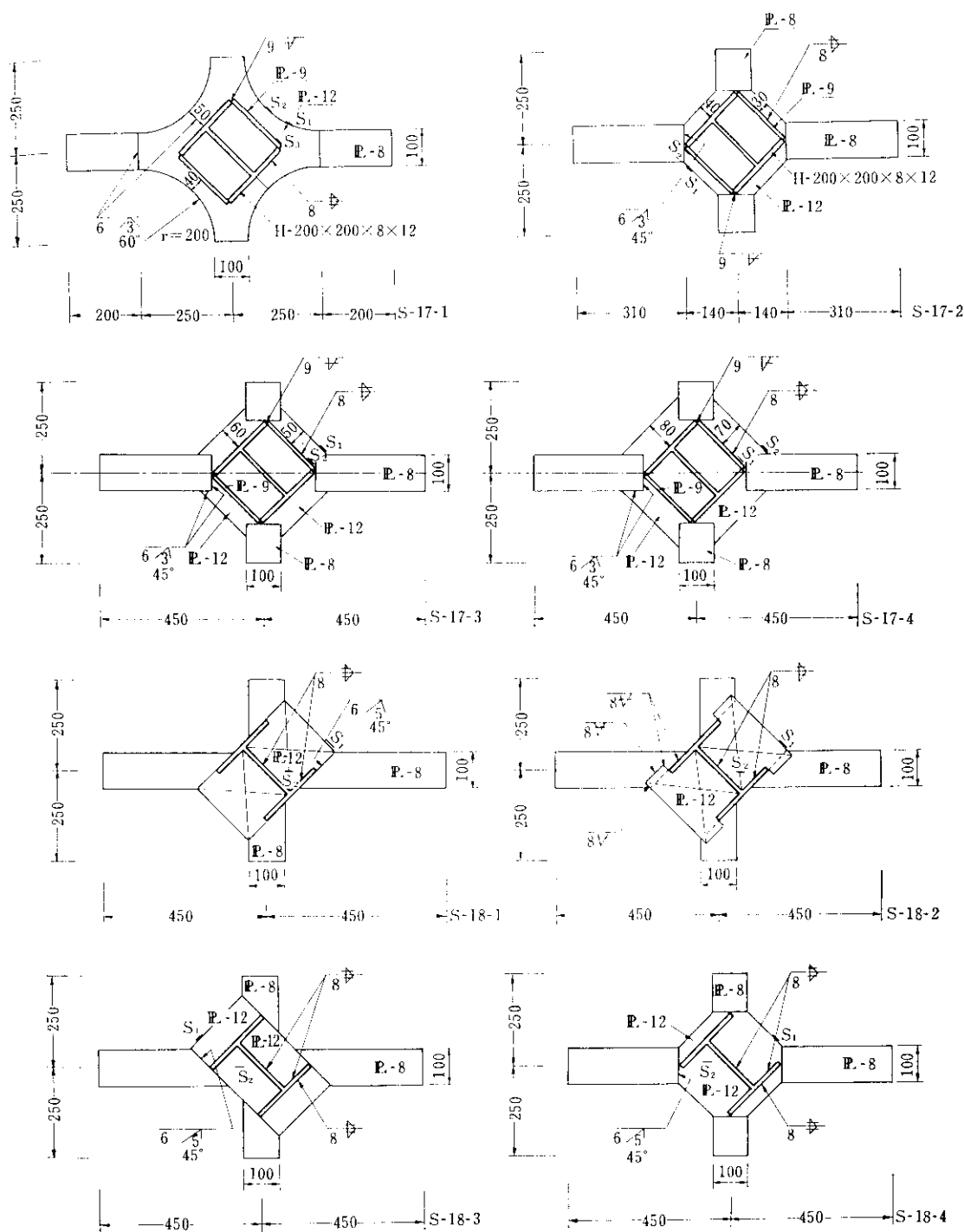


Fig. 1 S-17, S-18 test specimen (—: strain gauge)

Table 2 Stiffener & test results

		S-17				S-18			
		1	2	3	4	1	2	3	4
Stiffener	W (cm)	1.2×4.0	1.2×3.0	1.2×5.0	1.2×7.0				
	A_e (cm ²)	11.00	13.51	10.34	10.82				
	I_s (cm ⁴)	6.40	2.70	12.5	34.3				
	I_e (cm ⁴)	23.0	12.8	34.4	63.7				
	Z_s (cm ³)	3.20	1.80	5.00	9.80				
	Z_e (cm ³)	6.81	4.37	9.20	14.7				
Welding	Column flange to beam flange	fillet	fillet	fillet	fillet	butt	fillet	fillet	fillet
	Stiffener to beam flange	butt	butt	butt	fillet	butt	butt	butt	fillet
Strength	P_y (t)	24	19	21	25	28	22	27	22
	P_u (t)	33.6	29.1	27.0	30.5	42.2	32.5	42.6	32.2
	$P_{y\text{ cal}}$ (t)	1.82 σ_y'	1.31 σ_y'	2.38 σ_y'	3.67 σ_y'				
Stress of beam flange	σ_y (t/cm ²)	2.00	2.40	2.60	3.10	3.50	2.80	3.40	2.80
	σ_u (t/cm ²)	4.20	3.64	3.38	3.81	5.28	4.06	5.32	4.03
	σ_u/σ_y	1.40	1.52	1.30	1.27	1.51	1.45	1.56	1.44
Stiffness	K (t/cm)	36.9	32.7	38.9	53.2	85.5	74.1	76.5	69.0
	K_s (t/cm)	40.7	34.4	43.1	61.4	108.6	90.9	94.4	86.9
	K_{st} (t/cm)	0.372	0.317	0.397	0.565	1.00	0.837	0.869	0.800
Ductility		6.5	12.0	5.7	4.3	9.0	10.4	11.8	12.4
Destruction		Beam flange	Crack of stiffener	Beam flange	Beam flange	Beam flange	Beam flange	Beam flange	Beam flange

W : Width
 A_e : Effective sectional area
 I_s : Moment of inertia
 I_e : Effective moment of inertia
 Z_s : Section modulus

Z_e : Effective section modulus
 K : Stiffness of connection
 K_s : Stiffness of stiffener
 K_{st} : Strain-hardening stiffness
 P_{ys} : Stiffener's yield load

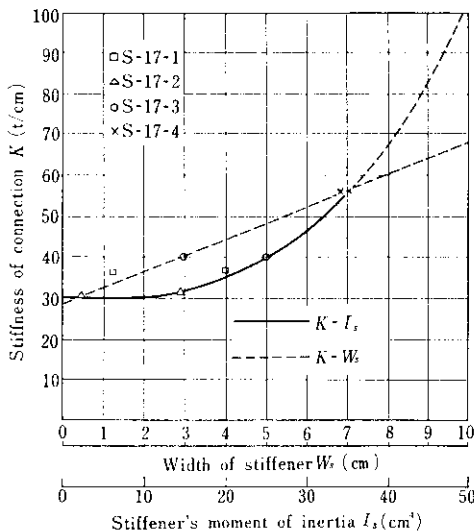


Fig. 2 Stiffness of connection & width of stiffener

は梁フランジで破断した。Photo. 1 に破断状況を示す。これよりスチフナ幅は柱幅の1/2は必要であろう。

靱性は各試験体とも降伏変形と最大荷重時の変形の比（以下靱性率という）にして4.0～12.0の値を示し十分良好である。

(2) S-18試験体

剛性については、Table 2 からわかるようにすみ肉溶接によるものより、突合せ溶接によるものが約20%高い。さらに溶接長さの長い梁フランジを斜めに切断して接合したものがいくぶん高い。

破断は各試験体とも平行部で起こり（Photo. 2 参照）、接合部の変形は微少であった。したがって耐力的には十分である。

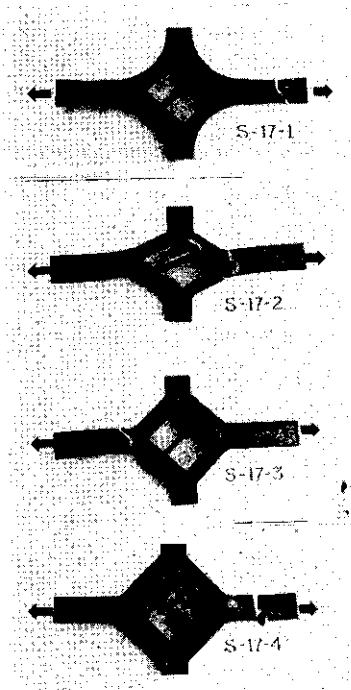


Photo. 1 Destruction behavior of S-17 specimens

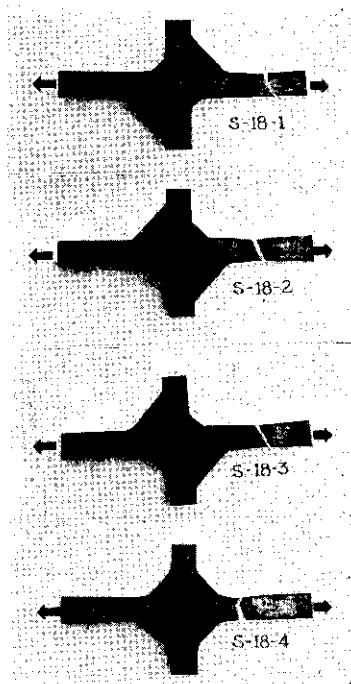


Photo. 2 Destruction behavior of S-18 specimens

靱性は S-17 試験体以上の靱性率を示しており十分良好である。

3.3 結 論

S-17, S-18 各試験体とも満足すべき強度と靱性を有したが、強度および破断状況から判断して S-17 試験体の外周スチフナ幅は柱幅の $\frac{1}{2}$ 以上必要であろう。S-18 試験体の溶接方法に関しては剛性の点ですみ肉溶接より突合せ溶接の方が有利である。さらにフランジを斜めに切断して溶接長を長くすると効果があるという結果もでている。

4. 鉛直荷重に対する柱梁接合部の力学的性状に関する実験 (V-実験)

4.1 実験概要

この実験は鉛直荷重時における柱梁接合部の力学的特性を調べる目的で行なった。試験体は S-実験の結果から S-17-1, S-18-1 に相当する V-17-1, V-18-1 の 2 体とした。詳細を Fig. 3 に図示する。鋼材は全て S S 41 を使用した。

加力は梁の両端を単純支持し、200 t 万能試験機を用い、中央に集中荷重をかけ、正および負方向へ各一回降伏荷重時の 2 倍の変形まで加力し、破壊へ導く方法で行なった。載荷速度については特に考慮しなかった。実験の状態を Photo. 3 に示す。変形は加力点における荷重方向の垂直変位を 1/100mm ダイヤルゲージを用いて測定した。歪は Fig. 3 の試験体の図上に示した位置で、歪ゲージを用いて測定した。

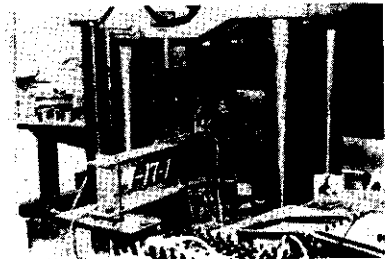


Photo. 3 State of loading

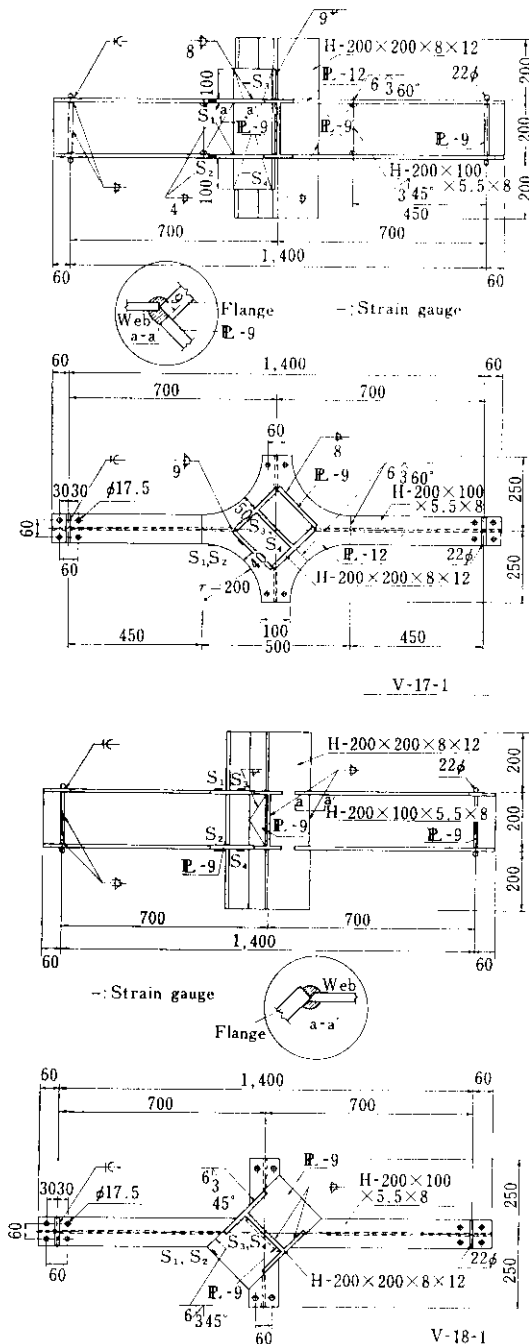


Fig. 3 V-17-1, V-18-1 test specimen

4.2 実験結果および考察

強度と変形および破壊状況に関する実験結果を素材試験値 (MV-B) と比較して Table 3 に示す。Fig. 4 に荷重—変形曲線を示した。

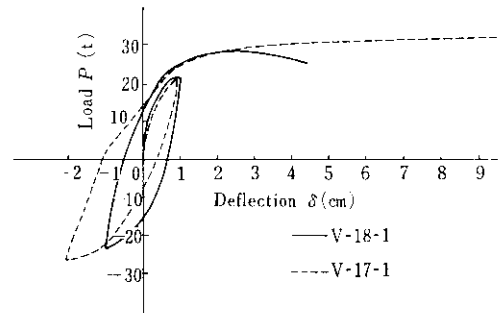


Fig. 4 V-test load-deflection curve

強度についてみると、降伏荷重、最大荷重とも実験値が素材試験値を上まわっており、十分余裕があると考えられる。

剛性は同じスパンの梁の値 (素材試験値) に対し V-18-1 試験体は約 50% 高い値を示している。これに対し、V-17-1 試験体は接合部の変形が大きく、梁と同程度の値である。

靱性は両試験体とも靱性率にして 7.4, 14.6 といった大きな値を示し、十分な靱性とエネルギー吸収能力をもっているが、V-17-1 の方が V-18-1 よりいくぶん高い。これは V-18-1 が左右の反力点から接合部までの長さに多少差があり、長い方のフランジの局部座屈が促進されたためであろう。

破壊は両試験体とも梁フランジの塑性局部座屈によっている。破壊状況を Photo. 4 に示す。

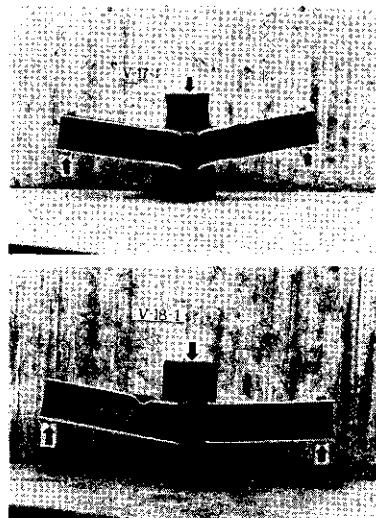


Photo. 4 Destruction behavior of V-specimen

Table 3 V-Test results

		V-17-1		V-18-1	
		MV-B	Test	MV-B	Test
Yield load	P_y (t)	15.5	21.5	15.5	20.0
Plastic load	P_p (t)	16.4		16.4	
Max. load	P_u (t)	23.8	32.5	23.8	28.3
Yield moment	M_y (t)	5.42	7.5	5.42	7.0
Max. moment	M_p (t·m)	6.20		6.20	
	M_u (t·m)	8.30	11.4	8.30	9.86
	M_u/M_p	1.35		1.35	
Stiffness of connection	K (t/cm)	38.0	38.3	38.0	61.7
Yield deflection	δ_y (cm)	0.466	0.670	0.466	0.440
Max. deflection	δ_u (cm)	5.10	9.80	5.10	3.25
Ductility factor	$\mu = \delta_u / \delta_y$	11.10	14.6	11.10	7.39
Max. rotation capacity	R_u ($\times 10^{-2}$)	7.30	14.0	7.30	4.64
Absorbed energy	(t·cm)	54.9	105.0	54.9	32.5
Destruction behavior		Large deformation of column section and local buckling at beam flange		Local buckling at beam flange	

4.3 結 論

V-17-1は変形能力、強度については十分満足すべき値を示した。剛性についてはV-18-1よりかなり低く梁程度であるが、実用上さしつかえないと考えられる。

V-18-1は強度・剛性・靱性とも満足すべき値を示した。破壊状態は梁フランジの塑性局部座屈であるが、溶接部が長く、はく離破壊の可能性は少ないと考えられる。

5. 水平荷重に対する骨組の力学的性状に関する実験 (F-実験)

5.1 実験概要

この実験の目的はDHS構法による骨組の弾塑

性々状を明らかにすることにある。一般に水平くり返し荷重を受けた時の骨組の非線形挙動は耐震解析、塑性設計においては重要な意味をもっている。本実験もこの意味から骨組に水平くり返し荷重を与えた時の強度、剛性、靱性、終局耐力、応力分布、さらに仕口パネルの挙動について調べた。

試験体はF-17、F-18の2体で、4本柱の2層の立体骨組である。詳細をFig. 5に測定位置とともに示す。試験体の大きさは加力装置の容量から実物の $1/4$ とした。外力方向の梁、外力に直交する梁、および柱の各剛比は2:4:1としたが、ここで梁に比較して柱の剛比を小さくしたのは、柱の塑性域での応力状態を調べるためである。

柱と梁の接合部のディテールはF-17がV-17-1と、F-18はV-18-1と同じ形式である。鋼材はすべてSS41を用いた。断面性能および機械的性質

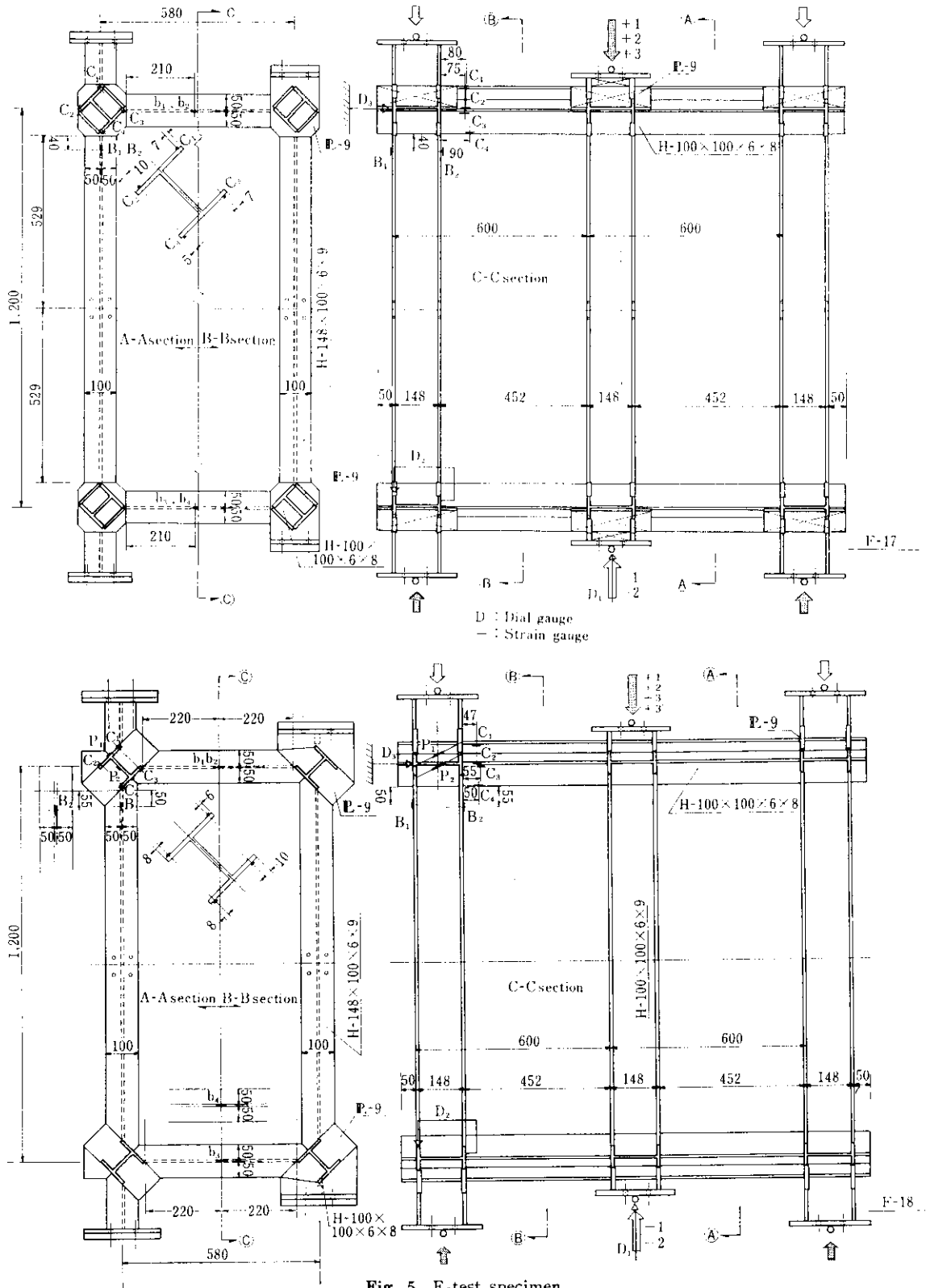


Fig. 5 F-test specimen

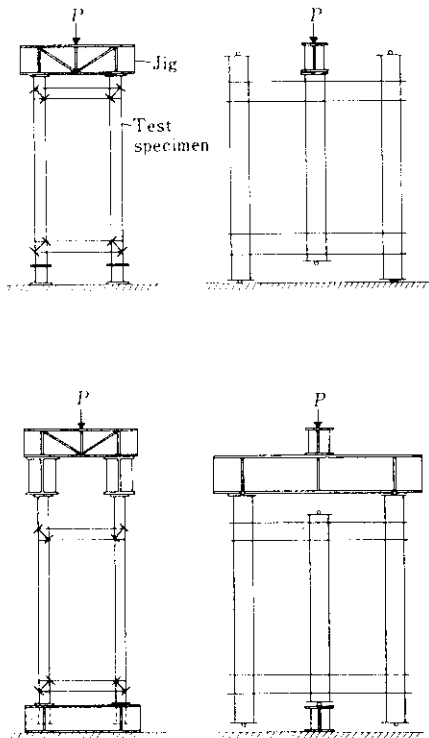
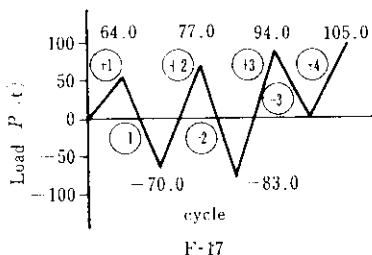


Fig. 6 Test under alternate loading

は Table 1 に示している。

載荷は水平くり返し荷重を想定して Fig. 6 に図示した加力治具を用い、200 t 万能試験機で行なった。この時の荷重履歴を Fig. 7 に示すが、正荷重、負荷重を交互にそれぞれ3回くり返し、正の4回目で破壊へ導いた。加力速度については特に考慮しなかった。

測定は試験体全体の加力方向への変位量、仕口パネルの変形量および加力方向に直交する梁の中央の変位量を 1/100mm ダイアルゲージを用いて



行ない、さらに柱および梁端、仕口パネルの中心および荷重に直交する梁の歪度を歪ゲージを用いて測定した。

5.2 実験結果および考察

Fig. 8 は実験により得られた骨組の荷重—変形曲線で Table 4 は実験値および計算値である。

Table 4 の計算値は素材試験値および弾性計算より求めた骨組の応力図 (Fig. 9 参照) の関係を用いて、次に述べる方法で求めた。断面が全塑性に入った場合の計算を行なうと素材実験の結果よ

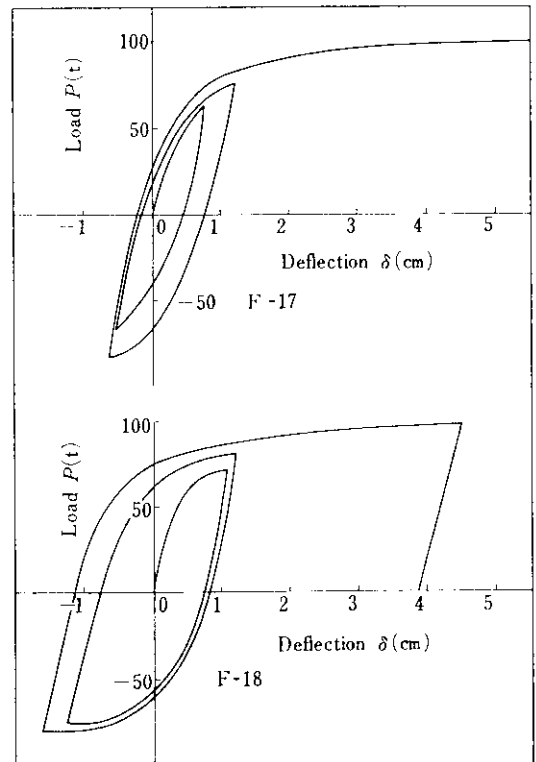


Fig. 8 Load-deflection curves of F-17 and F-18

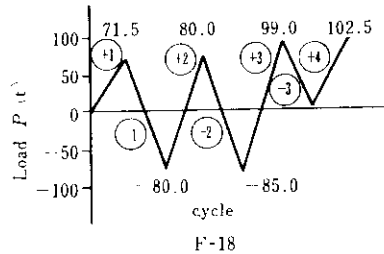


Fig. 7 Alternate loading

$$\begin{aligned}
 P_{p, \text{cal}} &= \left(\frac{\sigma_{y, \text{exp}}}{\sigma_{y'}} \right) \times (\text{形状係数}) \\
 &\quad \times (\text{応力再配分}) \times P_{y'} \\
 &= \left(\frac{3.09}{2.40} \right) \times 1.86 \times (\text{応力再配分}) \times P_{y'} \\
 &= 2.4 \times P_{y'} \times (\text{応力再配分}) \cdots \cdots (4)
 \end{aligned}$$

また

$$\begin{aligned}
 \left(\frac{P_{u, \text{cal}}}{P_{y'}} \right) &= \left(\frac{\sigma_{u, \text{exp}}}{\sigma_{y'}} \right) \times (\text{形状係数}) \\
 &\quad \times (\text{応力再配分}) \times \left(\frac{P_{u, \text{exp}}}{P_{p, \text{exp}}} \right) \cdots \cdots (5)
 \end{aligned}$$

$P_{y'}$: 設計降伏荷重 ($\sigma_y = 2.40 \text{ t/cm}^2$)

$P_{y, \text{cal}}$: 素材試験の値より計算した降伏荷重

$\sigma_{y'}$: 設計許容応力度 ($= 2.40 \text{ t/cm}^2$)

$P_{u, \text{cal}}$: 素材試験の値より計算した最大荷重

$P_{p, \text{cal}}$: 素材試験の値より計算した全塑性荷重

ここで応力再配分は柱の上下端で塑性ヒンジが生じ、反曲点高比が 0.5 になったとして Fig. 12 の関係から

$$\text{応力再配分} = \frac{0.61}{0.50} = 1.22 \cdots \cdots (6)$$

(5)式に代入

$$\begin{aligned}
 P_{u, \text{cal}} &= \left(\frac{3.09}{2.40} \right) \times 1.86 \times 1.22 \times 1.4 \\
 &\quad \times 22.0 = 90.0 \text{ (t)}
 \end{aligned}$$

(4)式より

$$P_{p, \text{cal}} = 2.40 \times 22.0 \times 1.22 = 65.0 \text{ (t)}$$

(1) 強度および靱性

降伏荷重の実験値は Table 4 に示したように、素材試験による値をもとにして実用計算式より求めた計算値 28.4 t に比べ約 2 倍という大きな値を示した。実験で求めた降伏荷重と最大荷重の比は素材試験のそれと一致している。

全塑性荷重および最大荷重の計算値と実験値が一致し、さらに形状係数が 1.86 という高い値を示すことは、一般の構造に比べ本構造は強度上十分余裕があることを示している。

変形はたわみ度で 1/40 以上、靱性率で、F-17 は 9.23、F-18 は 22.67 の値であり、靱性にとんだ架構といえる。エネルギー吸収は F-18 の方が F-17 より大きい。荷重—変形曲線は安定した性状を

示した。破壊は両試験体とも柱フランジの局部座屈により起こった。

(2) 柱の応力分布

柱が断面主軸に対して 45° 方向から剪断力を受けると柱断面の応力分布は柱端の支持条件、骨組の場合、梁が弾性域の場合は外力に対し直角方向の梁の剛性に左右される。このような柱がやがて非弾性域の応力を受けると相対的に面外の梁の剛性が高くなり、塑性化の程度により複雑な挙動を示す。弾性域での応力分布は計算により簡単に求まるが、弾塑性域での応力分布は複雑である。以下定性的に説明すると柱断面の両主軸に作用するモーメントは、弾性域ではある一定の比で増加する。そして骨組の一部が降伏すると再分配を連続的にくり返しながら弱軸に関するモーメントの割合が減少し、やがて終局近くでは強軸に関する割合のみが増加する。中立軸は塑性化によって弱軸に対する角度が増加する方向に回転する。Fig. 10 は強軸と弱軸のモーメント分布の割合を示しているが、塑性化が進むにつれて強軸側のモーメントが増加していることがわかる。Fig. 11 はこれに対応するモーメントの示力図およびモーメントの作用方向を示している。Fig. 12 は塑性化の程度

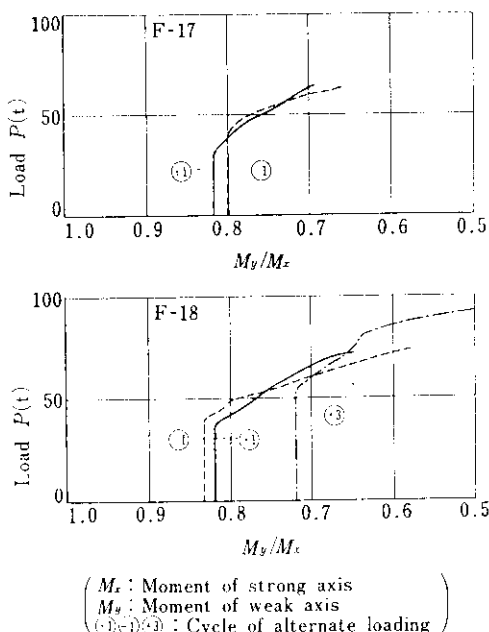


Fig. 10 Stress distribution between strong axis and weak axis

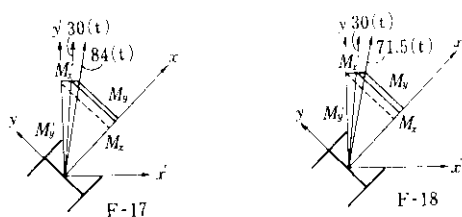


Fig. 11 Distribution of moment on column

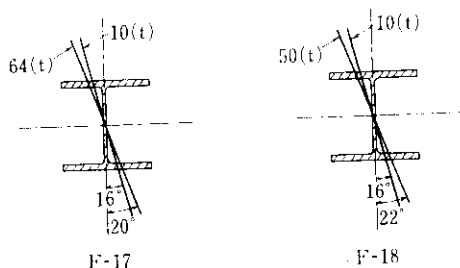


Fig. 12 Change of neutral axis

により柱断面の中立軸が回転するようすを示したものであるが弱軸に対する角度が増加していることがわかる。これらの図によると実験から得られた結果は定性的には理論と合っているが、定量的には計算値を満足していない。これは測定を柱にとりつく梁で行なったためと考えられる。

5.3 結 論

強度について、素材試験により求めた降伏荷重に比べ、実験値は降伏荷重で2倍、最大荷重で3倍近い値を示し、さらに理論値ともよく一致しており高い安全性があることがわかった。

変形能力については靱性率にして、9.23, 22.67 という大きな値を示し、この骨組が靱性にとんでいることがわかった。

パネルゾーンの変形は微少で特別の補強の必要はない。

骨組の応力分布は塑性化が進むに

つれて、柱の強軸方向の応力が弱軸側に比べ増加することがわかった。

6. 異なるせいの梁がとりつく柱梁接合部の実験 (D-実験)

6.1 実験概要

この実験はDHS構法による構造物で、柱梁接合部に取り付く梁のせいに差がある場合に柱梁接合部がどのような力学的性状を示すかを調べる目的で行なった。特にこの実験は、4.のV-18試験体の応用として、下部水平スチフナを傾斜させて梁せいに対処させた形式について行なった。

スチフナの傾斜が異なる4個の試験体の形状を

Fig. 13 に、寸法を Table 5 に示す。

鋼材はSS41を用い、素材試験はウェブ、フランジ、スチフナプレートについて行なった。

載荷は梁の両端を単純支持し中央に集中荷重をかける方法で行なった。これは鉛直荷重時を想定したものである。加力は当社鋼構造研究所 200 t

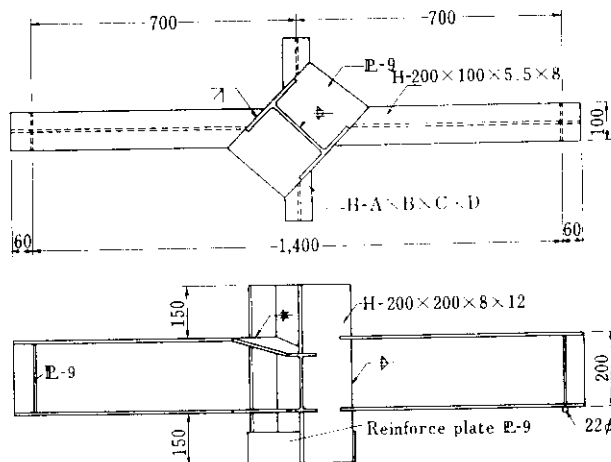


Fig. 13 Inclination and size of test specimen

Table 5 Sign & size of small beam

	D-1	D-2	D-3	D-4
Size	H-200×100×5.5×8	H-175×90×5×8	H-150×75×5×7	H-125×90×4.5×6.5
Incrination of stiffener plate	0°	1/8	2/8	3/8

万能試験機によった。荷重履歴は比例限界内で一回除荷し、くり返し載荷し破壊まで導く方法をとった。

変形の測定には1/100mmダイヤルゲージを用いた。測定した変形は試験体中央のたわみと、柱の回転量である。歪は主梁圧縮側フランジおよびスチフナに貼布した歪ゲージにより測定した。

6.2 実験結果および考察

素材試験の結果を Table 6 に、実験結果を Table 7 に示す。柱の回転量を Fig. 14 に示した。

スチフナプレートの傾斜を横軸にとり、降伏荷重と最大荷重の計算値と実験値を比較したのが Fig. 15 である。計算に用いた数値は

設計許容応力度 $\sigma_y' = 2.40$ (t/cm²)

素材試験の結果より、

降伏応力度 $\sigma_{y, \text{exp}} = 3.25$ (t/cm²)

最大応力度 $\sigma_{u, \text{exp}} = 4.42$ (t/cm²)

の値を用いた。

図より明らかなように、降伏荷重、最大荷重ともスチフナプレートの傾斜には全く無関係に一定である。降伏荷重は設計荷重の約1.4倍あり十分安全である。スチフナプレートの傾斜を横軸に、試験体中央の撓みから算出される剛性を縦軸に示したのが Fig. 16 である。剛性はラーメン理論が仮定する「剛節」を満足させる意味で「試験体と

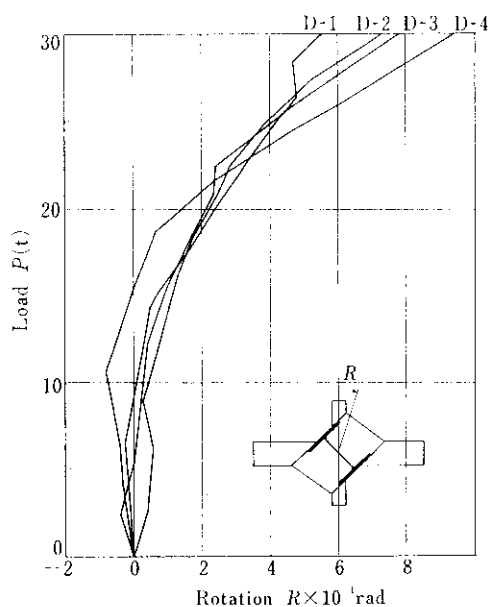


Fig. 14 Column rotation

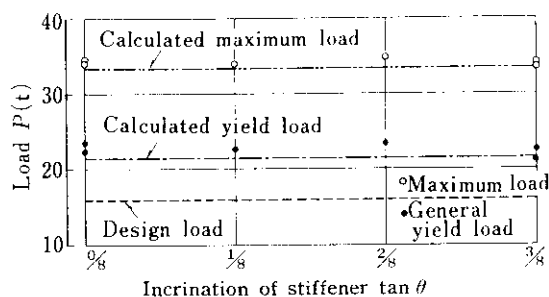


Fig. 15 Maximum load & general yield load

Table 6 Mechanical properties of material

	Thickness T (mm)	Sectional area A (mm ²)	Yield stress σ_y (kg/mm ²)	Max. stress σ_u (kg/mm ²)	Elastic modulus E (kg/cm ²)	Elongation (%)
Web of beam	6.12	124.0	37.5	50.0	20650	31
Flange of beam	7.79	157.3	34.0	44.8	20850	43
Stiffener plate	8.48	172.7	33.2	52.7	20450	35

Table 7 D Test results

	Incrination of stiffener	Yield load P_y (t)	Max. load P_u (t)	Stiffener of connection K (kg/mm)
D-1	0/8	22.3	33.95	6700
D-2	1/8	22.4	33.70	6670
D-3	2/8	23.7	34.85	6100
D-4	3/8	22.8	33.95	5300

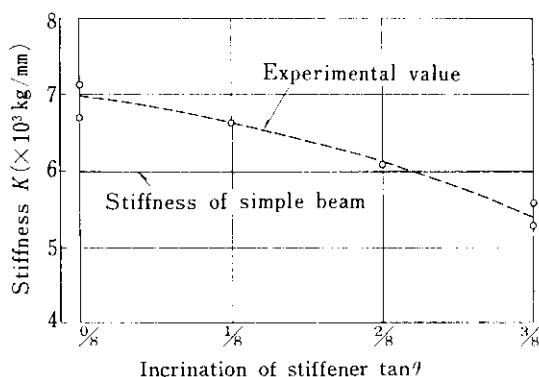


Fig. 16 Stiffness of elastic field

同スパンの単純梁の剛性」を基準として評価することにした。計算値は曲げ、剪断変形を考慮している。

図より明らかなようにスチフナプレートの傾斜

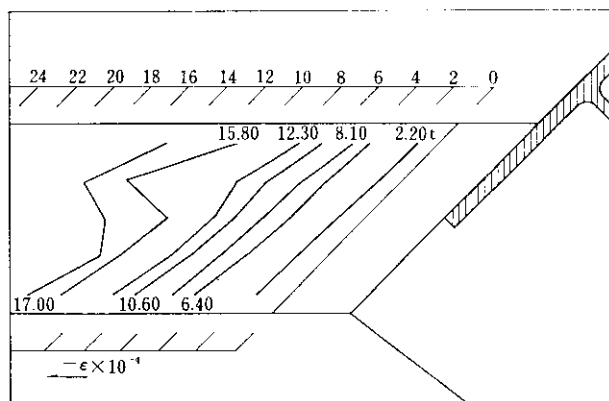


Fig. 17 Strain of beam flange (D-4)

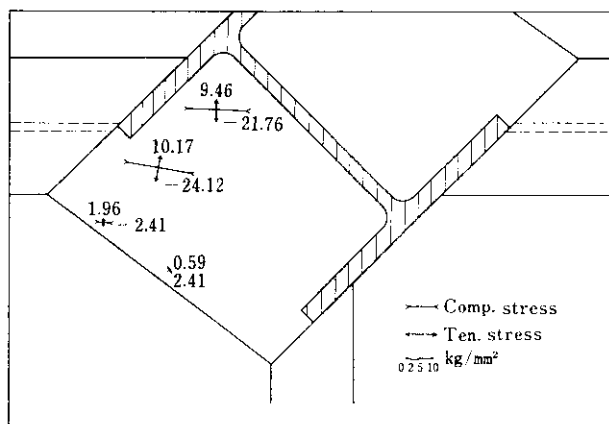


Fig. 18 Principal stress of stiffener (D-4)

すなわち両方向の梁せいの差が大きくなるにつれて、剛性は低下しており、傾斜が $\frac{3}{8}$ の場合は基準値より約10%低い。傾斜が $\frac{3}{8}$ よりゆるやかな場合は基準値より剛性が高く満足すべきものといえる。

歪分布、応力分布に関しては、スチフナプレート、梁フランジの値を測定し次の結果を得た。梁フランジの最大歪が降伏歪度に達するのは、降伏荷重の約60%、最大荷重の約40%程度である。梁フランジの歪分布の一例を Fig. 17 に示す。スチフナプレートの歪分布の一例を Fig. 18 に示すが応力の流れはかなりスムーズで特異な乱れはみられない。スチフナが降伏するのは梁が降伏する時よりかなり高い荷重になってからである。

破壊はすべての試験体について圧縮側フランジの局部座屈によって起こった。実験中の観察ではスチフナプレートは終始安定していた。

Photo. 5 に破壊状況を示す。

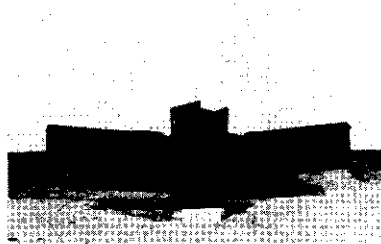


Photo. 5 Destruction behavior of D-2 specimen

6.3 結 論

接合部の耐力は梁によって決定され、スチフナプレートはその傾斜の程度にかかわらず耐力上の弱点とはならない。

両方向の梁せいの差が大きくなるにつれて剛性は低下する。しかしスチフナプレートの傾斜が $\tan \theta = 1/4$ 未満のものは剛性の低下を設計上考慮する必要はない。

7. 総 括

本実験結果をまとめると次のとおりである。

(1) 柱梁接合部について

(a) 柱のフランジ間に垂直スチフナを取り付けその外周に水平スチフナを設けて補強する方法は、柱幅の $1/2$ 程度の水平スチフナ幅があると、強度・剛性・靱性の点で接合部として満足した結果が得られる。ただしプレート厚は梁フランジ厚以上とする。

(b) 水平スチフナを柱ウェブまで通した方法は下部水平プレートが傾斜しても耐力的には十分安全な値を示した。ただし剛性の点で傾斜

角 (θ) が $\tan \theta = 1/4$ をこえると何らかの補強を考える必要がある。靱性については十分な値を示した。

(2) 骨組の力学的性状について

強度的には、実用計算式より求めた計算値に比べ、実験による値は降伏荷重で 2 倍、最大荷重で 3 倍の値を示し、一般の構造物よりかなりの余裕があるといえる。

剛性は、ディテールにかかわらず計算値とほぼ一致し十分満足すべき値を示した。さらにこの骨組は大きな靱性率を有し、変形能力およびエネルギー吸収に関しても一般の構造物に比べて大きい。

終りに本実験の実施にあたり、多大のご指導をいただきました早稲田大学教授鶴田明先生、都立大学助教授寺田貞一先生ならびに早稲田大学鶴田研究室の皆様に深く感謝します。

参 考 文 献

- 1) 坂本順, 渡辺雅生, 井元勝慶, 宮村篤典: 建築学会論文報告集, 第 176 号
藤本盛久, 松本芳紀: 建築学会論文報告集, 第 176 号
- 2) 寺田貞一, 鈴木英次: 「斜め仕口に関する研究 (1), (2)」建築学会大会学術講演梗概集, (北海道) (1969)