

ダブル T 型床版床組の荷重分担に関する実験的研究

岡 本 剛

1. 緒 言

本研究は、ダブル T 型床版 (Double Tee Slab, 以下 DTS と略称する)<sup>1)</sup> にて構成された床組が, 部分荷重をうけた場合, 床版の荷重分担状況を考察するものである。

本実験では, 図-1 に示すごとき寸法の DTS 3 枚を, その両端で受バリ上に並列しておき, それらのスラブの継目を結合して床組を構成する(図-2 参照)。この床組の中央 DTS 上にだけ荷重すると, これに隣接する DTS は荷重されているスラブに協力して荷重を分担する。隣接スラブ材の協力作用を調査する目的で実験を行った。なお, 実験結果を考察するにあたって, ハリ理論を用いて計算値を求め, 実験値との比較検討を行った。

実験は次の段階に行われる。

- a) 第 1 段階 単材の荷重実験
- b) 第 2 段階 床組の荷重実験
- c) 第 3 段階 Diaphragm つき床組の荷重実験

2. 供試体および荷重条件

供試体の寸法は 図-1 のとおり (図示の寸法は, 供試

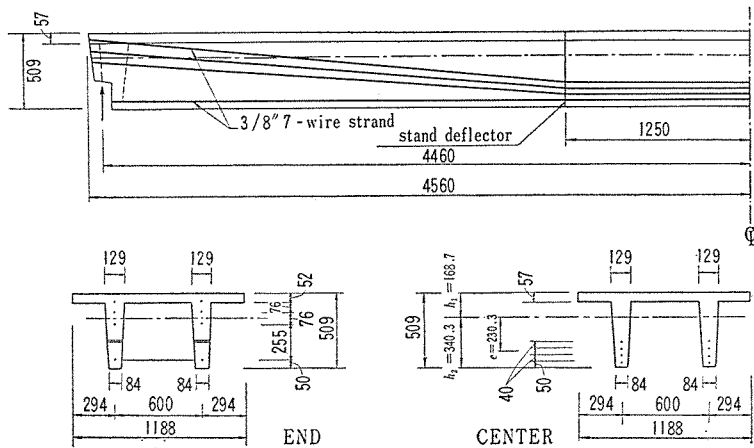


図-1 供 試 体

体のスパン中央付近数箇所の断面における実測寸法の平均値)で, 供試体実測断面の諸定数は 表-1 のとおりである。

実験の第 1 段階においては, 1 枚の DTS をスパン 8.920 m の支点間につけ, 重量 1.06 t のコンクリートブロックを, 図-2 に示された位置に記入番号順に荷重

コンクリート断面積	$A_c$	1 640	cm <sup>2</sup>
コンクリート断面 2 次率	$I_c$	374 670	cm <sup>4</sup>
中立軸の位置	$h_1$	16.87	cm
	$h_2$	34.03	cm
strand の本数	$n$	8	
strand の全断面積	$A_s$	4.252	cm <sup>2</sup>
strand 重心の偏心距離	$e$	23.02	cm
コンクリート断面重心軸に対する strand の断面 2 次率	$I_s$	2 292	cm <sup>4</sup>
導入緊張力*		50.00	t

\* 3/8" 7-Wire strand 1 本あたりの導入緊張力は 6.25 t である

表-1 供試体の断面の諸定数

する。次に, 第 2 段階に用いる床組は, 3 枚の DTS ユニットの並列につけ, このスラブ相互の継目は 図-2 (b) のように, フランジの縁に沿って 1 m ごとに配置された  $\phi 13$  mm フック相互を電気溶接し, 継目のすき間にモルタルを充填して一体とする。第 3 段階に用いる床組は, 第 2 段階に用いた床組のスパン中央および端部に, 図-2 (c) に示す Diaphragm を現場で打設する。実験の第 2, 3 段階における荷重は, 3 枚の並列スラブのうち中央の DTS 上に, 第 1 段階と同じ条件で行う。

3. 供試体製作, 材料および養生

(1) 供試体製作用材料

a) セメント, 骨材 セメントは小野田普通ポルトランドセメントを使用した。砂は相模川産, 最大粒径 5 mm, 粗粒率は 3.08, 砂利は相模川産, 最大粒径 20 mm, 粗粒率 6.98 のものを用いた。

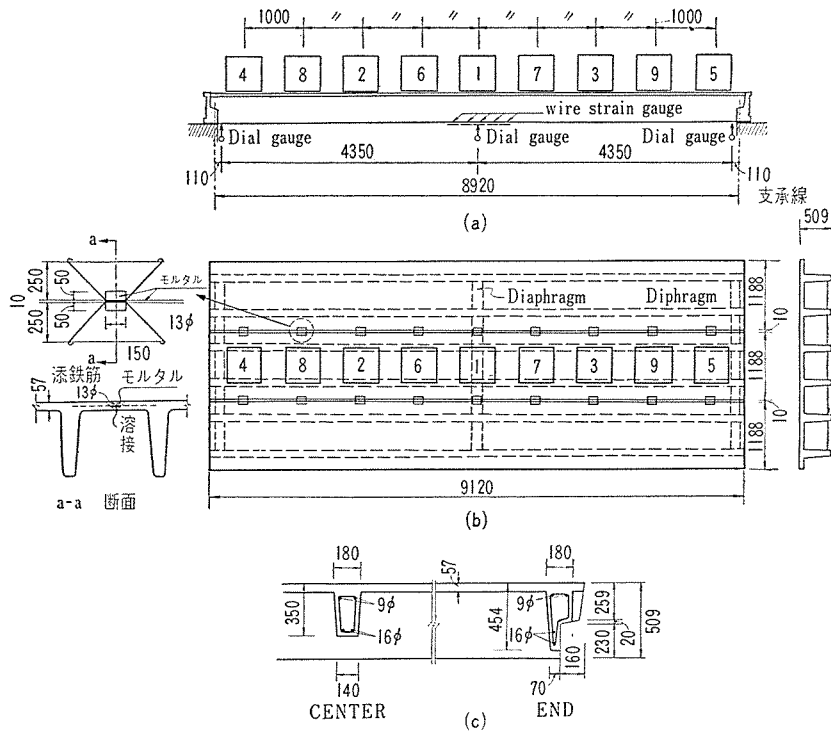
b) 緊張鋼材 住友電工 KK 製の 3/8 in Uncoated 7-wire stress relieved strand (以下 strand と略称)<sup>2)</sup> を使用した。その機械的諸性質を表-2 に, 荷重-ヒズミ曲線を 図-3 に示す。

c) コンクリートの調合 コンクリートの配合, 水セメント比, 28 日予定強度は 表-3 の

とおりである。

(2) 供試体の製作

製作用ベッドに所定の本数の strand を 図-1 のように配置し, 表-1 の緊張力が得られるように緊張, 定着したのち, ただちに機械練りコンクリートを打ち込み,



(a) 単材および床組の載荷装置および測定位置  
 (b) 床組およびその継目詳細  
 (c) 床組につける Diaphragm の断面

図-2

公称径	9.3 mm (3/8")
概略断面積	0.519 cm <sup>2</sup>
抗張力	9.75 t
弾性係数	1930 000 kg/cm <sup>2</sup>
降伏点強度 (0.2% 永久伸び)	8.8 t
伸び	8%

表-2 3/8" 7-wire strand の機械的諸性質

配合 (重量比)	1 : 1.70 : 3.00
w/c	35 %
28 日予定圧縮強度	450 kg/cm <sup>2</sup>
スランプ	1.1 cm

表-3 コンクリートの調査

バイブレーターで十分振動詰めを行った。初緊張力を導入するまで、むしろかけ散水養生を行い、その後は大気中で自然養生とした。

(3) 導入緊張力および有効緊張力

初緊張力導入は材令3日で行った。初緊張力導入時および実験時におけるコンクリートの強度および弾性係数

材令 (日)	圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	引張強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	弾性係数 (kg/cm <sup>2</sup> )
3*	370	—	281 000
7	560	—	—
28	615	—	—
54**	625	50.2	366 000

\* 初緊張力導入時      \*\* 実験実施時

表-4 コンクリートの強度および弾性係数

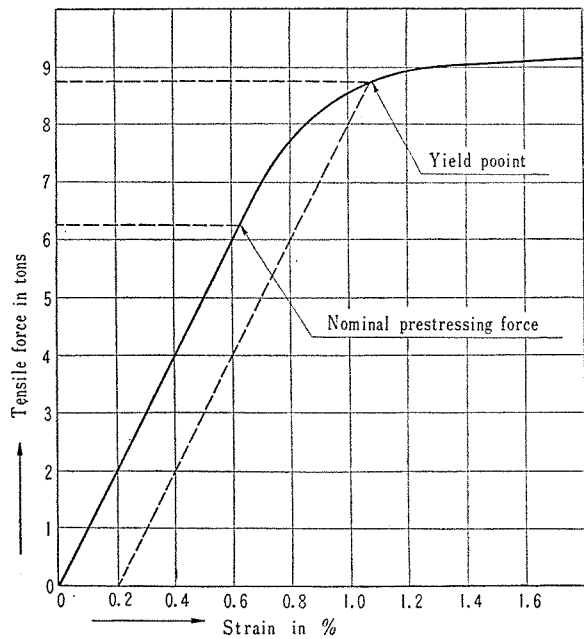


図-3 3/8" 7-Wier stand の荷重—ヒズミ曲線 (住友電工 提供)

を表-4に示す。

プレストレス力は strand とコンクリート間の付着によって導入される。strand とコンクリートとの付着は完全であると仮定して、導入緊張力を導入直前の strand の引張力より理論計算式により求めた。初緊張力導入後

実験時までには、コンクリートのクリープおよび収縮によって導入緊張力は減退する。実験時における有効緊張力は、坂博士、岡田博士、および六車氏の理論式<sup>7)</sup>を用いて理論計算した。表一5にこれらの計算結果を示す。

導入直前の strand の引張力 $P_s$	50.00 t
導入緊張力 $P_0$	47.40 t
実験直前の有効緊張力 $P_t$	41.42 t
有効率 $P_t/P_0$	87.38 %

表一5 導入緊張力および有効緊張力

#### 4. 実験方法

図一2に示すように、3枚のDTSユニットを、各1cmの間隔をあけて並列に置く。両端および、スパン中央におけるStem下端面のたわみを測定するために、図一2(a)に示された位置に10<sup>-2</sup>mm読みのダイヤルゲージをとりつける。さらに、第1段階(単材の載荷試験)に用いるDTSのスパン中央部Stem下端面に、検長60mmの抵抗線ヒズミ計を貼布して、きれつ発生を正確、かつ事前に発見するべくつとめる。

##### (1) 第1段階・単材の載荷試験

3個並列されているDTSの継目を結合する前に、外側スラブの1枚に対し、きれつ発生まで載荷し、そのたわみを測定した。なお、荷重は図一2(a)に示した番号順に載せ、第1段階が終われば、第2段階にも同じ順序で載せる。

##### (2) 第2段階・床組の載荷試験

第1段階試験完了後、3枚のスラブの継目を結合し、5日後、図一2(a)、(b)に示すように、この床組の中央スラブ上に第1段階とまったく同じ方法で、第1段階試験における、きれつ荷重まで載荷した。

##### (3) 第3段階・Diaphragmつき床組の載荷試験

第2段階に用いた床組のスパン中央および両端に、図一2(c)に示すDiaphragmを現場打ちコンクリートにて設け、打設後6日目に第2段階と同じ条件、同じ大きさの載荷を行った。

#### 5. 実験結果

##### (1) 単材のきれつ荷重

抵抗線ヒズミ計および肉眼によって、きれつの発見を行った。表一6に、きれつモーメントの実験値とともに、坂博士らおよび土木学会の理論式による値を示す。

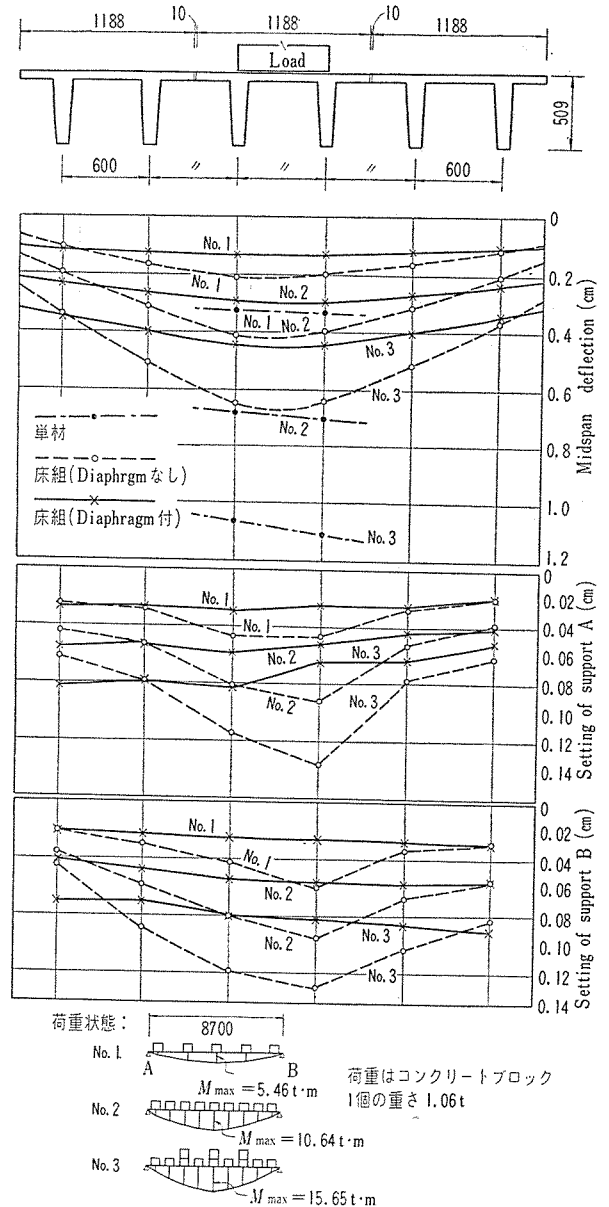
材令 (日)	コンクリート引張強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	有効緊張力 (t)	きれつモーメント実験値 (t・m)	設計荷重に対するきれつ安全率	きれつモーメント理論値	
					坂博士式 (t・m)	土木学会式 (t・m)
54	50.2	41.42	19.57	1.57	24.44	22.80

表一6 単材のきれつモーメント実験値および理論値

この理論値はいずれも、実験値よりきわめて大きい。

##### (2) ハリ中央のたわみ

単材のきれつ荷重までの、主要な荷重状態に対する、(1)単材、(2)ダイヤフラムなしの床組、(3)ダイヤフラムつきの床組の、それぞれのスパン中央におけるたわみを、図一4および表一7に示す。(a)のカッコ内の数値は、単材のたわみに対するたわみ比を示す。(b)のカッコの内数値は、各床組の中バリのたわみに対するたわみ比を示す。



図一4 単材および床組のスパン中央たわみと支点の沈下量

##### (3) 支持端の沈下

床組の材軸に対して垂直な方向に沿う、支持端の沈下を図一4に併記する。本実験では支台の基礎が不十分のため、支点にかなりの不同沈下を生じた。

No.	荷 重 状 態	全 荷 重* (t)	単材のスパン中 央の曲げモー メント* (t・m)	単材中央たわみ (10 <sup>-3</sup> cm) (1)	床組中バリのスパン中央たわみ (10 <sup>-3</sup> cm)	
					ダイヤフラム なし (2)	ダイヤフラム つき (3)
1		5.30	5.46	330 (100)	202 (61.2)	132 (40.0)
2		9.54	10.64	691 (100)	399 (57.7)	293 (42.4)
3		21.72**	15.65	1 082 (100)	643 (59.4)	439 (40.5)
たわみ比の平均値				(100)	(59.4)	(41.0)

\* 荷重, モーメントの中には自重をふくまない。 \*\* 単材のきれつ荷重実験値 カッコ内の数字は床組のたわみの単材のたわみに対する%を示す。

表-7 (a) 単材および床組中バリのスパン中央におけるたわみ

No.	(2) ダイヤフラムなし (10 <sup>-3</sup> cm)			(3) ダイヤフラムつき (10 <sup>-3</sup> cm)		
	中 バ リ stem	外 バ リ		中 バ リ stem	外 バ リ	
		内 stem	外 stem		内 stem	外 stem
1	202 (100)	163 (80.6)	109 (54.0)	132 (100)	121 (91.6)	108 (81.8)
2	399 (100)	311 (78.0)	199 (49.9)	293 (100)	268 (91.4)	232 (79.1)
3	643 (100)	475 (73.9)	316 (49.2)	439 (100)	396 (90.2)	343 (78.1)
たわみ比の平均値	(100)	(77.5)	(51.5)	(100)	(91.0)	(79.7)

\* \*\* 表-7 (a) に同じ

表-7 (b) 床組のスパン中央におけるたわみ

## 6. たわみ比の理論計算

DTS の単材を1本のハリとみなして, 理論計算を行う。その諸寸法は図-1の値をとる。両端のダイヤルゲ

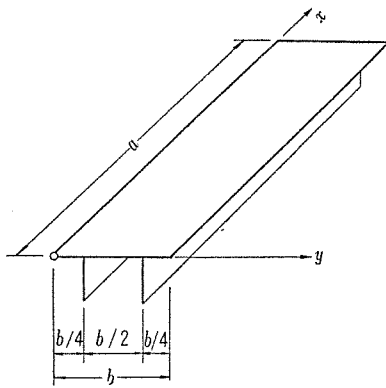


図-5 (a)

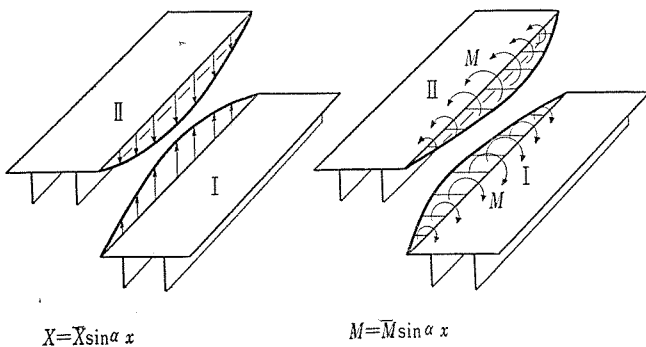


図-5 (b)

ーシ間隔 8.700 m をスパンとする。

図-5(a)にDTSの寸法を, (b)にDTS相互間に作用する縁荷重  $X$  および  $M$  の分布および正の方向を示す。(c)に示すように, 支端において各 stem は, 同一のバネ常数を有するバネで支持されているものと仮定する。このバネ常数は実験結果より算出する。以下3枚のDTSのうち中バ리를 (ハリ I), 両側の外バ리를 (ハリ II), とする。

いま (ハリ I) 上にかかる鉛直方向荷重を

$$P = \bar{P} \sin \alpha x$$

とする。

(ハリ I) および (ハリ II) にかかる鉛直方向縁荷重および曲げモーメントを

$$X = \bar{X} \sin \alpha x$$

$$M = \bar{M} \sin \alpha x \quad (\alpha = \pi/a)$$

とすると, ハリの鉛直変位および回転角は次のとき順序で求めることができる。

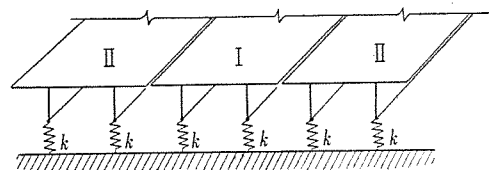


図-5 (c)

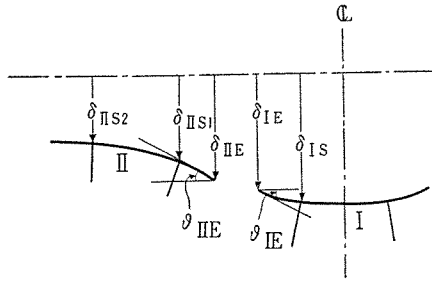


図-6

(1) ハリ I

鉛直変位 (下向きを正)

$P = \bar{P} \sin \alpha x$ ,  $X = \bar{X} \sin \alpha x$  が作用した際, 2本の stem の支点反力は

$$R = \int_0^{l/2} (P - 2X) dx = \frac{1}{\alpha} (\bar{P} - 2\bar{X})$$

stem 1本の支持点におけるバネ常数を  $k$  (kg/cm) とすると, 支端の沈下量は

$$\delta_{IS}^* = \frac{R}{2k} = \frac{\bar{P} - 2\bar{X}}{2\alpha k}$$

一方, 両端単純支持バりに鉛直荷重  $(P - 2X)$  が作用したとき, ハリの  $x$  方向たわみ曲線は

$$K_x \frac{d^4 \delta_{IS}}{dx^4} = (\bar{P} - 2\bar{X}) \sin \alpha x$$

より  $\delta_{IS} = \frac{1}{\alpha^4 K_x} (\bar{P} - 2\bar{X}) \sin \alpha x$

となる。よって, stem のたわみは

$$\delta_{IS}^* + \delta_{IS}$$

である。

次に,  $X = \bar{X} \sin \alpha x$ ,  $M = \bar{M} \sin \alpha x$  が縁に作用するとき, ハリは  $y$  方向に曲げを生ずる。フランジを2つの stem にて支えられた連続バりとみなせば, 縁は stem に対して次の相対鉛直変位を生ずる。

$$X \text{ によって } -\frac{b^3}{48} \cdot \frac{\bar{X}}{K_y} \sin \alpha x$$

$$M \text{ によって } -\frac{b^2}{32} \cdot \frac{\bar{M}}{K_y} \sin \alpha x$$

以上により, 荷重  $P$  がハリ上に作用する場合, 縁における全鉛直変位は  $(\delta_{IE}^* + \delta_{IE})$  となる。

ここに

$$\delta_{IE}^* = \delta_{IS}^* = \frac{\bar{P} - 2\bar{X}}{2\alpha k}$$

$$\delta_{IE} = \frac{1}{\alpha^4 K_x} \left[ \bar{P} - 2\bar{X} - \frac{\pi^3}{32} \left( \frac{b}{a} \right)^2 \frac{K_x}{\alpha K_y} \right]$$

$$\left\{ \frac{2\pi}{3} \left( \frac{b}{a} \right) \bar{X} + \alpha \bar{M} \right\} \sin \alpha x$$

回転角 (反時計まわりを正)

支端の沈下による回転は起らない。  $X = \bar{X} \sin \alpha x$ ,  $M = \bar{M} \sin \alpha x$  によって, 縁に起る回転角は,

$$X \text{ によって } \frac{b^2}{16} \cdot \frac{\bar{X}}{K_y} \sin \alpha x$$

$$M \text{ によって } \frac{b}{4} \cdot \frac{\bar{M}}{K_y} \sin \alpha x$$

従って, 縁における全回転角は

$$\vartheta_{IE} = \frac{1}{\alpha^3 \alpha K_y} \cdot \frac{\pi^2}{4} \left( \frac{b}{a} \right) \left[ \frac{\pi}{4} \left( \frac{b}{a} \right) \bar{X} + \alpha \bar{M} \right] \sin \alpha x$$

ハリ I と同様にしてハリ II に対して次の諸式をうる。

(2) ハリ II

鉛直変位 (下向きを正)

内側 stem;  $(\delta_{II S1}^* + \delta_{II S1})$

$$\delta_{II S1}^* = \frac{1}{2\alpha k} \left[ 3\bar{X} - \frac{4}{\pi} \left( \frac{a}{b} \right) \alpha \bar{M} \right]$$

$$\delta_{II S1} = \frac{1}{\alpha^4 K_x} \left[ \left\{ 1 + \frac{\pi^2}{8} \left( \frac{b}{a} \right)^2 \frac{K_x}{KG} \right\} \bar{X} - \frac{\pi}{4} \left( \frac{b}{a} \right) \frac{K_x}{KG} \cdot \alpha \bar{M} \right] \sin \alpha x$$

$$\bar{X} - \frac{\pi}{4} \left( \frac{b}{a} \right) \frac{K_x}{KG} \cdot \alpha \bar{M} \sin \alpha x$$

外側 stem;  $(\delta_{II S2}^* + \delta_{II S2})$

$$\delta_{II S2}^* = \frac{1}{2\alpha k} \left[ -\bar{X} + \frac{4}{\pi} \left( \frac{a}{b} \right) \alpha \bar{M} \right]$$

$$\delta_{II S2} = \frac{1}{\alpha^4 K_x} \left[ \left\{ 1 - \frac{\pi^2}{8} \left( \frac{b}{a} \right)^2 \frac{K_x}{KG} \right\} \bar{X} + \frac{\pi}{4} \left( \frac{b}{a} \right) \frac{K_x}{KG} \cdot \alpha \bar{M} \right] \sin \alpha x$$

$$\bar{X} + \frac{\pi}{4} \left( \frac{b}{a} \right) \frac{K_x}{KG} \cdot \alpha \bar{M} \sin \alpha x$$

縁;  $(\vartheta_{II E}^* + \vartheta_{II E})$

$$\vartheta_{II E}^* = \frac{1}{2\alpha k} \left[ 5\bar{X} - \frac{8}{\pi} \left( \frac{a}{b} \right) \alpha \bar{M} \right]$$

$$\vartheta_{II E} = \frac{1}{\alpha^3 \alpha K_y} \left[ \left\{ 1 + \frac{\pi^2}{4} \left( \frac{b}{a} \right)^2 \frac{K_x}{KG} + \frac{\pi^4}{192} \left( \frac{b}{a} \right)^3 \frac{K_x}{\alpha K_y} \right\} \bar{X} - \frac{\pi}{2} \left( \frac{b}{a} \right) \left\{ \frac{K_x}{KG} + \frac{\pi^2}{16} \left( \frac{b}{a} \right)^2 \frac{K_x}{\alpha K_y} \right\} \alpha \bar{M} \right] \sin \alpha x$$

$$\frac{K_x}{\alpha K_y} \left\{ \bar{X} - \frac{\pi}{2} \left( \frac{b}{a} \right) \left\{ \frac{K_x}{KG} + \frac{\pi^2}{16} \left( \frac{b}{a} \right)^2 \frac{K_x}{\alpha K_y} \right\} \alpha \bar{M} \right\} \sin \alpha x$$

$$\frac{K_x}{\alpha K_y} \left\{ \alpha \bar{M} \right\} \sin \alpha x$$

回転角 (反時計まわりを正)

縁;  $(\vartheta_{II E}^* + \vartheta_{II E})$

$$\vartheta_{II E}^* = \frac{4}{b\alpha k} \left[ \bar{X} - \frac{2}{\pi} \left( \frac{a}{b} \right) \alpha \bar{M} \right]$$

$$\vartheta_{II E} = \frac{1}{\alpha^3 \alpha K_y} \left[ \frac{\pi}{2} \left( \frac{b}{a} \right) \left\{ \frac{\alpha K_y}{KG} + \frac{\pi^2}{16} \left( \frac{b}{a} \right)^3 \frac{K_x}{\alpha K_y} \right\} \bar{X} - \left\{ \frac{\alpha K_y}{KG} + \frac{\pi^2}{4} \left( \frac{b}{a} \right)^2 \frac{K_x}{\alpha K_y} \right\} \alpha \bar{M} \right] \sin \alpha x$$

$$- \left\{ \frac{\alpha K_y}{KG} + \frac{\pi^2}{4} \left( \frac{b}{a} \right)^2 \frac{K_x}{\alpha K_y} \right\} \alpha \bar{M} \sin \alpha x$$

ただし,

$K_x$ : 単材の  $x$  方向曲げ剛性

$K_y$ :  $y$  方向の単位巾当たり曲げ剛性 (中央のダイヤフラムの剛性は全スパンに平均させる)

$KG$ : 単材の  $x$  方向軸に関するねじれ剛性

$k$ : 支点のバネ常数

$\delta^*$ ,  $\vartheta^*$ : 支点の沈下による たわみ または回転角

ダイヤフラムのない床組では、ハリ I とハリ II の接合点はヒンジと仮定する ( $\bar{M}=0$ )。ダイヤフラムつき床組においては、両端にダイヤフラムを有するために、支点の不同沈下はない ( $\delta^*=0, \vartheta^*=0$ ) と仮定する。

縁辺条件として、スパン中央 ( $x=a/2$ ) において、

$$\text{ダイヤフラムのない場合: } \delta_{IE}^* + \delta_{IE} = \delta_{II E}^* + \delta_{II E}$$

$$\text{ダイヤフラムつきの場合: } \begin{cases} \delta_{IE} = \delta_{II E} \\ \vartheta_{IE} = \vartheta_{II E} \end{cases}$$

これを解いてたわみ比  $\delta_{IS}/\delta_0, \delta_{IIS1}/\delta_0, \delta_{IIS2}/\delta_0$  および  $\bar{X}/\bar{P}$  を求める。ただし、 $\delta_0$  は単材に荷重  $P=\bar{P} \sin \alpha x$  をかけたときのたわみで

$$\delta_0 = \frac{\bar{P}}{\alpha^4 K_x} \sin \alpha x \quad (\alpha = \pi/a)$$

である。支点のバネ常数は実験結果より、

$$k = \frac{\text{最大積載荷重}}{\text{全支点の沈下量の総和}} = \frac{12 \times 1060}{1100 \times 10^{-3}} = 11570 \text{ (kg/cm)}$$

とした場合と、支点における不同沈下がない場合とのたわみ比の計算値を、表-8 に百分比をもって示す。計算値は実験値より 10~15%ほど小さい。これは支点にお

る実際の不同沈下が、計算の仮定と異なるためであると思われる。このたわみ比の百分比の値は、3枚の DTS よりなる床組の中央 DTS 上のみ荷重がのる場合の、中央 DTS バリの荷重分担率をそのまま表わすものと考えられる。すなわち、本実験ではダイヤフラムなし床組では約 60% を、ダイヤフラムつき床組では約 40% の荷重を中央バリが負担する。支点の不同沈下がないとしたときの計算値ではダイヤフラムなしの床組で約 50%、ダイヤフラムつき床組では約 35% の荷重を中央 DTS バリが負担する。ダイヤフラムをつけたことによる荷重分担の低下率は、ダイヤフラムなしの中央 DTS のたわみを 100% とするとき、表-8 のたわみ比の値より計算値(支点の不同沈下なき場合) および、実験値とも約 70% となる。すなわち、中央横断方向にダイヤフラムを入れることにより、中央 DTS バリの荷重分担は 30% 減少する。普通 DTS は大バリ上に溶接あるいは現場打コンクリート等にて定着されるから、支点の不同沈下は考えられない。

	(1) 単材	(2) ダイヤフラムなし			(3) ダイヤフラムつき		
		中バリ stem	外バリ		中バリ stem	外バリ	
			内 stem	外 stem		内 stem	外 stem
$K_x$ (kg·cm <sup>2</sup> )	$13.71 \times 10^{10}$	$13.71 \times 10^{10}$			$13.71 \times 10^{10}$		
$\alpha K_y$ (kg·cm <sup>2</sup> )	—	$0.430 \times 10^{10}$			$6.18 \times 10^{10}$		
$GK$ (kg·cm <sup>2</sup> )	—	$0.794 \times 10^{10}$			$0.794 \times 10^{10}$		
$\bar{X}/\bar{P}$	—	0.265			0.325		
$\bar{M}/b\bar{P}$	—	—			0.138		
たわみ比計算値 (1)*	100	54.4	31.9	13.7	—	—	—
たわみ比計算値 (2)*	100	50.0 (100)**	35.0	15.0	35.3 (70.6)**	36.7	28.0
たわみ比実験値	100	59.4 (100)**	46.1	30.3	41.0 (69.1)**	37.3	32.7

\* たわみ比計算値 (1) は支端のバネ常数  $k=11570 \text{ (kg/cm)}$  とした場合のたわみ比 (%)

たわみ比計算値 (2) は支端の不同沈下がないものと仮定したときのたわみ比 (%)

\*\* ダイヤフラムなし床組の中バリのたわみを 100% とした場合、ダイヤフラムつき床組の中バリのたわみ比を示す

表-8 単材たわみに対する床組のたわみの比

## 7. 結 語

DTS 床組に部分荷重がのると隣接の DTS が荷重を分担する。本実験ではわずか 3枚の DTS からなる床組であるが、中央のダイヤフラムなしの床組の場合、中央の DTS 上のみ荷重されたときのたわみは、単独の DTS が同じ荷重をうけるときのたわみの 50~60% に減少する。実際の使用上からは床全面に積載荷重がのることはない。倉庫においても 40% くらいは通路である。従って、通路を適当にとるときは設計積載荷重の 2 倍くらいまで部分的に過載してもよい。

床組に横断方向の補剛ダイヤフラムを入れるときは、

部分荷重に対し隣接 DTS の協力作用はさらに大となり、本実験ではダイヤフラムなし床組にくらべ載荷能力は 5 割増となった。すなわち設計荷重の 3 倍までの局部過載が可能である。しかしながら、本実験の試験体のごときスパンの大きいものでも、中央ダイヤフラムは実用上不必要であると考えられる。

本研究の供試体の製作および実験は、別子建設 K K 相模原 P C 工場で昭和 33 年 8 月に行われた。本研究にあたり、御指導と御教示を賜った京都大学教授 坂 静雄博士、同大学講師 六車 熙氏および、実験遂行に種々御協力を賜った別子建設相模原 P C 工場技術員各