

PC ばりの有効幅に関する研究

石 原 尙*
前 川 修 二**
安 藤 三 郎***

1. ま え が き

通常のRC構造と同様にコンクリート打設を行ない、硬化をまってはりなどに所要ストレスを与える現場一体打込方式PC構造は、その規模・工期・建設個所などの要因により一概にはいえないが、普通工場製作のPC構造に比し安くでき、RCでは不可能なスパンも容易である。しかしストレス導入部分に付接する部分（壁・スラブ等）のため導入量が不明確であるし、応力計算の際のT型ばりの有効部分はRC計算規準での仮定値をもってしてはいるが、これも不明確さが考えられる。

これまでわれわれは、この構法の設計にあたっては、コンクリート強度をあげるとかストレス量を余計にするとかの考えでばく然たるカバーを行なってきたが、この構法の利点を考え、より大規模なこの種の構造の設計にそなえて不明確点の解明の必要を感じ、今回は、それらの中からT型ばりのスラブ有効幅の実験を行なった。

2. 慣用式への反省と実験方法

RC計算規準によれば、はりの有効幅 B は、はり幅 b にスラブ幅を適宜とり入れることになっている。スラブ厚を t とすれば B はたとえば式(1)で示されている。

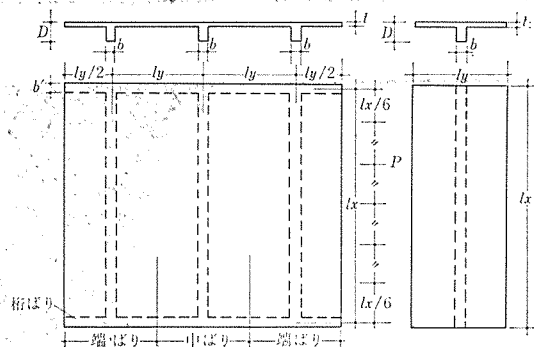
$$B = 12t + b \dots \dots \dots (1)$$

この式中のスラブ厚 t は、弾性解析ではほとんど無関係な項であることが明らかにされているが、これを用いて設計を行なってもRC構造では塑性的なもので説明されるように特に不都合は生じない。

一体式PC構造は、弾性解析を行なっているので、これと同じように有効幅をとって設計を行なえば材長に比してスラブ厚が比較的小さいため、有効幅はそれにほとんど無関係であるスラブ厚でさまる場合が多くなり、断面計算では真の応力分布と異なる恐れがあり経済的にも不利となる。これまでの有効幅に関する実験は、ある

ひとつのものについて行なわれ、ストレス導入時についてのはりは見かけられなかったもので、さきこの構法で施工した国鉄技術研究所の2棟（平家建スパン18mおよび16.3m、はりにストレス導入）の規模を大体の標準とし、スパン、はり間隔ならびにスラブ厚を適当に変えて弾性範囲で実験を行なった。供試体は、並列型と単材型の2種とし、それぞれの寸法とともに図-1に示した。供試体材質は、透明アクリル樹脂を用いた。材料の弾性係数は、製作先が異なったためそれぞれ異なり、並列型(W Type)では

図-1 試験体寸法



並列型試験体寸法 (cm)

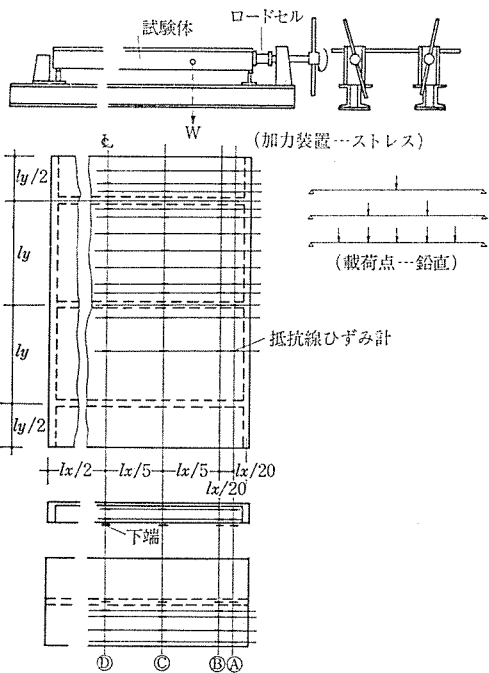
記号	l_x	l_y	t	D	b	b'
1-1 W	140	30	0.6	7	1.55	2.0
1-2 W	120	30	0.6	6	1.5	"
1-3 W	100	30	0.5	5	1.7	"
1-4 W	80	30	0.6	4	1.5	"
2-1 W	100	30	0.8	5	1.55	"
2-2 W	100	30	0.5	5	1.5	"
2-3 W	100	30	0.4	5	1.6	"
3-1 W	100	50	0.6	5	1.7	"
3-2 W	100	40	0.6	5.05	1.5	"
3-3 W	100	20	0.6	5	1.5	"
4-1 W	100	30	0.6	5	1.5	0

単材型試験体寸法 (cm)

記号	l_x	l_y	t	D	b	荷重
4S-1	102	30	1.0	5	1.5	$P=10\text{kg}$
4S-2	102	30	0.5	5	1.5	$P=11.3\text{kg}$
4S-3	102	30	0.4	5	1.5	$P=5.56\text{kg}$

* 国鉄東京建築工務局長
** " 建築第2課長
*** " 構造第2係長

図-2 加力装置ならびにゲージ位置



$$E_w = 6.21 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

単材型 (S Type) では

$$E_s = 7.66 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

であった。加力は図-2に示す装置により、応力測定は主としてワイヤーストレングージによった (写真-1)。

T型ばりの有効幅 B は、材軸方向の応力 σ_x の分布がわかれば図-3において式 (2)

$$B = \frac{2}{\sigma_0} \int_{b/2}^{l_y/2} a_x d_y + b \dots (2)$$

で求めるか、はり上下端のひずみから中立軸をきめて、これと図心が一致するT型断面から B をきめるとか、図-4に示すように矩形ばりのひずみとスラブ付の同じ断面の矩形ばりのひずみを比較してある係数をきめるなどあるが、この実験では、以上の方法によらず実際測定したひずみ分布の結果から、直接に、または台形法によった。実験はストレスのみ導入状態と载荷のみの状態に分けて行なった。

3. 有効幅

(1) ストレス導入時の有効幅
はりとスラブからなる単材にストレスを与えた場合の

写真-1 試験体および装置

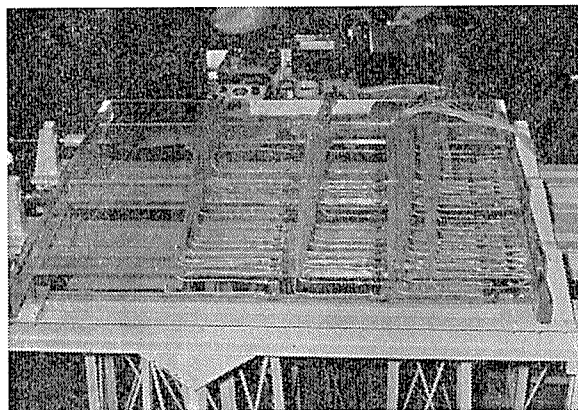


図-3 スラブの有効幅のきめ方 (1)

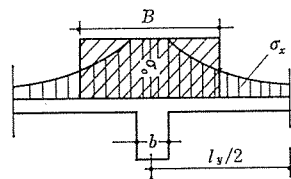


図-4 スラブの有効幅のきめ方 (2)

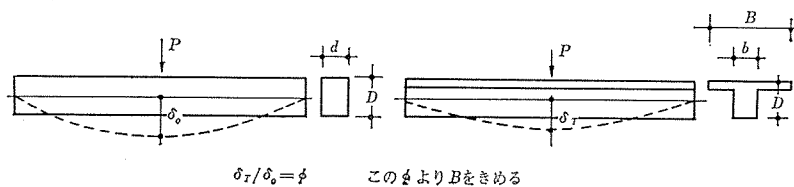
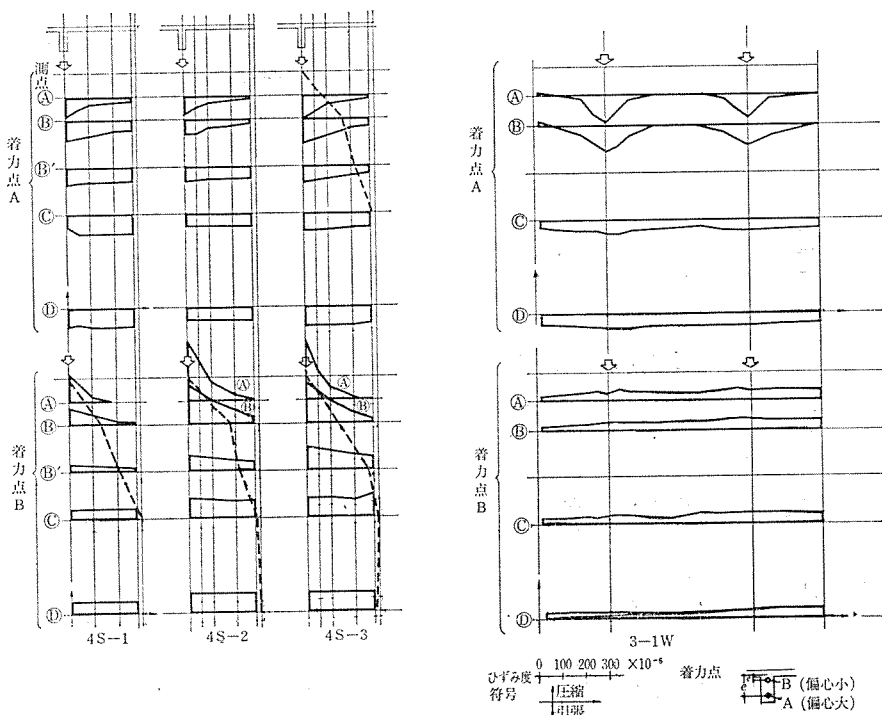


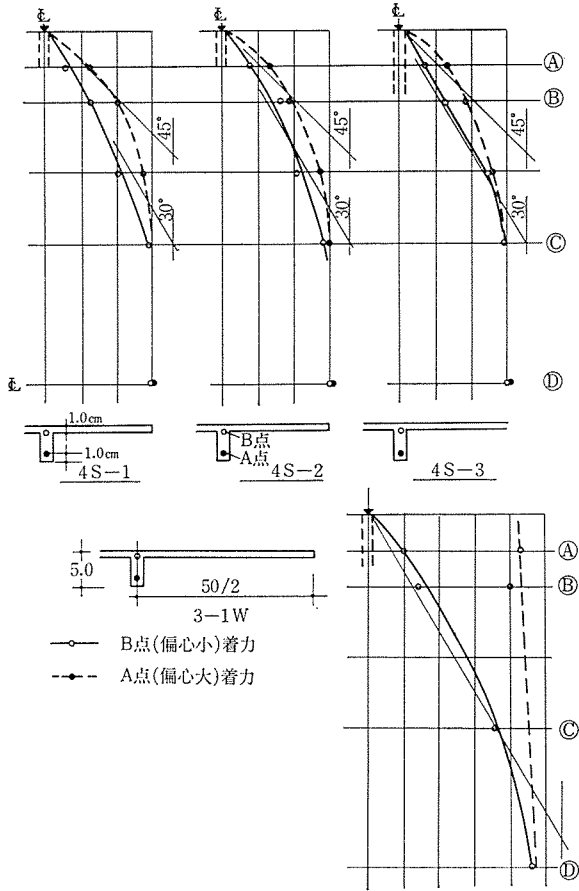
図-5 プレストレス導入時スラブ上面ひずみ分布 (プレストレス 100 kg)



各部のひずみ分布を図-5に、有効幅を図-6の各図に示した。ストレス着力位置は、A点が偏心が大きい場合

でB点は小さい場合である。桁ばりの有無によって若干異なるが、これらの結果から通常の断面寸法に対してつぎのごとくいえよう。

図-6 ストレス導入時有効幅B



- 1) 有効幅にスラブ厚さはほとんど無関係である。
 - 2) 桁ばりがない単材の場合、有効幅の材端からの拡がりには偏心が小さい場合ほぼ 30°, 偏心が大きい場合はほぼ 45° と見なすことができる。
 - 3) ストレスの着力点の偏心が小さい場合、桁ばりの有無、スラブ幅、スラブ厚さに関係なく有効幅はほぼ 30° で拡がる。
 - 4) 桁ばりが存在する場合で偏心が大きい場合の有効幅は、材端から中央までスラブ幅にほぼ等しい。
- 結局通常の場合は、材端の緊張材は図心に近いから偏心が小さい場合に相当し、約 30° で拡がるものと思われる。

(2) 荷重時の有効幅

ストレスを導入せず、中央2点および5点荷重した場合のスラブ上面およびはり側面のひずみ分布(図-7の各図に示す)の測定値から台形法によって計算して得た各試験体の有効幅の一覧を表-1に示す。

本試験体のごとき単純支持材では、支持端付近のひずみが小さいので、有効幅は実験値からは求めがたい。しかし、前後するが図-8に示すごとく、支点からスパンの1/10の間まで急激に増加し、それより有効幅はほぼ一定である。スパン中央付近の有効幅は荷重点数にあまり関係ないが、荷重位置では若干の減少となる。はり中央付近の有効幅を表-1の集中荷重位置をのぞいて平均し、表-2および図-8に示した。また有効幅と支点スパンとの関係を図-9に、版幅との関係を図-10に示した。さらに表-2で東博士の略算式と比較し、これを図-11

図-7 荷重時スラブ上面およびはり側面ひずみ分布

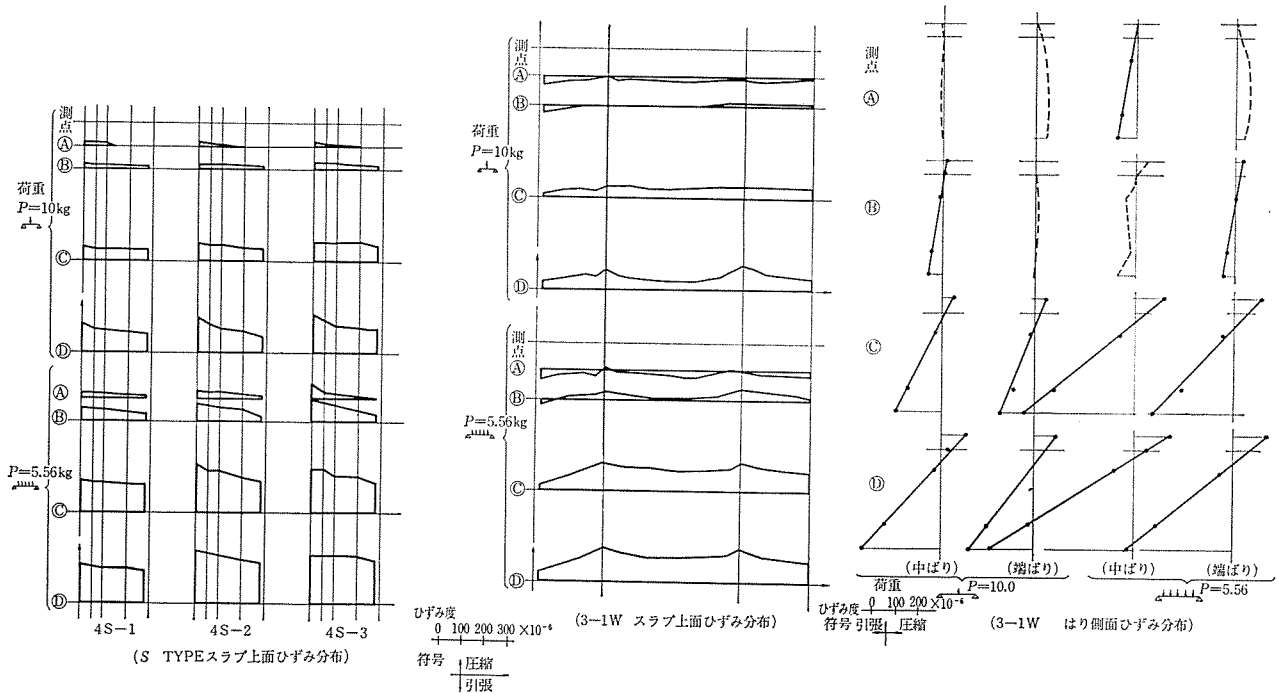


表-1 載荷時有効幅

記号	l_x	l_y	t	D	b	b'	位置	中 ば り B (cm)			端 ば り B (cm)			B 平均
								↓	↓↓	↓↓↓↓↓	↓	↓↓	↓↓↓↓↓	
1・1 W	140	30	0.6	7	1.55	2	A	—	—	—	—	—	—	上:中ばり 下:端ばり 28.6 27.2
							B	—	—	26.2	—	—	22.5	
							C	28.8	25.4	29.4	26.2	24.3	25.8	
							D	24.8	30.0	27.2	23.3	28.6	26.8	
1・2 W	120	30	0.6	6	1.5	2	A	—	—	—	—	—	—	29.1 26.2
							B	22.6	28.4	28.8	—	25.8	26.7	
							C	30.0	27.0	28.0	26.8	24.4	26.7	
							D	24.6	30.0	27.4	21.0	27.5	24.4	
1・3 W	100	30	0.5	5	1.7	2	A	—	—	—	—	—	15.0	28.4 24.7
							B	30.0	27.0	37.5	17.2	22.5	22.6	
							C	30.0	26.3	26.2	25.0	23.4	25.4	
							D	23.2	29.8	25.5	20.8	24.4	24.8	
1・4 W	80	30	0.6	4	1.5	2	A	—	—	—	—	—	15.7	27.6 22.5
							B	—	30.0	27.8	—	25.0	19.3	
							C	28.0	28.0	27.1	21.4	22.5	23.0	
							D	22.0	27.6	27.0	20.0	24.0	22.2	
2・1 W	100	30	0.8	5	1.55	2	A	—	—	—	—	—	—	28.5 25.7
							B	—	25.0	27.0	15.0	25.0	26.2	
							C	30.0	27.8	28.0	25.0	22.5	23.6	
							D	25.4	28.0	27.5	20.0	25.7	26.3	
2・2 W	100	30	0.5	5	1.5	2	A	—	—	—	—	—	—	28.6 25.2
							B	30.0	30.0	27.0	—	22.5	18.7	
							C	30.0	23.5	27.0	27.5	21.4	21.2	
							D	22.5	28.4	27.4	21.0	25.6	22.5	
2・3 W	100	30	0.4	5	1.6	2	A	—	—	—	—	—	—	27.2 23.8
							B	30.0	24.0	22.1	—	18.8	20.0	
							C	28.6	24.5	24.8	—	21.2	24.0	
							D	24.0	27.5	25.6	18.2	25.3	22.5	
3・1 W	100	50	0.6	5	1.7	2	A	—	—	—	—	—	—	42.8 33.2
							B	—	—	25.0	—	—	19.3	
							C	45.0	38.0	39.4	35.0	22.0	29.2	
							D	31.8	43.5	39.6	32.0	34.5	30.0	
3・2 W	100	40	0.6	5.05	1.5	2	A	—	—	—	—	—	—	35.9 32.2
							B	40.0	40.0	40.0	—	—	30.0	
							C	36.6	33.4	38.1	32.0	29.3	34.0	
							D	33.3	34.6	36.4	27.3	36.6	30.0	
3・3 W	100	20	0.6	5	1.5	2	A	—	17.0	20.0	—	—	—	19.6 19.1
							B	20.0	20.0	20.0	20.0	18.3	18.8	
							C	20.0	18.0	19.1	20.0	18.1	19.0	
							D	17.5	20.0	18.8	17.5	19.0	18.3	
4・1 W	100	30	0.6	5	1.5	0	A	—	—	—	—	—	17.0	28.1 26.3
							B	—	22.5	26.4	20.0	24.0	25.8	
							C	28.0	26.3	29.0	25.7	23.2	26.2	
							D	27.0	29.0	27.5	23.0	26.5	26.8	
4S・1	102	30	1.0	5	1.5	0					13.0	18.7	18.0	27.1
											28.0	26.3	24.5	
											26.0	27.0	27.9	
											22.7	29.0	26.4	
4S・2	102	30	0.5	5	1.5	0					13.0	12.5	18.3	26.7
											17.0	26.1	22.0	
											25.8	22.5	23.6	
											20.0	28.3	26.1	
4S・3	102	30	0.4	5	1.5	0					14.0	10.0	9.2	29.0
											23.0	20.0	20.0	
											28.3	24.4	25.8	
											21.5	30.0	29.0	

注: 供試体記号は 図-1, 位置は 図-6, 8 参照

図-8 載荷時 S タイプ有効幅

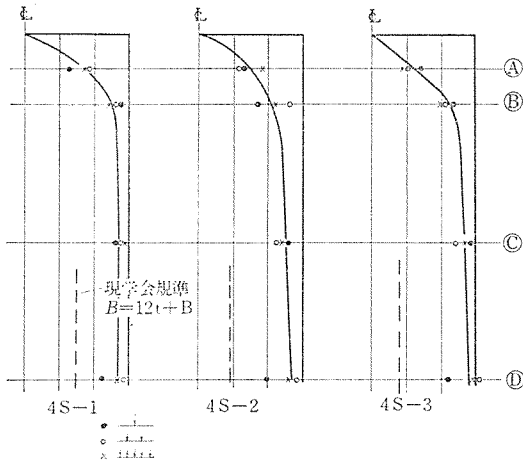


図-9 有効幅 $\sim l_x$ 関係

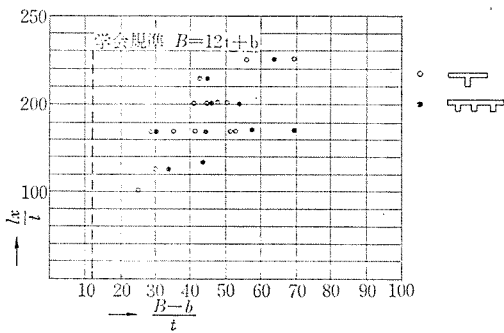


図-10 有効幅 $\sim l_y$ 関係

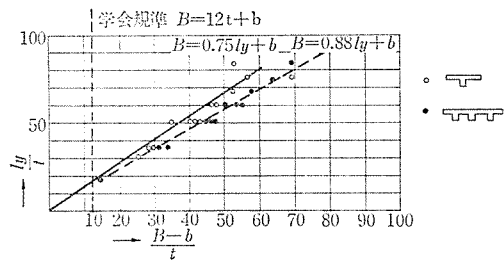


図-11 有効幅 $\sim l_x, l_y$ 関係

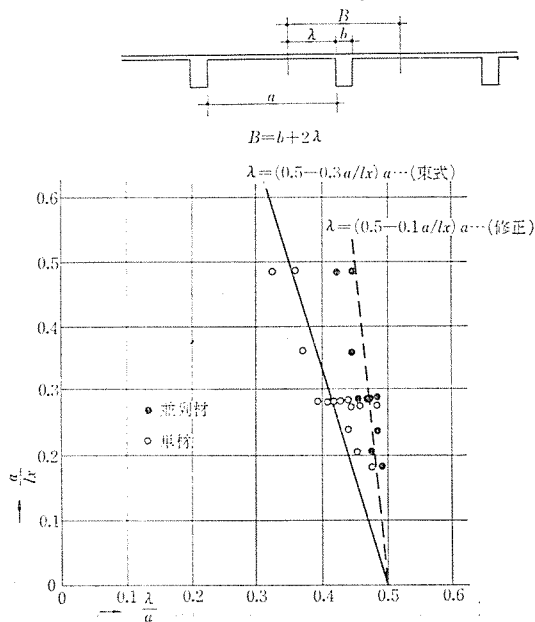
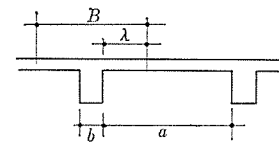


表-2 はり中央部有効幅比較表

記号	位置	a/l_x	λ/a (実)	λ/a (略)*
1-1 W	C	0.204	0.476	0.439
	E	"	0.45	
1-2 W	C	0.238	0.484	0.4315
	E	"	0.433	
1-3 W	C	0.283	0.472	0.415
	E	"	0.407	
1-4 W	C	0.357	0.441	0.393
	E	"	0.369	
2-1 W	C	0.285	0.474	0.445
	E	"	0.425	
2-2 W	C	0.285	0.475	0.445
	E	"	0.416	
2-3 W	C	0.284	0.452	0.445
	E	"	0.393	
3-1 W	C	0.485	0.426	0.3545
	E	"	0.325	
3-2 W	C	0.385	0.446	0.3845
	E	"	0.408	
3-3 W	C	0.185	0.459	0.445
	E	"	0.475	
4-1 W	C	0.285	0.446	0.4144
	E	"	0.435	
4 S-1	E	0.279	0.45	0.4175
4 S-2	E	0.279	0.442	0.4175
4 S-3	E	0.279	0.483	0.4175



*略算式

sin分布のとき

$$a \leq l_x \rightarrow \lambda = (0.5 - 0.3 \frac{a}{l_x}) a$$

$$a > l_x \rightarrow \lambda = 0.2 l_x$$

2波 sin または

cos 分布のとき

$$a \leq 0.5 l_x \rightarrow \lambda = (0.5 - 0.6 \frac{a}{l_x}) a$$

$$a < 0.5 l_x \rightarrow \lambda = 0.1 l_x$$

に示した。

図-9 から、各試験体の有効幅はスパンと無関係に散乱していることから、スパンとの関係は得られないことが察せられよう。しかし 図-10 に示されるように、スラブ幅と有効幅の間にはほぼ直線関係が存在している。いずれの場合にも現行規準式のように有効幅を版厚 t の関数とすることは適当でない。弾性論に基く前記略

算式は、図-11 にみられるごとく端ばりではよくあうが、中ばりではスラブの変形を拘束されるためこれより有効幅は大きくでる。

以上の結果をまとめれば、この実験のような単純支持の場合、通常の断面寸法に対してはつぎのようにいえよう。

- 1) 有効幅は単材では支点からスパンの 1/10 の間で急増し、集中荷重の載荷点では 10~20% 減少する。
- 2) スラブ厚さは有効幅に全く関係がない。
- 3) 有効幅をスラブ幅の関数とする実験式は、つぎのごとく示される。

$$B = a \cdot l_y + b \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここに

l_y : はり間隔

b : はり幅

a : 図-1 の端ばりの場合は 0.75

図-1 の中ばりの場合は 0.88

- 4) 有効幅をスラブ幅およびスパンの関数とする東式が端ばりで、係数をかえて中ばりで成立する。すなわち

$$\left. \begin{array}{l} \text{端ばり } \lambda = (0.5 - 0.3 a/l_x) a \\ \text{中ばり } \lambda = (0.5 - 0.1 a/l_x) a \end{array} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

ここに

l_x : スパン

b : はり幅

a : スラブ内のリスパン

B : 有効幅

とし $\lambda = \frac{1}{2}(B-b)$ とする。

参考までにこれまで発表された各種の有効幅に関するものを 図-12 に示す。

図-12 T 型ばり有効幅比較図

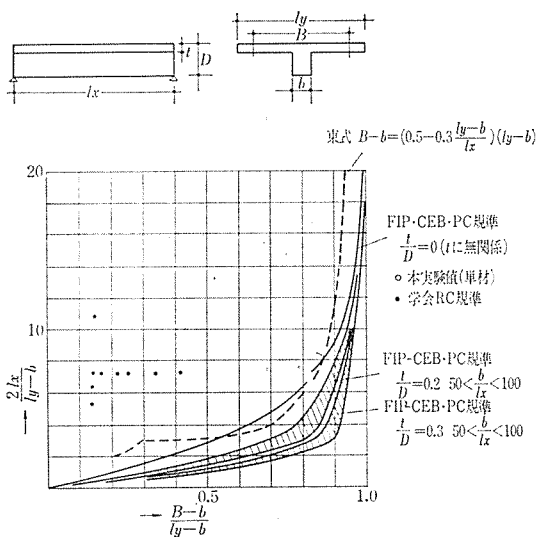
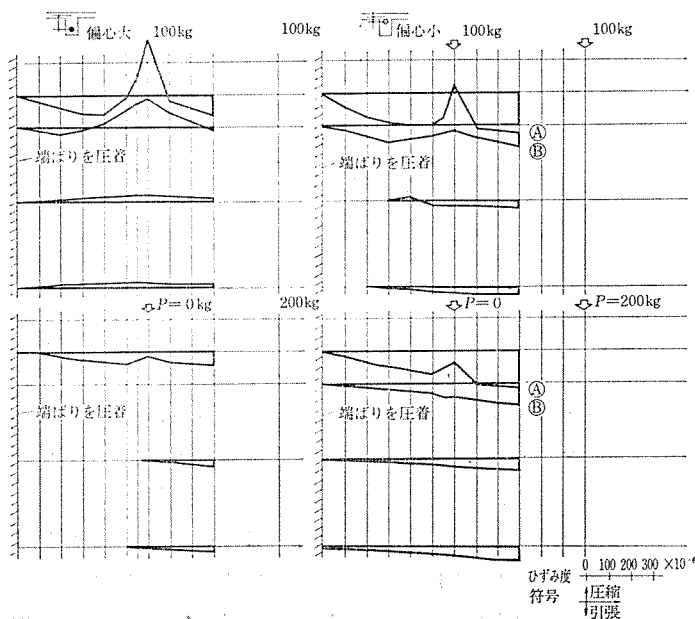


図-13 端ばりを圧着してプレストレスを与えた場合のスラブ上面のひずみ分布



4. 今後の問題点について

この実験によって既設の建物に対してある確信を得、またこの構法についてある見通しをもつことができた。しかし、ここで行なった実験は、単純支持状態で行なったので支持点付近の変形が小さく、したがって、この部分の有効幅はあまり明確ではない。実際構造では、ここは剛接合部分であり、地震時には正負の曲げモーメントを受けるので、さらにこの点について実験を行ないたい。また W 型試験体の側ばりを上下からアングルで圧着して耐震壁を含むスラブとして、ストレス導入の一部の実験を行なったが (ひずみ分布は 図-13 に示す)、かなり興味ある性状を示すので支持点付近と同様に実験と解析を行ないたいと考えている。

5. 謝 辞

本実験は、国鉄東京建築工事が局が日本鉄道技術協会に発注し、日本大学 本岡助教授が実験の指導にあたられ、日本大学 末次宏光、同中山 優、ピー・エス・コンクリート (株) 石突 正、同長倉四郎の各氏が協力された。紙上をもって厚く御礼申し上げる。

参 考 文 献

- 1) 坪井善勝: T梁に関する理論的研究, 建築学会論文集 21 号, 昭 16.4
- 2) 坪井善勝: T梁に関する理論的研究, 建築学会論文集 26 号, 昭 17.8
- 3) 東 洋一: 大梁小梁の有効巾と有効剛度, 建築学会論文集 57 号, 昭 32.7
- 4) 大久保全陸 外: 集中荷重時単純支持 RC T形梁の実験的研究, 建築学会論文集 大会号, 昭 41.10

1967.12.12・受付