

プレストレスト合成桁の実験的研究

大 阪 市 立 大 学 橘 善 雄
大 阪 市 土 木 局 近 藤 和 夫
新三菱重工神戸造船所 伊 藤 鉦 一

(1) 実験の目的および内容

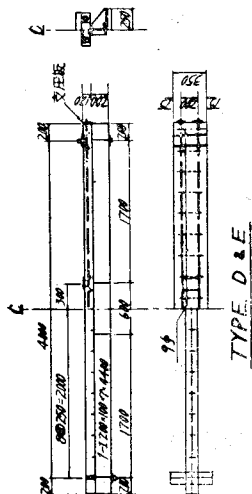
図-1, 2に示す模型桁により、表-1を内容とするプレストレスト合成桁の静的動的載荷試験を行い、プレストレスト合成桁に関する設計資料を得ることを実験の目的とする。

表-1 模 型 桁 の 内 容

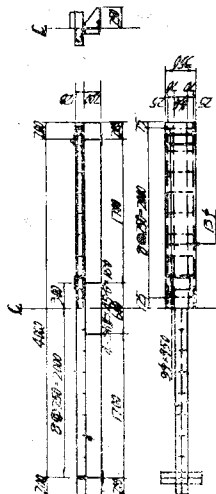
実 験	桁名称	本 数	桁 の 種 類	実 験 の 内 容
I	A	1	P C鋼棒によるプレストレスト桁	プレストレスト導入試験静的破壊試験
	B	1	支点上下によるプレストレスト桁	同
II	C	4	P C鋼棒によるプレストレスト桁	5ヶ月間クリープ収縮ヒズミ測定後、動的載荷、静的破壊試験
	D	4	支点上下によるプレストレスト桁	同
	E	2	普 通 桁	5ヶ月間収縮ヒズミ測定後静的破壊試験
	F	2	コンクリート床板のみ	5ヶ月間収縮ヒズミ測定

A, B桁はコンクリート打ちの約4週後プレストレス導入試験を行い(A桁ではプレストレスのジベルへの応力集中測定)、その後静的破壊試験を行つてA, B桁の降伏状況を比較する。C, D桁は同様にプレストレス導入を行い、約5ヶ月後その内3本づゝに動的載荷試験を行つてから、動的載荷を行わなかつたものと耐荷力を比較する。E桁は約5ヶ月後静的破壊試験を行い、C, D桁と耐荷力を比較する。Fの1本はビニール封緘剤をコンクリート全表面に塗布し、収縮への影響をしらべる。

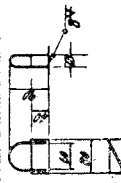
TYPE C



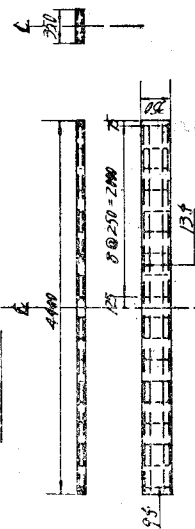
TYPE D & E



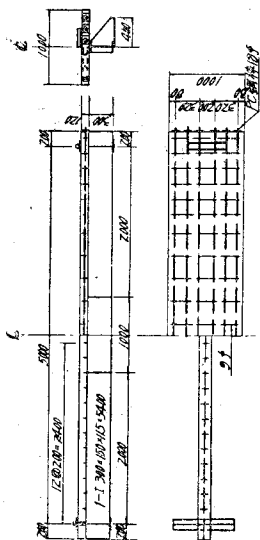
TYPE C, D & E
DOUBLE



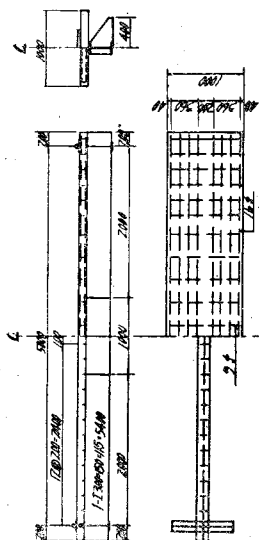
TYPE F



TYPE A



TYPE B



TYPE A & B
DOUBLE

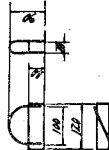


図-1 一般図 その(1)

図-2 一般図 その(2)

(2) 材料試験成績

	材令(日)	強度(kg/cm^2)	ヤング率 kg/cm^2 ($0-566\text{kg}/\text{cm}^2$)	引張強さ係数(kg/cm^2)	
コンクリート (3個平均)	26	300	248000	—	
	36	320	251000	23.5	
鋼材 (3個平均)		I 300×150×11.5		I 200×100×7	
		ウェブ	フランジ	ウェブ	フランジ
	降伏点(kg/cm^2)	2650	2440	3460	3000
	引張強さ(kg/cm^2)	4410	4430	4690	4330
	伸(%)	26.7	29.0	26.3	27.0

(3) A桁のプレストレス

プレストレスは、住友電工製高張力鋼棒第1種 $\phi 18\text{mm}$ 、6本により、1本につき10もづ ($\sigma = 44\text{kg}/\text{mm}^2$) 与えた。プレストレスは桁に近いPC鋼棒から対称の位置のもの2本づを引張りかつゆるめて、コンクリート床板および鋼桁のヒズミ分布をしらべた。(図-3)

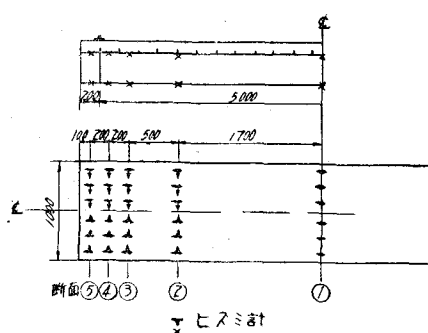


図-3 ヒズミ測定点

その結果は図-4に示すように、定着位置付近ではコンクリート床板への応力集中がかなり見られるが、床板幅1000mmだけ離れた②断面ではほとんど平均してくる。

また図-5の鋼桁のヒズミ分布からみてもそのほか床板の中に図-6に示す位置に埋めた振動線ヒズミ計の記録を見ても、②断面ではプレストレス力がジベルへ伝わり終っており、桁に近い2本すなわち③④を引張つたときのみ桁端ジベルへの応力集中が認められるが、他については認められない。それゆえ桁に近い2本を引張つた場合のみ

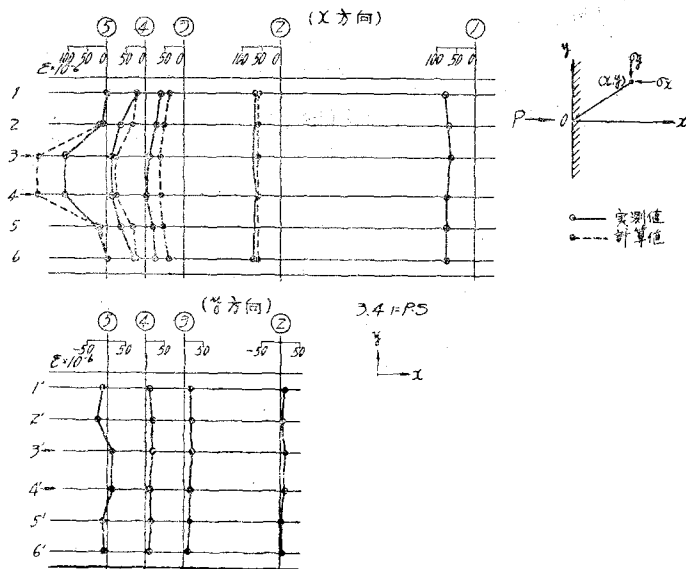


図4-1 A桁P.S導入試験コンクリート
上面ヒズミ分布

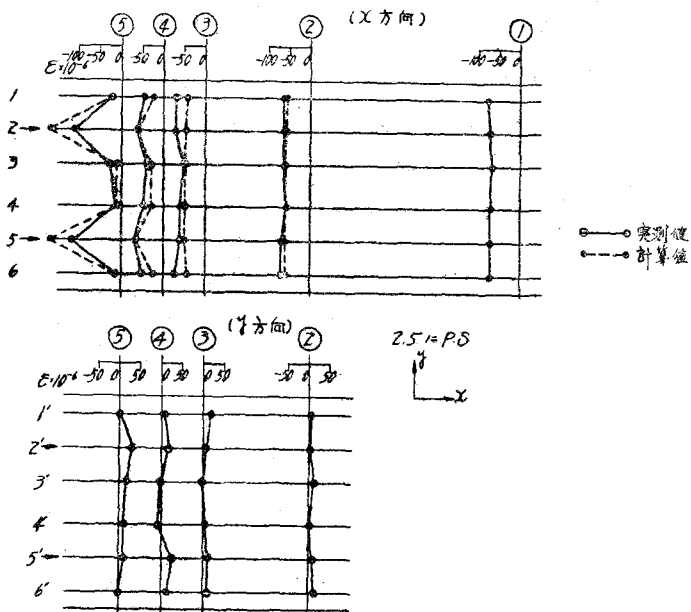


図4-2 A桁P.S導入試験コンクリート
上面ヒズミ分布

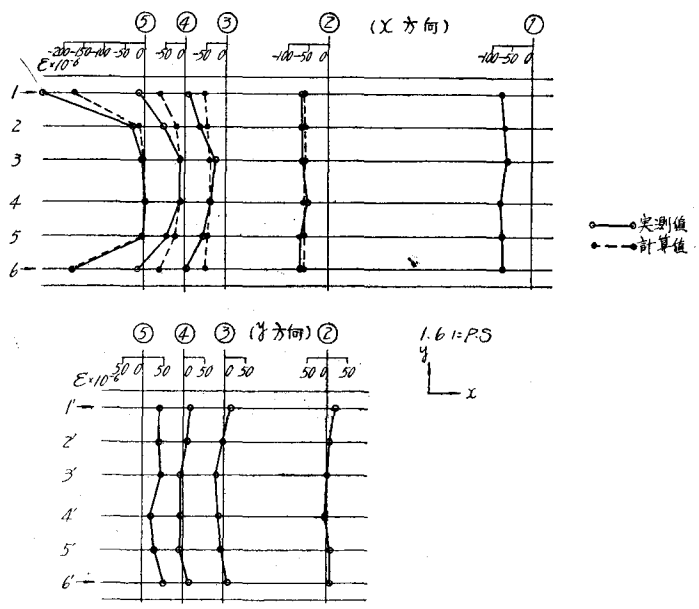


図 4-3 A 桁 P . S 導入試験
コンクリート上面ヒズミ分布

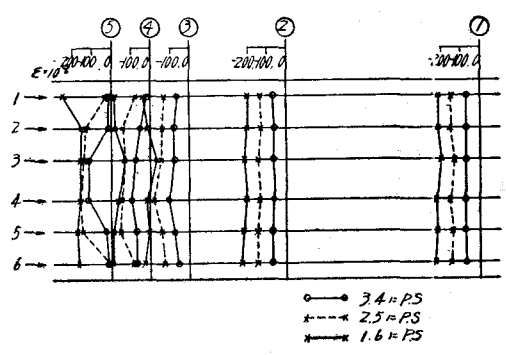


図 4-4
A 桁 P . S 導入試験
コンクリート上面
ヒズミ分布

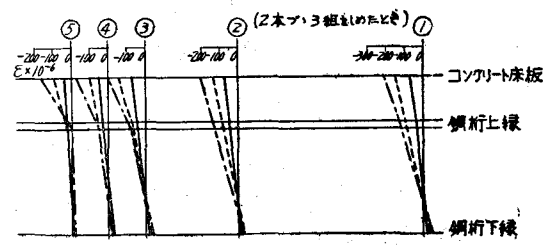
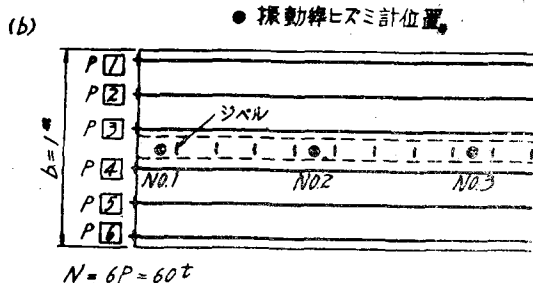
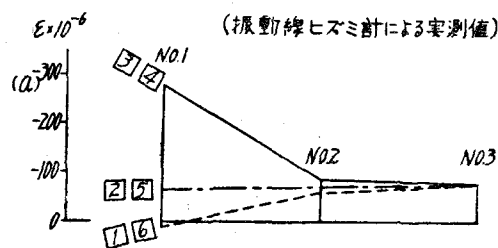


図 5
A 桁 P . S 導入試験
鋼筋ヒズミ分布



(c) 三角形分布とパラボラ分布

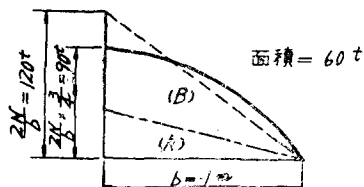


図-6 プレストレス力のジベルへの分布

の応力度およびヒズミは床板厚さを d とするとき

$$\sigma_x = -\frac{2P}{\pi d} \frac{X^3}{(X^2 + Y^2)^2}$$

$$\sigma_y = -\frac{2P}{\pi d} \frac{XY^2}{(X^2 + Y^2)^2}$$

$$\epsilon_x = \frac{1}{E} (\sigma_x - \mu \sigma_y)$$

で与えられる。2Pを⑤断面では床板のみに、②断面では合成断面に作用するとしてヒズミを計算し、④③断面では前述のように、2P α は床板のみに、2P(1-2)は合成断面に作用するとして計算したヒズミを加え合せたものを、図-4に実測値とともに示した。それをみると両者の傾向が大体一致しているのがうかがわれる。

PC鋼棒の引張力はSiwplex jack のゲージで読み、またPC鋼棒の他端の上下2ヶ所にゲージを張つてヒズミを読んだが、その結果をみると定着によるlossはほとんどなかった。再度しめ直した結果他端ゲージによる応力は一本当平均9.45 tであつた。プレストレスを60

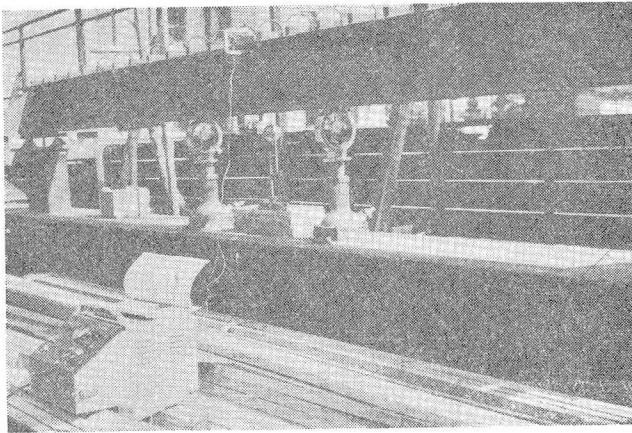
応力集中を考えると三角形分布とするとしても、他のものについては三角形分布とは考えることはできないから、これらを加え合せたものは図-6(c)のように一応パラボラ分布と考えてもよいのではなからうか。かように仮定すると、DIN 1078によりプレストレス力全部を桁間隔 b の長さに対する三角形分布とするものに比し、桁端では $\frac{3}{4}$ の大きさになり、この場合端ジベルの分担は三角形分布と考えた場合の82%となるので、ジベル設計の困難さが緩和される。

つぎに図-4に示すように、半無限大床板に集中荷重 P が縁端に直角に作用するときは、板内の任意の点

ととしてのコンクリート上縁計算値 -5.02 Kg/cm^2 に対し実測値平均は -5.25 Kg/cm^2 であつた。

(4) B桁のプレストレス

両端は下におかれた剛度大なる鋼桁とボルトで連結し、中央2点に、リングゲージをのせたジャッキにより鋼桁をそらせて7もづつの荷重を与え(写真-1)、コンクリートを打つて



写 真 - 1

25日後にジャッキを取外した。そのときリングゲージは7.5 tを示しており、0.5 tは収縮による反力増加である。鋼桁下縁にとりつけた振動線ヒズミ計からコンクリートの収縮応力度を略算すると 12.0 Kg/cm^2 となつた。ジャッキ取外しにより $\sigma_b = -55.1 \text{ Kg/cm}^2$
 $\sigma_{st} = +926 \text{ Kg/cm}^2$

を計算上生ずるが、これに対し実測値は $\sigma_{st} = +900 \text{ Kg/cm}^2$ であつた。なおA桁と収縮に対する条件を等しくするために、床板中に鉄筋 $8-16 \phi$ ($A = 16.1 \text{ cm}^2$)を入れてあり、破壊荷重計算のときにもこれを考慮した。

(5) A, B桁載荷試験

載荷試験は逆T型で中央1 mの2点載荷により行つたが、弾性試験 $2P = 12 \text{ t}$ による実測値と計算値の比は、セン断力によるタワミも含めてタワミ比A桁95%、B桁92%、鋼桁下縁についての応力比A桁94%、B桁91%であつた。

ひびわれ荷重は、電気抵抗線ヒズミ計によるものはA桁15 t、B桁14 t、肉眼によるVisible crack¹⁾に対するものはA桁18 t、B桁17 tであつた。前記のように、プレストレスによつて与えたコンクリート床板上縁の応力度はB桁の方が大であつたに関らず、ひびわれ荷重はB桁の方が小であつた理由は、B桁のコンクリート硬化期間中連続桁となつていた間の収縮応力度が大であつたことによるものと考えられる。

実験から曲げ引張強度を計算すると次のようになる。

$$A \text{ 桁 } +69.7 + 5.0 + 5.0 - 50.2 = +30.5 \text{ kg/cm}^2$$

(荷重) (自重) (収ク)(プレストレス)

$$B \text{ 桁 } +65.8 + 5.0 + 15.0 - 55.1 = +30.7 \text{ kg/cm}^2$$

PC桁にくらべて、合成桁では鋼桁が存在するために、床板がひびわれても荷重タワミ曲線に急なまがりを生じない。A、B桁いずれも、ひびわれ荷重を上廻つた荷重21tから0tにもどしたとき、ひびわれはA桁では完全にとち、B桁でもほとんどとちたが、残留タワミはA桁0.22mm、B桁0.36mmであつた。A、B桁の荷重タワミ曲線および荷重ヒズミ曲線を図-7.8.9に示したが、これを見るとB桁の方がやゝ弾性性質が劣つているのが認められる。

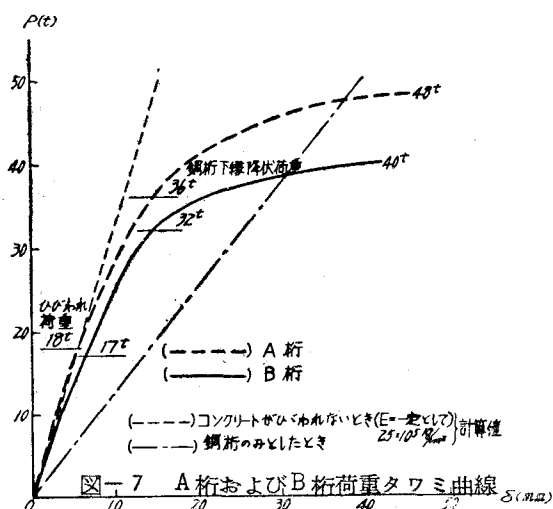


図-7 A桁およびB桁荷重タワミ曲線

プレストレスによるヒズミを加えて鋼桁下縁が降伏点に達する荷重は、A桁36t、B桁32tであり、次第にひびわれは床板裏面に及び(図-10, 11)、B桁では34tで上縁も降伏点に達するが、A桁では上縁は最後まで降伏点に達しない。A桁48t、B桁40tで鋼桁下縁は側方坐屈を起し、タ

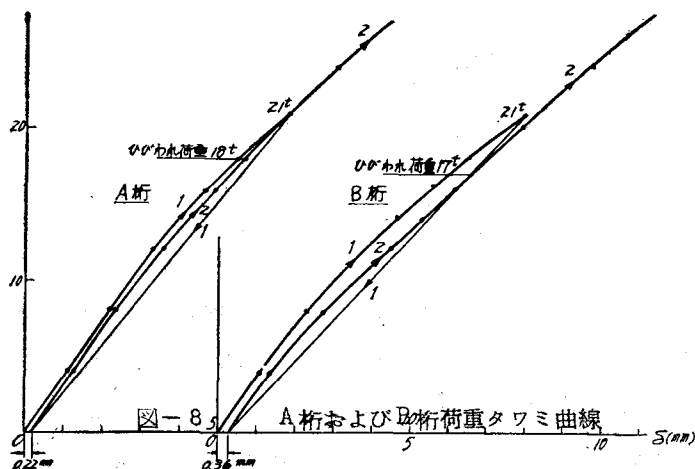


図-8 A桁およびB桁荷重タワミ曲線

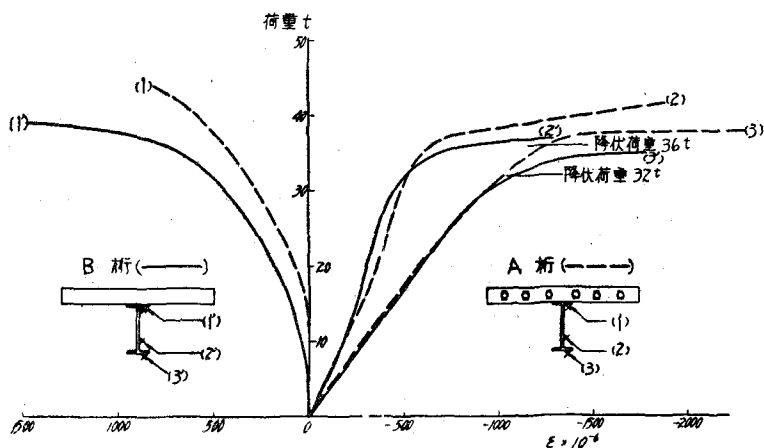


図-9 A桁およびB桁 鋼桁荷重ヒズミ曲線

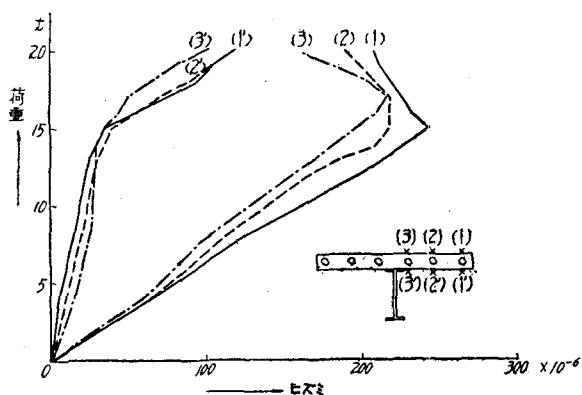


図-10 A桁コンクリート上面および下面
荷重ヒズミ曲線

ワミはA桁4.5cm、B桁
4.3cmに達した(写真-
2)。鋼桁下縁降伏荷重
より破壊荷重までの範囲
はA桁の方が大きい。

PC鋼棒の降伏点応力
度を6.7t/cm²鋼桁のそ
れを2.5t/cm²として計
算すると、A桁の鋼桁下
縁降伏荷重は35.37t

であり実験値36tとの比は1.02であつた。またB桁の破壊荷重は35.86tで実験値40tとの比は1.12であり、B桁の場合プレストレスは降伏荷重以後は消失し破壊荷重には影響しないことを示している。

なお破壊のとき、B桁にはずれは生じなかつたが、A桁は桁端より2つ目のシベルあたりからひびわれが生じ桁端ずれは一端0.1mm他端0.7mmであつた(写真-3)。

これは端シベル前面のコンクリート支圧破壊によるものと考えられ、あらかじめ鋼桁上端とコンクリートのbondを切つておいたので明瞭に表われたものと思われる。

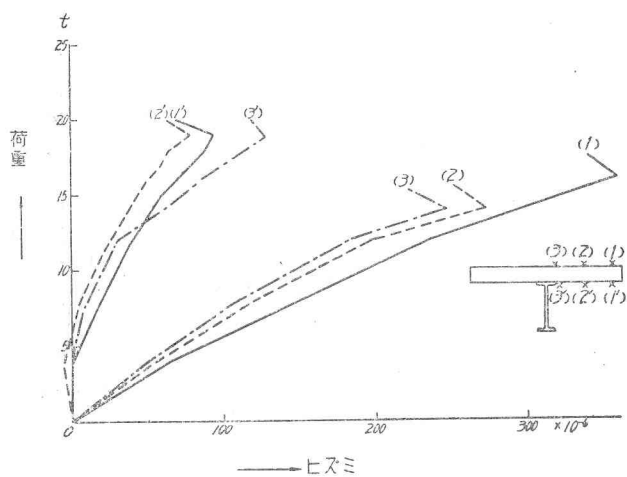


図-11 B桁コンクリート上面および下面
荷重ヒズミ曲線

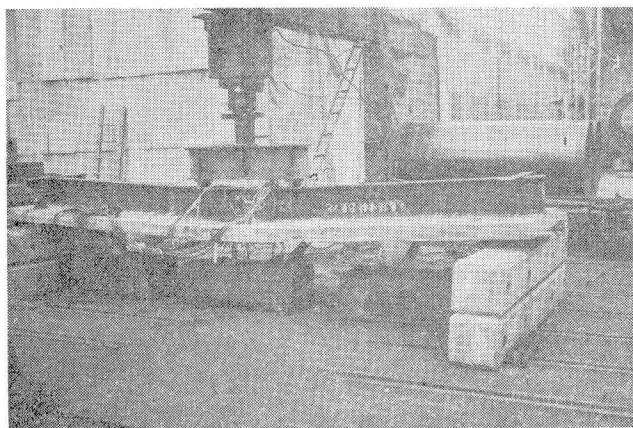
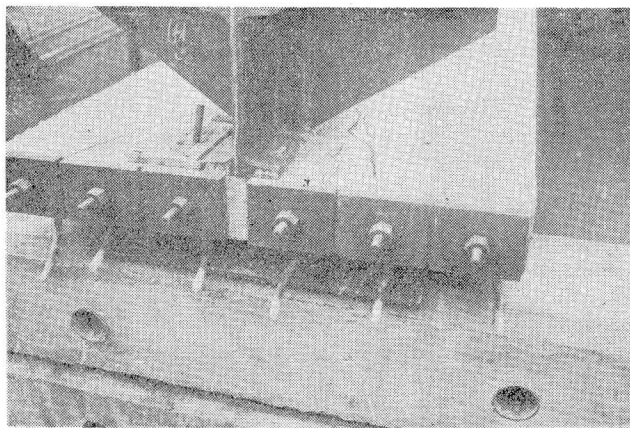


写真 - 2



写 真 - 3

(6) C桁, D桁のプレストレス

C桁は $\phi 18 \text{ mm}$ PC鋼棒2本に20tの引張力を与え、コンクリート床板上縁には桁4本平均実測値 49.0 Kg/cm^2 の圧縮応力度を与えた。

D桁は下に剛度大なる鋼桁をおき中央60cmの二点に支点をおいて、両端支点のボルトのナットをスパナでしめて桁を1cmたわませ(dial gageで測定)、コンクリートを打つて25日後、ボルトをゆるめることによってコンクリート床板上縁に桁4本平均実測値 52.7 Kg/cm^2 の圧縮応力度を与えた。

(7) C, D, E, Fの収縮、クリープ測定

床板上縁および鋼桁下縁につき、桁1本に10数個所をHuggenberger ヒズミ計で5ヶ月間測定をつづける。

(8) C, D桁の動的載荷試験およびC, D, E桁の静的載荷試験

動的載荷試験は1本につき100万回づゝ行う予定であるが、実験が原稿提出時に間に合わなかつたので、この分の実験結果は講演時にゆずる。

あ と が き

以上の実験については、新三菱重工戸倉君、大阪市佐伯、田中両君、大阪市大中井、増田両君の御協力を得たことを感謝する。

文

献

- 1) Abeles. Cracks in prestressed concrete beams,
IABSE 1956.