

鋼棒プレストレストコンクリート矩形ばりの荷重実験について

加賀美一二三*・松井時治**・長谷川博*

要 旨

鋼棒プレストレストコンクリート矩形ばり供試体について、プレストレス導入後と各荷重段階におけるひずみを測定し、その分布様相を吟味し、さらにその破壊曲げモーメントについて考察した結果について述べたものである。そしてえられた結果はつぎのごとくである。

- (1) PC鋼線、ストランドを使用した方法と比較すると、一般に鋼棒プレストレストコンクリートばりの緊張、定着は一層容易である。
- (2) 本実験の場合平面保持の法則は成立しないことが立証されたので、既に著者が鉄筋コンクリートおよびプレストレストコンクリートばりについて誘導している破壊曲げモーメント式が使用されて差支えないと考えられる。
- (3) 圧縮鉄筋併用の鋼棒プレストレストコンクリートばりは、一般のはりに比較して構造上有効である。

1. 緒 言

鋼棒プレストレストコンクリート矩形ばりの供試体を作製し、プレストレス導入後のひずみの測定、荷重実験に際して繰返し荷重段階におけるひずみ測定、荷重一たわみの関係などについて述べ、破壊曲げモーメントに関しては既報の式²⁾により照査計算したところよい結果が

得られたことについて述べたものである。

2. 供試体の製作

2.1 供試体の材料

PC鋼棒は公称径12mmのものであり、試験結果の応力-ひずみ曲線は図1となり、その寸法ならびに諸要素は表1のごとくである。

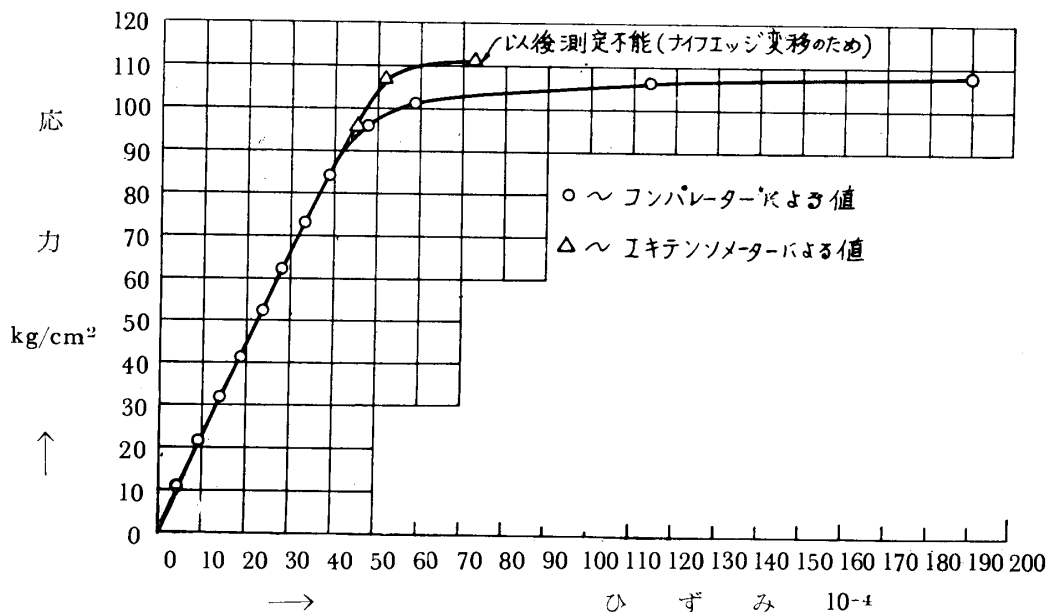


図1 使用PC鋼棒の応力-ひずみ曲線

* 土木工学科教室

** 宇部工業短期大学、機械工学科教室

表 1

公称径 mm	鋼棒径 mm	断面積 mm ²	降伏点 応力 kg/mm ²	引張強度 kg/mm ²	許容応力 kg/mm ²	伸 び %
12	10.98	94.69	102	129.9	71.5	11.5

圧縮鉄筋は径6mmの鉄筋で、その降伏点応力は3640 kg/cm²、破壊強度は4730 kg/cm²である。コンクリートは早強ポルトランドセメントを用い、示方配合は表2のごとくである。

表 2

砕石粗 骨材の 最大寸 法mm	スラ ンプ 一量 cm	単位水 量 Wkg	単位セ メント 量 Ckg	水セメ ント比 w/c%	絶対細 骨材率 s/a %	単位細 骨材量 S kg	単位粗 骨材量 G kg
15	0	153	450	34	33	636	1200

2.2 はり供試体

供試体の側面図並びに断面図は図2のごとくで、上図はNo.1供試体、中図はNo.2の圧縮鉄筋併用供試体、下図は両供試体にひずみ測定用ゲージK-8（共和無線）を貼った位置の状態を示している。

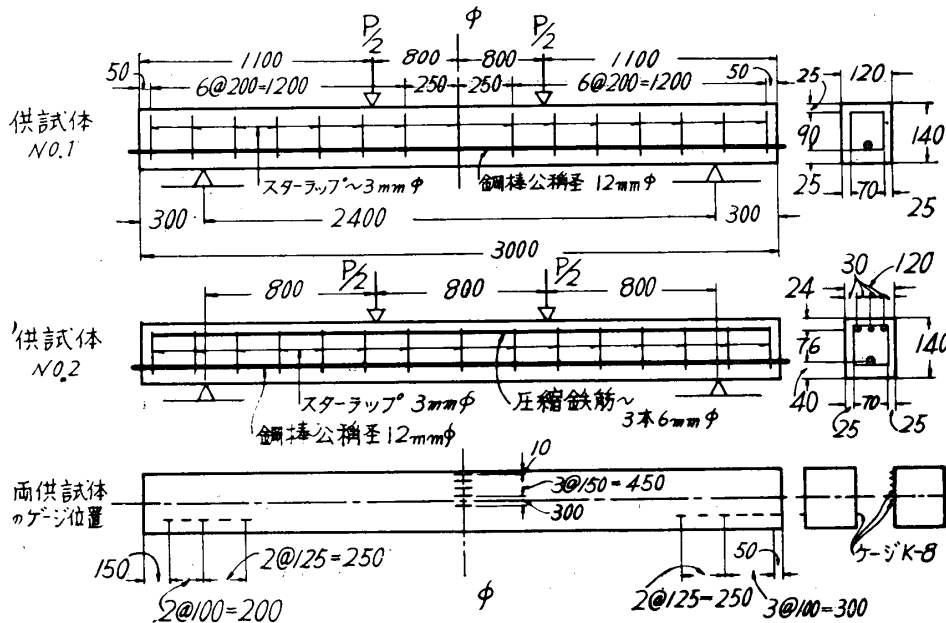


図2 各供試体の設計図とゲージ位置図

供試体の作製には鋼製底版にて、側面は木製型枠とし、打込みには外部バイブレイターを使用、打込み後41日目にプレストレスを導入し、その直後水セメント比36%の普通ポルトランドセメントペーストをグラウトミキサーにて作り、5kg/cm²程度の圧力にて約5分にて圧入して仕上げ、68日目に破壊実験を実施した。写真1はプレストレス導入ジャッキ装置、写真2はプレストレス導入段階中のより側面ひずみ測定中の状態、写真3はプレストレス導入後のグラウト中の状態である。

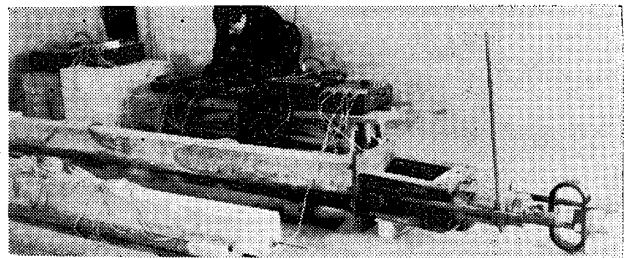


写真2 プレストレス導入中のひずみ測定

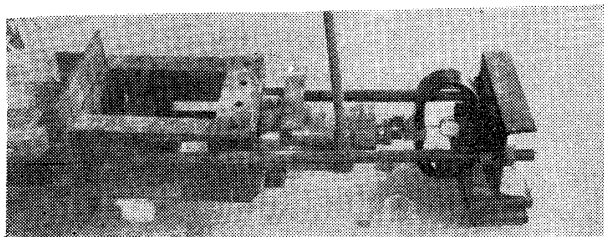


写真1 プレストレス導入装置



写真3 グラウトの状態

3. 荷重実験

図2のごとく、はりスパン長さは2.40m、3等分点荷重法にて破壊実験を実施した。これらの関係を写真で示

すと、写真4は荷重に際してのたわみの状態、写真5ははり破壊直後の状態、写真6,7,8の a, b, cは No.1, No.2 および予備実験ばりの各々の破壊後の両側面と底面のひびわれ状態を示したものである。

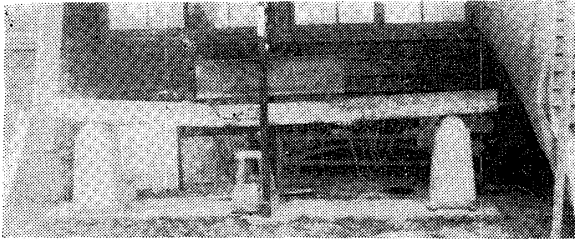


写真4 荷重時のたわみ状態

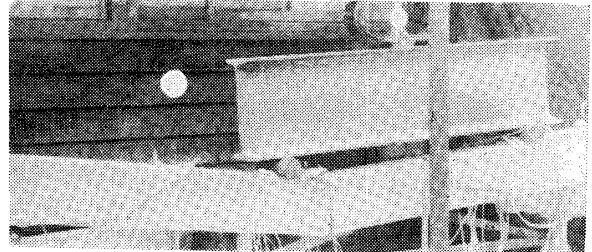


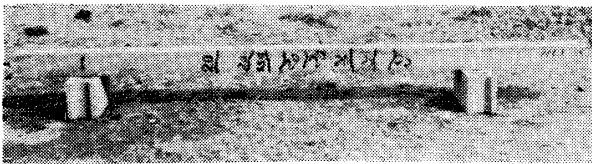
写真5 はり破壊後の状態



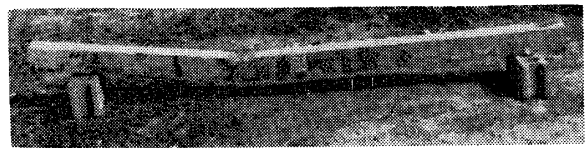
(a)



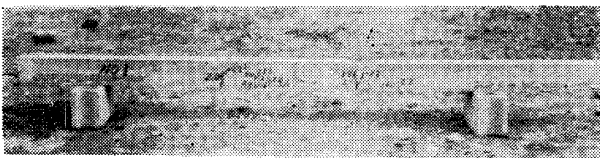
(a)



(b)



(b)



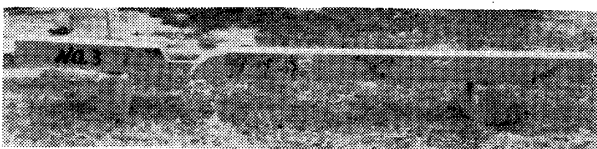
(c)



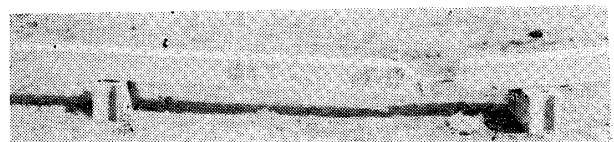
(c)

写真6 No.1 供試体の破壊後のひびわれ様相

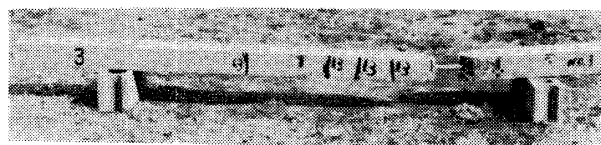
写真7 No.2 供試体の破壊後のひびわれ様相



(a)



(b)



(c)

写真8 予備実験ばりの破壊後のひびわれ様相

4. 実験結果

各供試体とも、PC鋼棒を直径2cmのブリキ鍍製のシース内に挿入してグラウトしたはりであるが、破壊後その位置を測定したところ、No.1 供試体は0.70cm, No.2 供試体は0.80cm, 予備実験ばりは0.70cmの偏心にコンクリートが打込まれていた。

4.1 No.1 供試体の実験結果

導入プレストレスによるひずみ様相; ~図3ははりスパン中央にて,導入プレストレスを1tより7tまで導入し,7tにて停止後180分まで変化を測定したものであるが,この場合にははり上縁に約 0.55×10^{-4} 程度のひずみが誘起されている。

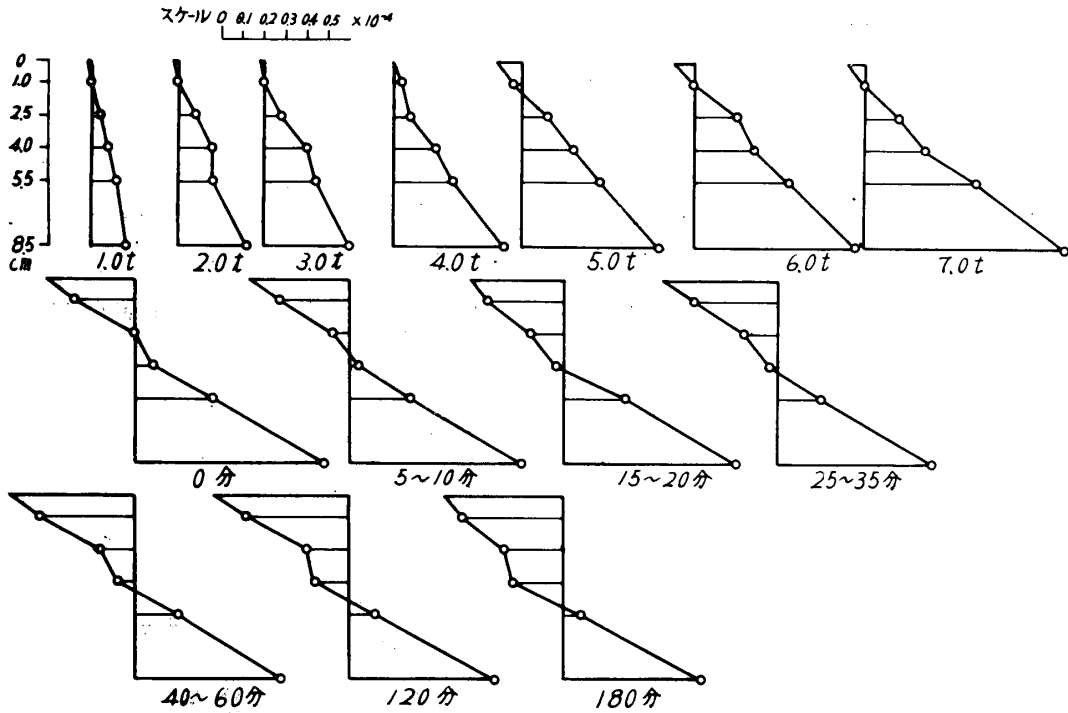


図3 導入プレストレスによるひずみ様相

図4は図2の下図の左側のプレストレス導入端側におけるゲージによるプレストレス導入段階におけるひずみ

様相である。

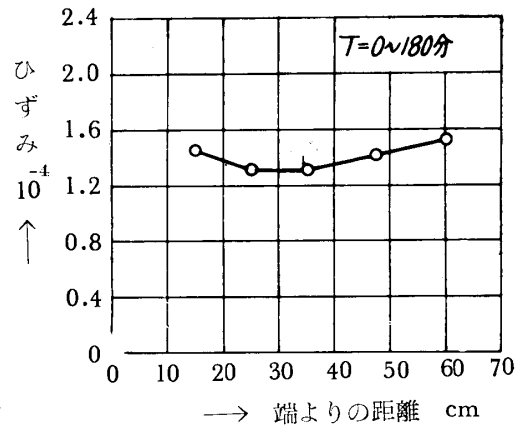
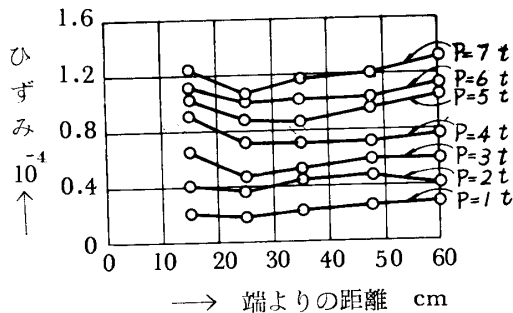


図4 プレストレス導入端側のひずみ分布様相

図5は図2の下図の右側のPC鋼棒固定端側のプレ

ストレス導入段階におけるひずみ様相である。

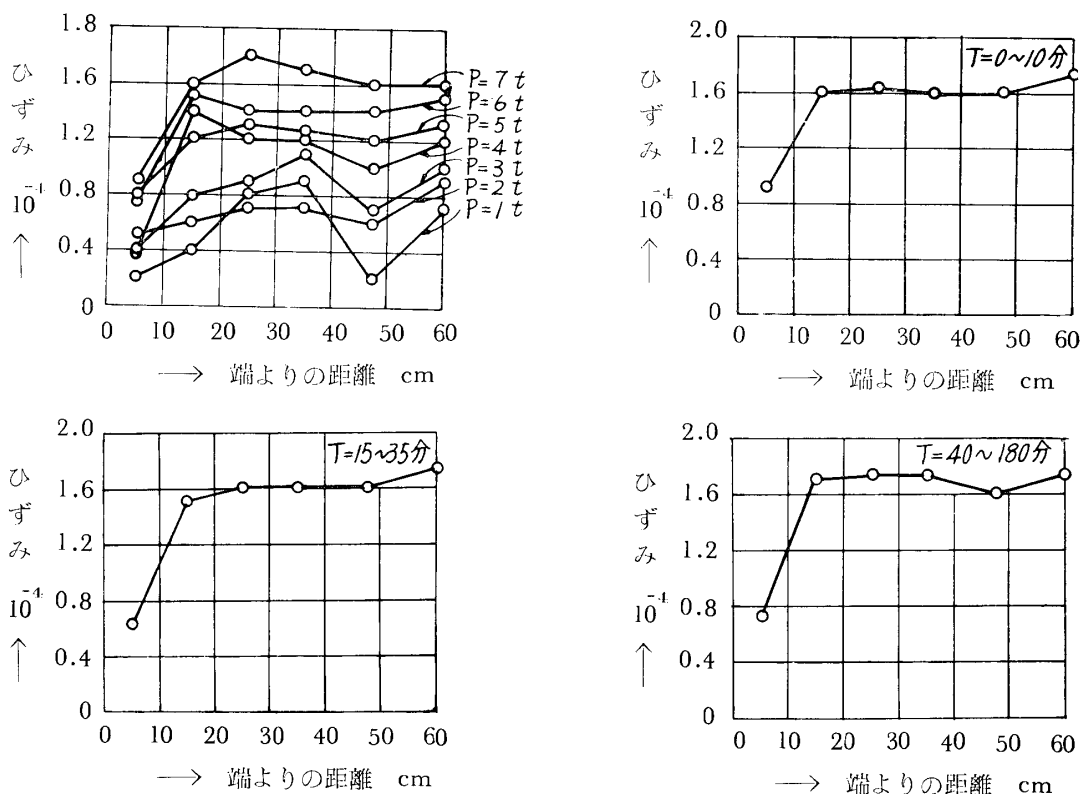


図5 PC鋼棒固定端側のひずみ分布様相

曲げの場合におけるはりスパン中央の合成ひずみ様相
; ~図3のひずみと荷重時の曲げひずみとを合成した場

合には図6のようなひずみ様相となり、その分布は直線
状でないことが認められる。

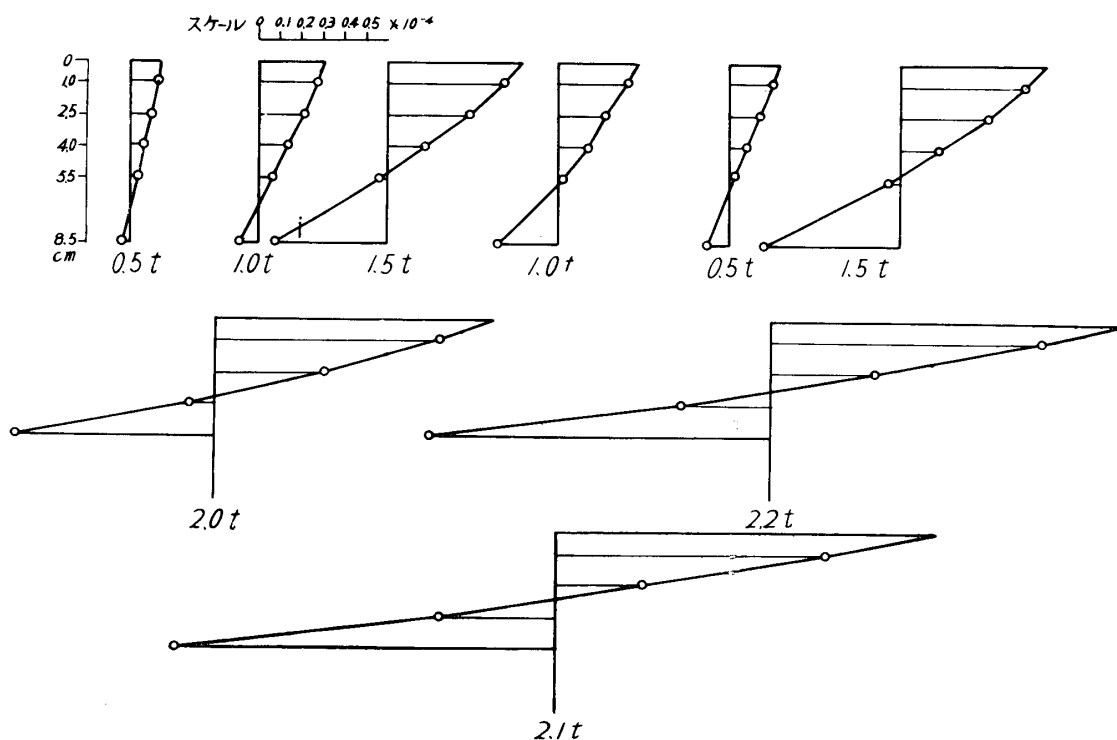
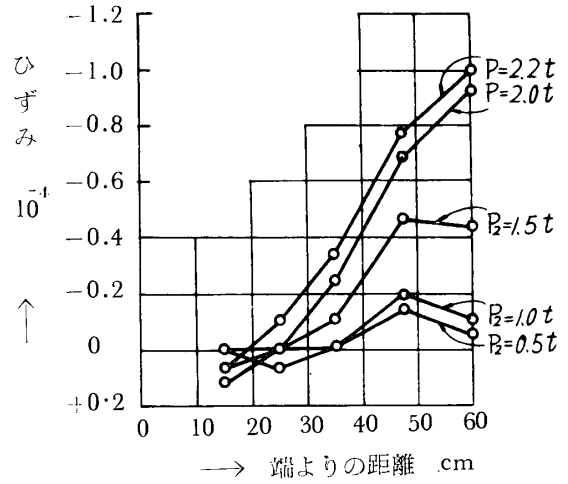
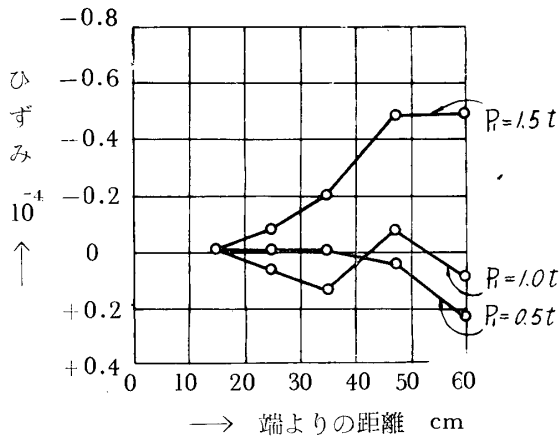


図6 No.1 供試体の合成ひずみ様相

No. 1 供試体のはり左, 右端側部の引張縁側の荷重時 のひずみ分布は図7のごとくである。

プレストレス導入端側; ~



PC鋼棒固定端側; ~

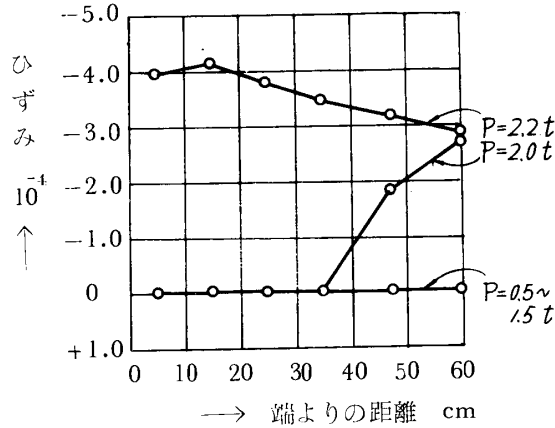


図7 No.1 供試体の左, 右端側部の荷重時のひずみ分布様相

4・2 No.2 供試体の実験結果

導入プレストレスによるひずみ様相; ~図3の場合と

同様に, 7tまで導入して後180分まで測定した結果は図8のごとくで,

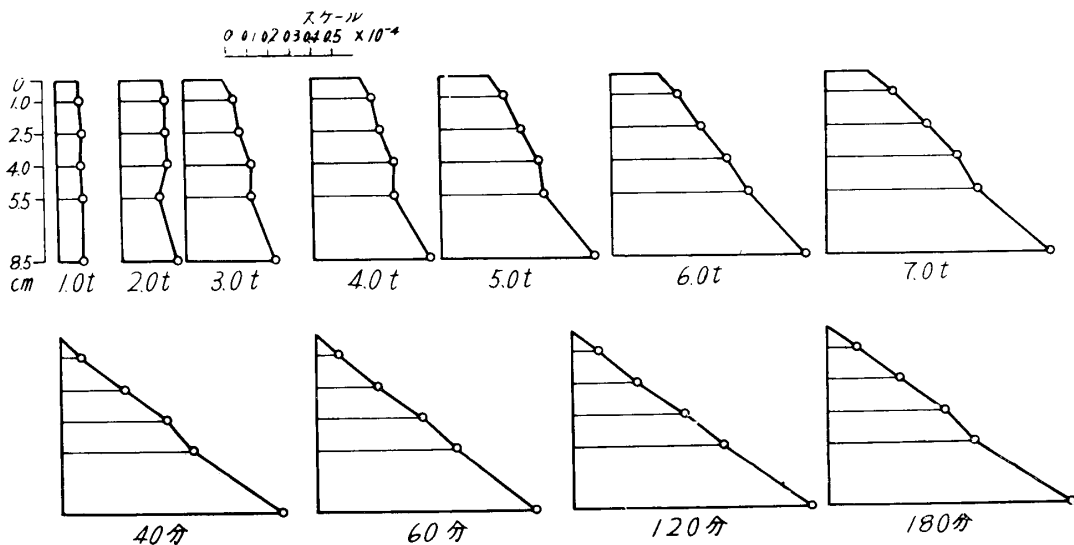


図8 導入プレストレスによるひずみ様相

圧縮鉄筋併用ばりであるから180分後においても、ほとんど上縁側に引張応力が働かない状態を示している。

図9は図4と同様に、No.2供試体のプレストレス導入端側のひずみ分布様相である。

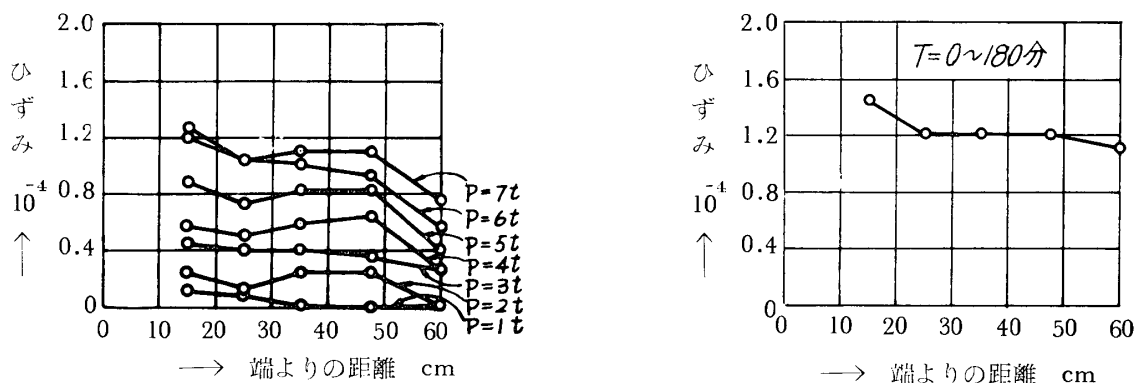


図9 プレストレス導入端側のひずみ分布様相

図10は図5と同様に、No.2供試体のPC鋼棒固定端側のプレストレス導入段階におけるひずみ様相である。

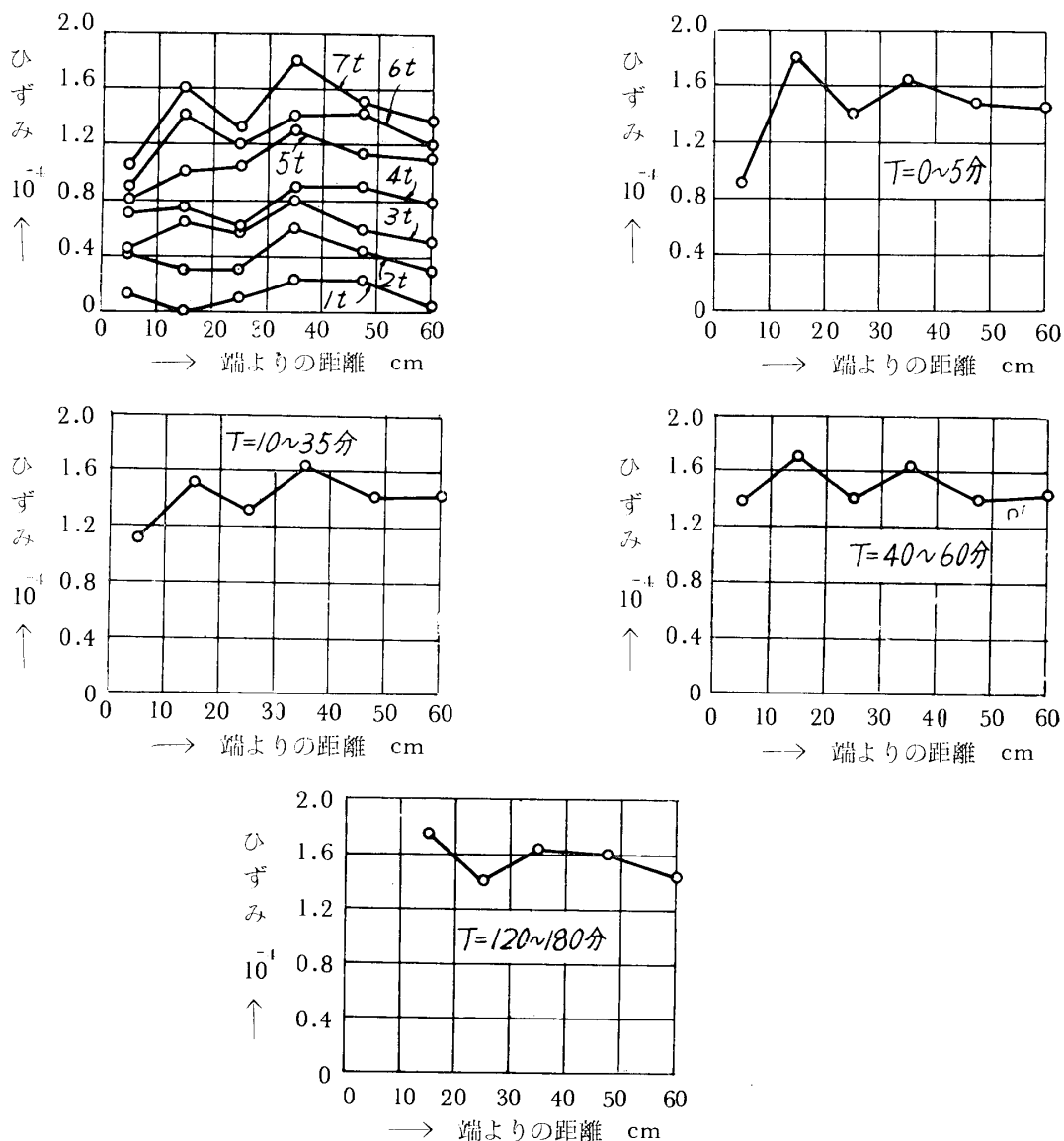


図10 PC鋼棒固定端側のひずみ分布様相

曲げの場合におけるはりスパン中央の合成ひずみ様相のひずみ様相は図11となる。
相；～図8のひずみと荷重時の曲げひずみを合成した場

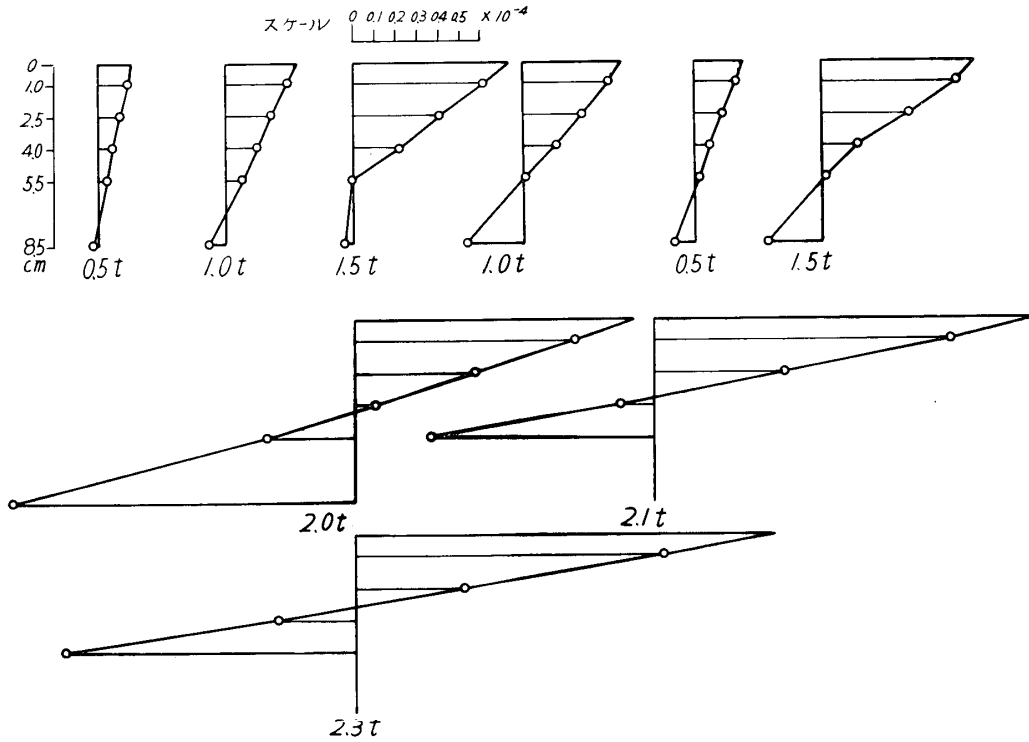
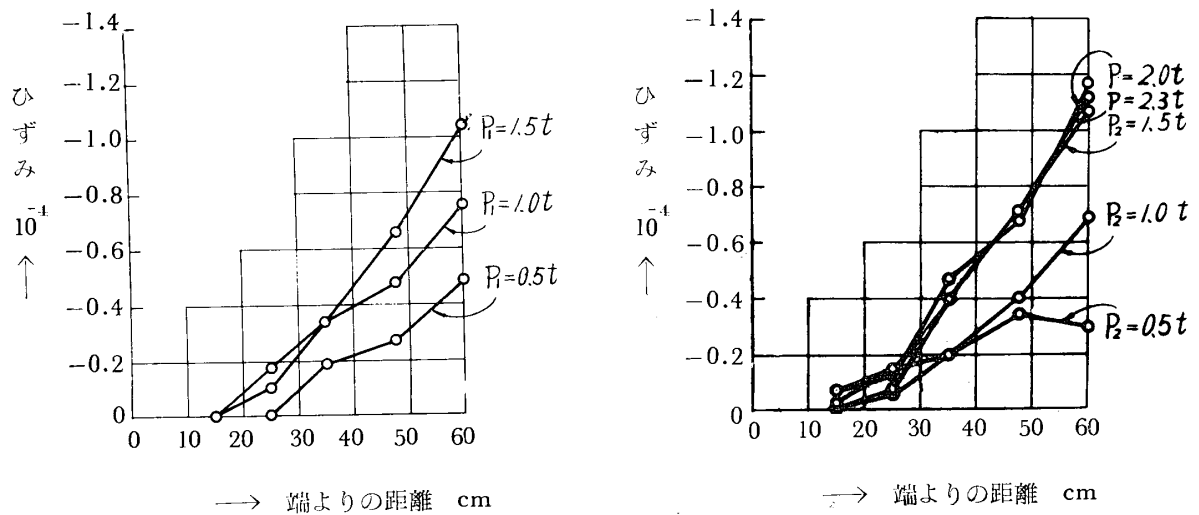


図11 No.2 供試体の合成ひずみ様相

No. 2 供試体のはり左、右端側部の引張縁側の荷重時のひずみ分布は図12のごとくである。

プレストレス導入端側；～



鋼棒固定端側;~

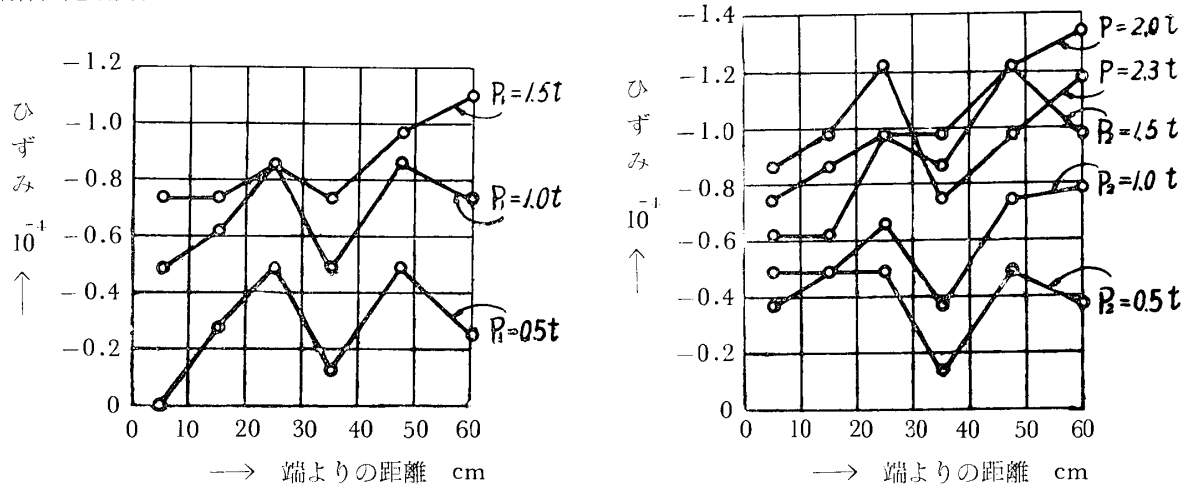


図12 No. 2 供試体の左, 右側部の荷重時のひずみ分布様相

4.3 No. 1, 2 両供試体のプレストレス導入時の反りと荷重時のたわみ

プレストレス導入時の反りは図13のごとくで, No. 2 供試体の反りの少ないのは圧縮鉄筋併用ばりとして当然

である.

荷重時のたわみは図14のごとくで, 一般のプレテンションング, ポストテンションングばりと同様の傾向を示している.

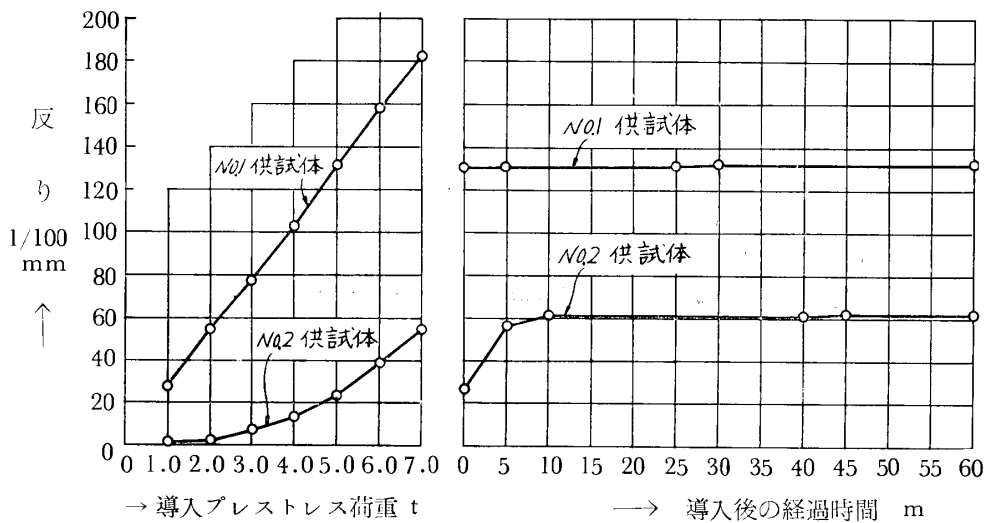


図13 No. 1, 2 供試体のプレストレス導入時の反り様相

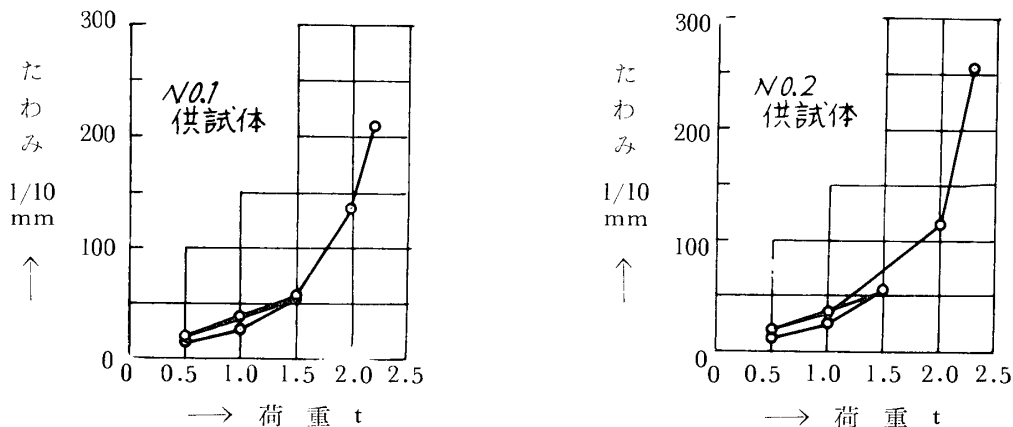


図14 No. 1, 2 供試体の荷重-たわみの関係

4・4 考 察

No.1 供試体と圧縮鉄筋併用の No.2 供試体とは、図3, 8にみるように導入プレストレスによる圧縮縁の誘起されるひずみ様相が異なり、後者の安全性が認められる。図4, 5と図9, 10では、ともに導入プレストレス側は写真2にみるように、はり端全部にわたる鋼当鉸が使用されているので、図4, 9のように端よりはり中央に向かってほとんど等しいひずみを示すが、鋼棒固定端にては No.1, 2 供試体は異なり、前者は図5のごとく端ブロックのひずみ分布と似た様相を示すものといえる。

図6, 11は両供試体の荷重時の導入プレストレスひずみと曲ひずみし合成ひずみ様相にて、ともにひずみ分布が直線状でないことが認められる。図7, 12は両供試体の荷重時の引張縁の引張ひずみ様相にて、導入プレストレス端側は曲げモーメントの0より逐次大となるに従い、ひずみが漸増するので納得できるが、PC鋼棒固定端側は3等分点荷重法によってはいるが、写真6, 7, 8などにみるように荷重不均衡などの影響も考えられ、端部のひずみ分布が前者と異なる結果を示したものとと思われる。

図13は両供試体のプレストレス導入中と導入後の経過時間中のはりの反り関係にて、当然ながら No.1 供試体の反りは圧縮鉄筋併用の No.2 供試体の反りより大きい結果を示した。図14は荷重-たわみ曲線にて、ともに弾塑性限を越えると急にたわみが増加する傾向を示している。

5. 破壊曲げモーメントの計算

破壊曲げモーメントは一般プレストレスコンクリートはり並びに圧縮鉄筋併用はりについて計算してみることにする。

5・1 No.1 はりの場合

この場合の破壊曲げモーメント $M_u^{(2)}$ は

$$M_u = p_p(1-0.545 p_p \gamma_y) b d^2 \sigma_{pu}$$

$b=12.1\text{cm}$, $h=14.1\text{cm}$, $d=9.9\text{cm}$, $A_p=0.947\text{cm}^2$, $\sigma_{pu}=12990\text{ kg/cm}^2$, $\sigma_{cy}=600\text{ kg/cm}^2$, $\gamma_y = \sigma_{pu}/\sigma_{cy} = 21.65$, $p_p=0.0079$, $p_p \gamma_y=0.171$ であるから

$$M_u = 1.1 \times 10^5 \text{ kgcm}, P_u = 2M_u/80 = 2.75 \text{ t}$$

$$\sim F_{実} = 2.2 \text{ t}$$

5.2 No.2 はりの場合

この場合の M_u の関係式²⁾ は

$$k = (\sigma_{pu} F_p - \sigma_{cy} p') / \mu \sigma_{cy}$$

$$M_p = \{\mu \sigma_{cy} k(1-\nu k) + \sigma_{cy} p(1-d'/d)\} b d^2$$

$b=12.1\text{cm}$, $h=13.8\text{cm}$, $d=9.65\text{cm}$, A_p , σ_{pu} , σ_{cy} は(1)の場合と同じ, $A_p=0.848\text{cm}^2$, $\sigma_{cy}=3640\text{ kg/cm}^2$ であるから

$$k=0.158, M_u = 1.06 \times 10^5 \text{ kgcm}, P_u = 2.65 \text{ t} \sim$$

$$F_{実} = 2.3 \text{ t}$$

以上の計算結果となったが、前述のごとく PC鋼棒の配筋位置が、No.1 が供試体では 0.7cm , No.2 供試体では 0.8cm の偏心があり、これが実験上の F が僅か小なるよう影響したものと考えられるので、PC鋼棒ばかりにおいてはその配筋位置に留意しなければならない。

6. 結 言

PC鋼棒ばかりは緊張、定着などの現場作業の簡易、導入プレストレスの再緊張の可能、ねじ定着による導入プレストレスの損失僅少、シーす内での摩擦損失の少ないことなどでポストテンション工法に比べて有利なるに反し、PC鋼棒の降伏点応力、破壊強度の比較的小なる不利もあるが、本実験において緊張、定着の容易さが立証することができた。また、一般のはりと圧縮鉄筋併用ばかりに対して、導入プレストレスによる圧縮縁側並びに引張縁側 PC鋼棒位置にそのひずみ様相が考察にて述べているように解説できた。

曲げ荷重をうけた場合、両供試体とも合成曲げひずみは直線状でなく、破壊曲げモーメント式による曲げ破壊荷重は実験値にほぼ一致する結果を示した。そして、圧縮鉄筋併用ばかりは構造上有効であることを示した。

参 考 文 献

- 1) 坂、小林、岡田、六車：セメント技術年報(1957)
- 2) 加賀美一二三：山口大学工学部学報 10, (1959), 11, (1960), 13, (1962)