

ストランド使用プレテンショントラス の実験報告

京 都 大 学 坂 静 雄

同 六 車 熙

同 鈴 木 計 夫

§ 1. ま え が き

極めて軽量で大スパン構造に有利なPCトラス、アーチなどは、普通のPC梁などに比べるとその例が少ない。これは、現場打或は現場で組立を行うポストテンションのトラスやアーチが、架設や組立作業などに案外の時間と手間を要するからであろう。

本研究は、規格部材として比較的軽微な建築物屋根構造材としてのプレテンショントラスの試作に関する報告で、その力学的性質を実験的に調べ、理論的にも検討したものである。

§ 2. 実 験 方 法

(1) 材 料

(a) コンクリート

配 合 1 : 1 : 1.5, $W/C = 35\%$, $F'_{28} = 450 \text{ Kg/cm}^2$

セメント 小野田早強ポルトランドセメント

砂 5mm 目篩 $F.M. = 2.97$

砂 利 20mm 目篩 $F.M. = 6.64$

(b) ストランド

神鋼鋼線鋼索株式会社製 $\phi 9.3 \text{ mm}$ 7本

撚りストランド

破 断 強 度 9700 Kg

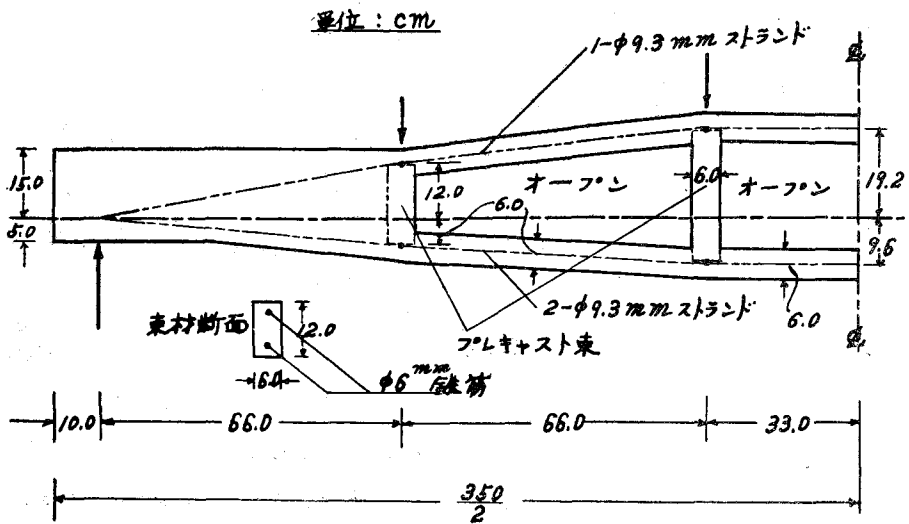
降伏点 ($\sigma_{0.2}$) 8750 Kg

弾性係数 E_s 20200 Kg/mm^2

全伸び ($G.L. = 60 \text{ cm}$) 6.4 %

(2) 供 試 体

(a) 形状及びストランドの配置 → 第1図



第 1 図

(b) 供試体の種類

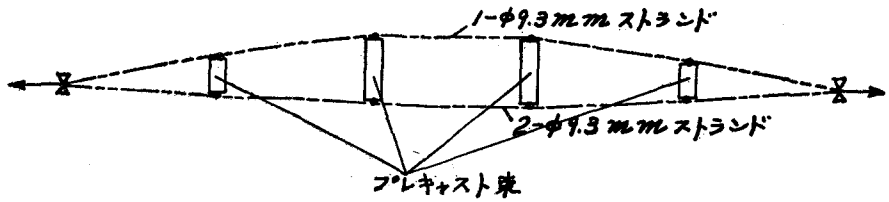
供試体の数は全部で3個である。第2図参照。

	N0.1	N0.2	N0.3
上弦材			
	6×12 cm	8×12 cm	8×12 cm
下弦材			
	6×12 cm	6×12 cm	6×12 cm
	● : 9.3 mm スtrand ○ : リザーバー D13		

第 2 図

(c) 供試体の製作

先ず4本の束材を製作しておき、次に第3図の様に、上下ストランド間の所定の位置にこれを配置して3本のストランドを同時に緊張する。緊張力計画値は19.5 ton である。



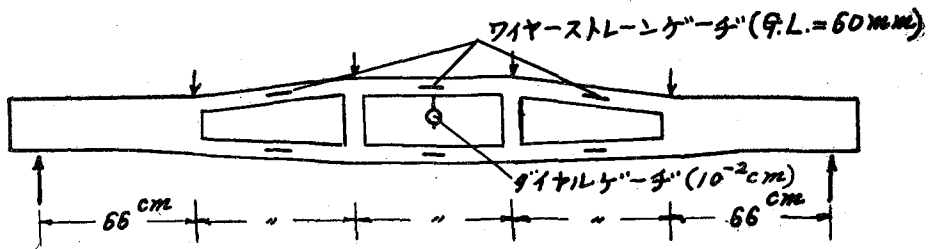
第 3 図

型枠を組立ててコンクリート打をし、コンクリートが所定の強度に達してからストランドの緊張力を開放してプレストレス力を部材に導入する。

(3) 測定 → 第4図

(a) プレストレス導入時

上下弦材の側面中央部にワイヤーストレインゲージ (G.L.=60mm) を貼つて導入時の歪を測定した。これより上下弦材に導入されたプレストレス力を計算により求めた。



第 4 図

(b) 破壊試験時

次の測定を行つた。

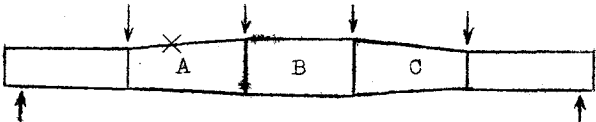
(i) 亀裂荷重の測定

(ii) ストレインゲージによる上下弦材の歪の測定

(iii) 中央パネルの上弦材中央下面に $10^{-2}cm$ のダイヤルゲージを当てて、撓みの測定

§ 3. 実 験 結 果

(1) 実験結果一覧表

供 試 体		No. 1			No. 2			No. 3		
導入時の材令		7 日			6 日			5 日		
導 入 時 デ ィ タ	パネル位置(第5図)	A	B	C	A	B	C	A	B	C
	上弦材 歪測定値($\times 10^{-6}$)	279	3125	3185	246	221	2315	2475	2525	2455
	上弦材 圧縮応力度 Kg/cm^2	75.3	84.3	86.0	66.0	59.2	62.0	63.7	59.8	63.0
	上弦材 プレストレス力 ton	54.0	6.03	6.14	62.9	5.64	5.91	6.08	5.70	6.03
	下弦材 歪測定値($\times 10^{-6}$)	55.0	58.75	53.5	54.0	53.75	5.74	66.4	59.15	57.95
	下弦材 圧縮応力度 Kg/cm^2	148.5	158.5	145.5	14.5	14.4	15.4	170.5	15.2	148.5
	下弦材 プレストレス力 ton	11.65	12.45	11.4	11.38	11.33	12.1	12.1	10.8	10.57
試験時の材令		7 日			6 日			6 日		
破 壊 試 験 時 デ ィ タ	コンクリート 圧縮強度 Kg/cm^2	44.6			39.1			39.5		
	コンクリート 引張強度 "	34.0			22.4			33.8		
	コンクリート E_c "	2.7×10^5			2.68×10^5			2.57×10^5		
	Local C.L. ⁽¹⁾ ton ⁽³⁾	6.5			6.1			5.8		
	Full C.L. ⁽²⁾ ton	実験値 ⁽³⁾ 9.0			8.9			8.6		
		理論値 8.6			8.2			8.3		
	Ult. L. ton	実験値 ⁽³⁾ 9.67			12.18			10.98		
		理論値 ⁽⁴⁾ 10.8			12.8			13.1(10.6) ⁽⁵⁾		
圧 壊 位 置										

第 5 図

第 5 図

〔註〕(1) 下弦材の曲げを伴つた下端ひび割れの出た荷重

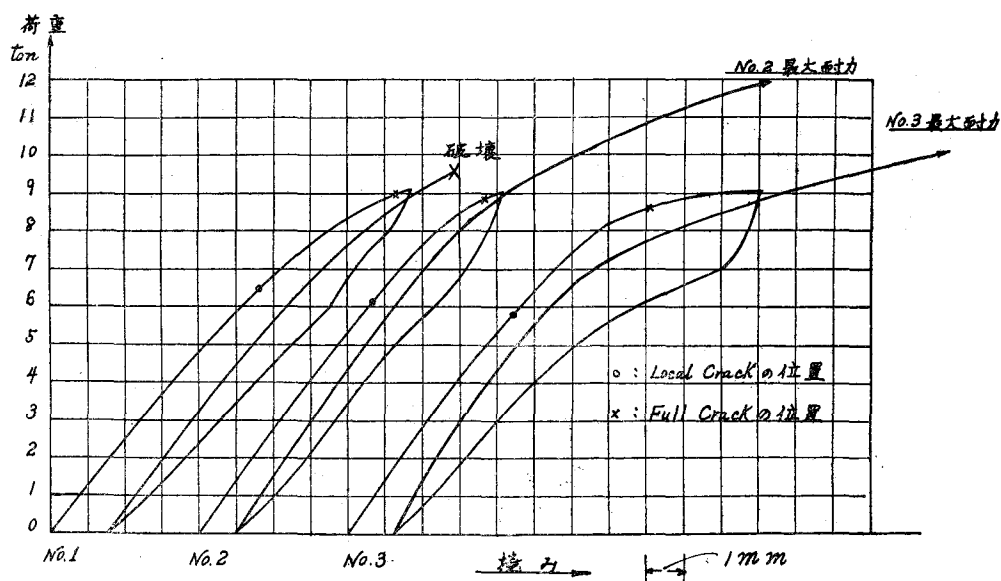
(2) ひび割れが下弦材を横断した時の荷重

(3) トラス自重を控除した値

(4) 上弦材が圧壊するとして計算した値

(5) 下弦材が引張破壊するとして計算した値

(2) 荷重-撓み曲線 → 第6図



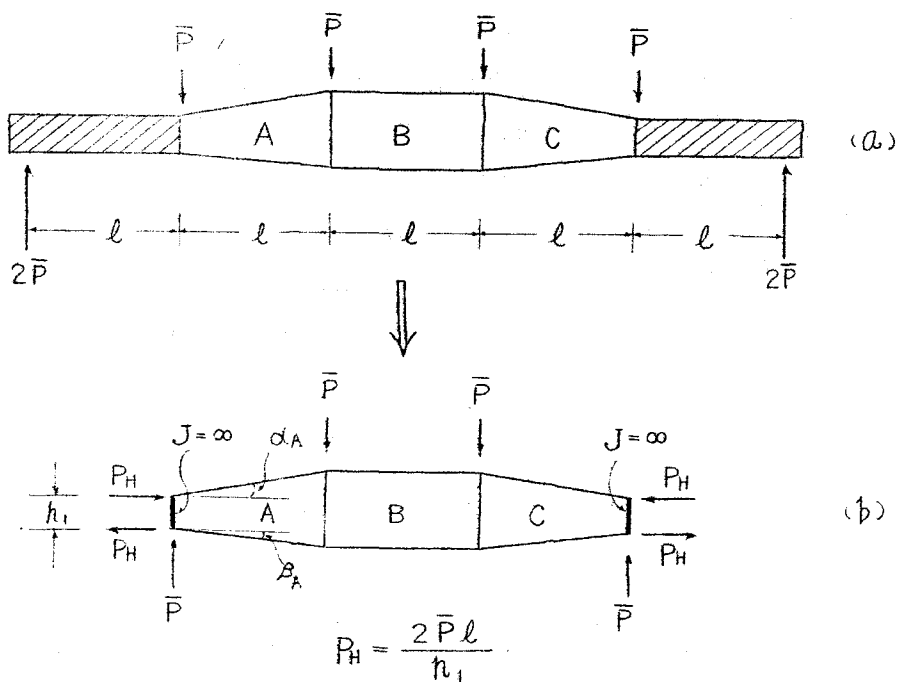
第 6 図

§ 4 結果の考察

〔1〕 Full Crack Load 及び Ult. Load の理論値

この実験に於ける架橋と載荷の条件より、この架橋を第7図(b)の様に考える事が出来る。

トラスでは一般に、上下弦材の間隔が外力による曲げモーメント図に比例する様な場合は、アーチ或はサスペンションの構造となる。ここに試作したトラスでは、アーチとサスペンションを組合せたものであり、この実験の荷重状態では、弾性域塑性域のどちらも、各節点をヒンチとして解いても剛として解いてもその結果は殆んど差がない。荷重が対称でない場合には、フイーレンディール架構として解かなければならない。この実験では節点ヒンチのトラスとして理論値を求めた。



第 7 図

部材の軸方向力を N とし、これにパネルの位置に対しては、 A, B, C 、上下弦材には夫々、 o, u なるsuffix を付ける事にすると、力の釣合から、

$$N_{Ao}, N_{Co} > N_{Bo}$$

$$N_{Au}, N_{Cu} > N_{Bu}$$

となる。従つてFull Crack Load 及び Ult.Load は、パネル A (or C)の上下弦材に支配される事になる。 P_H との関係、従つて $P (=4\bar{P})$ との関係は次式で与えられる。

$$\text{上弦材: } N_{Ao} \cos \alpha_A = P_H = \frac{2 \bar{P} \ell}{h_1} = \frac{P \ell}{2 h_1}$$

$$\therefore P = \frac{2 h_1}{\ell} \cos \alpha_A N_{Ao} = 0.543 N_{Ao} \dots\dots\dots (1)$$

同様に、

$$\text{下弦材: } P = \frac{2 h_1}{\ell} \cos \beta_A N_{Au} = 0.545 N_{Au} \dots\dots\dots (2)$$

(1) Full Crack Load の算定

これは、下弦材の引張力が

「下弦材に導入されたプレストレス力」

+

「コンクリート等価断面積×コンクリート引張強度」

に等しくなった時に、Full Crack が生ずるとした次の(3)式から求めた。

$$N_{cr} = (\sigma_{ci} + \sigma_t) A_e \quad \dots\dots\dots (3)$$

但し、

N_{cr} : Full Crack 時の、外力によるA(or C) パネル下弦材引張力

σ_{ci} : 下弦材コンクリートに導入された圧縮応力度

σ_t : コンクリートの引張強度

A_e : コンクリートの等価断面積

$$= A_c + (n_s - 1) a_s + (n_R - 1) a_R$$

a_s, a_R は夫々ストランド・リグバーの公称断面積

$$n_s = \frac{E_{strand}}{E_c}, \quad n_R = \frac{E_{rib bar}}{E_c}$$

$\sigma_{ci}, \sigma_f, E_c$ は実験値を使用した、 σ_{ci} は A, C パネルの値の平均値を用いた。

(2) (3)式より Full Crack 時の荷重 P_{cr} は

$$P_{cr} = 0.545 N_{cr} = 0.545 A_e (\sigma_{ci} + \sigma_t) \quad \dots\dots\dots (4)$$

となりこれより各供試体の P_{cr} を求めると、一覧表に示した様になる。

(2) UIT. Load の算定

これには上弦材の圧縮力が、

「コンクリート等価断面積×(コンクリート圧縮強度－上弦材に導入されたプレストレス)」

に等しくなった時に破壊が起るとした次の(5)式より求めた。

$$N_B = A_c (F'_c - \sigma_{ci}) \quad \dots\dots\dots (5)$$

但し、

N_B : 破壊時の外力によるA(or C)パネルの上弦材圧縮力

A_e : コンクリート等価断面積

$$= A_c + (n_s - 1) a_s$$

a_s はストランドの公称断面積

$$n_s = \frac{E_{sfrand}}{E_c}$$

σ_{ci} : 上弦材コンクリートに導入された圧縮応力度

$$F'_c = 0.77 F_c \text{ ※}$$

※) 上弦材の実際の圧縮強度を求める為に、 $8 \times 12 \times 60 \text{ cm}$ (No.2, No.3の拱試体に同じ)の角柱を2本作成して試験した結果

$$F'_c = 0.77 F_c$$

なる関係が得られた。但し、

F_c : $15 \times 30 \text{ cm}$ の円柱の圧縮強度

F'_c : $8 \times 12 \times 60 \text{ cm}$ の角柱 //

Full Crack Load と同様 σ_{ci} , F'_c , E_c は実験値を使用した。(1)(5)式から破壊時の荷重 P_B は

$$P_B = 0.543 N_B = 0.543 A_e (F'_c - \sigma_{ci}) \dots\dots\dots (6)$$

となり各供試体の P_B を求めると一覧表に示した様になる。上弦材の破壊は中心軸圧破壊と同様の状況であつた。又下弦材ストランドの引張破壊から計算した破壊理論値はNo.3を除いて上述の値より大きい。

(3) Full Crack Load の実験値と理論値を比較するといづれも実験値の方が大となつている。これは部材に生じている二次曲げモーメントやLocal Crack Load からFull Crack Load へ移るときの亀裂の読み後れなどがその一因になつていると思われる。

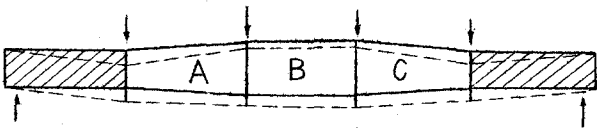
又、UIT L₁ の実験値と理論値を比較するとFull Crack Load とは反対に理論値の方が大となつている。この原因としては、上弦材のストランドの偏心配置及び同材の二次曲げモーメントなどが考えられ、No.2 特にNo.3 では下弦材の伸びによる影響が大であつたと思われる。トラスNo.3の圧壊した上弦材には断面の欠損部分があつた。又このトラスの圧壊時に於ては、下弦材ストランドも破断寸前であつたと思われる。

〔 2 〕 そ の 他

(1) Span 中央の撓み量について

このトラスと同規模の矩形やI型断面のPC梁と比較すると、このトラスの撓みは小さ

い。これは上弦がアーチ、下弦がサスペンションとして働く事と高さ S_{pan} の比 (1 : 1.15) が梁より大きい事が主な原因である。アーチとサスペンションの作用によつてオープンパネルの部分が第8図の様に上方に彎曲している。この事は、フイーレンディール架構として解いた場合の部材回転角の方向より明らかになる。



第 8 図

(2) 安全率について

実験結果より破壊安全率 $F_B' = \frac{\text{破壊荷重}}{\text{亀裂荷重}}$ を求めると下表の様になる。

	No. 1	No. 2	No. 3
Ult.L/Local C.L	1.49	2.0	1.86
Ult.L/Full C.L.	1.07	1.37	1.28

次にPCの設計施工指針に与えられた梁の亀裂安全率、破壊安全率よりこのプレントラスの設計荷重を逆算すると下の様になる。

カツコ内の数字は、この設計荷重時のトラス下弦材の応力度（いずれも圧縮）である。

	No. 1	No. 2	No. 3	
	ton $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$	ton $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$	ton $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$	
$P_{\text{Design}}=P_{\text{cr}}/1.3$ {	Local C.Lより	5.00 (42)	4.69 (51.3)	4.54 (54.5)
	Full C.Lより	6.92 (1)	6.83 (6.5)	6.62 (4.1)
$P_{\text{Design}}=P_{\text{ult}}/2$		4.83 (46)	6.08 (21.5)	5.48 (31.5)

§ 5 結 語

以上の如く実験は満足すべきものであつたが、この3つの供試体では端部の剪断耐力を増大させる為に、材両端剪断スパン部分の断面を大きくとつた。この部分に対する剪断耐力の理論的検討を行つた後、出来るだけ小断面とする様研究を続けている。

ここに試作したアーチとサスペンションの組合せより成るプレテンショントラスは、荷重を支える為に材料が最も完全に利用されて経済的であるばかりでなく、現在のロングラインによるプレテンションの工場がそのまま利用出来最も作り易いものと思う。但し工場から現場までの運搬の関係上全長は12 m位が限度である。現場にベッドを設けるならば大スパンのものも可能である。