

プレストレストコンクリートくいのシートパイルへの応用

京都大学 六 車 照

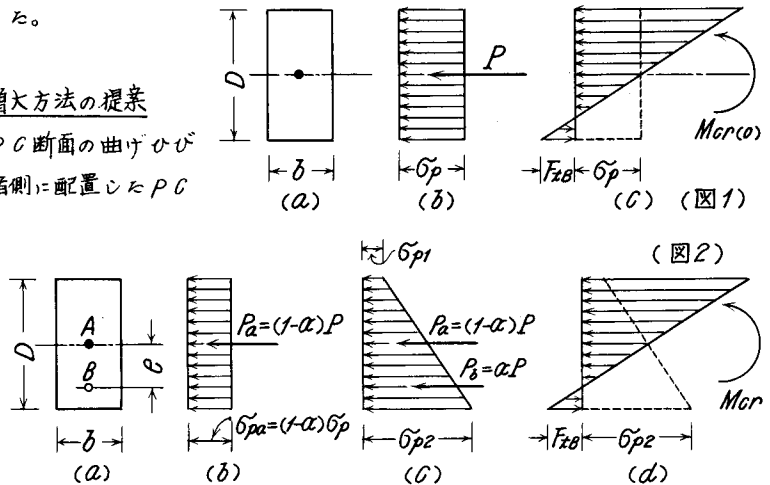
1. まえがき

大規模な建設工事に用いられるシートパイルは専ら鋼矢板であって、鉄筋コンクリート矢板はその許容耐荷能力が小さいことから、使用範囲は著るしく限定される。シートパイルは地中構造物であることからコンクリート矢板としては常時使用状態でひびわれが発生することは好ましくなく、この意味から大きい曲げひびわれ耐力の期待できるプレストレストコンクリート(以下PCと略記)を用いるのが好ましい。シートパイルはその使用目的からして主として一方向曲げを受けるものであるから、PCとする場合には偏心プレストレスを導入して大きな曲げひびわれ耐力が得られるようにするのが得策である。しかし、偏心プレストレスによって部材が彎曲するので、施工中に折れ曲りが生じ易くなり、かつ、パイル間の目違いが大きくなるなど、施工上種々の不都合が生ずる。このような不都合を除くためには一様プレストレスを導入した部材を用いればよいが、プレストレスの大きさの割には曲げひびわれ耐力がそれ程大きくならず、鉄板とくらべて耐荷能力が著るしく劣る結果となる。このように考えると、PCをシートパイルに用いる場合には、施工時には一様プレストレスを導入したものとし、施工後、作用曲げモーメントに応じた偏心プレストレスとするのが最も理想的である。本研究は一様プレストレス導入断面に予めポストテンションPC鋼材を緊張しないで配置しておき、施工後これを緊張することによって曲げひびわれ耐力を大幅に増大する方法を提案するものであり、既往のこの種曲げひびわれ耐力増大法のすべてを包含する有効な方法であることを理論的に示した。また、一様プレストレスを導入した基本部材としては、JISプレテンションA種PCくいの製造上、経済上有利であり、力学上は従来の鋼板に近似的耐荷能力を持つシートパイルとPCくいの断面が得られることを示した。

2. 曲げひびわれ耐力増大方法の提案

一様プレストレス導入PC断面の曲げひびわれ耐力増大法には、圧縮側に配置したPC鋼材引張力を開放して偏

心プレストレスとする方法(PEP工法)¹⁾ 圧縮側PC鋼材引張力をゆるめると同時に引張側PC鋼材引張力を増大して設計モーメントと逆方向の



モーメントカップルと断面にあてる方法(転荷応力法)²⁾などが提案されている。本研究で提案する

(筆者、京都大学教授、工学博士)

方法は一様プレストレス導入断面(基本断面とよぶ)に予めポストテンションPC鋼材を無緊張のまま配置しておき、施工後これを緊張して偏心プレストレスとする方法である。説明を簡単にするために長方形断面を例にとる。図1は一様プレストレス $\bar{\sigma}_p = P/A$ (P :プレストレス力, A :コンクリート断面積)が導入されている基本断面に曲げひびわれモーメント $M_{or(0)}$ が作用する場合の断面応力分布を示したものであって、曲げひびわれは同図(c)に示すようにコンクリート引張縁応力がコンクリートの曲げ引張強度 F_{tB} に達するときに発生するものと仮定する。したがって、曲げひびわれモーメントは次のようになる。ここに、 ξ は下縁に関する断面係数である。

$$M_{or(0)} = (\bar{\sigma}_p + F_{tB}) \xi \quad \text{----- (1)}$$

図2は本研究で提案する曲げひびわれ耐力増大方法を図示したもので、偏心プレストレス導入後の全プレストレス力は図1の場合と同じく P とする。断面には予めPC鋼材 A によって一様プレストレス力 $P_a = (1-\alpha)P$ があたえられているものとする。ただし、 $0 < \alpha < 1$ とする。施工後、予め偏心距離 e の位置に配置してあるポストテンションPC鋼材 B を緊張して偏心プレストレス力 $P_b = \alpha P$ を導入する。これらの場合のコンクリート断面上下縁応力は図2(b)および(c)を参照して、

$$\bar{\sigma}_{pa} = P_a / A = (1-\alpha)P/A = (1-\alpha)\bar{\sigma}_p \quad \text{----- (2)}$$

$$\bar{\sigma}_{p1} = \bar{\sigma}_p (1 - \alpha e / \ell) \quad \text{----- (3)}, \quad \bar{\sigma}_{p2} = \bar{\sigma}_p (1 + \alpha e / \ell) \quad \text{----- (4)}$$

ここに、 ℓ は核半径(すなわち、 $\ell = Z/A$)、応力は何れも圧縮と正として表わしてある。偏心プレストレス導入後の曲げひびわれ耐力は図2(d)を参照して

$$M_{or} = (\bar{\sigma}_{p2} + F_{tB}) \xi = (\bar{\sigma}_p + F_{tB}) \xi + \bar{\sigma}_p \alpha e / \ell \quad \text{----- (5)}$$

すなわち、図1の場合も図2の場合も導入プレストレス力は P であるが、曲げひびわれ耐力は(1)式と比較して $\bar{\sigma}_p \alpha e / \ell$ だけ大きくなる。ちなみに曲げひびわれ耐力増大率を求めると次式となる。

$$m = M_{or} / M_{or(0)} = 1 + \{ \bar{\sigma}_p / (\bar{\sigma}_p + F_{tB}) \} \alpha e / \ell \quad \text{----- (6)}$$

なお、一様プレストレス $\bar{\sigma}_{pa}$ を導入した基本断面の曲げひびわれ耐力は

$$M_{or(0)}' = (\bar{\sigma}_{pa} + F_{tB}) \xi \quad \text{----- (7)}$$

であるから、 M_{or} の $M_{or(0)}$ に対する比は次式となる。

$$m' = M_{or} / M_{or(0)}' = 1 + \{ \bar{\sigma}_p / (\bar{\sigma}_{pa} + F_{tB}) \} \alpha \bar{\sigma}_p (1 + e / \ell) \quad \text{----- (8)}$$

算例として $\bar{\sigma}_p = 80 \text{ kg/cm}^2$, $F_{tB} = 60 \text{ kg/cm}^2$, $\alpha = 0.5$ の長方形断面の曲げひびわれ耐力増大率を計算した例を表1に

表1 曲げひびわれ耐力増大率計算例
($\bar{\sigma}_p = 80 \text{ kg/cm}^2$, $F_{tB} = 60 \text{ kg/cm}^2$, $\alpha = 0.5$, 長方形断面)

ポスト鋼材 配置位置	筆者提案の方法					既往の方法		
	縁応力*		増大率			縁応力*		増大率
e/D	e/ℓ	$\bar{\sigma}_{p1}/\bar{\sigma}_p$	$\bar{\sigma}_{p2}/\bar{\sigma}_p$	m	m'	$\bar{\sigma}_{p1(-)}/\bar{\sigma}_p$	$\bar{\sigma}_{p2(-)}/\bar{\sigma}_p$	$m(-)$
1/6	1	0.5	1.5	1.286	1.8	0	1	1
0.2	1.2	0.4	1.6	1.343	1.88	-0.1	1.1	1.057
0.25	1.5	0.25	1.75	1.428	2	-0.25	1.25	1.143
0.3	1.8	0.1	1.9	1.514	2.12	-0.4	1.4	1.228
0.35	2.1	-0.05	2.05	1.600	2.24	-0.55	1.55	1.314
0.4	2.4	-0.2	2.2	1.686	2.36	-0.7	1.7	1.400
0.45	2.7	-0.35	2.35	1.771	2.48	-0.85	1.85	1.486

* 負の記号は引張力を表わす。

3. 既往の方法との比較

従来この種の曲げひびわれ耐力増大方法は2, 3提案されている。図3は圧縮側に配置したPC鋼材引張力を開放して偏心プレストレスとする方法(PEPエ

法¹⁾を示したもので、PC板矢板のような小型偏平部材に適用して効果的である。図3において当初断面に導入されている一様プレストレスを P とし、同図(c)のように圧縮側PC鋼材の引張力を αP だけ開放するものとする。ただし、図3においては $0 < \alpha \leq 0.5$ とする。引張力解放後のコンクリート断面上下縁応力は

$$\sigma_{p1(-)} = \sigma_p (1 - \alpha(1 + e/\bar{e})) \quad \text{----- (9)}, \quad \sigma_{p2(-)} = \sigma_p (1 - \alpha(1 - e/\bar{e})) \quad \text{----- (10)}$$

したがって、曲げひびわれ耐力、および、(1)式に対する曲げひびわれ耐力増大率は次式となる。

$$M_{cr(-)} = (\sigma_{p2(-)} + F_{tB}) Z = (\sigma_p + F_{tB}) Z - \alpha \sigma_p Z (1 - e/\bar{e}) \quad \text{----- (11)}$$

$$m(-) = M_{cr(-)} / M_{cr} = 1 + \{ \sigma_p / (\sigma_p + F_{tB}) \} \alpha (e/\bar{e} - 1) \quad \text{----- (12)}$$

(12)式から明らかにこの方法では $e > \bar{e}$ でなければ曲げひびわれ耐力は増大せず、また、結果的には断面のプレストレスが減少するので、曲げひびわれ増大率は(6)式で表わされる筆者提案の方法よりも小さい。このことは表1に示した数値計算例からも明らかである。また、筆者提案の方法とくらべて偏心プレストレスとした場合の圧縮縁に引張応力が大きくおこる欠点があることが表1からわかる。

図4は図3の方法の欠点を補う意味で、圧縮側PC鋼材引張力を開放すると同時に、引張側PC鋼材引張力をそれだけ増加してプレストレスの減少を補い、結果的には設計

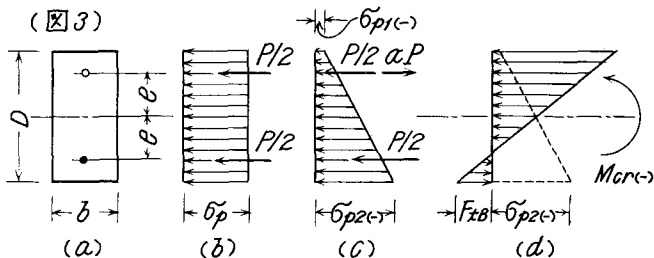
モーメントと逆方向のモーメントカップルを断面に導入する方法(転荷応力法³⁾)である。モーメントカップル導入後の断面上下縁応力は図4(c)を参照して

$$\sigma_{p1(\pm)} = \sigma_p (1 - \alpha e/\bar{e}) \quad \text{----- (13)}, \quad \sigma_{p2(\pm)} = \sigma_p (1 + \alpha e/\bar{e}) \quad \text{----- (14)}$$

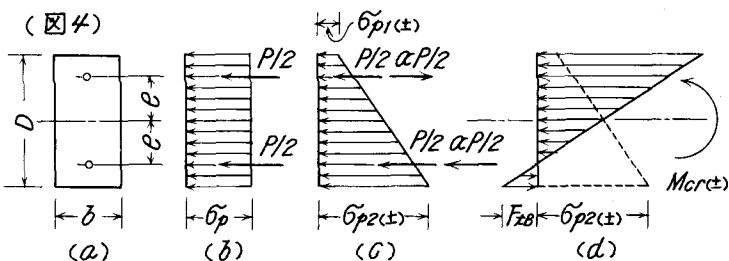
となり、結果的には筆者提案の方法の場合の縁応力(c)および(4)式と同形となる。すなわち、この方法は筆者提案の方法と全く同じ曲げひびわれ耐力増大効果を持つものであるが、筆者の方法とくらべて当初断面に導入する一様プレストレスが筆者提案の方法よりも大きいこと、圧縮側PC鋼材引張力を開放する施工手間だけ余分にかかることなど、施工上、経済上劣る点が多い。

4. PCくいへの筆者方法の応用

わが国では遠心力成形プレテンションPCくいが多量に生産され、外径300~1200mm、長さ7~15mの各種サイズのもがJIS製品として準備されているので、これをシートパイルに利用すれば設計モーメントの大きさに応じてサイズを自由に選ぶことができて便利である。また、製造上も原則として通常のPCくいと同一型かく、同じ工程で製造できるので新設備を設ける必要がなく、在来設



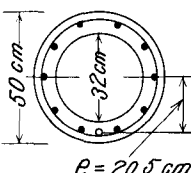
(図4)



備のままで製造できる長が都合である。しかし、通常のPCくいは中空円筒断面に一樣プレストレスが導入されているので、断面寸法の大さの割には曲げひびわれ耐力が比較的小さく、このままシートパイルとして使用するのでは不経済である。これに、本研究で提案した曲げひびわれ耐力増大法を適用すれば、くい断面の持つ潜在的曲げひびわれ耐力を充分に活用でき、鋼矢板に匹敵するものを得ることが出来る。

基本断面に予め導入される一樣プレストレスは、偏心プレストレスにくらべて断面の曲げひびわれ耐力増大には効果が少ないから、実用上はパイルの施工に必要な最小限度のプレストレスを導入するだけでよい。この意味からJISプレテンションPCくいでは、プレストレスの最も小さいA種くいを基本断面とし、これにポストテンションPC鋼筋を偏心配置とするのがよい。ちなみにD500mm A種PCくいにポストテンションPC鋼筋1本を配置する場合について、基本断面に対する曲げひびわれモーメント増大率を計算した結果を表2に示す。基本断面は表の右欄に示す通りであり、当初導入されている一樣有効プレストレスは $\sigma_{pa} = 46.9 \text{ kg/cm}^2$ (10-D9.2mm プレテンション鋼棒使用)、偏心配置ポストテンションPC鋼筋は $\phi 9.2 \sim \phi 26 \text{ mm}$ PC鋼棒(有効引張応力 85 kg/mm^2)、偏心距離は $e = 20.5 \text{ cm}$ としてある。また、曲げひびわれモーメント計算に用いたコンクリートの曲げ引張強度は $F_{tB} = 60 \text{ kg/cm}^2$ とした。この数値はコンクリート圧縮強度 500 kg/cm^2 のくいコンクリートについての慣用値である。 $\phi 26 \text{ mm}$ ポストテンションPC鋼棒使用時を例にとると、曲げひびわれモーメントは $M_{or} = 24.48 \text{ t}\cdot\text{m}$ であり、基本断面のそれの2.2倍になっている。また、これを長さ1mあたりのシートパイルに換算すると、外径500mmのくいであるから1mあたりの使用本数を2本として、 $M_{or} = 48.96 \text{ t}\cdot\text{m/m}$ となり、従来慣用の鋼矢板に十分匹敵し得るシートパイルとなることが、これらの数値から推論される。

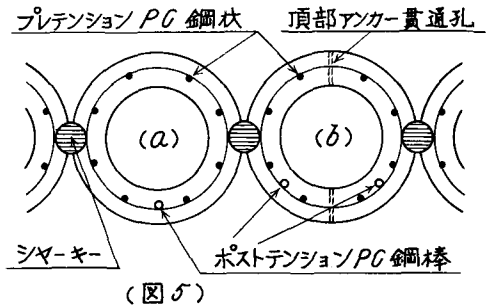
表2 D500mm A種PCくいを基本断面とするシートパイル曲げひびわれ耐力計算例

偏心プリストレス導入鋼棒			断面上下縁応力		曲げひびわれ モーメント M_{or}^{**} ($\text{t}\cdot\text{m}$)	全左増大率 m'	フルプリスト 設計モーメント M ($\text{t}\cdot\text{m}$)	全左増大率	断面形状寸法
公称径 (mm)	断面積 (cm^2)	有効プリ ストレス力 (ton)	$\sigma_{p1}(+)$ (kg/cm^2)	$\sigma_{p2}(+)$ (kg/cm^2)					
(基本断面)			46.9		11.15	1	4.90	1	 $e = 20.5 \text{ cm}$ ● 10-D9.2mm プレテンション鋼棒 ○ ポストテンション鋼棒 $A = 1184.6 \text{ cm}^2$ $Z = 10435.2 \text{ cm}^3$ $\sigma_{pa} = 46.9 \text{ kg/cm}^2$
1- $\phi 9.2$	0.64	5.44	40.8	62.2	12.75	1.140	6.49	1.322	
1- $\phi 11$	0.95	8.075	37.7	69.9	13.55	1.215	7.30	1.490	
1- $\phi 13$	1.33	11.30	34.3	78.7	14.50	1.304	8.22	1.679	
1- $\phi 15$	1.77	15.04	30.0	89.1	15.55	1.395	9.30	1.900	
1- $\phi 17$	2.29	19.20	25.3	101.1	16.82	1.510	10.45	2.130	
1- $\phi 19$	2.84	24.15	19.9	114.7	18.24	1.635	11.97	2.442	
1- $\phi 21$	3.46	29.40	14.0	129.5	19.78	1.770	13.51	2.760	
1- $\phi 23$	4.15	35.29	7.4	146.0	21.50	1.930	15.74	3.216	
1- $\phi 26$	5.31	45.15	-3.4	173.6	24.48	2.200	18.11	3.700	

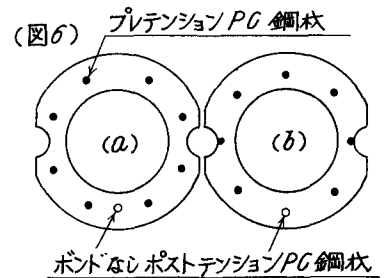
*有効引張応力 85 kg/mm^2 , ** $F_{tB} = 60 \text{ kg/cm}^2$ として計算。

表2には断面引張縁においてコンクリートに引張応力がおこらない限界の曲げモーメント、すなわち、フルプレストレスの設計モーメント $M = \sigma_{ps} Z$ を計算した結果を示してある。シートパイルとしては常時使用状態において曲げひびわれに対して或る程度の余力は必要であり、この意味から上記のフルプレストレス設計モーメントはシートパイル許容曲げモーメントを決める目安となる。

シートパイル頂部でアンカーをとる場合には、ポストテンションPC鋼材はアンカー鉄筋貫通孔とさけて配置しなければならない。図5(a)は通常の場合、(b)は頂部アンカーをとる場合の配置の基本形を示したものである。なお、シートパイル間の継目は図5に示すように予めグラウト孔を設けておき、パイル施工後モルタルグラウトを行ってシヤーキーとする。パイル継目からのグラウトモルタルの流出を防止するには布巻を用いるのが効果的である。シヤーキーの耐力については後述する。



(図5)



(図6)

5. ボンドなしPC鋼材の利用

筆者提案の曲げひびわれ耐力増大法を適用するにあたって、PC鋼材配置の形態には図6に示す2種類がある。同図(a)は基本断面の一樣プレストレスカ(1- α)Pをプレテンション方式であたえ、これとは別にポストテンションPC鋼材を配置して偏心プレストレスカ αP を導入するものである。同図(b)は上記プレテンションPC鋼材とすべてポストテンションPC鋼材におきかえ、かつ、その一部を太径のものとしておき、パイル製造時には断面は一樣プレストレスをあておき、施工後にはおきかえた太径PC鋼材を更に系張して所要の偏心プレストレスを導入するものである。前者は前項のべたPCくいなどのプレテンション工場製品に適用してシートパイルを製造するのに向いており、後者は工場設備のない場所での製造に適している。何れの場合もポストテンションPC鋼材としては表面にアスファルトなどの防錆剤を塗布したボンドなしPC鋼材を用いるのが便利である。通常のポストテンション方式のようにシースを用いモルタルグラウト注入を行なうのは施工手間がかかり、また、シートパイルが地中構造物であることからグラウト注入が不確実または困難であるなど種々の欠点があって好ましくない。なお、アスファルト系防錆剤としては常温でPC鋼材表面に塗布可能なものも開発されており、また、これを塗布したボンドなしPC鋼材は系張時の表面摩擦がほとんどないことが実験的に確かめられている。

6. 静的曲げ試験による筆者提案の方法の効果確認

本研究で提案した曲げひびわれ耐力増大法をJIS A種PCくい(8-D9.2mm プレテンション異形鋼棒使用、導入プレストレスカ48 ton)にアスファルト塗布ボンドなしポストテンションPC鋼棒

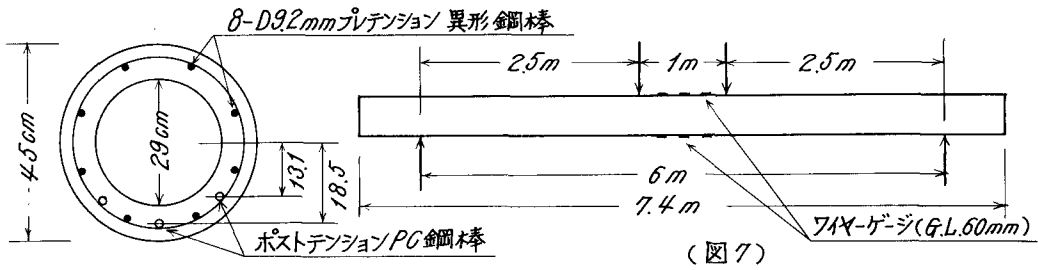


表3 実験計画および実験結果一覧

供 試 体	実 験 計 画					実 測 結 果							
	基本断面		ポストテンション鋼棒		曲げひびわれモメント計測値 (t・m)	ポストテンション鋼棒張時縁ひずみ実測値 上 縁 (×10 ⁻⁶) 下 縁 (×10 ⁻⁶)		全左導入 プレストレス力** (ton)	全左偏心 距離 (cm)	曲げひびわれモメント 実測値 計測値 に対する比		曲げ破壊 モーメント* (t・m)	
	PC 鋼棒	導入プレストレス力 (ton)	径φの本数	導入プレストレス力 (ton)	偏心距離 (cm)					実測値 (t・m)	計測値 (t・m)		
1	8-D9.2	48	3-φ17	66	14.9	22.7	- 156	+ 529	69.6	15.0	22.34	0.984	35.47
2			3-φ15	52.5		19.6	- 170	+ 401	43.0	20.2	20.84	1.062	33.59
3			3-φ13	39		16.5	- 102	+ 295	35.8	15.8	15.84	0.960	29.15
4			3-φ11	27		13.7	- 69	+ 219	27.9	15.7	12.09	0.880	24.22

*基本断面の曲げひびわれモメントは7.5t・m, 曲げ破壊モメント13t・m, **コンクリートの弾性係数400,000kg/cm²と仮定

3本を図示のように配置し、偏心プレストレスを導入したくいの静的曲げ試験を行った。供試体本数は4本、使用ポストテンション鋼棒の径、導入プレストレス力、偏心距離は表3に示してある。

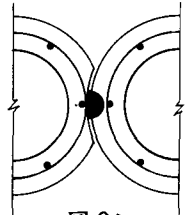
実験は4月12～18日で図7に示す載荷方法によって行った。実験時のコンクリート圧縮強度は499 kg/cm² (φ10×20cmシリンダーによる)であった。載荷に先立ってポストテンションPC鋼棒と表3に示したプレストレス力とで張設して偏心プレストレスを断面に導入した。導入にともなう中央断面上下縁ひずみ変化量と検長60mmのワイヤゲージで測定した。結果は表3に示してある。これよりポストテンションPC鋼棒による導入プレストレス力および偏心距離を求めた。表3に示すように各供試体何れも計画通りのプレストレスが導入されたことがわかった。

表3には曲げひびわれモメントおよび曲げ破壊モメント実測値がまとめて示してある。曲げひびわれモメント実測値は計重値とよく一致しており、かつ、基本断面の曲げひびわれモメント計重値7.5t・m (JIS PCくいの保証曲げひびわれモメント)と比較すると、供試体No.1で約3倍、最も曲げひびわれ耐力の小さい供試体No.4でも約1.6倍の増大率となっており、筆者提案の曲げひびわれ耐力増大法が著るしく効果的であることが実験によって確認された。

なお、曲げ破壊モメントはポストテンションPC鋼棒の太径のきのほど大きくなっており、曲げひびわれモメントの増大と共に曲げ破壊モメントを増大する。しかし、ボンドなしPC鋼棒を使用する場合には、静的曲げ破壊耐力がボンドのある場合と比較してやや小さくなる傾向があり、曲げひびわれから破壊に至る余力が少なくなる。本実験においては曲げひびわれモメントに対する曲げ破壊モメントの比は、供試体No.1で1.6、供試体No.4で2であり、曲げひびわれ発生後の余力は十分であることがわかる。

7. シヤーキーのせん断耐力

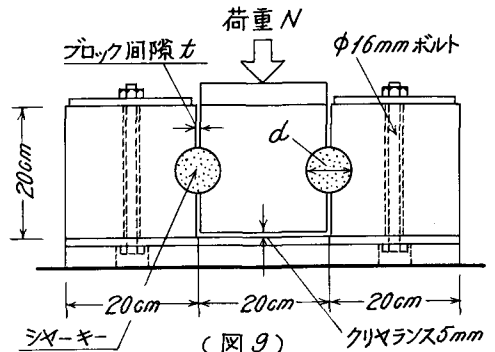
PC くいとシートパイルに用いる場合、パイル間の間隙を埋めて土圧に対する或る程度の一体性と水密性をとる目的で、図5においてすでに述べたシヤーキーを設ける必要がある。アースオーガーを使用してパイルを施工する場合には、オーガーによる掘削の関係で図8に示すように一方のパイルにのみシヤーキー溝を設けるのが便利であるが、シヤーキーとしてのせん断耐力は期待できず、水密性の要求もみたし得ないと考えられる。したがって、シヤーキーとしては図5または図6のように相隣るパイル両方にくい込む形のものであることが好ましい。また、水密性を更にすすめるには膨脹セメントモルタルを用いるのが良い。



(図8)

何れにしてもシヤーキーのせん断耐力がどの程度あるのを知っておくことは大切である。筆者は膨脹材としてCSAを用いた円形シヤーキーについてせん断耐力試験を行ない、シヤーキーの直径の大小、パイル間隙の大小がせん断耐力におよぼす影響を調べた。

供試体は図9に示す3つのコンクリートブロックの間を円形シヤーキーで接合したものをを用いた。コンクリートブロックの寸法は $20 \times 20 \times 20$ cm 立方体を標準とし、ブロック間の間隙が $t = 0.5, 1.0, 1.5$ および 2.0 cm になるように一辺の寸法を補正し、図示のように全長が 60 cm となるようにした。シヤーキーの直径は $d = 4.8, 7.6$ および 10.6 cm の3種とした。



(図9)

供試体の製造は、まず、コンクリートブロックを製作し、枕令28日まで水中養生した後直ちに鉄板製支持台の上に並び、所定のブロック間隙を保ったままにシヤーキーモルタルを施工、以後は実験時まで湿布養生とした。コンクリートブロックは PC くい本体の公称圧縮強度 500 kg/cm^2 にできるだけ近い強度のものを製作するため、重量配合比 $1 : 1.25 : 1.46$ 、水セメント比 27.5% のコンクリートを用いた。 $\phi 10 \times 20$ cm シリンダーによる強度は実験時(ブロック枕令35日)で圧縮 447 kg/cm^2 、引張 277 kg/cm^2 であった。シヤーキーモルタルは重量配合比 $1 : 3$ (砂の最大粒径は 2.5 mm)、水セメント比 65% 、膨脹材 CSA と普通ポルトランドセメントに対し重量比で 11% 内割したものとした。シヤーキーモルタル施工後は膨脹による供試体の変形を防止するため、供試体長手方向に木わくを装着して拘束した。なお、シヤーキーモルタルの品質試験を行なうために $\phi 5 \times 10$ cm シリンダーを同時に作成したが、実験時に至るまで型わくを取付けたままとし、供試体と同様な拘束条件が得られるようにした。

実験はシヤーキーモルタルの枕令7日で行った。載荷は図9に示すように鉄板製台座をつけたまま試験台座にのせ、中央コンクリートブロックを押破いてシヤーキーにせん断力を作用させ、耐力試験を実施した。なお、シヤーキーの膨脹による供試体変形防止のための木わくは、載荷試験実施中も装着したままにした。

実験結果は表4にまとめて示す。各供試体は何れもまずひびわれが発生した後せん断破壊に至った。ひびわれはシヤーキーの円周面にそって発生する場合と、シヤーキー中央に縦方向に発生する場合、

および、両者が同時に発生する場合とがあるが、何れもシヤーキー下方から上方に向って発生し、かつ、その長さもシヤーキー中央部付近でとまっている。これは図9の載荷方法では完全なせん断だけを載荷することは困難であり、せん断と同時に曲げも多少作用する結果と考えられる。

表4の実験結果から明らかなように、せん断耐力はコンクリートブロック間隙が大きくなる程、シヤーキー直径が小さくなる程小さくなる傾向が認められる。本実験の範囲では最も条件の悪いブロック間隙2cm、シヤーキー直径4.8cmの場合でもシヤーキー平均せん断応力で30kg/cm²、すなわち、シヤーキーモルタルの引張強度21.6kg/cm²の約1.5倍の耐力を示しており、せん断耐力としては充分と判断される。なお、施工の容易さも考慮に入れるとシヤーキー直径は少なくとも7~8cmは必要と考えられる。

表4 シヤーキーモルタルせん断耐力試験結果(枕木7日)

供試体	コンクリートブロック間隙(cm)	シヤーキー*		ひびわれ耐力		破壊耐力	
		径(cm)	断面積(cm ²)	荷重(ton)	平均応力(kg/cm ²)	荷重(ton)	平均応力(kg/cm ²)
I-1	0.5	4.8	192	4.3	22.4	9.6	50.0
2	1.0			4.5	23.4	6.8	35.4
3	1.5			2.8	14.6	7.8	40.6
4	2.0			3.5	18.2	6.0	31.2
II-1	0.5	7.6	304	3.2	10.5	15.9	52.1
2	1.0			4.5	14.8	15.3	50.4
3	1.5			2.0	6.6	12.3	40.4
4	2.0			3.3	10.9	8.5	28.0
III-1	0.5	10.6	424	6.2	14.6	26.2	61.6
2	1.0			5.6	13.2	23.0	53.1
3	1.5			6.4	15.1	25.5	60.1
4	2.0			3.2	7.5	22.0	51.8

* シヤーキーモルタル強度は圧縮186kg/cm²、引張21.6kg/cm²。

8. 結 言

本研究ではシートパイル施工後に偏心プレストレスをボンドなしポストテンションPC鋼材により導入することによって、曲げひびわれ耐力(または、許容曲げモーメント)を大幅に増大する方法を提案し、既往のこの種方法と比較して同等またはそれ以上の効果を持つことを理論的に示した。とくに、JIS A種プレテンションPC鋼材の基本断面としてこの方法を適用すれば、製造上、施工上経済的であり、かつ、力学上も鋼矢板と十分匹敵し得る耐荷能力を持つ矢板に仕得ることを算例で示した。また、実験的に筆者提案の方法が着るべく効果的であること、シヤーキーせん断耐力などの基本問題の一部についても論じた。その他、土の拘束を受けた状態でのプレストレス導入、くさ先端形状など種々の力学上、施工上の問題が残されているが紙面の都合で割愛する。終りに本研究を実施するにあたり供試体の提供等の協力を給わった、セヤサン工業KK、日本ヒューム管工業KK、アサノポールKK各社に深甚なる謝意を表する。

(参考文献) 1) 笠石、プレテンション式PC部材のプレストレス力調整方法、特許公報昭40.12.16、
2) 渡辺、石井、前原、PEP工法矢板に関する基礎的研究、土木学会西部支部研究発表会論文集、昭43.2、3) 中島、転荷応力について、プレストレストコンクリート、Vol.3 No.1、昭36.2、4) 六車、Unbonded PC部材の利用に関する研究、日本建築学会近畿支部昭和43年度研究報告集、昭43.5、5) 坂、六車、付着のないPCはりの曲げ破壊耐力、日本建築学会論文報告集、第60号、昭33.10