

くさび定着機構に関する一考察

岡 田 清*
藤 井 学**

1. 緒 言

プレストレスト コンクリートのポストテンショニング方式におけるPC鋼材の定着工法に関しては、従来いろいろの方法が発表されているが^{1)~6)}、その大半はくさび定着である。しかし、わが国においてはもちろんのことプレストレスト コンクリートのはやく発展した欧米諸国においても、このくさび定着の定着機構について、ほとんど研究されていない。

本文は、くさび定着の定着機構および破壊機構について考察し、PC鋼材の定着のさいに生ずるすべりにおよぼす主要因として、くさびの圧入力、くさびおよびくさび受けとPC鋼材との間のまさつ係数をとりあげ、これら要因とPC鋼材のすべりとの関係を定性的に論じたものである。

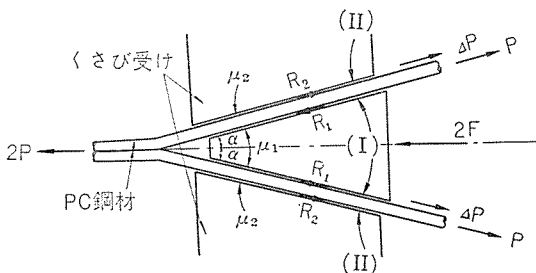
2. 定着機構

図-1 に示すようなくさびおよび、くさび受けからなる定着具について考える。通常この種のくさびの定着具を用いたPC鋼材の定着操差は、まず(I) PC鋼材を所定の緊張力で緊張しておき、つぎにくさび圧入したのち、(II) PC鋼材の仮緊張力を解放して定着を完了する。

まず(I)の状態すなわちPC鋼材をP(1本の鋼材につき)の力で緊張しておき、つぎに矢印(図-1)の方向に2Fの力でくさび圧入する過程におけるくさび、くさび受けおよびPC鋼材の相対的な動きについて考える。

いまくさびPC鋼材間のまさつ係数を μ_1 、くさび受けとPC鋼材間のまさつ係数を μ_2 とする。

図-1



(1) $\mu_1 > \mu_2$ の場合

この場合はくさびとPC鋼材間のまさつ力 $R_1 (> R_2$: くさび受けとPC鋼材間のまさつ力)によってPC鋼材とくさびは一体となってII面(PC鋼材とくさび受けの接する面)上をすべり、PC鋼材には ΔP なる力が図示の方向に加わる。次第に ΔP が増加して、 $R_1 \leq R_2 + \Delta P$ となるとPC鋼材の移動は止り、くさびだけが2本のPC鋼材間すなわちI面上をすべることになる。

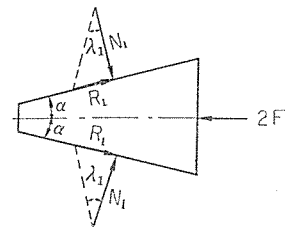
(2) $\mu_1 \leq \mu_2$ の場合

この場合はつねに $R_1 \leq R_2$ であるからPC鋼材の移動は起らず、くさびだけがI面上を内方に移動する。したがって、この場合は付加 ΔP は生じない。(1)の場合とは所定のプレストレス導入力をうるためには、(2)の場合よりも仮緊張のさい ΔP だけ過緊張する必要がある。

a) 圧入力と垂直抗力との関係 以上(1),(2)いずれの場合にも、ある程度圧入力が大であるとI面上をくさびだけがすべることになる。

力 $2F$ でくさびを圧入し、ちょうどくさびが停止したときを考えると、くさびに働く力の平衡関係より(図-2参照)。

図-2



$$F = N_1 \sin \alpha + R_1 \cos \alpha \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここに N_1, R_1 : それぞれくさびの両側に働く垂直抗力およびまさつ力

α : くさびの傾斜角の1/2

ちょうどI面上でくさびが停止した状態であるので、くさびのPC鋼材間には最大まさつ力が働いているはずである。したがって

$$N_1 \tan \lambda_1 = R_1 \quad \dots \dots \dots (2)$$

ここに λ_1 : くさびとPC鋼線間の最大まさつ角

(1)式と(2)式より

$$N_1 = \frac{F \cos \lambda_1}{\sin(\alpha + \lambda_1)} \quad \dots \dots \dots (3)$$

b) くさびが抜け出ないための条件

くさびを圧入した力 $2F$ を取り除いたときくさびが抜け出ないことが、くさび定着における基本条件である。いまこの条件を求めるために、 $2F$ の力とは逆方向に $2F'$ の力を作

* 工博 京都大学教授 工学部土木教室
** 工修 京都大学大学院

用させて、くさびがまさに抜け出そうとしたときの力の平衡を考える。この場合の F', R_1 は 図-2 の場合の F, R_1 と方向が逆になるから

$$-F' = N_1 \sin \alpha - R_1 \cos \alpha \quad \dots\dots\dots(4)$$

この場合にも (2) 式が成立つので (2) 式と (4) 式より

$$F' = N_1 \{ \sin(\lambda_1 - \alpha) / \cos \lambda_1 \} \quad \dots\dots\dots(5)$$

したがって $\lambda_1 < \alpha$ の場合は $F' < 0$ となりくさびは $-2F'$ の力でおさえないと自然にくさびは抜け出ることになる。ゆえにくさびが抜け出ないための条件は

$$\lambda_1 \geq \alpha \quad \dots\dots\dots(6)$$

すなわち、くさびの角度 (2α) は P C 鋼材とくさび間のまさつ角の 2 倍 (まさつ円錐の頂角) よりも小さくなければならない。

e) 緊張力と垂直抗力との関係 つぎに **a)** で述べたある力 ($2F \geq 0$) でくさびを圧入してからのちの状態 (II), すなわち P C 鋼材の仮緊張力 P (P C 鋼材 1 本につき) を解放する過程についてくさび、くさび受けおよび P C 鋼材の相対的な動きについて考察する。

もし (6) 式の $\lambda_1 \geq \alpha$ なる条件を満足している定着具であれば仮緊張を解放すると、P C 鋼材とくさびとは一体となって内方に移動を開始し、定着具に $2P$ (図-1 のような定着具では $2P$) なる力を定着するに足る耐力さえあれば、この移動はある程度 (≥ 0) 行なわれて必ず

停止する。いま P C 鋼材とくさびが一体となって (II) 面上を移動し、その移動が終つて、P C 鋼材 1 本につき P の力が定着されたときの P C 鋼材に働く力の平衡を考える (図-3)。

$$R_1 + R_2 - P = 0, \quad N - N_2 = 0, \\ N_1 \sin \alpha - R_1 \cos \alpha = 0 \quad \dots\dots\dots(7)$$

ここに N_2 : くさび受けより受ける垂直抗力 (II) 面上で停止したのでここで最大まさつ力が働いているので、

$$R_2 = N_2 \tan \lambda_2 \quad \dots\dots\dots(8)$$

ここに λ_2 : P C 鋼材とくさび受けとの間の最大まさつ角

(7), (8) 式より

$$N_1 = \frac{P \cos \alpha \cos \lambda_2}{\sin(\alpha + \lambda_2)} \quad \dots\dots\dots(9)$$

垂直抗力 N_1 とまさつ R_1 との合力 Q_1 はくさびの軸方向と垂直になり、次式で表わされる。

$$Q_1 = \frac{P \cos \lambda_2^2}{\sin(\alpha + \lambda_2)} \quad \dots\dots\dots(10)$$

d) P C 鋼材のすべり 仮緊張力の解放時、くさびと P C 鋼材との間には、(6) 式の $\lambda_1 \geq \alpha$ が成立するかぎり相対変位は生じない。したがって、くさびの移動量がわかれば P C 鋼材のすべり量もわかるので、ここではくさびの移動量 (めりこみ量) について考察する。

いま P C 鋼材、くさびおよびくさび受けの各部材に塑性変形は生じないものとする、くさびの中心軸 (xx') に対して垂直方向の力 Q_1 によって各部材は弾性変形 (くさびの巾は小となり、くさび受けは外方に拡がり、P C 鋼材はシフトする) を起し、くさびは内方に移動するものと考えられる。

いま仮緊張力を P だけ解放したときの Q_1 によるくさび、くさび受けおよび P C 鋼材の y 方向 (くさびの軸方向と垂直) の変形量をそれぞれ y_m, y_f および y_s とすると、これら変形量は Q_1 とある関数関係にある。すなわち

$$y_m = f(Q_1), \quad y_f = g(Q_1), \quad y_s = h(Q_1) \quad \dots\dots(11)$$

で表わされる。したがって、くさびのめりこみ量 (xx' 方向) を x_p とすると、

$$x_p = \{ f(Q_1) + g(Q_1) + h(Q_1) \} \cot \alpha \quad \dots\dots(12)$$

で表わされる。

いま簡単のため各変形量は Q_1 と一次比例の関係にあるものとする、

$$y_m = k_m Q_1, \quad y_f = k_f Q_1, \quad y_s = k_s Q_1 \quad \dots\dots(13)$$

ここに k_m, k_f, k_s は比例定数 したがって、くさびのめりこみ量 x_p は

$$x_p = k \cot \alpha Q_1 \quad (k = k_m + k_f + k_s) \quad \dots\dots(14)$$

となり、(14) 式に (10) 式を用いると次式となる。

$$x_p = \frac{kP \cos \lambda_2 \cot \alpha}{\sin(\alpha + \lambda_2)} \quad \dots\dots\dots(15)$$

x_p を P で微分すると、

$$\frac{dx_p}{dP} = \frac{k \cot \alpha \cos \lambda_2}{\sin(\alpha + \lambda_2)} \quad \dots\dots\dots(16)$$

(16) 式は P C 鋼材の単位解放力に対するめりこみ量を表わすもので、これをめりこみ率 (Freyssinet コーン) では $12 \phi 5 \text{ mm}$ の場合 $\frac{dx_p}{dP} = 0.16 \text{ mm/t}$, $12 \phi 7 \text{ mm}$ の場合 $\frac{dx_p}{dP} = 0.1 \text{ mm/t}$ と呼ぶことにする。

以上の仮緊張力を解放するさいに用いた仮定がくさびを圧入する場合にも成立つものとする、いま $2F$ の力でくさびを圧入するときのくさびのめりこみ量を x_F とすると、 x_F は (3) 式より

$$x_F = \frac{kF \cos \lambda_1}{\sin(\alpha + \lambda_1) \sin \alpha} \quad \dots\dots\dots(17)$$

で表わされる。したがって、めりこみ率 (単位圧入力に対するめりこみ量) は

$$\frac{dx_F}{dF} = \frac{k \cos \lambda_1}{\sin(\alpha + \lambda_1) \sin \alpha} \quad \dots\dots\dots(18)$$

くさびを圧入力 $2F$ で押しこんだ後に緊張力 P の定着が完了するまでのくさびのめりこみ量を x とすると、

$$x = x_p - x_f \dots\dots\dots(19)$$

で表わされる。(19) 式に (15) 式および (17) 式を用いると

$$x = \frac{k}{\sin(\alpha + \lambda_1)\sin(\alpha + \lambda_2)\sin \alpha} \{P \cos \lambda_2 \sin(\alpha + \lambda_1)\cos \alpha - F \cos \lambda_1 \sin(\alpha + \lambda_2)\} \dots\dots\dots(20)$$

いま圧入力を仮緊張力の β 倍で圧入した場合は、

$$x = \frac{kP}{\sin(\alpha + \lambda_1)\sin(\alpha + \lambda_2)\sin \alpha} \{\cos \lambda_2 \sin(\alpha + \lambda_1)\cos \alpha - \beta \cos \lambda_1 \sin(\alpha + \lambda_2)\} \dots\dots\dots(21)$$

くさびの圧入力を大きくすれば全くくさびのめりこみ量 (したがって PC 鋼材のすべり) なしに緊張力を定着できることが予想される。これは (20) 式において $x \leq 0$ とおけば求めることができる。すなわち

$$F \geq \frac{P \cos \lambda_2 \sin(\alpha + \lambda_1)\cos \alpha}{\cos \lambda_1 \sin(\alpha + \lambda_2)} \dots\dots\dots(22)$$

(22) 式を満足する大きさの圧入力でくさびを押しこみさえすれば PC 鋼材は全くすべりなく定着できることになる。

e) 考 察 くさび定着においては、迅速かつ確実に PC 鋼材の定着ができ、すべりをできるだけ少なくすることが望ましい。このためには以上の考察より、

① 「くさびの角度 (2α) はくさびと PC 鋼材間のまさつ角 λ_1 の 2 倍より小さくしなければならない」

この場合、 $\lambda_1 \cong \alpha$ であるとなにかの衝撃などを受けてくさびと PC 鋼材間に微小量でも相対変位が生ずると、最大静止まさつ角 λ_1 は、それより小さい運動まさつ角 λ_1' に転じ $\lambda_1' < \alpha$ になるとくさびは飛び出すことになる。したがって、ある程度の安全率をみこんで $\lambda_1 > m\alpha$ ($m > 1$) とする必要がある。

② 「PC 鋼材のすべりを少なくするには、くさびの圧入力をできるだけ大きくすることが望ましい」

このことは (20) 式より明らかである。全然すべりなく定着するには非常に大きな圧入力が必要となる。例えば $\alpha = 1/8$, $\lambda_1 = \lambda_2$ とすれば、(22) 式より $F \cong 0.99P$ となり緊張力と圧入力とは、ほぼ等しくしなければならない。このような大きな力で圧入することは不可能で、Freyssinet 工法では、 $F = (0.80 \sim 0.90)P$ で圧入されている⁹⁾。また、 $\phi 16 \text{ mm}$ ($\phi 5 \text{ mm}$ 7 本より) ストランド 3 本を同時に定着する I.N.C 工法では、 $3P = 56.7 \text{ t}$ に対し、 $3F = 11.2 \sim 20 \text{ t}$ で圧入している⁹⁾。すなわち、 $F = (0.20 \sim 0.35)P$ となる。

③ 「くさびと PC 鋼材間のまさつ係数 μ_2 はできる

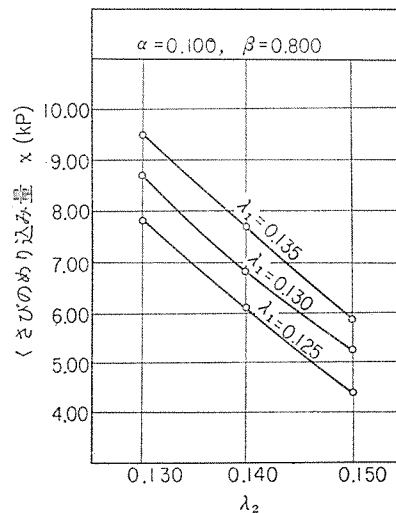
だけ小さく、くさび受けと PC 鋼線間のまさつ係数 η_2 はできるだけ大きくすることが望ましい。

このことは (21) 式から明らかである。(21) 式を近似的に表わすと、めりこみ量 x は次式となる。

$$x = \frac{kP}{\alpha(\alpha + \lambda_1)(\alpha + \lambda_2)} \{(\lambda_1 - \beta\lambda_2) + \alpha(1 - \beta)\} \dots\dots(23)$$

くさびの圧入力と緊張力との比 ($\beta = \frac{F}{P} = 0.80$) とくさびの角度 ($\alpha = 0.10$) を一定として、(23) 式をグラフ

図-4 めり込み量 x と λ_1, λ_2 との関係に表わせば 図-4 のようになる。



この図より明らかなように、くさびと PC 鋼材間のまさつ角 λ_1 が減少すればするほど、またくさび受けと PC 鋼材間のまさつ角 λ_2 が増大すればするほど、定着完了までのくさびのめりこみ量、したがって PC 鋼材のすべり量は減少している。また同じすべり量のときは、以上のように λ_1 を小さく、 λ_2 を大きくすれば、圧入力は小さくてすむ。しかし λ_1 は α より小さくすることはできない。定着の均衡が失われるからである。

以上はつねにまさつ係数がいかなる状態においても一定であるという仮定のもとで考察したが、局部的に集中応力が生じて、塑性変形を起こす場合には、まさつ係数が変化する。例えば Freyssinet コーンのように、おすコーンがコンクリート製であるので、おすコーン表面と PC 鋼線間のまさつ係数はかなり変化するのではないかと考えられる。このような場合の定着機構は非常に複雑なものとなる。

4. 破壊機構

PC 鋼材の定着が乱されるのは、くさび、くさび受けおよび PC 鋼材のうちいずれか 1 つが破壊にいたる場合である。これら 3 つが同時に破壊することが理想的であるが、實際上そういうことはまれなことであり、いずれか 1 つが降伏あるいは破壊して定着の機能を失うことが多い。つぎに各部材の破壊機構について、実験結果⁷⁾⁹⁾をもとにして若干の考察を加える。

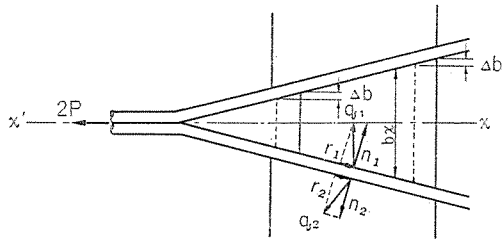
(1) くさびの破壊

PC 鋼材を 図-5 の x' の方から引張り、次第にこの

引張力 P を増大させて、くさびのみを破壊にいたらせる場合の機構について考える。この場合 PC 鋼材およびくさび受けは、つねに弾性範囲内にあるものとする。

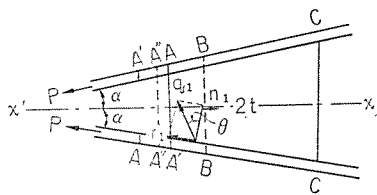
引張力 P が増加すると、くさびは PC 鋼材と一体となって内方に移動するが、この場合くさびの中心軸 $x'x$ に直角方向の長さ (幅) b_x はくさびの全長にわたってほぼ一様 (24b) に小さくなる (図-5)。したがって、くさびは幅 b_x の最も小さい先端断面で最大の圧縮応力を生じ、幅が大きくなるにしたがって圧縮応力は小さくなる。したがって、くさびの先端断面でまず降伏 ($x'x$ に直角方向に) に達し、塑性変形を生じ、 P の増大とともに、塑性領域は次第に後方部分におよぶ。

図-5



くさびが塑性変形を生じないうちは 前述 (2) のごとく、くさびに働く垂直抗力 N_1 とまさつ力 R_1 との合力 Q_1 はくさびの中心軸 $x'x$ と直方向に働く。この合力 Q_1 のくさびの単位長さあたりに働く力を q_1 とする (以後 R, N の単位長さあたり働く力も小文字で r, n と表わす)。

図-6



いまくさびの前方部分 (AB) が降伏したものとすると、塑性区域 AB では、 P が増大しても q_1 はもはや増大しなくなる。したがって AB 部分では垂直抗力、まさつ力も増大しなくなる。一方まだくさびの塑性変形を生じていない後方部分 (BC) においては弾性変形をするので P の増加とともにまさつ力は増大するため、AB 部分のまさつ力は、BC 部分のまさつ力にくらべて非常に小さくなる。

いま AB 部分で PC 鋼線に働くまさつ力 $r_1=r_2=0$ であるとする、AB 部分の PC 鋼材は、 P のある増加に対して、弾性変形をして自由に伸びる。いま $r_1=r_2=0$ としたときの PC 鋼材の AB 部分は伸びて AB から A'B になったとする。しかし実際は r_1 および r_2 は 0 でないから、これらまさつ抵抗によって、PC 鋼材は A'B まで伸びることを阻止される。いま PC 鋼材 AB 部分が A'B (< A'B) まで伸びたとする。つぎにくさび

の変形に着目すると、くさびと PC 鋼材間には相対変位は生じないので、くさびは PC 鋼材と同じだけ、すなわち AB から A'B まで伸びることを余義なくされる。したがって、くさびの塑性部分では引張応力が生ずることになる。このことはくさびの塑性区域において PC 鋼材とくさび間のまさつ力が増大することを意味する。これはくさびに働く力の平衡 (図-6) を考えると容易にわかる。いま、くさびの塑性区域においてくさびと PC 鋼材間のまさつ角が α から θ に増加したとすると引張力 t は 図-5 より

$$t = r_1 \cos \alpha - n_1 \sin \alpha$$

$$= n_1 \tan \theta \cos \alpha - n_1 \sin \alpha$$

となる。まさつ角 θ は最大まさつ角 λ_1 以上にはなり得ないので最大引張力は $\theta = \lambda_1$ のときに生ずる。すなわち、

$$t_{\max} = n_1 \tan \lambda_1 \cos \alpha - n_1 \sin \alpha$$

引張力 t がくさびのもつ材軸方向の引張降伏力に達した場合、くさびは軸方向に塑性変形を生じ、塑性域 AB 部分はますます伸びていき、その結果、定着の機能が失われるものと考えられる。

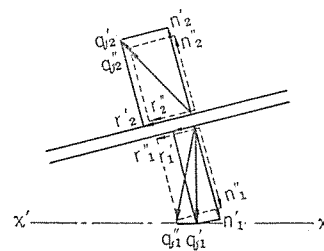
くさびの塑性区域に引張力が生ずることは上記の考え方は別の考え方からも確かめられている¹⁰⁾。

つぎにくさびのある断面でくさびが降伏圧縮強度に達してから PC 鋼材とくさび間に最大まさつ力が働くようになるまでに、どれほどの余力が残されているかについて考える。

いま 図-6 に示すように、くさびのある断面がちょうど降伏強度に達した瞬間における垂直抗力、まさつ力およびそれら合力を、それぞれ、 $n_1'(n_2')$, $r_1'(r_2')$ および $q_1'(q_2')$ とし、また最大まさつ力が PC 鋼材とくさび間に働いたときのそれをそれぞれ、 $n_1''(n_2'')$, $r_2''(r_2'')$ および $q_1''(q_2'')$ とすると、余力 ΔP は次式で表わされる。

$$\Delta P = (r_1'' + r_2'') - (r_1' + r_2') \dots\dots\dots (24)$$

図-7



くさびが塑性変形を生じはじめると P が増加して、くさびの中心軸 $x'x$ と直角方向の力は増大しなくなる。したがって合力 q_1'' の $x'x$ と直角方向の成分を一定 ($=q_1'$) として

力の平衡関係 (図-7) より各まさつ力 r_1', r_2', r_1'' および r_2'' は次式となる。

$$r_1' = q_1' \sin \alpha, \quad r_2' = q_1' \sin \alpha,$$

$$r_1'' = \frac{q_1' \sin \lambda_1}{\cos(\lambda_1 - \alpha)}, \quad r_2'' = \frac{q_1' \cos \lambda_1 \tan \lambda_2}{\cos(\lambda_1 - \alpha)}$$

$$\dots\dots\dots (25)$$

余力 ΔP は (24) 式に (25) 式を代入して求められる。

$$\Delta P = q_1' \left\{ \frac{\sin \lambda_1}{\cos(\lambda_1 - \alpha)} - \frac{\sin(\lambda_1 - \alpha) \sin \alpha}{\cos(\lambda_1 - \alpha)} \cdot \tan \lambda_2 - \sin \alpha \right\} \dots \dots \dots (26)$$

(26) 式より、余力 ΔP は $\alpha = \text{一定}$ とすると λ_1 が大きいほど、 λ_2 が小さいほど大きくなる。すなわち、くさびと PC 鋼材間のまさつ係数が大きいほど、またくさび受けと PC 鋼材間のまさつ係数が小さいほど定着具の最大耐力は増大することになる。

(2) くさび受けの破壊

緊張力 P を増大しても、くさび受けが破壊するまでは PC 鋼材およびくさびは破壊しないものとする。

緊張力 P が各部材の弾性限内で定着されている場合は (7) および (8) 式が成り立つ。くさび受けに働く合力の中心軸 $x'x$ に直角方向の成分 Q_h は (7), (8) 式より次式となる。

$$Q_h = P \cos \alpha \cot(\alpha + \lambda_2) \dots \dots \dots (27)$$

Q_h によってくさび受けは外方に押しひろがれる。例えば Freyssinet コーンとか I.N.C コーンの場合は Q_h によって円周方向に引張力が生じ、 P の増大により、この引張応力がめすコーンのもつ降伏強度に達すると PC 鋼材とおすコーンは一体となって内方に大きく移動し、めすコーンは破壊にいたる。

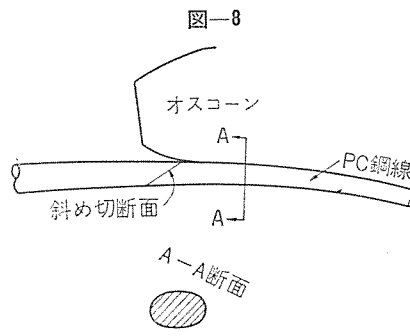
したがって、くさび受けが破壊する場合、定着具の最大耐力 P_{\max} は、(27) 式より PC 鋼材とくさび間のまさつ係数 ($\mu_1 > \tan \alpha$) には無関係で、PC 鋼材とくさび受け間のまさつ係数 μ_2 およびくさびの傾斜角 α のみ関係し $\alpha = \text{一定}$ の場合、 μ_2 の大なるほど P_{\max} は大となる。

(3) PC 鋼材の破壊

実際のくさび定着においては、くさびあるいはくさび受けが破壊して定着の機能が失われることはまれであり、一般に最大耐力は PC 鋼材の破断によって定まる。

定着部あるいは定着部付近における PC 鋼材には引張応力以外に、曲げ、せん断、ねじり等の複合応力が作用するので、PC 鋼材は引張強度以下で、くさびの先端部分で破断される場合が多い。すなわち、くさびの先端部分では、PC 鋼材は急激な角度変化により曲げ応力が生ずる。また垂直抗力により PC 鋼材は半径方向に圧縮力を受けるとともに、この圧縮力の差異によりせん断応力が生ずる。PC 鋼材がストランドの場合は、さらにねじりが加わって複雑な応力状態となり、応力解析はきわめて困難となる。

実験における実際の破壊状況を見ると、PC 鋼線の破断面は、引張破断に特有のしぼりが現われず、図-8 に



示すように斜めに切断される場合が多い⁷⁾。I.N.C コーンの破壊実験⁹⁾によると、ストランドの破断は側線中の1本が斜めに切断され、そ

の反動でおすコーンが飛び出し、定着が失われたことがある。この場合ストランドの心線の破断は起こっていない。これは心線が側線によって被覆されているので過酷な応力状態が他の側線にくらべて、かなり緩和されているためと考えられる。

4. 結 言

PC 鋼材のくさび定着におけるすべり、および定着具の最大耐力におよぼす要因として、くさびの圧入力、くさびおよび、くさび受けと PC 鋼材との間のまさつ係数を取りあげ、これら要因の相関関係について考察を行なったが、結論を要約すると

1. PC 鋼材のすべりを少なくするためには、
 - ① くさびの圧入力はできるだけ大きくすることが望ましい。
 - ② PC 鋼材とくさび間のまさつ係数 μ_1 はできるだけ小さく (ただし $\lambda_1 \geq \tan \alpha$)、PC 鋼材とくさび間のまさつ係数 μ_2 はできるだけ大きくすることが望ましい。
2. 定着具の最大耐力を大きくするためには
 - ① くさびの破壊によって定着具の最大耐力がきまる場合は、PC 鋼材とくさび間のまさつ係数 μ_1 はできるだけ大きく、PC 鋼材とくさび受け間のまさつ係数はできるだけ小さくすることが望ましい。
 - ② くさび受けの破壊によって最大耐力がきまる場合は、PC 鋼材とくさび受け間のまさつ係数 μ_2 は大なるほど好ましい。

上記結論で、1. の ② と 2. の ① とは相反関係にあるが、プレストレスト コンクリート設計指工指針 (土木学会, 36 年改訂) に規定されている 17 条 (定着具および接続具の試験) の条件をみたとすような定着具は、PC 鋼材の所定緊張力を定着する場合、いちじるしい塑性変形はほとんど生じないと考えられるので、1. の ② の条件を具備する定着具が望ましいと考えられる。

以上本文においては多くの仮定を設けて考察を行なったため、さらに議論されなければならない点が多い。定着機構あるいは破壊機構の明確な解明には、今後さらに詳細な実験と応力解析の研究が望まれる。