

低強度コンクリート用 PC ケーブル定着装置

齋 藤 雄 三*

1. ま え が き

近年、構造物の構築に際して設計面あるいは施工面、例えば形状、寸法あるいは段取、取扱い等に対して、多様性が求められている。

PC 構造物においても全く同様であり、各方面でそれらに対応すべく種々の技術的な工夫、改善あるいは開発が行われ、その進歩は目を見張るばかりである。

具体的な例では、設計的な発想として RC と PC の中間的な概念である PRC 構造、施工上の手段としての押出し工法、コンクリート部材の早期ひび割れ防止策、または型枠の有効転用としての早期プレストレス等いくらかでも思いつく。

しかし、これらの例にしても、一面では非常に有効な考えまたは手段であるが、一つ一つ詰めてゆくと問題も生じてくる。すなわち一例として PRC 構造を考え、この概念を有効に利用する場合、コンクリートは通常 RC の考えが基本となるので、強度的には PC の場合より低いのが普通である。これに対して所要のプレストレスを導入するためには、定着部の支持状態が十分安全であることを確認しておかねばならない。

最近、建築の分野で新しい定着工法（装置）を使用する場合には、公的な認可を受けねばならないという話を聞いているが、現在我が国で使用実績を有している各種定着装置は、一部を除いて使用するコンクリートの設計基準強度 σ_{ck} が 300 kg/cm^2 程度の場合に適用される。これが 200 kg/cm^2 となった場合には、その定着装置の使用について認可の対象となろう。しかし 200 kg/cm^2 の強度のコンクリートに従来の定着装置を用いて全緊張力を一度に導入することは当然不可となる。

このような観点から、前記した例についても、その概念を有効に利用するという立場で考えた場合、従来の定着装置をそのまま、あるいは多少の改良でそれが使用でき、しかも一度に全緊張力が導入できれば好都合である。

本資料ではこのような立場から、コンクリートの σ_{ck} が 200 kg/cm^2 程度で従来の定着具をそのまま使用し、補強方法のみを少し変えただけであるが、スイスから特

許扱いとされた方法が BBRV 工法にあり、種々の実験結果を基に発表されているので、何かの参考になると思われる報告するものである。

なお、この資料は“Schweizer Ingenieur und Architekt” 1981 年 4 号掲載の“Spannkabelverankerung für geringe Betonfestigkeiten”を基に検討を加え、まとめたものである。その中で当該定着装置はコンクリートの早期材令における所要全プレストレス導入、すなわち急速施工に有効とする目的で開発されたため、名称を Rapid 型と称している。したがって本文では使用範囲を低強度コンクリート全般に広げて述べているが、この定着装置の呼び名を“急速型定着体”とする。

2. 実 験

2.1 概 要

現在使用されている定着装置では、解析上の理論はともかく、長年の実績から、その使用上の健全性は十分実証されている。しかし、それと使用条件の異なる場合、改めてその安全性や確実性を確認しておくことは当然のことである。そこでコンクリート強度が従来のものより小さい部材に、現在使用されている定着装置の形状、寸法の変更を極力避けるという目標を設定した場合、どのような対処法が良い結果を生むか検討した。最終的には次の 2 項目に注目し、更に詳しく調べるようになった。

1) 支圧板の強化

支圧板背面の応力分布を一様にし、割裂力の低減を図るため、支圧板を強化し剛性を増す。

2) スパイラル筋の補強

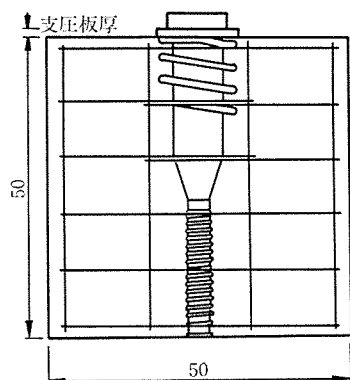
支圧板背面の応力負荷領域を増大させるため、スパイラル筋の配置を工夫する。

この 2 点について、いずれの方法がより確実で、特にひび割れや破壊に対して安全であるかを確認するため、実際に供試体を製作し室内実験を行った。以下にその内容について述べる。

2.1.1 支圧板の強化に関する実験

$140 \text{ mm} \times 140 \text{ mm}$ （中心孔 $\phi 84 \text{ mm}$ ）の支圧板で、厚さを 15, 25, 35 mm と変化させた図-1 に示するような供試体を、厚さに対し各々 3 本ずつ計 9 本製作し、 $\phi 102 \text{ mm}$, $h=25 \text{ mm}$ の支持台上でコンクリートが破壊するまで鉛直荷重を載荷した。

*（社）日本 BBR ビューロー技術部会長，ピー・エス・コンクリート（株）技術部



図—1 支圧板の強化検討用供試体

供試体：

図—1 で分かるように、 $\phi 10$ mm 鉄筋でピッチ 50 mm $\times$ 4 巻のスパイラル筋 ($\phi 130$ mm, $h=130$ mm), $\phi 8$ mm 鉄筋, トランペットシースおよびシースを 50 cm $\times$ 50 cm $\times$ 20 cm の供試体に配置した。

コンクリート：

水セメント比：57%

フ ロ ー 値：33.5 cm

骨 材： $\phi 0\sim 8$ mm 50%, $\phi 8\sim 18$ mm 50%

強度 (材令 3 日)：230 kg/cm² (22.6 N/mm²)

206 " (20.2 ")

198 " (19.4 ")

なお、3 種類の支圧板を各々の強度で実験。

2.1.2 スパイラル筋の補強に関する実験

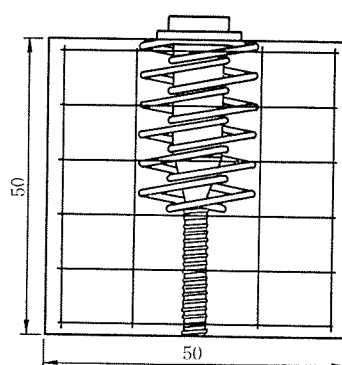
標準型定着装置 (以下定着体という), B 360 を用いた 3 個の供試体と, これにスパイラル筋 1 本を追加した形, すなわち 2 重のスパイラル筋を有する急速型定着体, BR 360 を用いた供試体 6 個について, 前に述べた実験と同様に鉛直荷重を载荷した。有効コンクリート強度は試験用ハンマー (シュミットハンマー), 供試体か

ら採取したコアおよび立方試験体で行われた。

なお, ここで示す定着体の記号 B は 写真—1 (a) のような通常用いられている B 型定着体であり, 記号 BR は B 型定着具を用い, スパイラル筋のみが 2 重になった, 写真—1 (b) に示すような Rapid 型, すなわち急速型定着体という意味で BR 型としている。

供試体：

図—2 で示すように, $\phi 10$ mm 鉄筋でピッチ 50 mm $\times$ 6 巻のスパイラル筋 ($\phi 150$ mm, $h=280$ mm) を急速定着体では 2 本 (標準型定着体では 1 本) をかみ合せ配置して用い, $\phi 8$ mm 鉄筋, トランペットシースおよびシースとともに 50 cm $\times$ 50 cm $\times$ 20 cm の供試体に配置した。



図—2 2 重スパイラル筋補強供試体

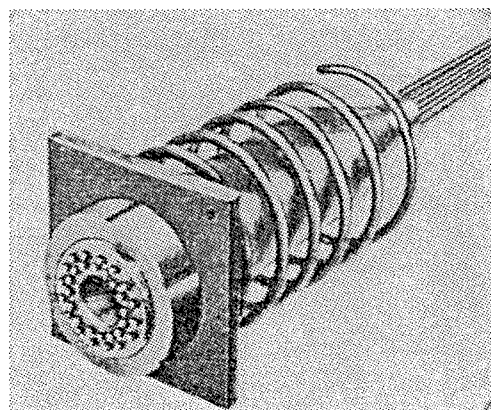
コンクリート：

前記 2.1.1 で述べた実験のコンクリートと同様の水セメント比, フロー値, 骨材を用い, 打設 2 日後に試験を行った。強度は各グループの平均値でいずれも 211 kg/cm² (20.7 N/mm²) であった。

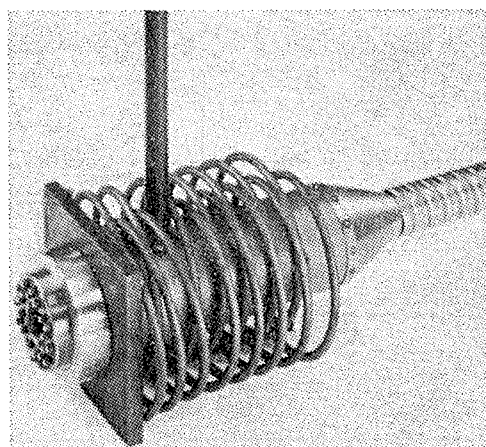
2.2 結 果

支圧板の強化について：

ひび割れ荷重ならびに破壊荷重と支圧板の厚さの関係



(a) 標準型 (B 型)



(b) 急速型 (BR 型)

写真—1 BBRV 工法 B 型系定着体の例

は 図-3 に示すとおりである。ここでひび割れ荷重とは、最初に目視できる ひび 割れ（通常ひび割れ幅 0.05 mm）が発見された時の荷重としている。この図から、支圧板の増加に伴いひび割れ荷重も増加しているが、破壊荷重に対しては顕著な差異が認められず、その効果は必ずしも明確でないことが分かる。また、図-4 ではコンクリートの圧縮および引張ひずみについて測定値を図示した。この図から支圧板の厚さを増すと割裂力が減少

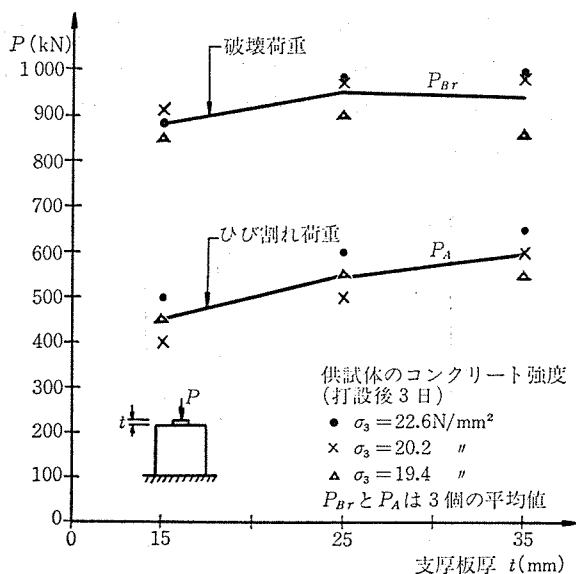


図-3 ひび割れおよび破壊荷重に対する支圧板厚の影響

してくることが想像できる。しかし、トランペットシースによる断面欠損により、支圧板の厚さに関係なく、初期ひび割れの方向が決定された。このひび割れは割裂力によってトランペットに平行で連続的に伸びており、荷重増加に伴うひび割れの展開は、明確な枝分れと認められるほどにならなかった。

スパイラル筋の補強について：

この試験結果として 図-5 に示すように、ひび割れ荷重および破壊荷重とも2重スパイラル筋を有する急速型定着体の方が、明らかに標準型定着体の場合を上まわっている。また、破壊荷重が PC ケーブルのそれ（ $P=514 \text{ kN} \div 52.4 \text{ t}$ ）より十分大きい値を示しており、2重スパイラル筋の効果が確認できる。

更に写真-2 では、それぞれの型の定着体用供試体のひび割れ状態を対比させて、載荷途中と破壊荷重時における例を示した。急速型定着体の場合のひび割れは、あまり中央に集中せず比較的分散しているのがこの図で分かる。また、2重スパイラル筋により横方向の伸びが拘束されるため、ひび割れ幅も小さかった。

2.3 考 察

以上の結果を総合すれば、2重スパイラル筋を用いた急速型定着体の場合は、支圧板の剛度を上げたものより明らかに定着破壊荷重を高め、それに対応する PC ケーブルの破断荷重以上であり、またひび割れ分布も中央に集中せず、比較的分散し枝分れしていて幅も小さい、と

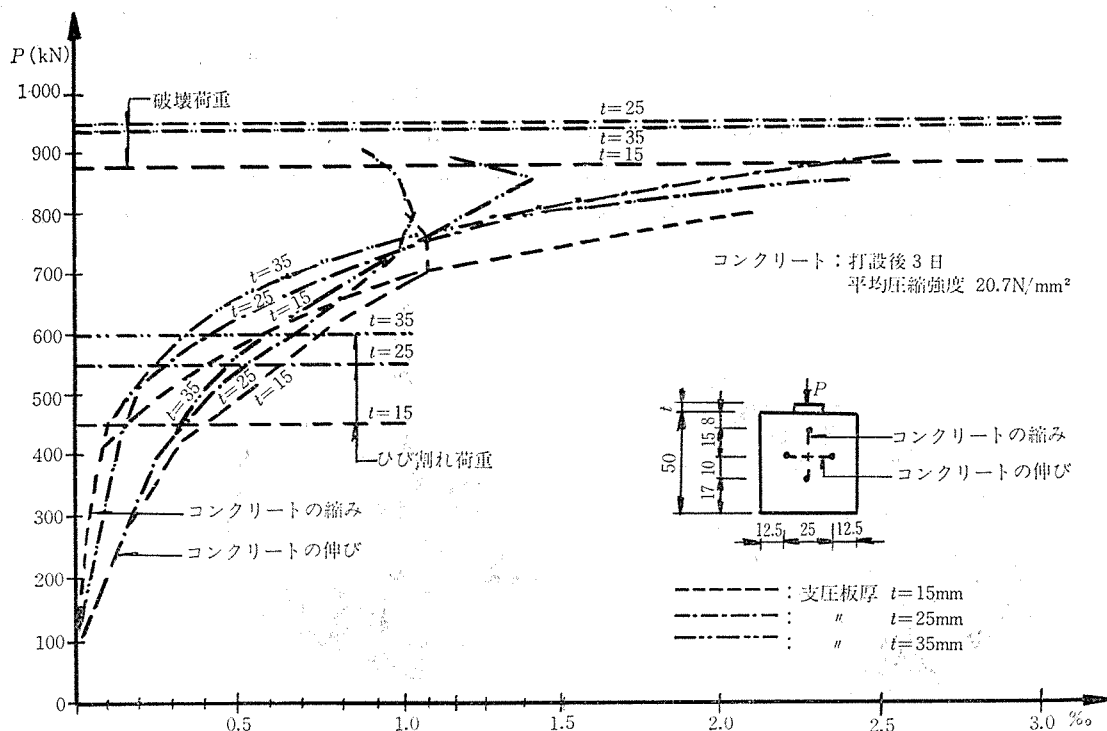
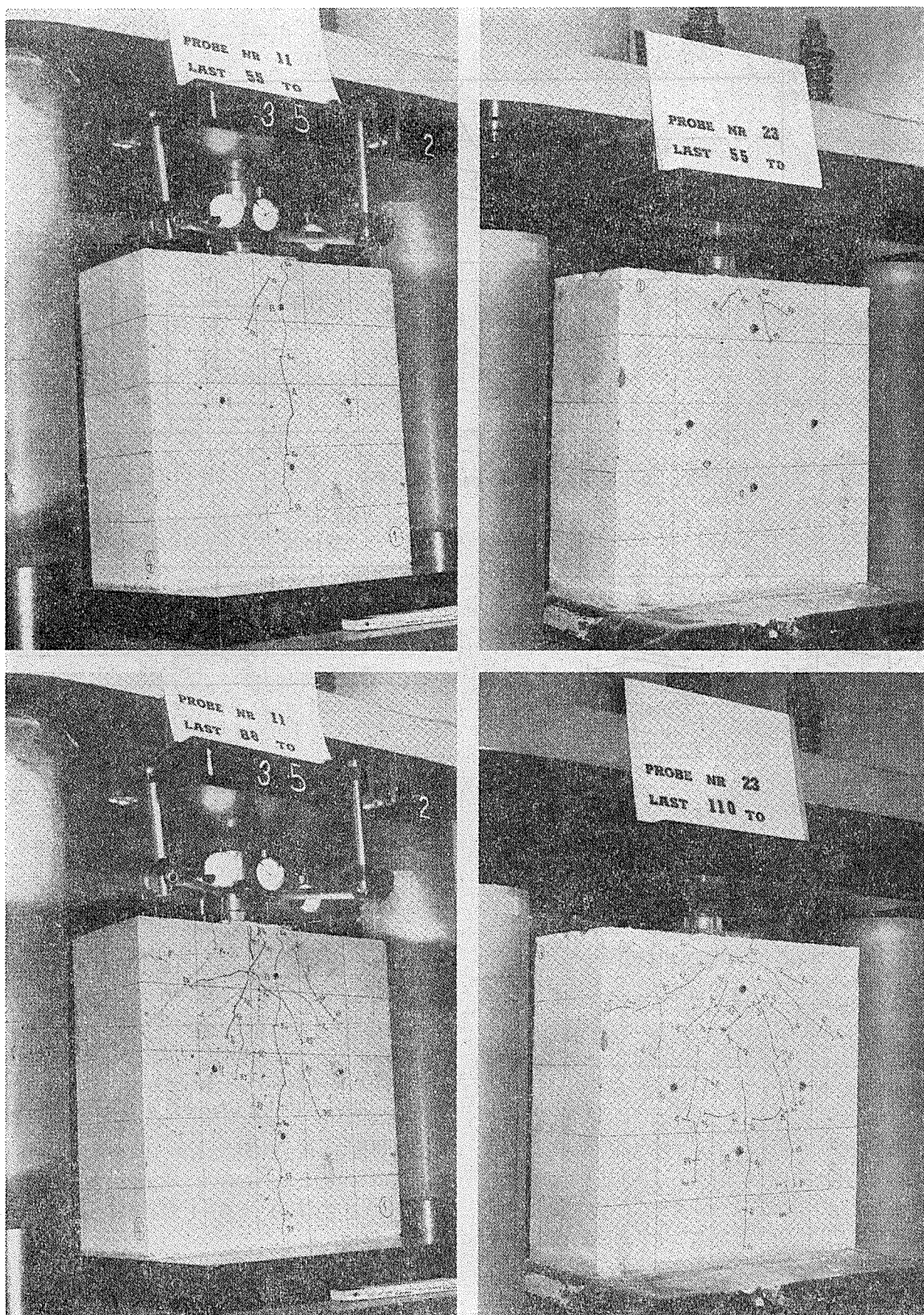
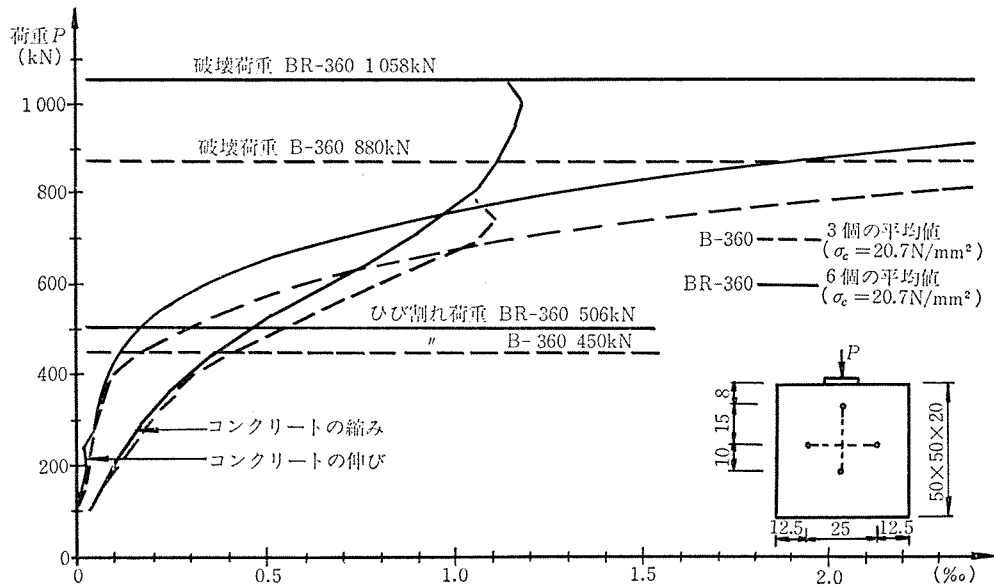


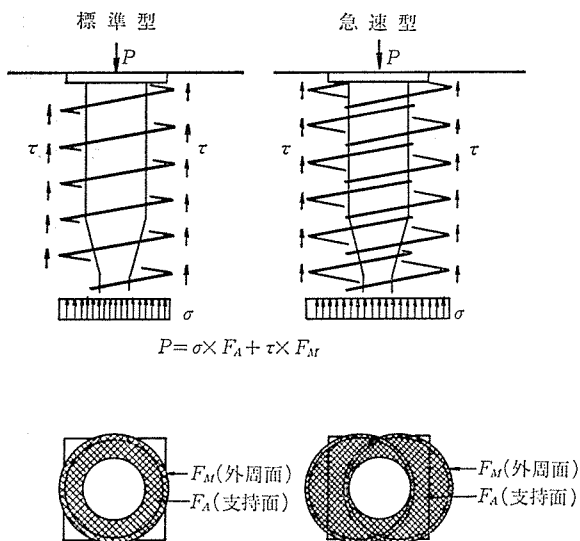
図-4 支圧板厚を異にする供試体のコンクリートのひずみ変化



写真—2 BBRV 工法標準型 (B-360) と急速型 (BR-360) 定着体用供試体のひび割れ状況の比較



図—5 BBRV 工法標準型 (B-360) と急速型 (BR-360) 定着体を用いた供試体のコンクリートのひずみ変化



図—6 定着部の応力範囲における計算モデル

ということがいえる。したがって低強度コンクリートにおける定着体としては、本体（定着具）そのものの形状、寸法、重量等を変更することなしに使用できる急速型定着体が適当と判断できる。

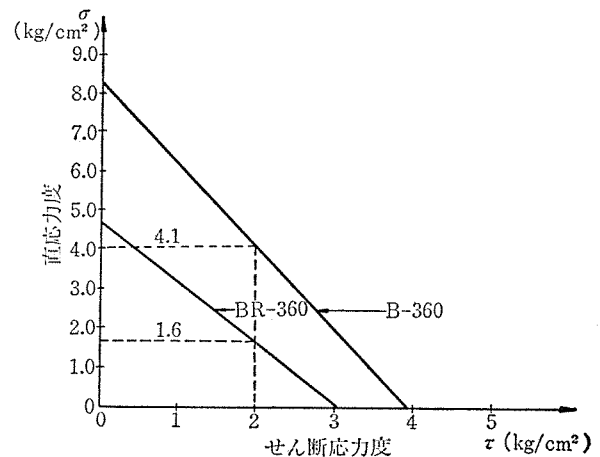
ここでこの急速型定着体に対する挙動特性について、簡単な検討を試みる。

この定着体は支圧板が2重スパイラル筋と共同して、一体をなすものと考えることができる。したがって、標準型定着体と比較して基本的にはより大きな支持面および外周面となり、コンクリートに作用する応力（支持面に作用する直応力 σ および外周面に沿ったせん断応力 τ ）を減少させる機構となっている（図—6 参照）。

ちなみに、単純に比較するため直応力 σ とせん断応

表—1 B-360 と BR-360 の計算モデルにおける支持面積 (F_A) と外周面積 (F_M) 値

試 験 体	F_A (cm ²)	F_M (cm ²)
B-360	① 120.0	254.3
BR-3603	② 214.3	327.2
比 ②/①	1.8	1.3



図—7 $P = \sigma \cdot F_A + \tau \cdot F_M$ において B-360 と BR-360 に対し、 $P=1$ としたときの σ と τ の関係

力 τ との相関々係を標準型定着体 (B 360) と急速型定着体 (BR 360) について調べる。各々の支持面積 (F_A) および外周面積 (F_M) は表—1 のようになる。これから、

$$P = \sigma \cdot F_A + \tau \cdot F_M$$

として、外力に単位荷重を負荷した場合の直応力とせん断応力の関係を求めると 図—7 のようになる。この図で、例えばせん断応力 $\tau = 2 \text{ kg/cm}^2$ に注目した場合、

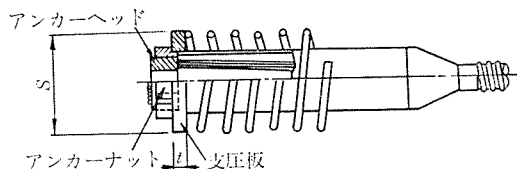
直応力にどの程度効果が現われてくるか見てみる。B 360 では $\sigma = 4.1 \text{ kg/cm}^2$ で、BR 360 では $\sigma = 1.6 \text{ kg/cm}^2$ となり、その比は約 1/2.6 となり、その効果は著しい。

3. ま と め

いままで述べてきた結果をふまえて、全体をまとめてみる。

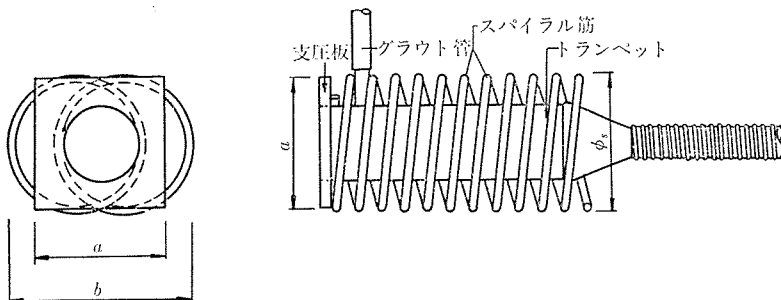
3.1 適 用

日本国内では、BBRV 工法としては B 型定着体が一般に使用されている。これは 図—8 に示すようであるが、この資料ではスイス仕様によっているため、ケーブルを構成する PC 鋼線本数等に多少の相違がある。しかし、日本の仕様に対比しても大差がないので、この資料



種 別	支 圧 板	
	s	t
B- 50	160	16
B-100	220	22
B-140	260	27

図—8 日本で使用されている BBRV 工法標準型 (B型) 定着体図



仕 様 別 型 式	スイス仕様による 急速型定着具寸法				(参考) 日本仕様の標準 (B)型定着具		
	BR-360	BR-630	BR-1000	BR-1400	B-50	B-100	B-140
ケーブル構成 PC 鋼線本数	8-φ7	14-φ7	22-φ7	31-φ7	12-φ7	24-φ7	34-φ7
シ ー ス 径 ϕ_i/ϕ_o	30/36	39/45	51/57	54/60	45/49	52/57	58/63
最小曲げ半径 min R	2 000	3 000	3 500	4 000	3 000	3 500	4 000
定着部直線長 min g	500	700	900	1 100	700	900	1 100
支圧板寸法 a/a	140	180	220	260	160	220	260
トランベット径 ϕ_T	83	114	127	152	90	125	145
「 長 さ L_T	$180 + \Delta L$	$230 + \Delta L$	$250 + \Delta L$	$300 + \Delta L$	$200 + \Delta L$	$260 + \Delta L$	$260 + \Delta L$
スパイラル筋直径 ϕ_S	150	190	230	270	160	220	260
b	200	245	310	365	—	—	—

図—8 スイス仕様による BBRV 工法急速型定着体用部品および所要数値

に基づき、日本で使用されている定着具にこの方法を適用すれば非常に便利である。なお、この 2 重スパイラル筋を特徴とする急速型定着体についてまとめると 図—9 のようである。ここで急速型の記号としては 2.1.2 でも触れたが、標準型の記号 B に対して R を付して BR のように記して定着体を分類していることを付記しておく。

ただし、この急速型定着体の使用は、図—9 で示すように 31-φ7（日本では 34-φ7）までが保証されている。また、通常の PC 構造物でも同様なことがいえるが、特にこの方法では次のような注意を払うことが必要である。

- 1) 緊張時の定着領域においてコンクリートの最小強度（ここでは $\sigma_c = 200 \text{ kg/cm}^2$ ）が保証されるよう、適当な方法で管理されねばならない。
- 2) 割裂力によるひび割れ発生に対し、あらゆる方向に細心の注意を払って、それに有効な鉄筋を配置して補強せねばならない。
- 3) コンクリート打設時における締固めなどの十分な管理が、特に定着領域では重要である。

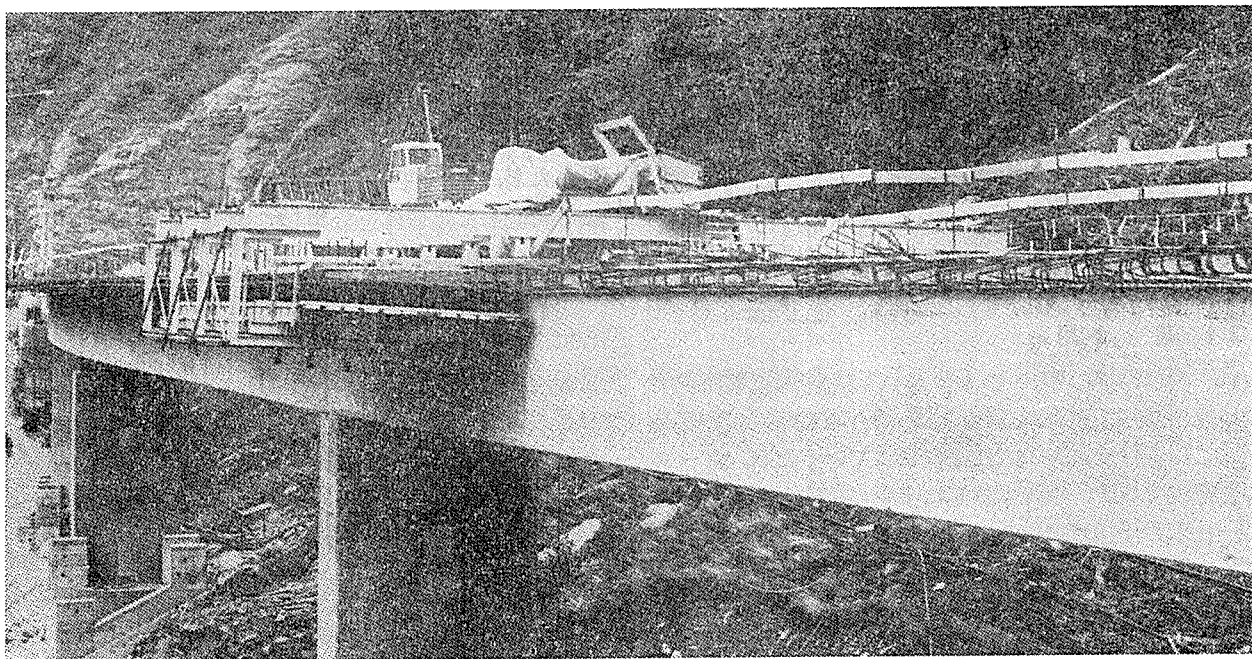
3.2 適 用 例

この急速型定着体を有効に使用できる例は様々であるが、特に手近のものを四つほど挙げておく。

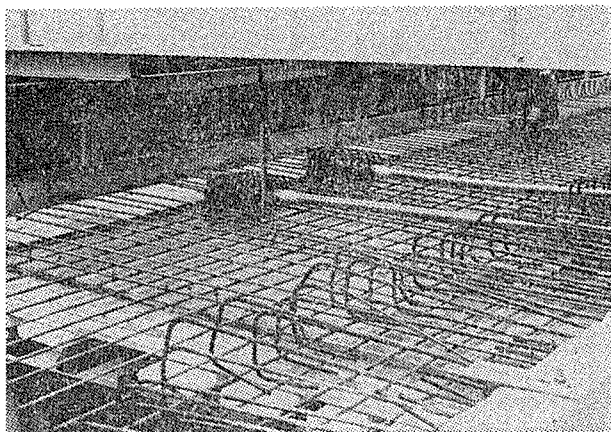
- 1) PC 版：多くの構造部材として製作されるもので、この場合は型枠を早期転用して経済性をねらったものである。
- 2) 橋梁の横方向プレストレス導入：張出し床版を移動支保工等を用いて部分的に後施工する場合（写真—3, 4 参照）。
- 3) 張出し工法または押出し工法：プレストレスを導入するまでに長い待機時間が必要なため、作業サイクルを早めたい場合。
- 4) PRC 構造部材：コンクリートの設計基準強度が通常の PC 部材ほど必要としない場合。

4. あとがき

ここに紹介した低強度コンクリート ($\sigma = 200 \text{ kg/cm}^2$ 程度) 用ケーブル定着体は、標準型定着体の背後のスパイラル筋を 2 重にかみ合せただけの簡単なもので、経済性、施工性ともに従来の定着体の場合とほとんど変わらないといえるも



写真—3 張出し床版の後打ち施工する移動支保工



写真—4 後打ち施工による張出し床版の急速型定着具

のである。

このように低強度コンクリートへのプレストレス導入が、経済性や施工性をほとんど損なうことなく可能となることは、コンクリート構造物の品質を向上させ、同時に工事費にも影響を及ぼすといえる。すなわち、型枠の転用速度を早め、特に周期的な施工を行う場合の工期短縮に大きな効果が期待でき、またコンクリートの早期ひび割れ防止にも役立つ。

このような観点から低強度コンクリート用ケーブル定着体が必要性を認められ、実用段階が目前であると思われる。その時点でこの方法が有効に利用されることを望むものである。