

プレキャストPC素材で補強したコンクリート 合成構造の力学的特性に関する基礎研究

FUNDAMENTAL STUDY ON THE MECHANICAL CHARACTERISTICS OF CONCRETE COMPOSITE STRUCTURE REINFORCED WITH PRECAST PC ELEMENTS.

松 本 進*

By Susumu MATSUMOTO

1. 序

プレキャスト部材を利用した合成構造物としてはプレストレストコンクリート桁の上に現場打コンクリートを打継いだ合成桁ならびに桁の間に間詰めコンクリートを打って一体とした床版橋がすでに実用されており、良好なる成果を収めている。プレキャストPC素材で補強したコンクリート合成構造は上記の合成構造物のもつ特質すなわち省力化、急速化施工のほかに鋼材の腐食しにくい特質があり、海洋構造物などには将来大いに利用される可能性がある。

しかし、この種のコンクリート合成構造の実用化はコンクリート舗装の一部を除いてはほとんど行われていない。そこで、実用化のための基礎資料を得るためにその力学的特性について実験的研究を行ったのである。本論文は昭和48年度に東京大学に提出した博士論文を要約したものである。まず、プレキャスト素材表面に設けた凹凸による合成効果、境界面における変形および破壊を凹凸の形状・寸法などに関連させて論じるとともに、これらの結果に基づいてプレキャスト素材と現場打コンクリートとの合成を容易ならしめるのに適当な凹凸を提案した。ついで、プレキャストPC素材を現場打コンクリート中に埋込んだ合成部材についてプレキャストPC素材と現場打コンクリートとの合成作用を明らかにし、これらの結果に基づいてこの種の合成部材の力学的特性を論じた。最後に、これらの結果を大型の合成部材によって確かめたのである。

本研究の実施にあたっては東京大学 国分正胤先生(現名誉教授)のご熱心かつご懇篤なご指導を賜り、東京大学 岡村甫先生からは数多くの適切な助言と示唆をいただいた。実験の実施にあたっては東京大学土木教室コンクリート研究室の方々、日曹マスタービルダーズ(株)の

* 正会員 工博 鹿児島大学助教授 工学部海洋土木開発工学科

方々、電気化学工業(株)の方々からご熱心な援助を賜った。また、本研究に対して昭和45年度に吉田研究奨励金を賜った。ここに謹んで御礼申し上げる次第である。

2. 合成部材の打継面に設けた凹凸の効果

プレキャスト部材と現場打コンクリートとの打継面にレイタンスや油脂などがついている場合にはもちろん、そうでなくても打継面におけるせん断耐力は余り期待できない^{2),6)}。しかし、プレキャスト素材を型枠としても利用し、その上に現場打コンクリートを打ちたして造る合成部材では打継面に比較的大きなせん断力が作用する場合もあり、この点が弱点となってくる。

そこで、プレキャスト素材表面にあらかじめ凹凸を設けておき、この凹凸の機械的作用によって現場打コンクリートとの打継面のせん断特性を高める新しい方法を提案し、この方法について検討した。

試験に用いた合成ばり供試体は図-1に示すようである。導入プレストレス 300 kg/cm² 程度のプレキャストPC素材の上に現場打コンクリートを打継いだものである。なお、支点より外側のプレキャスト素材と現場打コンクリートとの境界面の付着を断ってある。また、実験に用いた現場打コンクリートおよびプレキャストコンクリートの配合ならびに強度などについては表-1に示す。

表-2は試験の結果を整理し、次式で計算される水平せん断応力度について取りまとめたものである。

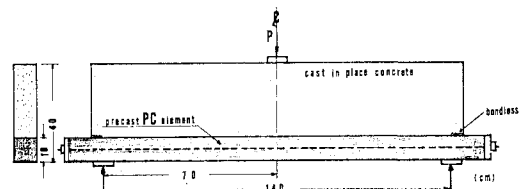


図-1 打継面の水平せん断耐力を検討した合成ばり供試体の一例

表-1 コンクリートの配合

コンクリートの種類	最大骨材寸 (mm)	単 位 量 (kg)					水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	スランプ (cm)	圧縮強度 (kg/cm ²)	備 考
		セメント	水	細骨材	粗骨材	AE 剤					
現場打	25	342	142	730	1154	0.855	42	39	5±2	339	AE 剤：ポゾリス No. 5 L
プレキャスト	10	700	184	510	990	4.200	26	34	12±2	1100	AE 剤：ポゾリス NL 1400 オートクレープ養生

表-2 打継面をもった合成ばりの水平せん断試験結果

供試体 No.	条 件		水平せん断応力度	
	凹	凸	τ ₁ (kg/cm ²)	τ ₂ (kg/cm ²)
1			15	22
7			11	12
2	○ (a)		19	27
10	○ (a)		21	31
8		○	18	20
3	○ (a)	○	33	50
17	○ (b)		29	68

- (備考) (1) せん断スパン比 $a/d=2.0$ である。
 (2) 表中○印は有する意である。
 (3) 条件で凹凸の欄中にある (a), (b) は図-2 の (A), (B) に対応する。

$$\tau_1 = S_c / bz \dots\dots\dots (1)$$

$$\tau_2 = S_u \cdot l_1 / bz l_2 \dots\dots\dots (2)$$

ここに、

τ₁：斜めひびわれ発生時の水平せん断応力度 (kg/cm²)

τ₂：破壊時における水平せん断応力度 (kg/cm²)

b：打継面の幅 (cm)

z：合成ばりのアーム長 (cm)

l₁：せん断スパン (cm)

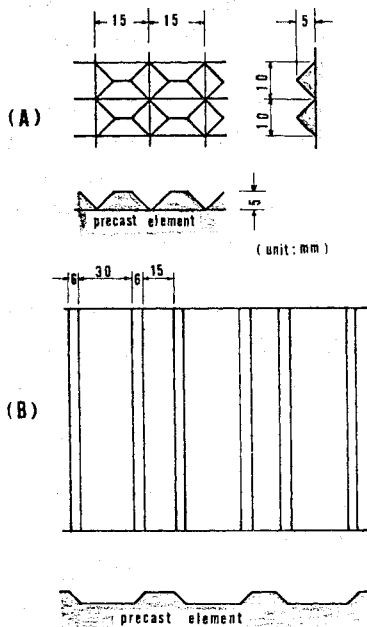


図-2 プレキャスト素材に設けた凹凸

l₂：斜めひびわれが引張側のプレキャスト素材と交差する点から支点までの距離 (cm)

S_c：斜めひびわれ発生時のせん断力 (kg)

S_u：破壊時のせん断力 (kg)

プレキャスト素材表面に設けた凹凸のうち 図-2 (A) に示すものは、自動車用マットを型枠に貼布して作製したものである。この凹凸を設けた合成ばり No. 2 および No. 10 の破壊時における水平せん断応力度 τ₂ は 27~31 kg/cm² 程度であって通常の合成ばり No. 1 および No. 7 の 40~125% の増加を示したのである。この場合の破壊は 図-3 (No. 10) に示すように現場打コンクリートに発生した斜めひびわれより上部の現場打コンクリート部分がプレキャスト素材から引きはがされるような破壊であった。異形鉄筋に関する凹凸の研究成果によれば、凹凸のピッチが余り小さいとその効果が小さいと報告されているので、この成果を利用して打継面に設ける凹凸を 図-2 (B) に示すように凹凸のピッチを大きくしたものに改善すれば (No. 17), τ₂ は 68 kg/cm² となり、さらに大きな耐力増加となったのである。また、この合成ばり No. 17 と同様の供試体に繰り返し載荷した結果は表-3 に示すようであって、静的破壊耐力の 65%

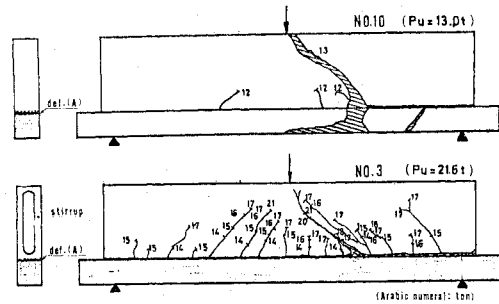


図-3 打継面をもった合成ばりの破壊状況

表-3 打継面をもった合成ばりの疲労試験結果

供試体 No.	上限せん断応力度 τ _u (kg/cm ²)	τ _u /τ _s (%)	繰り返し回数 (×10 ⁴ 回)	破壊状況
F-1	21.6	75	0~10	破壊
F-2	18.7	65	0~293	破壊せず
	20.1	70	293~328	破壊
F-3	19.6	68	0~248	破壊

- 注：1) 下限せん断応力度 τ_l はすべて 5.8 kg/cm² とした。
 2) τ_s は静的破壊せん断応力度である。
 3) τ_u, τ_l, τ_s はいわゆる nominal shear である。
 4) 試験に用いた合成ばりは表-2 の No. 17 である。

程度が作用しても200万回繰返し载荷に耐えられることが確かめられた。

これを要するに打継面のプレキャスト素材表面に凹凸を設けることによって現場打コンクリートとの接合面を機械的な接合とすることができるので、打継面のせん断耐力を著しく増大できるとともに信頼度の高いものとして確認できたのであって、この種の合成構造物が十分に実用に供せられるものと考えられる。

なお、打継面の水平せん断耐力を増加させる方法としてスターラップを利用することも考えられるが、プレキャストPC素材を型枠としても利用するような場合にはPC素材をスターラップで取り囲むことが難しい場合も多い。その場合の補強として現場打コンクリート部分にだけでもスターラップを配置することを考えた。すなわち、これによって斜めひびわれが大きくなるのを防ぎ、ひいては水平せん断耐力を増加させ得ると考えたのである。この処置を施したもの No. 3 の水平せん断応力度 τ_2 は 50 kg/cm^2 であって、No. 2 および No. 10 に比べて $61 \sim 85\%$ 大きく、その効果が確かめられたのである。また、この場合の破壊は図-3 (No. 3) に示すように、曲げひびわれおよび斜めひびわれが良く分布し、破壊も緩やかなものとなった。なお、この場合にも打継面に凹凸がなければ (No. 8), 水平せん断応力度 τ_2 は 20 kg/cm^2 と小さく、打継面の凹凸の効果が大きいことがあわせて示されたのである。

3. 凹凸で合成された部材の境界面における変形ならびに破壊

プレキャスト素材に設ける凹凸を考えるにあたっては異形鉄筋に関する凹凸の研究成果をある程度プレキャスト素材にも適用できるが、この場合一番問題になることは異形鉄筋の場合には凹凸そのものが破壊することは皆無であるがプレキャスト素材の場合には凹凸そのものが破壊することがある。この点を明らかにするために検討を加えた。

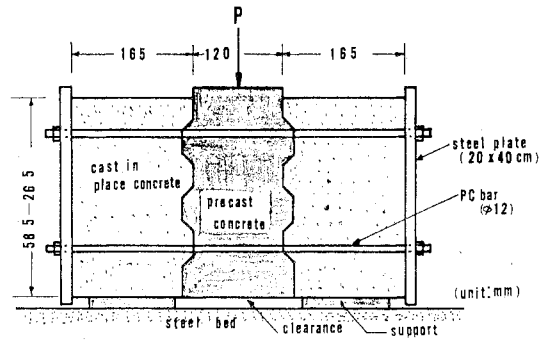


図-4 押抜き試験方法

供試体は型枠の相対する両面に合板製の凹凸を貼布し、矩形断面を有するプレキャスト素材をまず製作した。これをさらに型枠内に設置しその両側に現場打コンクリートを打継いで合成部材としたものである。なお、凹凸部の局部破壊の現象を的確に把えるためにプレキャスト素材の表面にグリースを塗って現場打コンクリートとの付着を断った。実験に用いたコンクリートの配合および強度を表-4 に示す。試験に際しては図-4 に示すように鋼板で合成部材の両側を狭みPC鋼棒を介して横締めした。なお、この横締めの影響について予備試験した結果、横締めに要した力を零とした場合と合成部材側断面積当り 5 kg/cm^2 程度とした場合で、それぞれの変形性状および破壊強度はほぼ差が認められなかった。また、側圧を受けた場合の一軸強度および変形などは側圧の程度が一軸強度の数%程度では影響が小さいとの報告もあるし^{9),10)}、さらにプレキャスト素材を埋込むような場合には、むしろコンクリートのフープテンション抗力や補強筋などにより多少の側圧を受けることもあることを考えて、ここでは横締めに要する力を 5 kg/cm^2 とした。この横締めされた合成部材を鋼製の支承の上ののせ、プレキャスト素材を押抜くいわゆる押抜き試験方法で実験を行った。境界面における現場打、プレキャストそれぞれの表面にコンタクトボールを貼布し(ゲージ長 10 mm)、コンタクトゲージにより境界面を交差する方向で相対変形を測った。この試験方法の利点としてはプレキャスト

表-4 押抜き試験に用いた現場打コンクリートの配合ならびに強度

供試体 No.	最大骨材寸法 (mm)	単位量 (kg)					水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	圧縮強度 (kg/cm^2)	備考
		セメント	水	細骨材	粗骨材	AE剤				
1 7 11	25	260	137	794	1220	6.5	53	340 326 303	1) AE剤はボゾリス No. 5L を使用。 2) プレキャストコンクリートの配合、強度は供試体 No. 4, 13 のものと同一。	
2 12	25	342	144	720	1139	8.5	42	447 384		
3	25	400	170	682	1120	—	43	389		
4 13	25	530	174	585	1102	13.24	33	492 496		
6 10	25	243	170	849	1057	6.57	66	122 179		

素材と現場打コンクリートとの打継面が外から見る
 ことができるので局部的な相対変形や破壊の進行状況を観察
 できる点である。まず、図-5(a)に示すように支圧面
 積(凹凸の幅×凹凸の高さ)を小さくして凹凸が潰れる
 ような押抜き供試体を製作して局部支圧破壊を観察し
 た。写真-1は局部支圧破壊を生じさせた供試体の一例
 を示したもので、凹凸の部分が潰れているのが観察され
 る。この破壊状況をさらに詳しく観察すると、図-6に
 示すように凹凸の立上りの現場打コンクリート部分Aが
 わずかに圧潰し、押抜き荷重の増大につれて圧潰の部分
 が徐々に矢印の方向に伝播してゆき、プレキャスト素材
 と現場打コンクリートとの相対変形が2~3mmとかき
 わめて大きくなった後に圧潰の部分が全面に波及し、荷

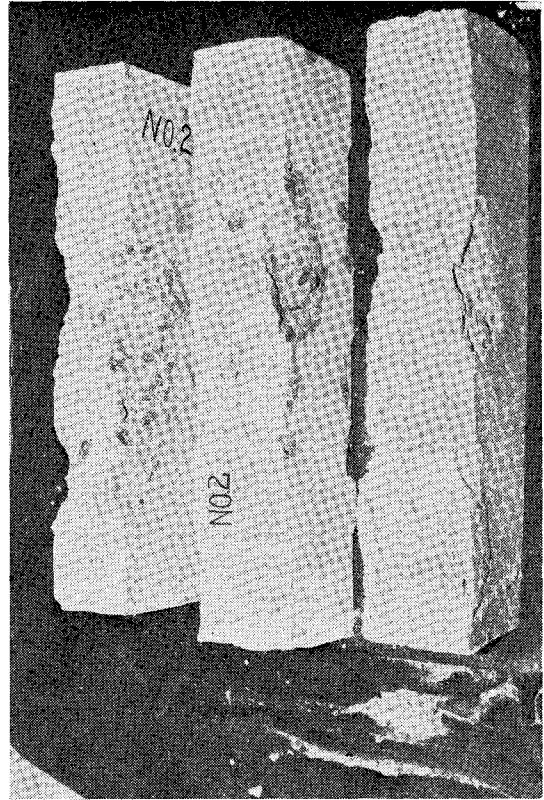
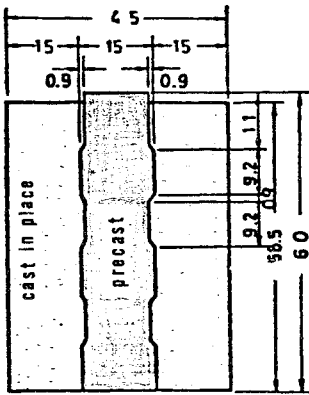
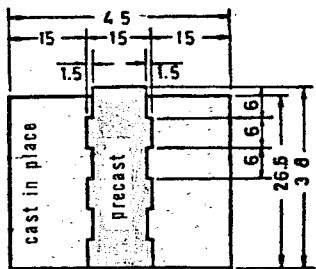
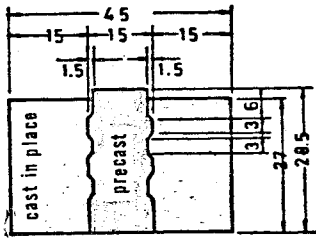


写真-1 局部支圧破壊の一例



(a) test specimen for local bearing failure



(unit: cm)

(b) test specimen for local shearing failure

図-5 押抜き試験に用いた合成部材供試体

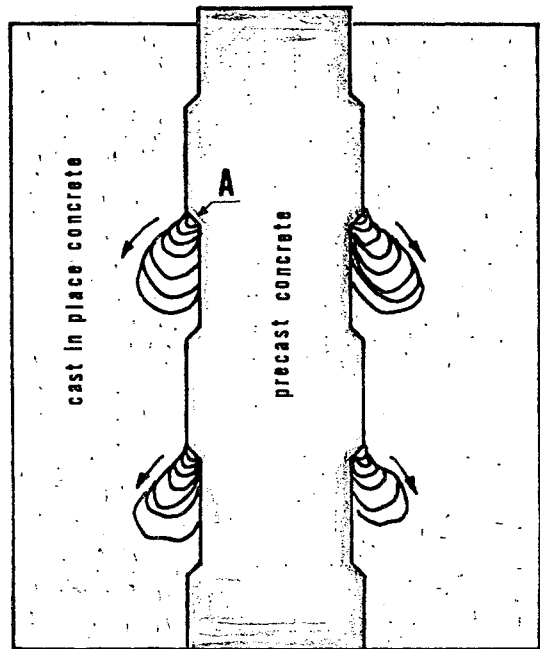


図-6 現場打ちコンクリート部に生じた
 局部支圧破壊の進行状況

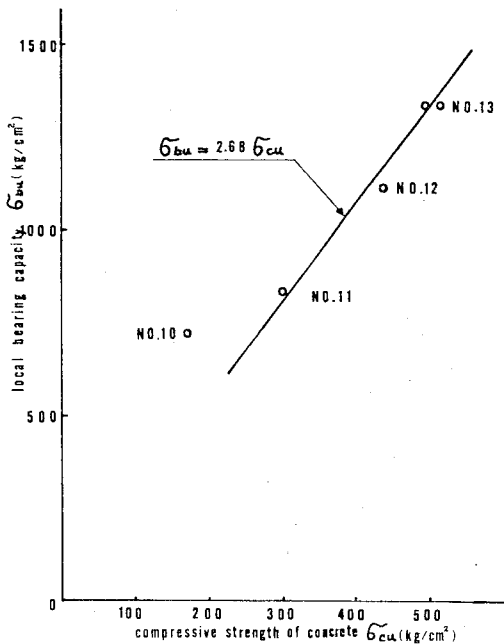


図-7 局部支圧強度とコンクリートの圧縮強度の関係

重の増大がなくなり、ついには供試体自身が最初の設置状態を保持できずに至った。したがって、この局部支圧破壊の特徴は破壊が徐々に進行してゆくことおよび全体的な破壊に至るまでの変形能力が非常に大きいことであった。

上記の凹凸の立上り部分Aが初めて圧潰する時点をもって局部支圧強度とすると、その時の局部支圧強度とコンクリートの圧縮強度との関係を実験的に求めて整理してみると図-7に示すような関係となった。4.で述べる凹凸の設計を便宜的に取り扱う方策として、この場合局部支圧強度は圧潰し始める時の荷重を各凹凸部が均等に受け持つとして支圧面積で除した値とした。図-7から局部支圧強度とコンクリートの圧縮強度の間には線形関係が成立していることが認められる。

次に、図-5 (b) に示すようにせん断面積 (凹凸の幅

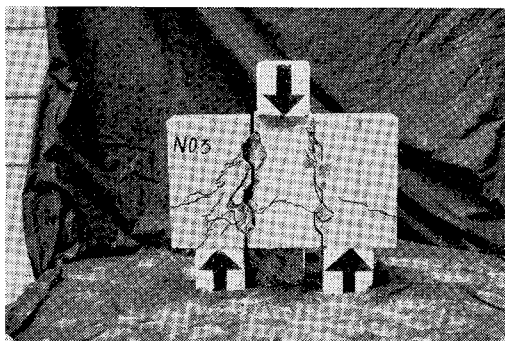


写真-2 局部せん断破壊の一例

×凹凸の間隔) を小さくして凹凸部分がきれるような押抜き供試体を作製して局部せん断破壊を観察した。写真-2は局部せん断破壊を生じさせた供試体の一例を示したものであって、押抜き荷重が増大するにつれて凹凸の立上り部分から斜めひびわれが発生・進展し、最終的にはプレキャスト素材の凹凸の間に入り込んだ現場打コンクリートの凹凸部分がプレキャスト素材の凹凸にはさまって一気に押抜かれて破壊した。この場合の破壊は急激で予知し難く、しかも破壊に至るまでの変形能力は局部支圧破壊に比べるときわめて小さいもので、これらの点がこの破壊の特徴であった。

上記の凹凸部分がきれて破壊する時点をもって局部せん断強度とすれば、この場合にも局部せん断強度とコンクリートの圧縮強度との関係を実験的に求めて整理すると図-8に示すような結果が得られた。なお、局部せん断強度は前述した局部支圧強度と同様の取り扱いで求めた。同図より局部せん断強度とコンクリートの圧縮強度の間にはコンクリートの圧縮強度が 122~496 kg/cm² の実験の範囲では線形関係が成立しているのが認められる。

以上の検討は静的荷重試験結果によるもので、さらに局部支圧破壊および局部せん断破壊を生じさせた供試体のうち、表-4に示す現場打コンクリートの圧縮強度が 300 kg/cm² 程度のものについて押抜き試験方法による繰り返し荷重の影響を検討した。その結果は表-5に示すようであって、同表より繰り返し荷重時の局部支圧強

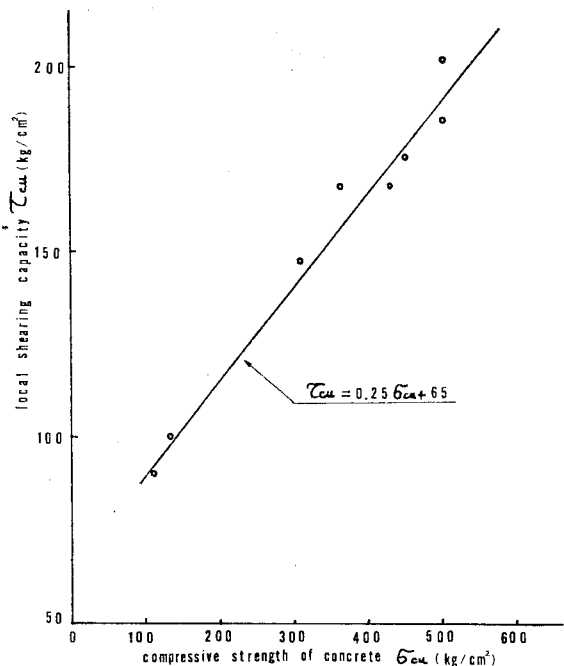


図-8 局部せん断強度とコンクリートの圧縮強度の関係

表-5 押抜き供試体による疲労試験結果

	供試体 No.	上限応力度 σ_b or τ_c (kg/cm ²)	σ_b/σ_{bu} or τ_c/τ_{cu} (%)	繰返し回数 ($\times 10^4$ 回)	破 壊
支 圧 疲 勞	FB-1	609	75	10	破 壊
	FB-2	528	65	166	破壊せず
	FB-3	568	70	100	破 壊
せん断疲労	FS-1	89	59	216	破壊せず
	FS-2	102	68	348	破壊せず
	FS-3	113	75	233	破 壊

注：1) 下限応力度はすべて静的破壊強度の 20% とした。
 2) * は支圧ならびにせん断のそれぞれの静的破壊強度に対する上限応力度の比を示す。
 3) 支圧疲労ならびにせん断疲労に用いた供試体は表-4 中の No. 11, No. 1 である。

度にしても局部せん断強度にしても静的強度の約 65% 程度が作用しても十分に 200 万回繰返し載荷に耐え、凹凸によって合成された部材がかなり安定した強度を有することが認められた。

4. プレキャスト素材に設けるべき凹凸に関する提案

プレキャスト素材に凹凸を設けることは施工的にきわめて楽な作業であるし、凹凸による合成効果が著しいことを 2. で論じ、さらに、3. では凹凸で合成された部材の境界面の局所的な変形や破壊を凹凸の形状・寸法などに関連させて論じたわけで、これらの結果に基づいて素材に設けるべき凹凸の適切な高さおよび間隔などについて検討を加えることがある程度可能となった。

プレキャスト素材に凹凸を設けて現場打コンクリートと合成すれば、プレキャスト素材の凹凸の間に入り込んだ現場打コンクリート部分も当然のことながら凹凸を形成している。したがって、境界面に作用するせん断力により凹凸部には現場打コンクリートの局部支圧破壊、現場打コンクリートの局部せん断破壊、プレキャスト素材の局部支圧破壊およびプレキャスト素材の局部せん断破壊の 4 つの破壊が生じる可能性がある。

凹凸の諸元を決めるにあたっては凹凸のどのような破壊が望ましいかをまず検討しておく必要がある。3. でも述べたように局部せん断破壊は急激で、破壊に至るまでの変形能力も小さいので破壊としては余り好ましくない。したがって、破壊までの変形能力が大きく、破壊の仕方が緩やかな局部支圧破壊の方がより望ましい破壊であると考えられる。

このような観点にたてば、凹凸部に局部支圧破壊が生じるにはプレキャスト素材および現場打コンクリートそれぞれの凹凸部の局部せん断力が局部支圧力よりも大きくなる必要がある。このことから、図-7 および図-8 で得られた実験式を導入することによって次の 2 式が成立せねばならない。

$$\tau_{cu,p} \cdot (l_{0,p} \times b) \geq \sigma_{bu,p} \cdot (b \times h) \dots\dots\dots (3)$$

$$\tau_{cu,c} \cdot (l_{0,c} \times b) \geq \sigma_{bu,c} \cdot (b \times h) \dots\dots\dots (4)$$

ここに、

第 2 添字 p および c : プレキャスト素材および現場打コンクリートに関するもの

τ_{cu}, σ_{bu} : 局部せん断強度, 局部支圧強度 (kg/cm²)

l_0 : 凹凸の純間隔 (cm)

b : 凹凸の幅もしくは周長 (cm)

h : 凹凸の高さ (cm)

一方、プレキャスト素材および現場打コンクリートの凹凸の高さは同一であって、この場合おのおのの局部支圧力の間には次式が成立する。すなわち、一般にはプレキャスト素材の方が現場打コンクリートよりも圧縮強度が大きいと考えられるので、プレキャスト素材の凹凸の局部支圧力の方が現場打コンクリートのそれよりも当然のことながら大きくなる。

$$\sigma_{bu,p} \cdot (b \times h) \geq \sigma_{bu,c} \cdot (b \times h) \dots\dots\dots (5)$$

したがって、凹凸が局部せん断破壊を生じないようにするためには、上記の式 (3)、式 (4) および式 (5) が同時に成立すれば良いわけで、このようにして設計された凹凸は現場打コンクリートの局部支圧破壊が先行することになり、先に述べた主旨と一致したものとなる。

以上のことから合理的な凹凸の諸元を設計するためには式 (3)、式 (4) および式 (5) の条件を同時に満足するようにしてやれば良い。しかしながら、このようにして求められた $h, l_{0,p}$ および $l_{0,c}$ それぞれの値はお互いに相対的な関係が求まるだけで定まった値とはならない。凹凸の高さを余り大きくすれば、コンクリート施工の点から不利となり得るし、また異形鉄筋の研究結果では凹凸の高さを余り高くするとせん断力の伝達が有効になされないと報告されている。そこで、素材に設ける凹凸の高さを実的な点や施工の点を考慮して最も適当な値に決めてやることとしたい。このようにすれば、ある範囲内で凹凸の高さと間隔とを自由に選択することが可能となり、これが凹凸の設計にとってかなり便利なものとなると考えたからである。

そのほか、凹凸の諸元を決めるにあたっては凹凸の立上りの角度をどの程度にすれば良いかが問題となる。素材の凹凸の純間隔 $l_{0,p}$ を変えずに、立上りの角度を 90° とすれば、角度が 45° のものに比べて支圧面積が同一であっても現場打コンクリートの凹凸のせん断面積を大きくすることができる。破壊の点から考えれば局部せん断破壊は余り好ましくないで、できれば立上りの角度はできるだけ小さくした方が望ましい。しかしながら、この角度を余り小さくすると異形鉄筋の研究結果では滑りが大きくなって好ましくないと論じられている。そこで、このことを実験的に念のために検討してみると図-9

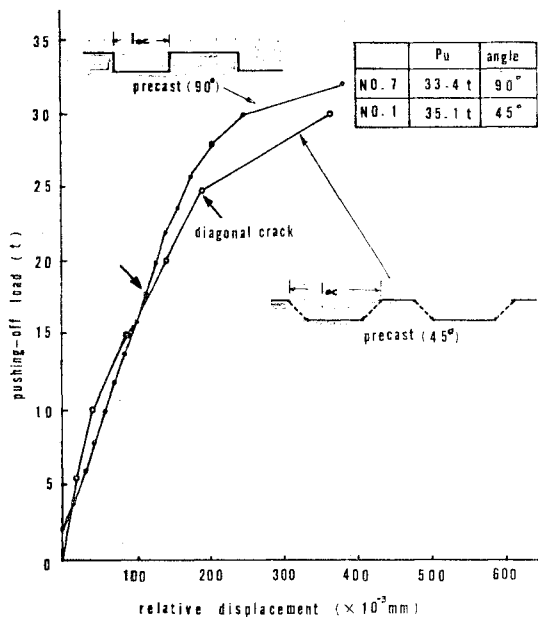


図-9 凹凸の立上りの角度が現場打、プレキャストの相対変形におよぼす影響

表-6 凹凸の計算例

凹凸の元諸	断面 $D \times D$ (mm)	平均間隔 l (mm)	純間隔 $l_{0,\rho}$ (mm)	高さ h (mm)	角 度 $(^\circ)$
4による計算結果	100×100	117	56.4	8	45
局 部 破 壊 の 検 討	㉑ 現場打・局部支圧力 $= 0.8 \times 10 \times (2.65 \times 300) = 6.4 \text{ t}$				
	㉒ 現場打・局部せん断力 $= 7.6 \times 10 \times (0.25 \times 300 + 65) = 10.7 \text{ t}$				
	㉓ プレキャスト・局部支圧力 $= 0.8 \times 10 \times (2.65 \times 500) = 10.7 \text{ t}$				
	㉔ プレキャスト・局部せん断力 $= 5.64 \times 10 \times (0.25 \times 500 + 65) = 10.7 \text{ t}$ ㉑ < ㉒ = ㉓ = ㉔				
既 往 の 研 究 成 果 と の 比 較	(計算例による値)				
	① $l/D \geq 0.70$	$117/100 = 1.16 > 0.70$			
	② $0.05 \leq h/D < 0.10$	$0.05 < 8/100 = 0.08 < 0.10$			
	③ $h/l_0 \leq 0.20$	$8/56.4 = 0.14 < 0.20$			

注: 1) 計算は $\sigma_{cu,c} = 300 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma_{cu,\rho} = 500 \text{ kg/cm}^2$ として行った.
 2) ①, ②は JIS G 3112 による規定を示した.
 3) ③は岡村氏の研究成果より引用した.

に示すように角度が 45° の場合でも 90° の場合でも相対変形量や破壊荷重は余り差が認められない。このようなことから立上りの角度としては 45° 程度が最適であると考えられる。

以上の議論によって、プレキャスト素材に設けるべき適切な凹凸として局部せん断破壊をし難くすること、余り高くしないことおよび滑り難くすることなどの条件の下で合理的に設計することが可能となった。一例として、断面が 10×10 cm のプレキャスト素材に設けるべき凹凸を設計してみると、その結果は表-6 のようになった。ただしこの場合、プレキャスト素材の局部せん断力、プレキャスト素材の局部支圧力および現場打コンクリートの局部せん断力がすべて等しいとした。立上りの角度 45°、平均間隔 $l = 117 \text{ mm}$ 、純間隔 $l_{0,\rho} = 56.4 \text{ mm}$ 、高さ $h = 8 \text{ mm}$ 程度の凹凸をプレキャスト素材に設ければ、現場打コンクリートの凹凸部の局部支圧で破壊し、既往の異形鉄筋の研究成果とも余り矛盾せず、凹凸としてはこの程度で十分であると考えられる。なお、凹凸の設計にあたっては繰り返し载荷の影響を考慮に入れることも可能であり、また一般のコンクリート部材においてはせん断力は余り必要でないので実用的には凹凸の高さを上記の 8 mm よりもさらに小さくしたい。

5. プレキャスト PC 素材による曲げ部材の力学的特性の改善

プレキャストPC素材を補強材として現場打コンクリートに埋込んで合成部材とした場合、部材表面に生じたひびわれは鉄筋コンクリート部材と異なって鋼材の腐食にはほとんど関係しない。プレキャスト素材としては一般に富配合のコンクリートで欠点も少なく、このようなもので鋼材をつつんでいるので、たとえ現場打コンクリートにひびわれが生じてても、プレキャストPC素材にひびわれが生じなければ鋼材の腐食の可能性はほとんどなく、素材に生じるひびわれが鋼材の腐食に関係があるという意味ではこれを一種の限界状態と考えることができる。そこで、これについて詳細に検討を行った。

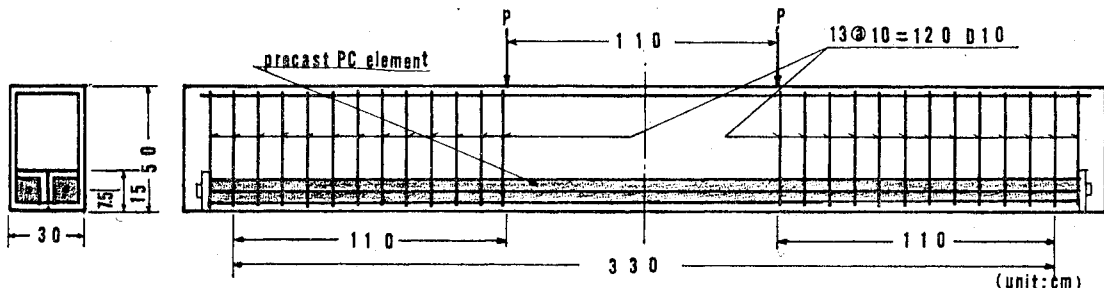


図-10 曲げ性状を検討した合成ばり供試体の一例

表-7 合成ばりに使用したコンクリートの配合および力学的性質

供試体	コンクリートの種類	最大骨材寸法 (mm)	単 位 量 (kg/m ³)					水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	力学的性質 (kg/cm ²)		
			セメント	水	細骨材	粗骨材	AE剤			圧縮強度	引張強度	弾性係数
A	現場打	25	342	142	730	1154	No. 5 L 0.86	42	39	342	27.7	2.75×10 ⁵
B		12.5	320	196	726	1096	—	61	40	198	15.9	1.97×10 ⁵
C-0		25	356	162	731	1092	—	46	40	305	27.4	2.96×10 ⁵
C-1		10	469	187	768	895	—	40	46	312	26.3	2.19×10 ⁵
C-0	プレキャスト	*1) 10	400	175	721	1063	NL-1400 4.20	44	40	576	38.3	3.40×10 ⁵
A, B, C-1		*2) 10	700	184	510	996		26	34	1100	50.0	3.90×10 ⁵

注：*1) 蒸気養生 *2) オートクレープ養生

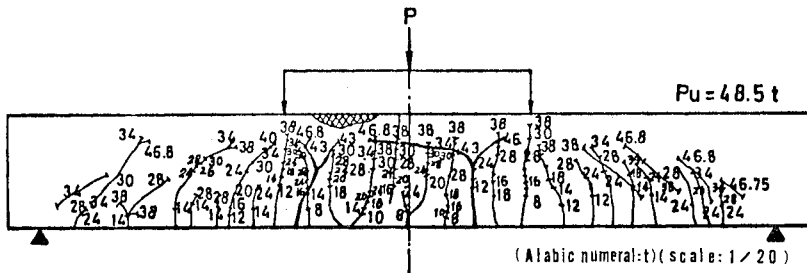


図-11 合成ばりに生じた現場打コンクリート表面のひびわれの一例

実験に用いた合成ばり供試体は図-10にその一例を示し、供試体の種類としては3種類にした。試験方法は等曲げモーメント区間をもった二点集中載荷試験である。載荷の方法は（Ⅰ）現場打コンクリートに曲げひびわれが生じる段階、（Ⅱ）プレキャストPC素材に曲げひびわれが生じる段階、（Ⅲ）破壊までの段階のおのおのについて繰り返し載荷を行った。実験に使用したコンクリートの配合および力学的性質を表-7に併せて示す。

(1) ひびわれ

図-11は曲げ載荷試験を行った合成ばりの現場打コンクリート表面に発生した曲げひびわれの実測の一例を示したもので、曲げひびわれが均等に良く分布していることが認められる。合成ばりの現場打コンクリート表面に発生した実測の平均ひびわれ間隔および平均ひびわれ幅は、プレキャストPC素材にちょうど曲げひびわれが生じる段階で、それぞれ(13.8~15.7 cm), (0.09~0.16 mm)程度であった。これらの値は、鉄筋コンクリート部材のそれぞれ⁹⁾(10.0~18.5 cm), (0.17~0.26 mm)に比すとほぼ同程度であることが認められる。また、残留平均ひびわれ幅については(0.01~0.04 mm)程度であって、これは鉄筋コンクリート部材に比すと若干小さい値となった。なお、この残留平均ひびわれ幅の測定からではプレキャストPC素材に生じた曲げひびわれが完全に閉じたかどうかは明らかにできないが、プレキャスト素材に導入したプレストレスによりひびわれはほとんど閉じるものと考えられる。

そこで、素材にちょうど曲げひびわれが生じる応力度

をプレキャストPC素材の許容応力度となるように合成ばりを設計すれば、プレキャストPC素材の付着面積を同一の鋼材量をもつ鉄筋コンクリート部材に比してきわめて大きなものとする事ができる。したがって、素材に作用する付着応力度を小さくでき、付着に対してかなり安全

なものとする事が可能となる。プレキャストPC素材もしくは鋼材の許容応力度時に生じるひびわれの観点にたてば、現場打コンクリートに対するプレキャストPC素材の付着性能は異形鉄筋と同程度位に優れているともいえる。なお、合成ばりにおいては上記したひびわれがたとえ生じたとしても鋼材の腐食の恐れはほとんどなくなり、またたとえプレキャストPC素材にひびわれが生じたとしても、除荷されれば素材に導入したプレストレスによりひびわれがほとんど閉じることを考え合せれば、この種の合成部材がきわめて耐久的に優れたものと

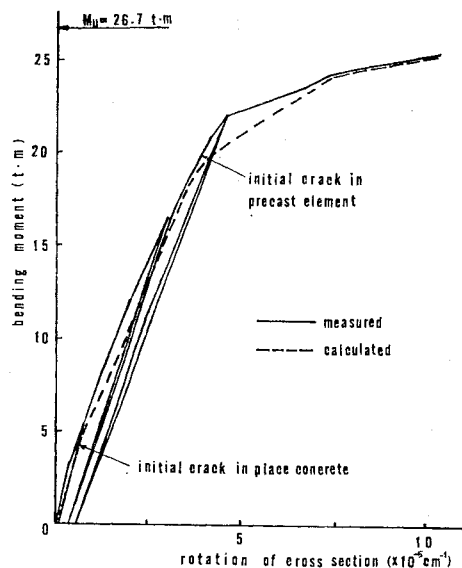


図-12 合成ばりの変形状

なる可能性が示された。

(2) 限界状態

図-12 は合成ばりの変形性状の一例を示したものである。これより、モーメント4.4t・mのときに現場打コンクリートに曲げひびわれが生じるが、その後の剛性の低下は大きくない。また、プレキャストPC素材には曲げひびわれがモーメント19.8t・m(終局モーメントに対して74%)のときに生じ、この限界状態を終局状態の1/2以上に容易に高めうることが認められる。なお、この限界状態以下では合成ばりの変形性状はきわめて弾性的であり、しかもこの間に数回の繰返し载荷を受けても、その弾性性状は余り変化を受けていないことが認められる。さらに、この限界状態以上になると、引張力はPC鋼材のみで受けもたれるため変形が急激に大きくなりモーメント26.7t・mで破壊に至った。

上記した限界状態および変形性状の解析はプレキャストPC素材の応力・ひずみの関係を求め、これを鉄筋の応力・ひずみの代わりに用いて鉄筋コンクリート部材で行われる通常の解析方法で行えば可能である。図-13中に示した破線はこのような方法で求めた計算値を示したもので、実測値と計算値とが終局時に至るまでかなり良く一致していることが認められる。さらに、このことを具体的に詳しく検討するために、(1)現場打コンクリートに曲げひびわれが発生する時期、(2)プレキャストPC素材に曲げひびわれが生じる時期(限界状態)および(3)終局耐力などについて実測結果と計算結果との比較を行った。表-8はそれを示したもので、同表より、計算値に対する実測値の比は上記(1),(2),(3)に対して平均値で97%,98%,104%で両者の間に良い一致が認められる。

前述した限界状態は鋼材が腐食しにくいという意味で

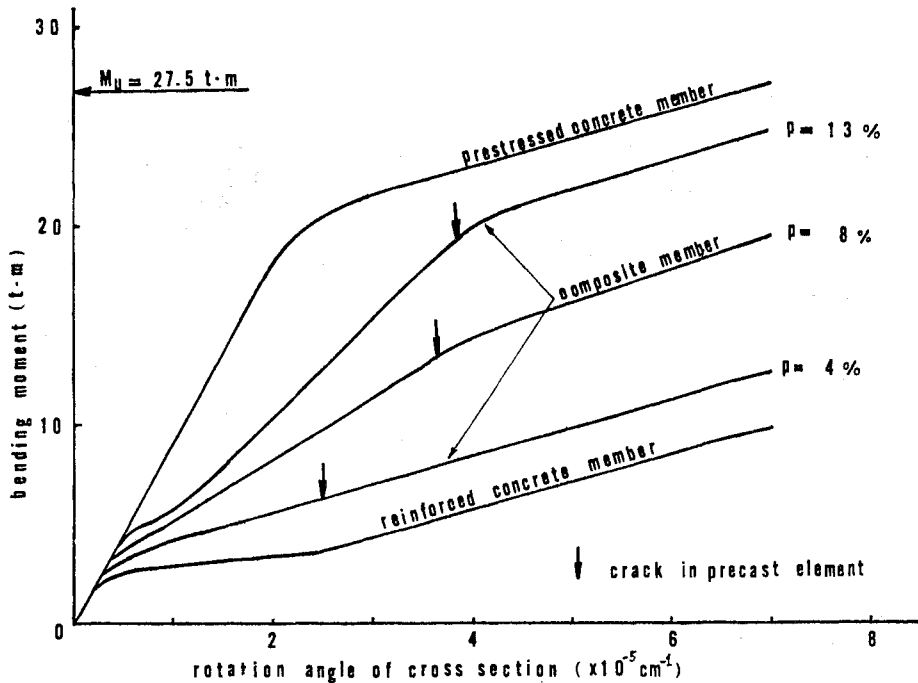


図-13 プレキャストPC素材の使用比率が合成ばりの変形性状におよぼす影響

表-8 合成ばりの曲げ試験結果

供試体	現場打・曲げひびわれ荷重			プレキャスト素材・曲げひびわれ荷重			終局耐力			備考
	実測値 (t)	計算値 (t)	実/計 (%)	実測値 (t)	計算値 (t)	実/計 (%)	実測値 (t)	計算値 (t)	実/計 (%)	
A-0	20	21.0	95	110	113.5	97	168.5	156.6	108	*せん断破壊のため平均値から外した。
A-1	20	21.0	95	100	107.5	93	190.2	156.6	121	
B-0	4.0	4.8	83	44	44.8	98	60.0	106.5	56*	
B-1	8.0	4.8	167*	44	44.8	98	62.0	106.5	58*	
C-0	—	—	—	26	25.5	102	57.0	64.8	88	
C-1	8.0	7.1	113	36	36.9	98	48.5	50.0	97	
	平均 (97)			平均 (98)			平均 (104)			

の耐久性の点から重要であると同時に、この限界状態を前後にして合成部材の変形性状が急激に変化することから考えても、きわめて重要な限界状態であると考えられる。この限界状態に影響をおよぼす要因としてはプレキャスト素材に導入するプレストレス量および素材の使用比率が考えられ、これらの影響について検討しておくことはきわめて必要である。

近年、プレキャストコンクリート工場において高強度のコンクリートの製造が容易になってきており、このようなコンクリートにかなり多量のプレストレスを導入することも可能となってきた。表-8 に示した合成ばり C-0 および C-1 の素材の使用比率はほぼ同じであるが、プレストレス量はおおの 175 kg/cm²、325 kg/cm² としたものである。これに対して C-0 および C-1 の限界状態は終局状態に対してのおおの 46%、74% で、当然のことながらプレストレス量が大きければ限界状態も高められる。

さらに、プレキャスト P C 素材の使用比率の影響を検討するために、プレキャスト素材に導入するプレストレスを同一にして、使用比率 p を 13%、8%、4% と 3 種類に変化させた場合の合成ばりの変形性状の比較を C 供試体について計算で行い、その結果を図-13 に示した。なお、同図にプレキャスト素材に導入したプレストレス力と同じプレストレス力を導入してプレストレスコンクリート部材とした場合およびプレストレス力を零として鉄筋コンクリート部材とした場合の変形性状も併せて示した。同図より、プレキャスト P C 素材の使用比率 p が小さければ剛性も小さくなりそのため限界状態も低くなるのが認められる。たとえば、 $p=4\%$ 程度であると、その剛性はプレストレスコンクリート部材の 1/4 程度となり、限界状態は終局状態の 20% 程度となる。一方、 $p=13\%$ 程度にするとその剛性はプレストレスコンクリート部材の 1/2 程度となり、限界状態は終局状態の 70

prestressed concrete beam	composite beam
compressive strength of place concrete $6_{cm} = 400 \text{ kg/cm}^2$	
prestress $6_c = 87 \text{ kg/cm}^2$, $6_{pp} = 110 \text{ kg/cm}^2$	
amount of reinforcement $As1 = 354 \text{ mm}^2$, $As2 = 266 \text{ mm}^2$	
elastic modulus of place concrete $E_c = 2.5 \times 10 \text{ kg/cm}^2$	
// of reinforcement $E_s = 2.0 \times 10$ //	
// of precast conc. $E_p = 4.0 \times 10$ //	
design moment $M_c = 1.09 \times 10 \text{ kg-cm}$	
$As2 / As1 = 75 \%$	

図-14 合成ばりとプレストレスコンクリートばりの鋼材量の比較

% 程度となる。

以上の検討により、プレキャスト素材に導入するプレストレス量を 300 kg/cm² 程度でプレキャスト P C 素材の使用比率をたった 13% 程度以上とするだけで、合成ばりの限界状態をプレストレスコンクリート部材と同程度もしくはそれ以上に高め得ることができ、また合成ばりの力学性状をプレストレスコンクリート部材の力学性状に近似させることが明らかとなった。このことが、この種の合成部材の曲げ特性の一つである。

次に、その種の合成ばりの経済性を検討する一つの手段として、鋼材の量をプレストレスコンクリートばりと比較した。図-14 は同一の設計モーメントが作用したときに、最下縁の応力度が零になるプレストレスコンクリートばりとプレキャスト P C 素材の下縁の応力度が零になる合成ばりの鋼材量の比較を行ったものである。

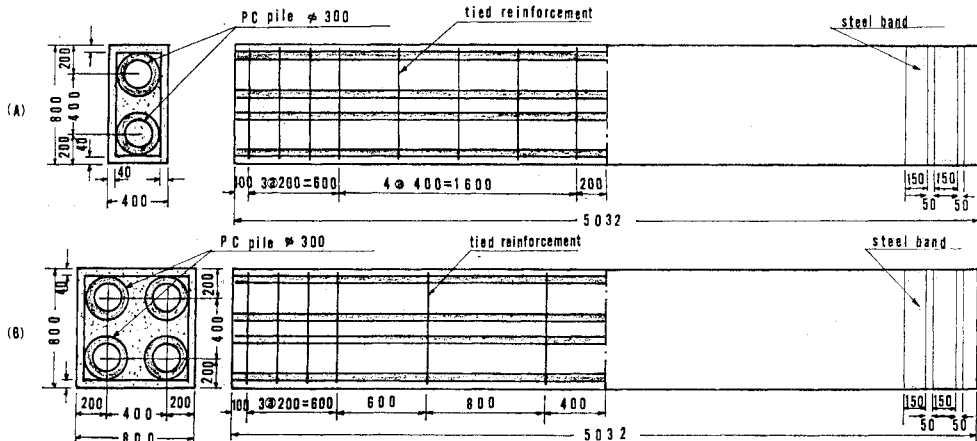


図-15 軸力と曲げを作用させた合成柱供試体

表-9 コンクリートの配合および力学的性質

コンクリートの種類	最大骨材寸法 (mm)	単位量 (kg/m ³)					水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	圧縮強度 (kg/cm ²)	弾性係数 (×10 ³ kg/cm ²)
		セメント	水	細骨材	粗骨材	AE剤				
現場打	40	356	178	866	434	0.14	50	49	328	1.81
プレキャスト	25	420	160	704	1082	2.10	38	40	440	3.27

同図によれば合成ばりの方が鋼材の量を 25% 程度減少させることが認められる。このように鋼材の量を減らせる原因としては、プレキャスト素材として高強度のものを利用できるため多量のプレストレスを導入できること、およびプレストレスコンクリート部材のように断面の圧縮側にプレストレスを導入しなくても良いため、プレストレスを有効に利用できると考えられる。

以上の検討から、構造物の種類によっては鉄筋コンクリート部材とするよりもこの種の合成部材とした方が曲げ剛性の改善に役立ち、鋼材の腐食の恐れもなくなるため耐久的となる。また、合成部材にプレストレスコンクリート部材に近い力学性状を有させ得ることから、場合によっては合成部材とした方がジャッキング操作などの手間が省け、鋼材量を減らせるので、プレストレスコンクリート部材とするよりも省力化・急速化施工が期待でき、経済的となる可能性が示された。

6. 軸力と曲げを受ける合成柱の力学的特性

大断面を有するコンクリート部材の補強材としては比較的小型のものを多く使用するよりは大型の補強材を少なく用いればその配筋などの施工性が改善され、部材も欠陥の少ないものとする事ができる。

わが国では遠心力締固めによるプレキャストPCパイロなどの製造技術ならびに生産量は外国に比して非常に高いものがある。プレキャストPCパイロは本来杭であって地中に用いられるものであるが、これをPC素材として地上もしくは海中において現場打コンクリートとの併用で用いれば施工性の点で改善でき、またコンクリート施工に伴う諸欠陥を回避できる利点が生じてくる。

大型の補強材を用いた合成構造の研究はほとんどなされていない実情を鑑みて、ここではプレキャストPCパイロのような大型のものを補強材とした大型の合成柱の力学的特性を軸力と曲げモーメントが同時に作用する状態の下で検討した。

実験に用いた合成部材供試体は図-15 に示すようであって、供試体の高さはすべて 5m で、(A) 断面 40×80 cm の中に、プレキャストPCパイロ (外径 30 cm, 内径 18 cm) を 2 本埋込んだものおよび (B) 断面 80×80 cm の中に同プレキャストPCパイロを 4 本埋込んだものの 2 種類がある。なお、使用したプレキャストPC

パイロは有効プレストレス (100 kg/cm²) の種別がすべてC種のものである。また、実験に用いたコンクリートの配合および力学的性質を表-9 に示す。試験方法は偏心圧縮載荷試験であって、弾性限度内において数回の繰り返し載荷を行った。偏心距離 *e* としては断面内がすべて圧縮応力の状態および断面内に一部引張応力が生じるように考慮して、*e*=0 cm, 6.4 cm, 20 cm とした。

写真-3 は合成柱 CO2-e=20 の現場打コンクリート



写真-3 合成柱 CO2-e=20 に生じたひびわれ状況

ト表面に生じた曲げひびわれの状況を示したもので、平均ひびわれ間隔は 31.4~44.7 cm となり、補強材に大型のプレキャスト PC パイルを用いたことや表面に何の凹凸も施していない通常のものを使用したことにより通常の鉄筋コンクリート部材に比べて非常に大きなものとなったが、ひびわれの分布はかなり均等であった。なお、このひびわれについてプレキャスト PC パイルに適切な凹凸を施してやれば、付着性能がかなり改善されたものとなって、これ以上に過大になることはないと考えられる。なお、この場合曲げひびわれは現場打コンクリート表面に発生したもので、プレキャスト PC パイルにひびわれが発生しなければ、5. でも論じたように鋼材の腐食の恐れがなくなり、したがってこの種の大型の補強材を用いた合成部材でも耐久的なものとなり得る。

図-16 は合成柱 CO2-e=20 の荷重とひずみの関係の一例を示したものである。これより、荷重が 120 t のときに現場打コンクリートに曲げひびわれが生じるが、合成部材のその後の変形性状はこの曲げひびわれにはほとんど影響を受けていないことが認められる。さらに、高荷重になっても弾性的性状は荷重が 400 t 程度（終局荷重の 84%）まではほとんど変化せず、その後多少変形が大きくなって 477 t で破壊に至った。上記の合成部材の弾性限度がかなり高められたことや、現場打コンクリートに曲げひびわれが生じても変形性状がほとんど影響を受けていないこと理由は 5. でも確かめたように、プレキャスト PC パイルの使用比率がこの場合で 20% 程度もあって、補強材がかなり大型のものであってもその力学的特性がプレストレストコンクリート部材のそれにきわめて近くなったことによるものと考えられる。

なお、このような合成部材の変形性状の解析にあたっては合成部材断面を図-17 に示すように等分割し、おのおのの分割された部分で現場打コンクリートおよびプレキャスト PC パイルの断面積を求め、この断面積に高さ

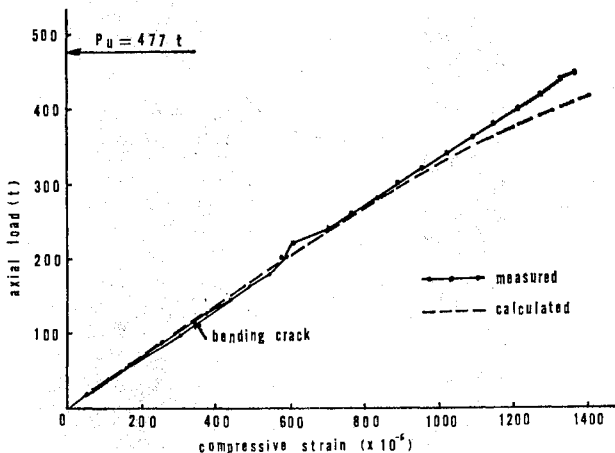
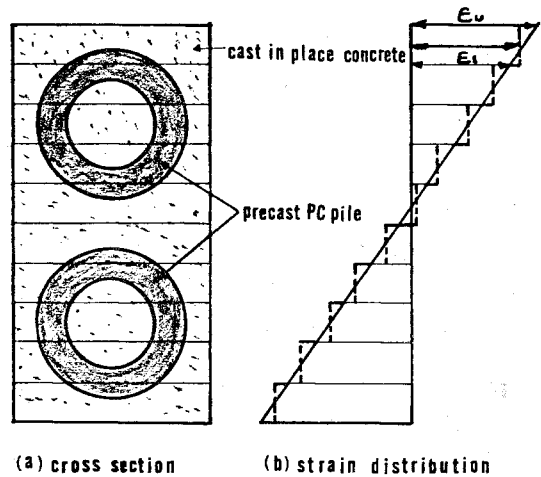


図-16 軸力と曲げを受けた合成柱の変形性状

松本：



(a) cross section (b) strain distribution

図-17 合成柱の解析方法

表-10 軸力と曲げを受けた合成柱の終局耐力

供 試 体	実 測 値 (t)	計 算 値 (t)	実/計 (%)	備 考
CO2-e=6.4	516	707	73*	* 印のものは、支 圧破壊であったの で、平均から外し た。
CO2-e=20	477	477	100	
CO3-e=0	1750	1508	116	
CO3-e=20	750	806	93	
平均 (103)				

が一分割になるような等価な断面積を計算し、さらに各分割部分における上縁と下縁のひずみの平均ひずみが断面に一樣に生じるとして力のつり合い条件とひずみの適合条件を満足するように逐次計算を行った。図-16 中に示した破線はこのような方法で求めた計算値を示したもので、計算値と実測値とが終局時に至るまで良く一致していることが認められる。また、表-10 に終局耐力についての実測値と計算値の比較を示したが、計算値に対する実測値の比は 93~116% (平均 103%) となり、両者がほぼ一致したのである。

また、軸方向圧縮力のみを受ける合成柱の力学性状をも検討してみた結果、図-18 にその変形性状の一例を示すようにプレキャスト素材の影響が著しく、その使用比率が 20% 程度でも終局時に至るまでかなり弾性的であることが認められる。なお、図中に示した計算値は合成柱の耐力 P がプレキャスト PC 素材と現場打コンクリートのおのおのの軸方向耐力の和で表わされるとして次式により求めたものであって、終局時に至るまで実測値と良く一致していることが認められる。

$$P = A_{pc} f_{pc}(\epsilon) + A_c f_c(\epsilon) \dots \dots \dots (6)$$

ここに、

A_{pc} , A_c : プレキャスト PC 素材, 現場打コンクリートそれぞれの有効断

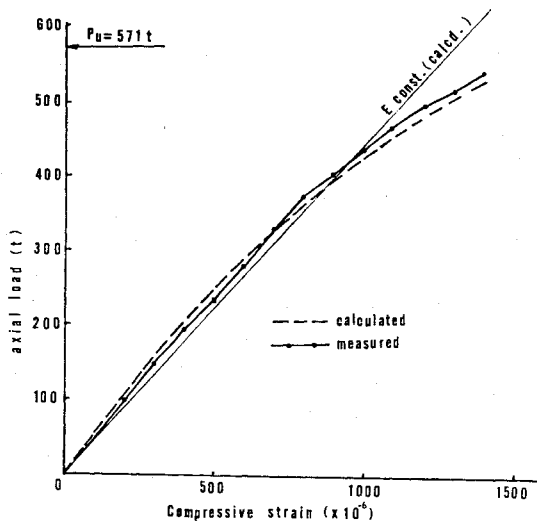


図-18 軸力のみを受けた合成柱の変形状

面積

f_{pc}, f_c : プレキャストPC素材, 現場打コンクリートに作用する応力度であって, ひずみ ϵ の関数で与えられる.

さらに, 合成柱のみかけの弾性係数と終局耐力について実測値と計算値の比較を試みた結果, 表-11 に示すようにみかけの弾性係数についてはコンクリートを現場打, プレキャスト素材ともに弾性体と仮定して求めた計算値は 93~117% (平均 104%) とほぼ実測値に一致した. また, 終局耐力については実験の数が少ないので明らかでないが, 式 (6) において P が最大となる値に一致するものと考えられる.

表-11 合成柱の中心軸方向圧縮載荷試験結果

供試体名	みかけの弾性係数 ($\times 10^4 \text{ kg/cm}^2$)			終局耐力 (t)		
	実測値	計算値	実/計 (%)	実測値	計算値	実/計 (%)
3	4.46	4.29	104	317	321	99
2-R0-A	2.66	2.86	93	574	609	94
2-R3-A	2.64	2.73	97	506	556	91
2-F-A	2.78	2.76	101	490	517	95
2-R3-P	2.88	2.75	104	571	514	111
2-F-P	2.84	2.73	104	420	506	83*
CO 1-33	2.78	2.54	117	1080	940	114
CO 1-300	3.12	2.82	111	1110	1110	100
	平均		104	平均*		101

* 2-F-P の破壊が供試体中央部で偏心圧縮破壊であったので平均より外した.

以上のことから, 合成部材に軸力と曲げモーメントもしくは軸力のみが作用する場合でも合成作用は終局時に至るまで十分に期待できることが実物大に近い供試体の実験から確かめられたのであって, この種の合成部材が場合によっては地上の構造物もしくは海中コンクリート構造物に利用される可能性が一段と高められたことを示

すものである.

7. 結 論

プレキャストPC素材で補強したコンクリート合成構造は品質や耐久性に対する信頼度が増すばかりでなく, 急速化および省力化施工となる可能性がある. 諸外国およびわが国においてはこの種の合成構造物は舗装を対象とした構造物の一部を除けば現在のところほとんど実用に供されていない. したがって, 汎用性のある実用化を押し進めるためにはその力学的特性が明らかにされる必要があるものと考えられる.

本論文は, この種の合成構造の基礎的資料を得るために, 合成部材供試体を製作し, 実験検討を行ったもので, その結果から実験の範囲内で次のことがいえると思われる.

(1) プレキャスト素材と現場打コンクリートの合成構造において一体性の問題はきわめて重要であって, 特に境界面にせん断力が作用すると両者の一体性が過早に破壊される恐れが生じ, この点が合成部材にとって一番の弱点となる. 新旧コンクリートの打継目に関する研究⁴⁾ や異形鉄筋に関する研究⁵⁾ などからの発想でプレキャスト素材に予め凹凸を設けておくことにより, この弱点をある程度補えることが明らかになった. たとえば, せん断スパン比 (a/d) が 2 の場合, 破壊時における水平せん断応力度 τ_2 は凹凸を設けたものでは約 29 kg/cm^2 程度もあって, これは凹凸を設けないものに比べて 70% 程度の耐力増加となったのである. また, 凹凸を既往の研究成果を参考にして改善したものとすれば, τ_2 は 68 kg/cm^2 となりさらに大きな耐力増加となったのである. また, 凹凸で接合した合成部材に繰り返し載荷をした場合においても, 静的破壊強度の 60% 程度のせん断力が作用しても 200 万回繰り返し載荷に十分に耐えることが認められたのである. したがって, この種の合成部材を実用に供する場合には一般にせん断力は余り大きくないので, プレキャスト素材に適当な凹凸を施すだけで, この種の合成部材をせん断に対して十分に安全なものとするのが可能となった. さらに, 一体性を強化する方法として現場打コンクリート部分にだけでもスターラップを配置すれば両者を必ずしもつながなくとも相当大きなせん断力に耐えることが明らかになったのであって, これよりプレキャストPC素材を型枠にも併用することの可能性が一段と高められた.

(2) プレキャスト素材に設ける適切な凹凸については異形鉄筋での研究成果をある程度適用できるが, その場合問題になることは異形鉄筋の場合と異なって凹凸そのものが破壊することである. 合成部材供試体を製作し

特に境界面が観察できるようにして行った押抜き試験から凹凸部分の局部的な力学特性がある程度明らかとなった。たとえば、素材に設ける凹凸の高さや間隔などを小さくすれば、凹凸部分が潰れたり、きれたりすることになり、このような破壊を局部支圧破壊および局部せん断破壊と呼称すれば、前者の破壊は徐々に進行し、破壊に至るまでの変形能力がきわめて大きいことの特徴が認められ、後者の破壊は急激で予知し難く、破壊に至るまでの変形能力が小さいことの特徴が認められた。また、このような破壊時の局部的な強度とコンクリートの圧縮強度との間に図-7および図-8に示すような実験式が得られた。

これより、合成部材の境界面の局部的な力学特性が明らかとなった結果、初めてプレキャスト素材に設ける凹凸を合理的に設計することが可能となった。すなわち、3. で得られた境界面の力学的特性から考えれば、凹凸で合成された部材の局部破壊としては局部せん断破壊よりも局部支圧破壊の方が望ましいと考えられるので、プレキャスト素材の凹凸および素材の凹凸の間に形成された現場打コンクリートの凹凸部分に局部せん断破壊が生じないようにすれば 3. で得られた実験式を導入することにより、凹凸の純間隔 ($l_{0,c}$), ($l_{0,p}$) および高さ (h) をそれぞれの相対的な比として求めることができる。さらに、高さ (h) を異形鉄筋に関する既往の研究成果や凹凸作製時のコンクリートの施工性の点を考慮して実用的な範囲で適当と考えられる値に決めれば、他の諸元 ($l_{0,c}$, $l_{0,p}$) もそれに応じて決定することができる。そのうえ、凹凸の立上りの角度を 45° 程度にし、上記のような方法によって求められた凹凸は既往の研究成果とも余り矛盾せず、凹凸が必要とすべき要件を十分に満たし、実用に応じて高さや間隔などを自由に選択することの可能性が見い出された。

(3) 曲げモーメントを作用させた場合のこの種の合成部材の力学性状はプレキャストPC素材の影響がきわめて著しい。たとえば、PC素材の使用比率を 13% 程度とするだけでプレストレス力を零とした鉄筋コンクリート部材の曲げ剛性をかなり改善することが可能であり、また、同様のプレストレス力を導入されたプレストレスコンクリート部材の力学性状に近似させ得ることが可能である。なお、合成部材の力学性状の解析にはプレキャストPC素材を鉄筋と考え、鉄筋コンクリート部材と同様の解析方法で行えば良いことも併せて明らかとなった。また、この種の合成部材表面に生じるひびわれは鋼材腐食には関係なく、またたとえプレキャスト素材にひびわれが生じたとしても除荷されればひびわれはほとんど閉じ、鋼材腐食の恐れはなくなる。この意味からプレキャスト素材に生じるひびわれは一種の限界状態と

考えられ、設計荷重作用状態をこの限界状態以下になるように設計すれば、この種の合成部材をきわめて耐久的なものとするのが可能である。

(4) この種の合成部材に軸力と曲げが作用する場合の力学性状は補強材の影響が著しい。そのため軸力作用に対しては部材の弾性限度をかなり高めることができ、また曲げ作用に対しては(3)でも論述したようにプレストレスコンクリート部材に近い力学性状をこの種の合成部材に有させ得ることが明らかとなった。なお、この場合に補強材にプレキャストPCパイロのような大型のものを用いても現場打コンクリートとの合成作用が終局時に至るまで十分に期待できることが実物大に近い合成部材供試体によって明らかとなった。

以上の結果から、プレキャストPC素材で補強したコンクリート合成構造物の力学特性が明らかとなった。特に、プレキャスト工場において高強度のコンクリートの製造も容易になってきている現在、これを高強度の鋼材との併用でプレキャストPC素材として合成構造物に利用すれば、その力学的特性がさらに高められ非常に有効となり、ひいては高強度のコンクリートおよび鋼材の有効利用になると思われる。またわが国のようにプレキャストPCパイロなどの製造が盛んな所ではこれを補強材としたコンクリート合成構造物を地上構造物のみならず海洋構造物にも利用すれば、コンクリート施工に伴う諸欠陥を大幅に回避でき、場合によってはこの種の合成構造物の方が急速化、省力化施工ともなり非常に経済的になる可能性があると思われる。今後は本研究で得られたこの種の合成構造の力学的諸特性を有効に発揮できるようにして、プレキャストPC素材の継手や定着の問題などの研究をおし進めるつもりである。

参考文献

- 1) 舗装, 建設図書, Vol. 17, No. 12, 1972.
- 2) 田辺忠頭: プレストレストコンクリート部材の接合に関する基礎研究, セメント技術年報 XXIII 昭和 44 年(1969).
- 3) 第 2 回異形鉄筋シンポジウム: 土木学会コンクリートライブラリー, 第 14 号, 1969 年, 12 月.
- 4) 国分正胤: 新旧コンクリートの打継目に関する研究, 土木学会論文集, 第 8 号, 1948.
- 5) Hanson N.W.: Prestressed Concrete Prisms as Reinforcement for Crack Control, PCI Journal, Oct., 1966.
- 6) 松本 進: プレキャスト PC 部材と現場打コンクリートとの接合に関する基礎研究, 土木学会年次学術講演会講演概要集, 第 V 部門, 1972.
- 7) 大浜・小林: コンクリート合成ばりの打継面の付着特性について, 第 26 回セメント技術大会, 昭和 47 年 5 月.
- 8) 長滝・後藤: PC ロッド合成梁の力学的性状, 土木学会年次学術講演会講演概要集, 第 V 部門, 1972.
- 9) 土木学会: 鉄筋コンクリート終局強度理論の参考, 第 34 号, 8 月, 1972.
- 10) John A. Franklin: Triaxial Strength of Rock Material, Rock Mechanics, 1971. (1975.4.12・受付)