

## プレキャスト PC 板を用いた橋梁床版

神 田 創 造\*  
 興 水 千 尋\*\*  
 大 神 芳 馬\*\*\*

### 1. はじめに

最近の土木事業量の伸び率は非常に著しいものであるが、これに比例して労務者の不足が目立ってきており、とくに、技能労務者（大工、鉄筋工等）の不足は深刻な問題であり、工事工程を大きく左右する要因となりつつある。この労務不足の解決策として、コンクリート工事においても、プレキャスト化の必要性が叫ばれるようになってきたが、橋梁の床版工事についても、種々のプレキャスト化が試みられるようになってきた。

橋梁床版をプレキャスト工法により施工する場合、設計施工上の問題点として、次の事項が常に指摘されている。

- 1) プレキャスト床版ユニットの橋軸方向の連続性。
- 2) プレキャスト床版と主桁との結合方法。
- 3) プレキャスト床版のハンドリングの容易さ。

以下に報告するものは、従来の場所打ち鉄筋コンクリート床版工事のうち、比較的労務量と工期を要する型わくおよび型わく支保工の組立解体作業を省略し、あわせて、プレキャスト床版とした場合の、上記問題点を回避しようとしたものである。この床版を便宜上「PC合成床版」と略称し、以下に紹介する。

### 2. PC 合成床版の構造と問題点

#### (1) 構造

この床版の構造は、図-1 に示すような、厚さ 40 mm ~ 60 mm のプレキャスト PC 板（以下「PC板」とい

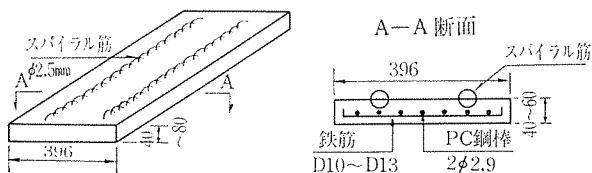


図-1 PC 板

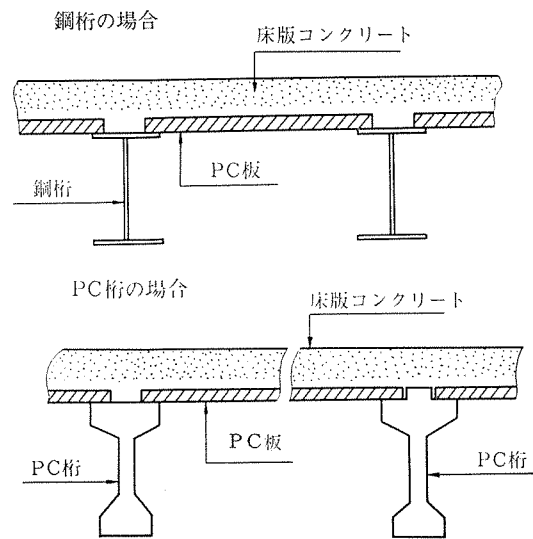


図-2 PC 板を用いた鋼桁および PC 桁

う)を 図-2 および 写真-1 のように、橋桁間に敷設し、この上に、写真-2,3 のように鉄筋を組み、場所打ちコンクリートを打設するものであり、この場所打ちコンクリート硬化後に床版に作用する後死荷重および活荷重に対しては、PC板と場所打ちコンクリートが付着およびPC

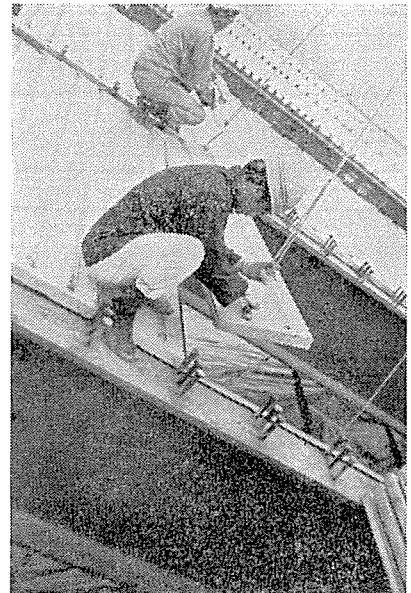


写真-1 PC 板敷設中

板にあらかじめ埋設されたスパイラル筋とにより、合成された一体の床版として抵抗するようにしたものである。

#### (2) PC 合成床版の問題点

\* 日本道路公団企画調査部 企画課長代理

\*\* ビー・エス・コンクリート(株) 東京支店設計課長

\*\*\* 富士ビー・エス・コンクリート(株) 東京支店次長



写真-2 鉄筋配置



写真-3 コンクリート打設

PC合成床版の設計施工上の問題点として、以下の事項が考えられる。

1) PC板の製作精度：製作されたおのおののPC板を敷設した場合、PC板相互間に、厚さやそのりによる高低差が大きく生じないかどうか。

2) PC板と場所打ちコンクリート部との合成効果：PC板の上面は木ゴテでならした程度の粗面であり、かつ、図-1 に示した程度のジベル用のスパイラル筋を埋設しているが、この程度で十分な合成効果が期待できるかどうか。

3) 繰返し動的に作用する輪荷重を受けても、合成効果と耐力は十分かどうか。

4) 合成床版の異方性：PC板部は橋軸方向に不連続な構造となっている。したがって、床版の曲げモーメントを現在の道路橋示方書（日本道路協会）により算出することは、この示方書の算出式が、床版を等方性と仮定して求められていることを考えると、このまま適用することは不適当と考えられる。

以上の諸点についてその実態を知るため、静的、動的試験を実施したので、その結果について以下に報告する。

### 3. 試験の概要

#### (1) PC板の製作そりと仕上がり精度

PC板のそり量を場所打ちコンクリートの打設の前後に測定したが、図-3 および表-1 よりPC板厚 50 mm のものは、コンクリート打設前が 18~38 mm で、打設後は 5~15 mm となっており、PC板厚 60 mm のものは打設前 10~15 mm で、打設後は 3~11 mm であった。これは現在の場所打ち鉄筋コンクリート床版の仕上がり精度より考えれば、一応許容される精度と考えられる。

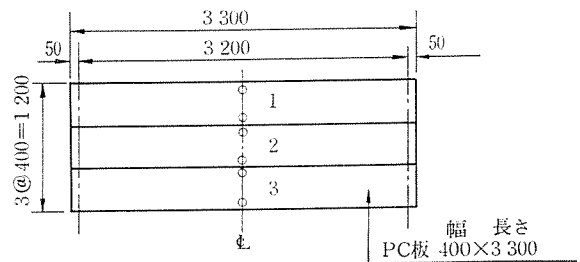


図-3 そり量測定位置図

表-1 PC板そり量測定結果

(単位：mm)

供試体の種類	測定位置	そり			備考		
		打設前	修正後	打設後			
支間部	50-S 無	1	35 38		15 15		
		2	22 23		9 8		
		3	18 18		4 5		
	50-S 付	1	26 28	22 25	10 11		コンクリート打設前そり修正
		2	17 16	24 25	6 6		
		3	25 29	25 27	11 11		
60-S 無	1	9.5 8		2 2			
	2	10.5 13		3 5			
	3	11 10		4 4			
60-S 付	1	25 22	18 21	11 11	コンクリート打設前そり修正		
	2	18 19	19 19	10 10			
	3	12 12	13 12	7 8			

注：そり修正は相互のPC板のスパイラル筋に鉄筋をさし込み上面のレベルを合せることにより行った。

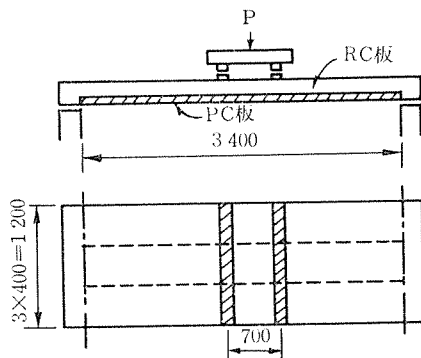
#### (2) 静的載荷試験

a) 供試体と試験方法 供試体は3枚のPC板を1組として、表-2 に示す6個のPC合成床版を製作した。

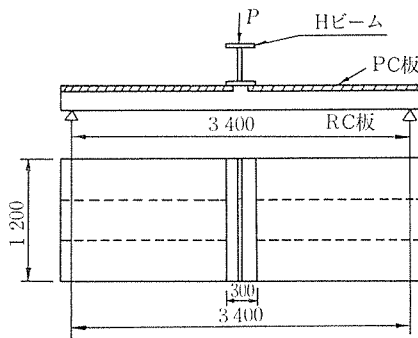
載荷は合成床版中間部試験においては、図-4 に示すように、支間中心部に 70 cm の間隔をもった2点載荷とし、合成床版支点部（実質的にはRC床版となる）は、図-5 に示すように、供試体を逆に設置し、上側より載荷した。

表—2 静的載荷試験供試体

番号	試験位置	PC板厚			版幅×長さ (mm)	スパイラル筋の有無	記号
		総厚	RC版厚	RC版厚			
1	支間部	190	50	140	1200 (3×400) ×3600	有	50-S 付
2	"	"	50	140	"	無	50-S 無
3	"	"	60	130	"	有	60-S 付
4	"	"	60	130	"	無	60-S 無
5	支点部	"	50	140	"	有	50-S 付
6	"	"	60	130	"	無	60-S 無



図—4 静的載荷試験 (支間部)



図—5 静的載荷試験 (支点部)

供試体のコンクリート強度は、PC板が、 $\sigma_{ck}=500$  kg/cm<sup>2</sup>、場所打ちコンクリート (RC板部) が  $\sigma_{ck}=300$  kg/cm<sup>2</sup> である。また、PC板のプレストレス量は各PC板ともに 70 kg/cm<sup>2</sup> である。

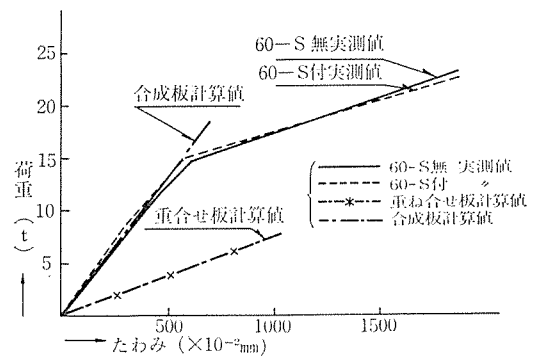
供試体の設計は、合成板としての板厚を有するRC単純ばりとして設計し、その設計荷重 (鉄筋の許容応力度を  $\sigma_{sa}=1800$  kg/cm<sup>2</sup>、コンクリートの許容圧縮応力度  $\sigma_{ca}=80$  kg/cm<sup>2</sup> としたときの荷重) は、支間部で 5.3 t、支点部で 5.0 t である。

**b) 静的載荷試験結果** 静的載荷試験結果より、破壊荷重とひびわれ荷重について、それぞれ計算値と実測値について示すと、表—3 のとおりである。表—3 の計算値において、ひびわれ荷重はPC板コンクリートの引張強度を 60 kg/cm<sup>2</sup>、RC板コンクリートの引張強度を 30 kg/cm<sup>2</sup> としたときのものであり、破壊荷重は、PC

表—3 ひびわれ、破壊荷重とその挙動

供試体の種類	計算値 (t)			実測値 (t)	挙動	
	合成板	重ね板	RC版			
支間部	50-S 付	25.6 (9.5)	9.1 (2.2)	37.4 (19.9)	PC鋼線の破断と推定される	
	50-S 無	25.6 (9.5)	9.1 (2.2)	35.4 (23.4)	破断まで荷重を上げ得ない	
	60-S 付	21.2 (8.9)	10.3 (2.3)	31.7 (19.4)	圧縮部コンクリート圧壊	
	60-S 無	21.2 (8.9)	10.3 (2.3)	31.1 (15.1)	PC鋼線破断 (推定) 同時に圧縮コンクリート圧壊	
支点部	50-S 付	—	—	9.9 (3.0)	16.2 (2.3)	破断まで荷重上げ得ず引張部ひびわれ大
	50-S 付	—	—	14.1 (13.0)	23.2 (4.1)	破断まで荷重を上げ得ず

( ) はひびわれ荷重



図—6 荷重-たわみ曲線 (60-S 無と 60-S 付)

鋼線については破断応力度、鉄筋は降伏点応力度、コンクリートの圧縮応力度は設計基準強度にそれぞれ達したときの荷重である。

また、合成床版の支間中央のたわみをPC板厚 60 mm の場合の供試体について、スパイラル筋のあるものかないものとの場合について示すと、図—6 のとおりである。なお、図—6 には、供試体を合成板と考えた場合と、重ね合せ板と考えた場合のそれぞれの計算値も示した。

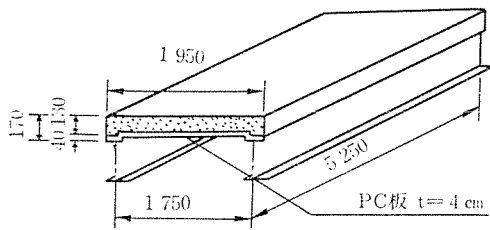
以上、表—3 および 図—6 より、この床版は、PC板と場所打ちコンクリート部 (RC板) との重ね合せ板としてよりも、両者が合成されて一体として働く合成板としての挙動を示すものであり、その合成効果はジベルとしてのスパイラル筋の有無による差はほとんどない。また、その耐力は、設計荷重として前述のような方法をとった場合、計算値に比して十分な耐力をもつものと判断できる。

(3) 異方性について

合成床版の異方性がどの程度かを知る目的より、以下に述べる試験を実施した。

a) 供試体と載荷方法

供試体は 図—7 に示すとおり、幅 1.95 m、長さ 5.25 m の単純板とし、載荷は 20



床 板 (170×1,950×5,200)  
 PC板 数11枚 (40× 396×1,650)  
 2枚 (40× 430×1,050)(端部調整用)

図-7 単純板

cm×50 cm の載荷面を有する点荷重により、板の中央および縁端部中央の2か所とした。

測定は、床版の上下面に貼付したペーパーストレインゲージによるひずみ測定と、ダイヤルゲージによるたわみ測定を行なった。

**b) 試験結果** 供試体のコンクリートの弾性係数を、PC板部およびRC板部について、それぞれ、 $E_{PC} = 4.6 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ 、 $E_{RC} = 2.7 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$  として、載荷重 10 t のときにおける床版上下面のひずみより求めた曲げモーメントと載荷点におけるたわみについて、それぞれ Homberg の方法<sup>2)</sup>により求めた計算値との比較を表-4 および表-5 に示す。

表-4 単純板曲げモーメント (P=10 t)

	$M_x$		$M_y$		$M_y/M_x$
	t·m	%	t·m	%	
実測値	2.3(3.0)		1.3(0.1)		0.56
計算値(異)	3.2	72	1.4	93	0.44
計算値(等)	2.5	92	1.8	68	0.72

注：%は計算値に対する実測値の割合でありまた実測値( )内の数字は床版端部に載荷した場合のものである。以下の表についても同様。

表-5 単純板中央点のたわみ

	$\sigma_0$ (mm)	%
実測値	0.45	
計算値(異)	0.59	76
"(等)	0.43	104

この結果より、曲げモーメントについては、 $M_x$  は等方性板に近く、 $M_y$  は異方性板とした計算値に近い。また、実測値の  $M_y/M_x$  の値は、等方性板より異方性板とした計算値に近い。また、板中央のたわみの実測値は、等方性板に近い値を示し、この値は等方性板とした計算値より大きく、異方性板とした計算値より小さい。

以上の結果より、この合成床版は橋軸直角方向(x方向)については等方性板に近く、橋軸方向(y方向)については異方性板に近い性状を示すものと考えられる。また、Hombergの方法による異方性板としての計算値

は、曲げモーメントおよびたわみについて両者ともに実測値より大きい値を示しており、この合成床版の設計に際しては異方性板と考え、計算方法として Homberg の方法によれば安全側の設計になるものと考えられる。

(4) 動的載荷試験

静的載荷試験においては、この合成床版は、十分に合成作用と耐荷力を発揮したが、動的に繰返し荷重を受けた場合についてはどうかを調査するため、以下の動的載荷試験を実施した。なお、この試験は、名古屋大学土木工学科成岡教授のご指導のもとに実施したものである。

**a) 供試体と載荷方法** 動的載荷試験は、床版としての試験と、Hビームとこの合成床版をスタッドジベルにより合成した合成桁としての試験との2種類について実施した(表-6 参照)。

供試体の種類と個数は表-6 に示すとおりであり、全供試体ともに、合成床版の構造は同一のものを使用した。すなわち、PC板はすべて厚さ4 cm、幅39.6 cmのものを並列して用い、この上に厚さ13 cmのRC板を施工し、全厚17 cmの合成床版とした。

ただし、床版試験用については、PC板にスパイラル筋を埋設したもの(表-6におけるA版)と、スパイラル筋を用いないもの(表-6におけるB版)との2種類とした。

供試体の設計荷重(P)は、床版としては、床版鉄筋

表-6 動的載荷試験内容

種類	PC合成床版試験	合成桁試験
試験の種類	A版：付着のみによる合成 B版：スパイラル筋による合成	A桁：スパイラル筋使用 B桁：スパイラル筋使用
寸法	巾 厚さ 長さ 2 050×170×6 400	巾 厚さ 長さ 2 950×170×6 400
供試体個数	A版：2組(AS-1,2) B版：2組(BS-1,2)	A桁：2組(AG-1,2) B桁：2組(BG-1,2)
載荷重	① 静的 0→P ② 動的 3 t→P(100万回) ③ 静的 0→1.25P ④ 動的 3 t→1.25P(50万回)	⑤ 静的 0→1.5P ⑥ 動的 3 t→1.5P(50万回) ⑦ 静的 0→破壊
合成床版の設計荷重 P = 8 t 合成桁の設計荷重 P = 16 t…スタッドジベルの計算より		

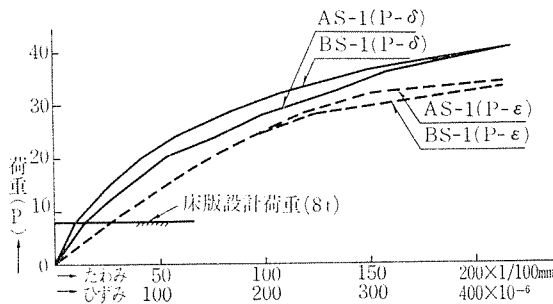
の許容応力度 ( $\sigma_{sa}=1800 \text{ kg/cm}^2$ ) より  $P=8 \text{ t}$  であり、合成桁としては、スタッドジベルの許容応力度 (鋼道路橋合成桁設計施工指針, 日本道路協会, 昭和 40 年 6 月により計算) より  $P=16 \text{ t}$  である。

載荷は、 $20 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$  の載荷面を有する点荷重とし、支間中央のそれぞれ 表—6 に示す位置に、ローゼンハウゼン型疲労試験機により載荷した。また、載荷重および載荷回数については、合成床版および合成桁それぞれの設計荷重  $P$  に対し、それぞれ 表—6 に示す ①~⑦ の 7 段階に分けて実施した。

**b) 動的載荷試験結果**

1) 合成床版試験：いま、200 万回載荷後の板中央下面における荷重-たわみ、荷重-ひずみの関係を 図—8 に、また、破壊荷重を 表—7 にそれぞれ示す。

図—8 より、たわみは、載荷重  $20 \text{ t}$  付近より増大し



図—8 200 万回載荷後の荷重-たわみおよび荷重-ひずみ曲線

表—7 合成床版の破壊荷重 (200 万回載荷後)

供試体の種類	破壊荷重 (t)
AS-1 (スパイラル筋なし)	49.3 以上
AS-2 ( " )	50.0
BS-1 ( " あり)	64.0
BS-2 ( " )	60.0 以上

ており、また、ひずみは載荷重  $25 \text{ t} \sim 30 \text{ t}$  付近より増大している。したがって、この合成床版は、載荷重  $20 \text{ t} \sim 25 \text{ t}$  付近において合成効果を徐々に失ってきたのか、なんらかの欠陥が生じ始めたものと思われる。しかし、設計荷重  $8 \text{ t}$  に対しては、十分な耐力を有するものと考えられる。

2) 合成桁試験：200 万回載荷後の鋼桁 (H びーム) と合成床版とのずれの状況を 図—9 に示す。

参考文献 2) によれば、床版と主桁とのずれが  $0.05 \text{ mm}$  以上となったときに、合成桁としての機能が失われ始めると判断されており、この場合についても、この値を適用すると、図—9 より床版と鋼桁とのずれが  $0.05 \text{ mm}$  以上となるのは、載荷重  $36 \text{ t}$  程度以上である。したがって、スタッドジベルの設計荷重が  $16 \text{ t}$  であることより、この場合でも、ジベルの設計を、前記の合成桁指針よりすれば、十分に安全であると考えられる。

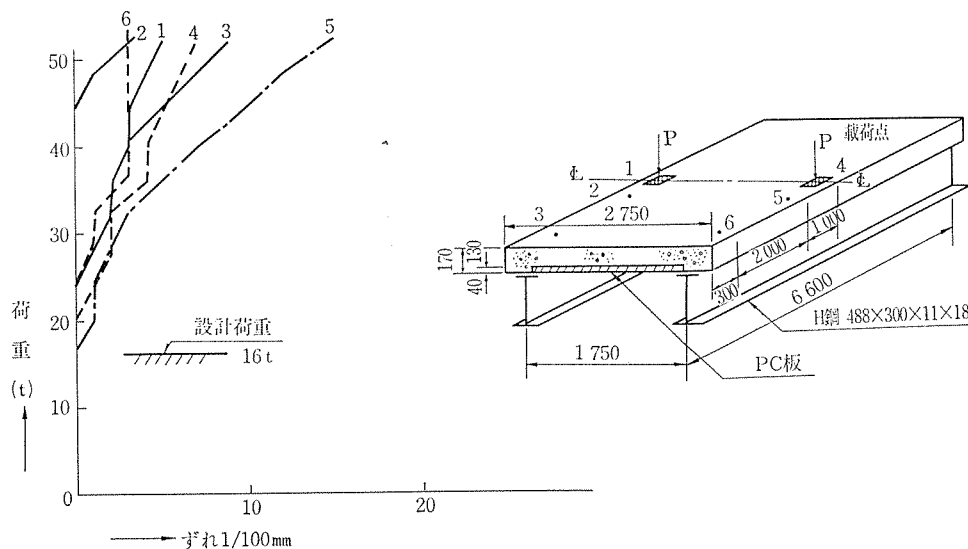
4. おわりに

橋梁工事のうち、比較的多くの労力と工期を必要とさ

表—8 施工実施例

橋名	鬼高架道ほか2橋	明智高架橋	青之堀側道橋	首都高速4号線
橋格	TL-20	TL-20	TL-20	TL-20
橋長	3@43.700 m	5@19.767 = 98.840 m	19.900 m	3.300 m
幅員	9.000 m	9.000 m	21.400 m	26.382 m
主桁間隔	2.550 m	2.650 m	2.650 m	—
PC板寸法	398 × 2 450 × 50	398 × 2 450 × 50	398 × 2 600 × 50	398 × 2 440 × 60
PC板数量	1 600 枚	2 330 枚	196 枚	65 枚
施工年月日	S. 46.4	S. 46.10	S. 46.6	S. 47.3

\* 首都高速4号線は合成床版としてではなく、型わくがわりとして使用。



図—9 鋼桁と床版とのずれ (N=200 万回)

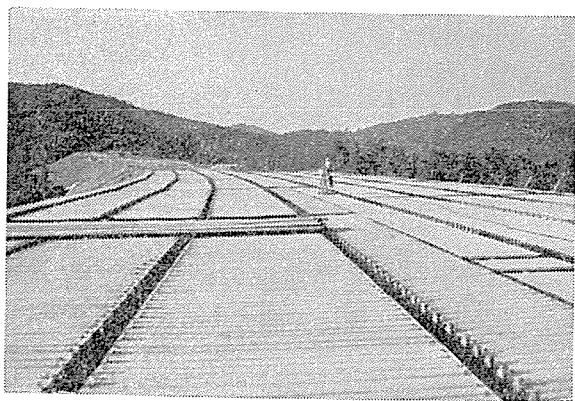


写真-4 明智高架橋 PC 板敷設全景

れる床版工事の省力化と急速施工を目的として、プレキャストPC板を床版に利用することを試み、その際に問題となる事項について以上のような種々の試験を実施した。その結果、この合成床版は実用に耐えるものであると考えられ、すでに表-8 に示す数橋について実施し

ている。

橋梁床版工事の省力化の試みは、すでにいくつかのすぐれた工法が開発実施されており、今後ますます発展することと思われるが、この報告がこれになんらかの参考になれば幸いである。

なお、今回の試験の実施に際しては、名古屋大学成岡教授に多大のご指導を賜りましたが、ここに深く感謝する次第であります。

## 参 考 文 献

- 1) Homberg, H. und J. Weinmeister : Einflußflächen für Kreuzwerke.
- 2) 乙藤・笹戸・浜本・御子柴・大西:コンクリート合成桁の接合面に関する研究,プレストレストコンクリート,Vol. 9, No. 2, (1964)
- 3) 高速道路調査会:PC合成桁の実験と理論解析
- 4) Moe, J.: Shearing Strength of Reinforced Concrete Slabs and Footing Under Concentrated Loads.

1973. 9. 13・受付

## 御 寄 稿 の お 願 い

この雑誌は、プレストレストコンクリートのわが国でただ一つの総合技術雑誌です。会員諸兄の技術向上にいささかでも役立つよう日夜苦心して編集にあたっておりますが、多くの問題を広くとりあげるのには、これでなかなか大変なことです。一方的になっても困りますし、とにかく皆様の率直な声をお聞かせ願えませんか。自由に気楽に意見を述べて頂く会員欄、疑問点を相談していただきたい質疑応答欄、工事の状況、施工の苦心点を、現場から速報してほしい工事ニュース欄、口絵写真欄、その他報告、質問など、お気軽にどしどし原稿をお寄せ下さい。また、新設してほしい欄とか、もっと充実してほしい欄、雑誌に対する建設的なご意見なども募ります。少しでも多く皆様の声を反映した親しみやすい雑誌に育て上げたいと念じておりますのでご協力願います。以上の原稿、ご意見などはすべて下記へお送り下さい。

〒 102 東京都千代田区麴町1の15の15 紀の国やビル2階

(社)プレストレストコンクリート技術協会 会誌編集委員会宛