

(49) プレキャスト床版を有する連続合成箱桁橋の設計および施工について

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A CONTINUOUS COMPOSITE BOX GIRDER BRIDGE
USING PRESTRESSED PRECAST CONCRETE SLABS

亀井正博 * 生嶋圭二 * * 田村 章 * * * 美濃武志 * * * *
Masahiro KAMEI Keiji IKUSHIMA Akira TAMURA Takeshi MINO

Recently in Osaka City, a two-span continuous composite box girder bridge was constructed for a part of a highway. In this bridge, prestressed precast slabs were used and composed with steel girders completely. The slabs were prestressed in the transverse direction of the bridge in a factory, enabling themselves to be down to 18cm thick. Then the slabs were prestressed independently of the steel girders throughout a great number of precast slab pieces in the longitudinal direction in the site. The work of prestressing in the site was performed in several sequences. After the precast slabs had been composed with the steel girders, about 50% of the prestress was released locally. In this manner, the stress in the slabs caused by live loads near the intermediate supports was tolerably limited within compressive range. In addition, some economy of the steel girder weight was attained and the period of construction was also considerably shortend. In this paper, the outline of design and construction of the above-mentioned bridge is reported.

1. まえがき

大阪市が淀川に建設中の菅原城北大橋の旭区側アプローチ部には、現場工期の短縮とともに、桁下の道路の建築限界や交通の状況等も考慮してプレキャスト床版（本橋の床版は橋軸直角方向にプレテンションを導入しており、適宜、PC板、PC床版と呼ぶものとする）を用いた連続合成箱桁橋を採用した。この種の橋梁の施工例は、わが国ではほとんどなく、設計に際しては、各種の調査や実験を実施して進めた。また、本橋は平面線形が曲線であるため、PC板の製作にあたっては十分な精度管理を行った。さらに、現場でのプレストレスの導入・解放作業は数段階の工程に分かれるが、その都度、プレストレス量の確認を実施した。

本文は、上述のプレキャスト床版連続合成箱桁橋の設計、PC板の製作およびPC床版の施工についての各々の概要を報告するものである。

2. 橋梁の概要

本橋の一般図を図-1に示す。また、設計条件は、以下のとおりである。

橋 種：2径間連続合成箱桁	橋 格：1等橋（TL-20）
橋 長：81.0m	縦断勾配：7.0%直線
支 間：40.0m+40.0m	横断勾配：図示どおり
幅 員：総幅員 17.0m	平面線形：クロソイド A=150
床 版：プレキャスト床版 18.0cm	舗 装：アスファルト舗装 7.5cm

*：大阪市 建設局

*＊：大阪市 建設局

*＊＊：オリエンタルコンクリート

*＊＊＊：日本橋梁

コンクリート $\sigma_{ck} = 600 \text{ kgf/cm}^2$

適用基準：プレキャスト床版合成桁橋の設計・施工指針（案） S61年4月¹⁾

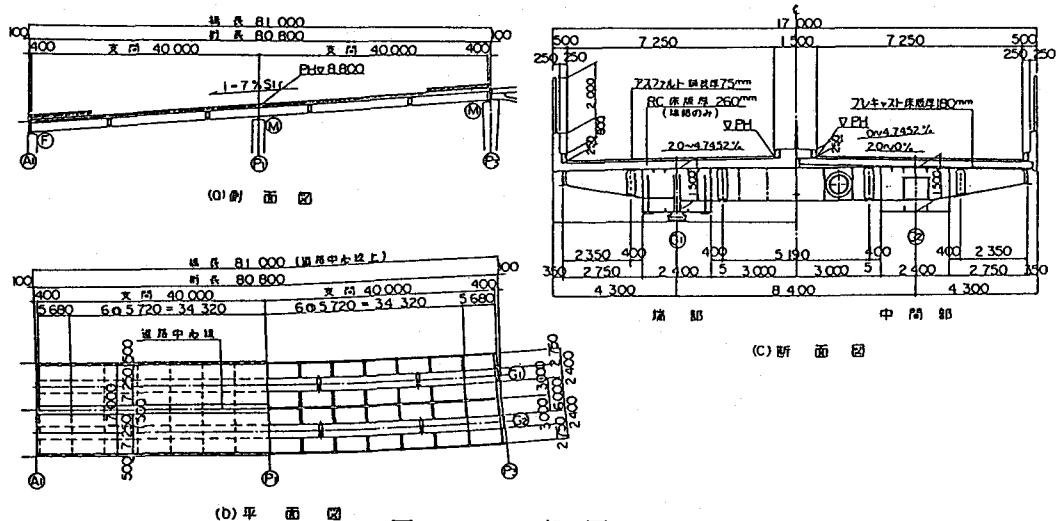


図-1 一般図

3. PC床版の構造および設計

図-2には、PC板の構造図を示す。PC板は、図示のように、幅1～2mで、長さ8.28mである。床版全体としての橋軸方向の継ぎ目は、中央分離帯の下の方に設けてある。

橋軸直角方向には、上下二段のPC鋼材が配置されており、これを用いて工場でプレストレスの導入を行う。このときの導入プレストレスは、コンクリートの軸圧縮応力度で示せば、 72 kgf/cm^2 である。このプレストレスの導入により、床版厚は18cmとすることができる。

つぎに、橋軸方向には、シースが中央に一段配置されており、現場でPC鋼材を通して床版にプレストレスを導入する。なお、図は中間支点上付近のPC板であるが、支間部はプレストレス量が少ないので、PC鋼材の本数は約半数となる。橋軸方向のプレストレスについては、後述する。

4. 橋軸方向のプレストレス

橋軸方向のプレストレスは、PC床版にのみ導入される。プレストレス量は、中間支点付近の床版内に引張応力が生じないような値とした。導入作業は、合計3回に分かれる。そして、PC床版のずれ止め用孔に

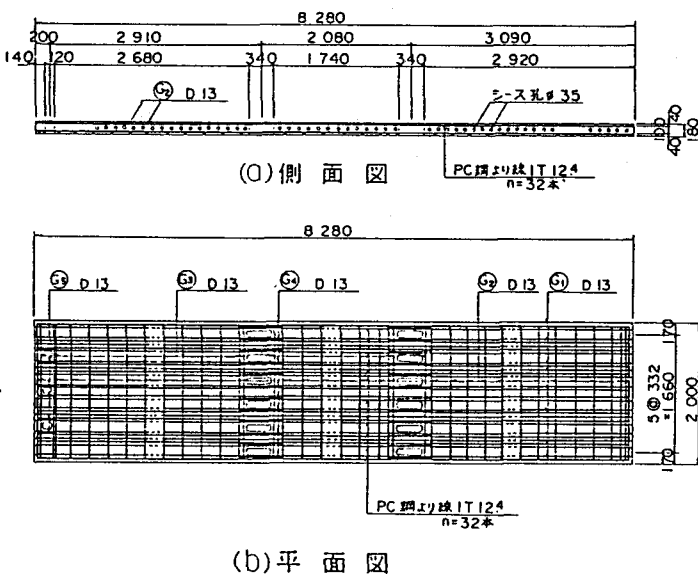


図-2 PC板の詳細

モルタルを充填し、鋼桁と床版を合成させた後、導入プレストレスの一部を解放する。図-3には、そのプレストレスの導入・解放手順を示す。また、解放直後の床版内の軸圧縮応力度の分布形状を図中に示す。

解放区間は、図-3に示すように、端支点よりの支間部のみである。この解放に伴う主桁の曲げモーメントを図-4に示す。この図からわかるように、死荷重による曲げモーメントがプレストレスの解放によって軽減され、鋼桁断面を低減することができ、また、中間支点付近のコンクリートの引張応力を減少させることができる。

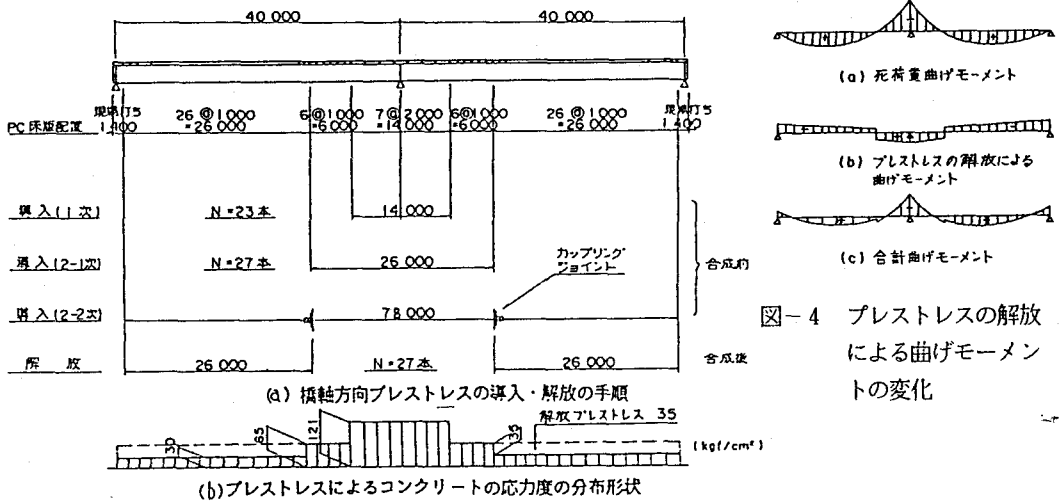


図-3 橋軸方向プレストレスの導入・解放手順
およびプレストレスの分布形状

5. 主桁の設計

本橋の主桁は、完全合成桁として設計している。つまり、床版と鋼桁とはジベルで剛に結合され、合成桁の断面において、ひずみのずれはないものと考えている。

設計においては、連続桁としてのクリープ、乾燥収縮および温度差に伴う応力度を求める必要がある。このうち、クリープに伴う応力度は、導入プレストレス、解放プレストレスおよび後死荷重によるものの合計となる。連続合成桁の解析手法は種々提案されているが、本橋では橋の解法²⁾に従って解析した。まず、初期断面力の各断面（コンクリート版、PC鋼材、鋼桁）への断面力の配分およびクリープに伴う各断面の移行断面力は、Sontagの式により求めた。また、移行断面力に

表-1 各段階の曲げ応力度

(単位: kg f / cm²)

位置	前死荷重と プレストレス	プレストレス の解放	後死荷重と 活荷重	クリープ	乾燥収縮	温度差応力度
支間中央部	σ.. -65	28	-56	26	5	-5
σ..	-65	27	-35	18	5	-6
σ..	-1033	179	-193	-271	-77	-85
σ..	705	23	1013	-155	-28	42
中間支点上	σ.. -121	-10	81	37	6	10
σ..	-121	-5	60	44	7	9
σ..	1385	-18	374	-318	-31	62
σ..	-845	100	-850	-264	-59	-107

σ_{CU}、σ_{CL}: コンクリートの上下縁応力度

σ_{SU}、σ_{SL}: 鋼桁の上下縁応力度

断面力の配分およびクリープに伴う各断面の移行断面力は、Sontagの式により求めた。また、移行断面力に

より生ずる不静定力は、橋のヤング係数法によった。

上記解法により求めたクリープに伴う応力度、およびその他の応力度を表-1に示す。なお、プレストレス量を決める場合には、床版のクリープに伴う引張応力をあらかじめ考慮しておく必要がある。

6. PC板の製作

PC板は、板長方向（橋軸直角方向）にプレテンション方式によるプレストレスの導入が行われている。このため、板の製作は、PC桁を製作するのと同様の方法によって、プレテンション工場のライン上で行った。板の製作は、定められた許容値の範囲で設計値に対してプラス側に管理されるのが一般的である。しかし、本橋のように、道路線形が複雑であり、現地での組立（敷設）が現場作業の施工性、床板としての出来形を支配するような構造においては、その管理目標を明確にしておく必要がある。しかし、極端に厳しい管理基準はコストの増加を招くことになるので、本橋では、これまでの実績調査、ならびに現場作業の施工性を考えて、次のような管理基準値を設けた。

- ・板長（橋軸直角方向）：板の両端が場所打コンクリートに包まれるため一般的な値で良い
- ・板幅（橋軸方向）：プラス側の誤差が累積すると組立作業が困難となるため若干マイナス側に設定する
- ・板厚：床板としての連続性とPC板の耐力を考慮してプラス側に設定する

PC板の寸法精度に影響を与えるのは、型枠の製作、設置の精度と剛性である。このため、PC板製作時のコンクリート打設、型枠の組立によって変形を起こさないよう十分な強度を有し、PC板の寸法管理基準を満足できるように強固な鋼製型枠を使用した。本橋で採用した管理基準値と許容値とを表-2に、PC板の製作手順を図-5に示す。また、PC板の仕上り精度（ヒストグラム）を図-6に示す。

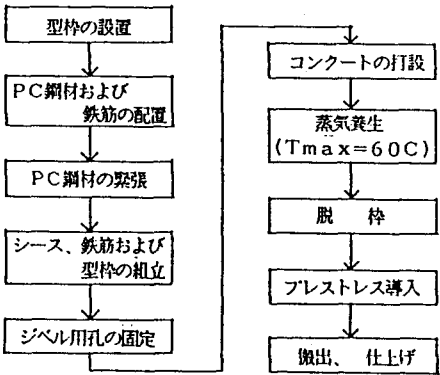


図-5 PC板の製作手順

表-2 PC板の管理基準値と許容値 (mm)

管理値 測定箇所	管理基準値	許容値
PC板の長さ	-10～+10	-10～+10
PC板の幅	-3～+2	-3～+5
PC板の厚さ	-3～+3	-5～+5

参考図

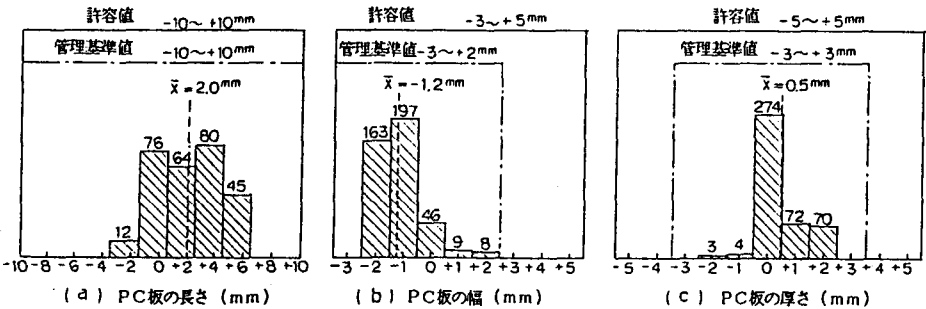


図-6 PC板の仕上り精度（ヒストグラム）

7. PC床版の施工

現場におけるPC床版の施工は、PPCS工法による施工手順に従って行い、地覆・壁高欄・中央分離帯は場所打ち施工を行った。板敷設以降の施工フローは、図-7に示す通りで、その概要を簡単に説明すると、以下のとおりである。

① PC板の仮敷設（全区間）

② A区間

- PC板の敷設
- PC鋼線挿入
- 目地部の施工
(エポキシ系樹脂モルタル)
- 1次プレストレスの導入

③ B区間

- PC板敷設
- PC鋼線の挿入
- 目地部の施工
(エポキシ系樹脂モルタル)
- 2-1次プレストレスの導入

④ C区間

- PC板の敷設
- PC鋼線の挿入
- 目地部の施工（無収縮モルタル）
- 2-2次プレストレスの導入

⑤ ずれ止め孔充填

- A・B区間（エポキシ系樹脂モルタル）
- C区間（無収縮モルタル）

⑥ プレストレスの解放（C区間）

⑦ シース孔内グラウト充填（全区間）

⑧ 端部場所打床版の施工

7-1 PC板の敷設

鋼桁上へのPC板の敷設は桁下からのクレーン架設が困難なため、A₁橋台側の桁端部からラフタークレーンによって順次仮敷設したPC板を踏み板にして全数を敷設し、仮敷設とは逆方向にラフタークレーンが後退しながら正規の状態に敷設を行った。また、1次緊張、2-1次緊張時のジャッキスペースを確保する必要があり、その境目の板は、緊張後に所定の位置に敷設することとなった。なお、板の仮敷設は運搬等の関係から1日30枚となり、5日間で全数（141枚）完了した。

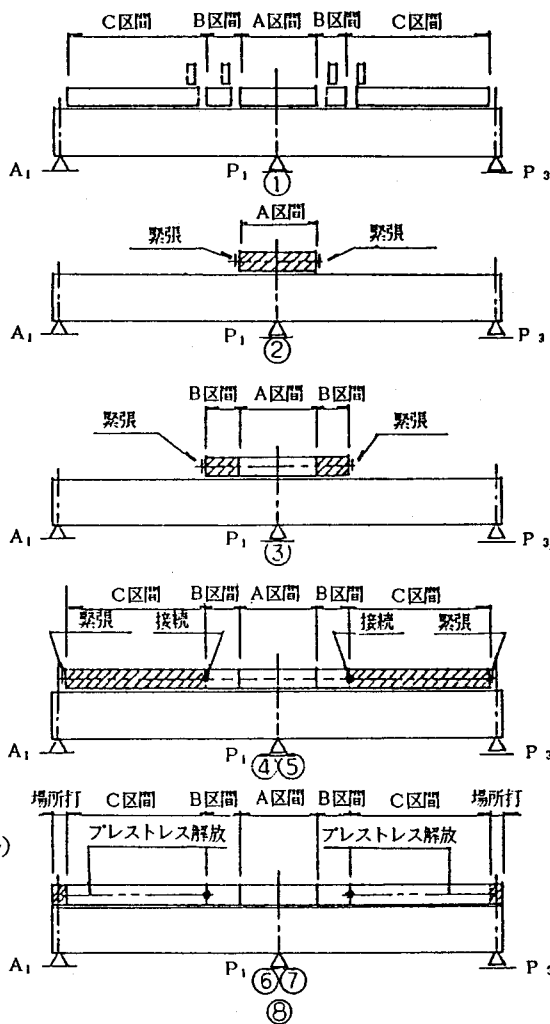
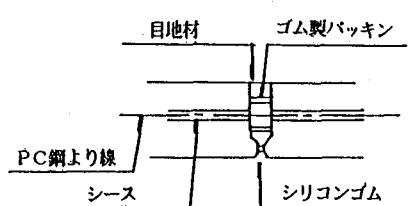


図-7 施工フロー図

7-2 PC鋼材の配置と目地部の施工

敷設完了後のPC板間の継目部分（目地部分）は、中間橋脚付近（A、B区間）でエポキシ系樹脂モルタル、支間部（C区間）で無収縮モルタルによって目地部の充填を行うが、目地材の充填に先立って橋軸方向のプレストレスを導入するためのPC鋼材（PC鋼より線φ21.8mm）を配置する（図-8参照）。



目地材

- ・ A・B区間：エポキシ系樹脂モルタル
キャスコン（広栄化学）
- ・ C区間：無収縮モルタル
ユーロックス（小野田）

図-8. 目地部詳細

7-3 橋軸方向のプレストレスの導入

プレキャスト板の目地部分に充填したエポキシ系樹脂モルタルおよび無収縮モルタルの養生後、所定の圧縮強度の発現（ $\sigma_c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ ）を確認し、プレストレスの導入を行った。プレストレスの導入に際しては、板に過大な偏心が作用しないように緊張順序を設定し、板全体に均一な圧縮応力度が作用するように考慮した。プレストレス量の管理は、ジャッキの圧力計およびPC鋼材の伸び量によって確認した。なお、板に導入される圧縮応力度は、図-3に示したように、A区間で 121 kgf/cm^2 、B区間で 65 kgf/cm^2 、またC区間で 65 kgf/cm^2 となる。

7-4 プレストレスの解放

PC鋼材の緊張・定着後、ずれ止め用の孔（ジベル孔）にエポキシ系樹脂モルタルおよび無収縮モルタルを充填して鋼桁とPC板とを一体化し、モルタルの強度を確認（ $\sigma_c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ ）した後、C区間のプレストレス量の約半分（ 35 kgf/cm^2 ）を解放する（図-3参照）。導入プレストレスの解放はPPCS工法の特徴であり、その解放作業には工法専用のジャッキを用い、解放量の精度および作業の安全性の確保を図った。

8. あとがき

以上、PPCS工法による連続合成箱桁橋の設計と板製作、床版の施工についての概要を述べた。また、本橋の施工と並行して各種試験を実施し設計値との比較を行うとともに、実橋および室内における長期測定を継続している。

床版のプレキャスト化は今後の社会情勢から益々増加することが予測され、本報告が参考になれば幸いである。また、本橋での測定結果等を詳細に検討し、より合理的なプレキャスト床版合成桁に取り組んでいく必要がある。

参考文献

- 1) 中井 博編：プレキャスト床版合成桁橋の設計・施工 森北出版 1988年5月
- 2) 橘 善雄：連続合成桁橋 理工図書 1966年