

シフトピークジャッキダウン工法の開発と適用

Development and Application of Shift-Peak Jack-Down Method

橋本昌朗*, 坂井田実**

Masaaki HASHIMOTO and Minoru SAKAIDA

*日本道路公団 名古屋建設局 建設第二部 構造技術課 技師 (〒460-0008 名古屋市中区栄4-1-1)

**住友重機械工業株式会社 鉄構・機器事業本部 技術部 課長 (〒541-0041 大阪市中央区北浜4-5-33)

Pre-stressing for longitudinal direction is often used in order to prevent deterioration of slab's durability by cracking. On steel bridge construction, pre-stress is usually given by jacking-down at a time. Especially in cast-in-place method by using traveling form, steel girders must be kept jacked-up position for many days and many jacking-down jobs are needed, so it has some problems in working safety management. In order to pre-stress with safety working by reducing jacking-up height, SHIFT-PEAK jack-down method is developed and applied for SEMABUCHI BRIDGE. In the new method jacking-down processes are separated for each intermediate pier by turns from an end to the other. And it can decrease jacking-up height into less than one third to pre-stress as strong as at-a-time method.

This paper presents its mechanism and result of application for SEMABUCHI BRIDGE.

key words : jack-down method, pre-stressed concrete slab, traveling form

1. まえがき

近年、橋梁建設コスト縮減の気運の高まりから、鋼橋においてプレストレストコンクリート床版（PC床版）を用いた合理化少数主桁橋梁の採用などの取組みが積極的に行われてきている。合理化少数主桁橋梁は特に日本道路公団において多く採用されており、ここ数年、建設省直轄工事や地方自治体が建設主体となった物件にも見られるようになってきた。

主桁本数を減らすことによる鋼桁製作工数の低減や輸送・架設コストの低減の他、PC床版の採用による床版耐久性の向上が期待されている。

PC床版を含む鉄筋コンクリート床版は、貫通ひび割れなどの有害なひび割れが生じ、そのひび割れに雨水などの水分が浸入した場合、活荷重による床版の疲労劣化が促進されることが知られている¹⁾。鋼橋で用いられるPC床版では、連続桁中間支点付近の桁の負曲げ区間における橋軸方向引張応力によるひび割れを防ぐため、一般的にジャッキアップおよびジャッキダウンによる橋軸方向プレストレスの導入が図られている。

橋長が長くなり支間数が増すほど、プレストレス導入のために必要なジャッキアップ・ダウン量が多くなり、施工時の安全管理上好ましくない。これを改善するため、移動型枠を用いた床版打設ステップに合わせて1ヶ所ずつの中間支点においてジャッキダウン作業を行うシフトピークジャッキダウン工法を開発し、東海北陸自動車道瀬馬淵橋の施工に適用してジャッキアップ量を一括でジ

ャッキダウンする場合の3分の1以下に抑えることができた。本文では、この内容について報告する。

2. 瀬馬淵橋の概要

瀬馬淵橋は、東海北陸自動車道清見JCTの南約3kmに位置する橋長214.0mのPC床版を有する4径間連続合成2主桁橋で、支間割り、幅員構成および設計条件は図-1に示す通りである²⁾。

本橋では床版施工延長が長く、かつ幅員変化のないことから、PC床版の施工に移動型枠装置を用いたコンクリート現場打設工法を用いた。

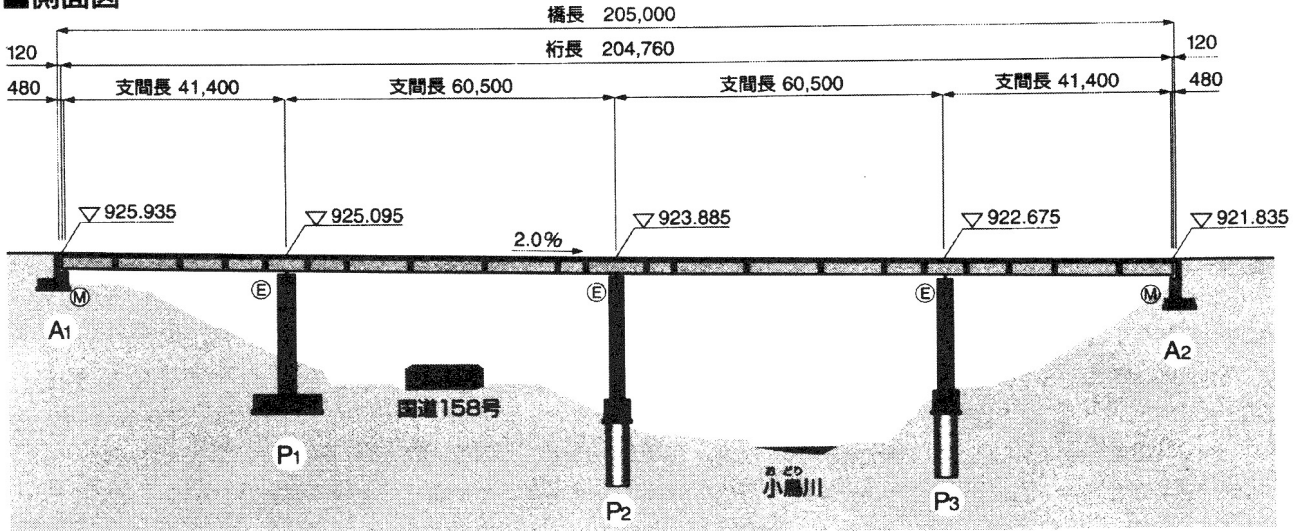
3. 移動型枠装置の採用

PC床版の構築方法は、その施工延長や現場への機材輸送条件などにより選定され、それらは次の3つの方法に大別できる³⁾。

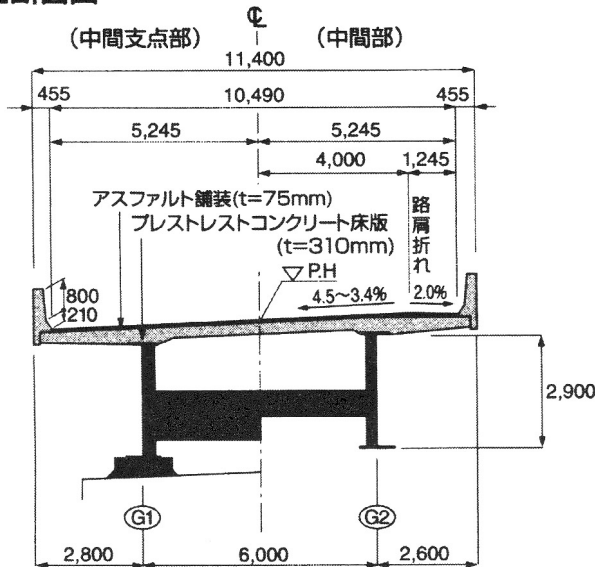
- ① 固定型枠を用いた現場打ち
- ② 移動型枠装置を用いた現場打ち
- ③ 工場で分割製作したパネルの現場敷設
(プレキャスト工法、PCa床版)

現場打ちPC床版の構築では、施工延長が200mを超える場合、移動型枠装置を用いる工法が固定型枠による工法より床版建設コストが経済的である⁴⁾。

■側面図



■断面図



設計条件

形式	PC床版4径間連続合成板桁橋(2主桁)
橋長	205.000m(CL上)
桁長	204.760m(CL上)
支間長	41.4+60.5+60.5+41.4m(CL上)
有効幅員	10.490m
平面線形	R=1020m~∞ A=700.0
縦断勾配	2.0%
横断勾配	片勾配 4.5%~3.4%(路肩-2.0%)
斜角	A1:94°58'33", A2:85°50'35"
活荷重	B活荷重
舗装	アスファルト舗装 t=75mm
PC床版	コンクリート $\sigma_{ck}=40\text{N/mm}^2$ プレグラウト形PC鋼材 SWPR19-28.6φ
主要鋼材	SM400, SM490Y, SM570 HTB M24(F10T)
設計震度	kh=0.20
適用示方書	道路橋示方書・同解説(H8.12)日本道路協会 設計要領 第二集(H10.4) 日本道路公団

図-1 瀬馬洲橋一般図

本工事に適用した移動型枠装置を写真-1および写真-2に示す²⁾。張出部はハンガータイプで、桁間はそり式のサポートタイプである。1回の最大打設延長

は10.3m、FRPフォーム(型枠)を含めた機材重量は47.9tfである。

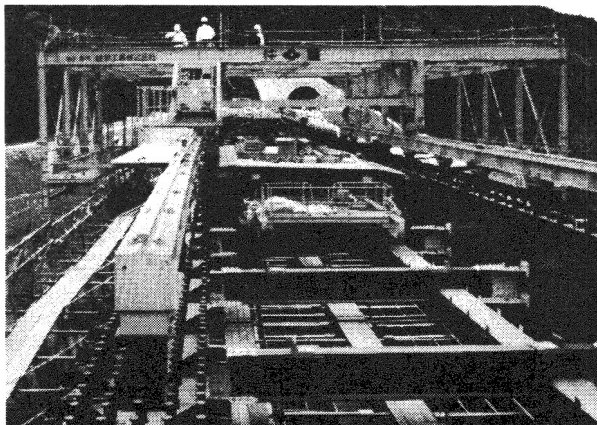


写真-1 移動型枠装置

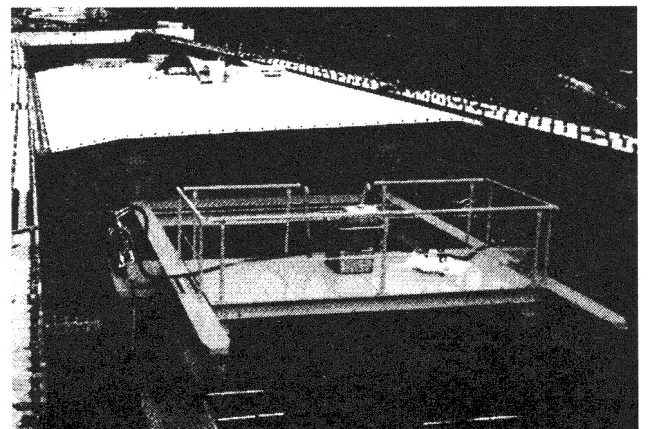


写真-2 内型枠とFRPフォーム

4. 橋軸方向プレストレスの導入

鉄筋コンクリート床版（RC床版）を用いた連続合成桁橋は、我が国では昭和30年代から建設されるようになり⁹⁾、その頃から中間支点付近における床版の橋軸方向引張力を低減する方法としてジャッキアップ・ジャッキダウン工法が用いられてきた。PC床版においても同様に、その高い耐久性を損なわないようひび割れを抑制するため、引張力の低減が重要である。

プレストレスを導入する方法は、橋軸方向にPC鋼材を配置して縦締めを行う工法も用いられるが、橋軸方向のPC鋼材が省略できるジャッキアップ・ジャッキダウン工法が用いられるのが一般的である。従来の工法では、ジャッキダウン作業は床版打設の後に一括して行われてきた。

しかし、桁の耐震性向上や伸縮継手数の削減を目的に、連続桁は多径間連続の傾向が強まり、橋長も長大化しているため、多径間連続桁に対するジャッキアップ量が増大している。特に移動型枠を用いる場合は、ジャッキアップしたままの状態でも長期間にわたって床版打設を行うことから、ジャッキアップ量が多くなると支点部仮支持部の安全管理が非常に重要となる。また支間数が増えた場合、すべての中間支点上で同時にジャッキダウン作業を行う必要があり、ジャッキダウン作業時のジャッキストローク管理や反力管理が煩雑となり、この点でも安全管理の面で配慮が必要となる。

このため、ジャッキアップ量を減らす工夫が必要となった。

5. 一括ジャッキダウン工法における

ジャッキアップ量の算定

ジャッキアップ・ダウンによりプレストレスを導入するには、鋼桁架設後に中間支点上でジャッキアップすることにより鋼桁を負曲げプレストレス状態にし、この状態で床版を打設してからジャッキダウンを行う。ジャッキダウンによって、主桁断面の中立軸より上側に位置する床版に圧縮プレストレスが導入される。

導入できるプレストレスの大きさは、ジャッキアップ状態での中間支点上における桁の曲率に比例する。したがって、支間長が長くなり活荷重による中間支点上の負曲げが大きくなるほど必要なジャッキアップ量は大きくなり、また一般的に全ての中間支点上でプレストレスの導入が必要であるため、支間数が増えるほど必要なジャッキアップ量が大きくなる。

導入するプレストレスを σ_s 、床版断面積を A_s 、桁の合成断面における曲げに対する中立軸と床版中心の距離を d とすると、ジャッキダウンによって発生させる曲げモーメント M は次式で表される。

$$M = \sigma_s \cdot A_s \cdot d \quad (\text{式-1})$$

また、全支間長が同一（支間長： L 、支間数： n ）で、全中間支点上において同一の曲げモーメントを与

えるとすると、 i 番目の中間支点において必要なジャッキアップ量 U_i は次式で表すことができる。

$$U_i = (C_i \cdot M \cdot L) / (12 \cdot E \cdot I) \quad (\text{式-2})$$

E ：桁の弾性係数

I ：桁の断面2次モーメント

C_i ：表-1に示す係数

（網掛け部分は各支間数の場合の最大値）

表-1 一括ジャッキダウン工法による
ジャッキアップ量の係数 C_i

支間数 n \ 支点 i	1	2	3	4	5
1	—	1	10	16	22
2	—	—	10	22	34
3	—	—	—	12	34
4	—	—	—	—	22

※等支間長で全中間支点等プレストレス導入時の値

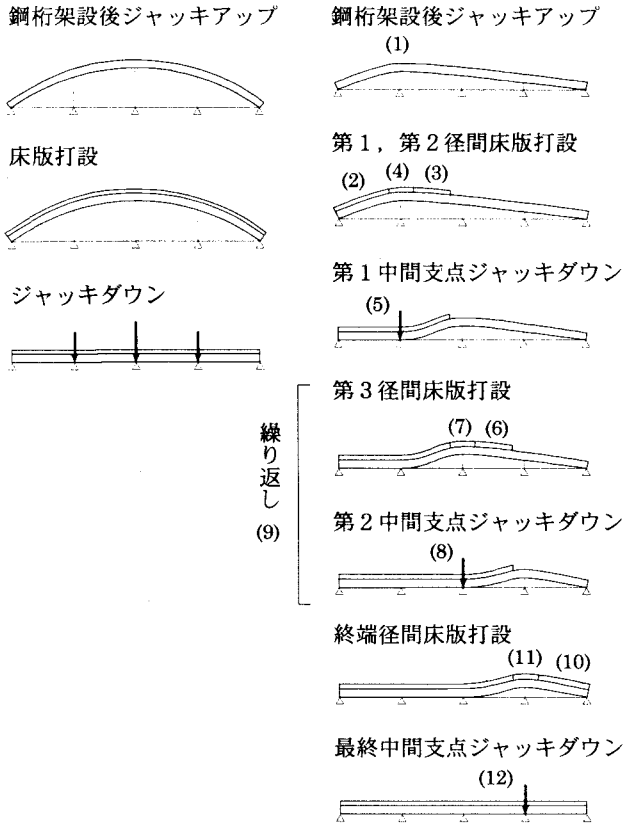
表-1からわかるように、特に支間数が増えるとジャッキアップ量は急増する。

6. シフトピークジャッキダウン工法における ジャッキアップ量の算定

移動型枠を用いて床版打設を行う場合、床版打設作業の間にジャッキダウン作業を行うことによる工程の伸びがほとんど生じないことから、ジャッキダウン作業を各中間支点ごとに分けることが可能である。ジャッキダウン作業を床版打設ステップに合わせてひとつひとつの中間支点ごとに行うことによってジャッキアップ量を低く抑え、現場の安全確保のできる工法を開発し、実橋に適用することとした。

作業手順は次に示す通りである（図-2）。支間中央部を先行打設し、後から中間支点付近を打設することにより、できるだけ中間支点上の床版に引張力作用しないようにしている。

- (1) 鋼桁架設後、所定量のジャッキアップを行う。
- (2) 始点側端支点から順に、第1径間中央部約8割の区間の床版打設を行う。
- (3) 第2径間中央部約6割の区間の床版打設を行う。
- (4) 第1中間支点付近の床版打設を行う。
- (5) 第1中間支点のジャッキダウンを行う。
- (6) 第3径間中央部約6割の区間の床版打設を行う。
- (7) 第2中間支点付近の床版打設を行う。
- (8) 第2中間支点のジャッキダウンを行う。
- (9) (5)から(7)の作業を順次片押しにて終点側端支点に向かって支間数に合わせて繰り返す。
- (10) 最終径間中央部端支点までの床版打設を行う。
- (11) 最終中間支点付近の床版打設を行う。
- (12) 最終中間支点のジャッキダウンを行う。



(a)一括ジャッキダウン工法 (b)シフトピークジャッキダウン工法
図-2 一括ジャッキダウン工法とシフトピークジャッキダウン工法の手順

表-2 シフトピークジャッキダウン工法を用いた場合のジャッキアップ量の係数 C_i

支間数 n	1	2	3	4
支点 1	—	1	5.94	6.08
支点 2	—	—	3.35	4.78
支点 3	—	—	—	3.29

※等支間長で全中間支点等プレストレス導入時の値

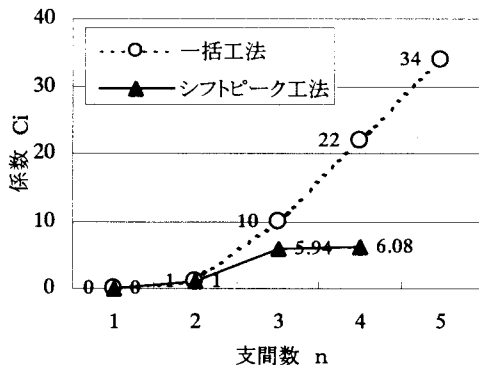


図-3 最大ジャッキアップ量の比較

実際には床版の打設にともなって主桁の剛性が変化し、また支間割りや床版の打ち継目の位置によっても作用の度合いが変化するが、一括ジャッキダウン工

法と同様に全長にわたって等支間等剛性であると仮定して、ジャッキアップ量を算出した。

3 径間連続および 4 径間連続の場合のジャッキアップ量を算定した結果、表-2 の結果が得られた。最大ジャッキアップ量を比較すると、図-3 に示すように、3 径間連続桁で約 4 割、4 径間連続桁では約 7 割のジャッキアップ量を減らすことができた。

7. 瀬馬洲橋への適用

東海北陸自動車道瀬馬洲橋の施工に適用し、ジャッキアップ量を検討した結果を表-3 に示す。

本橋では新工法を用いることにより、一括ジャッキダウン工法に比べて大幅にジャッキアップ量を減らすことができ、仮設備や全体のジャッキダウン作業も減り、現場作業の安全性を向上させることができた。

表-3 瀬馬洲橋におけるジャッキアップ量

橋脚No.	(単位: mm)				
	P1	P2	P3	合計	最大値
一括ジャッキダウン工法の場合 (A)	1,480	2,380	1,480	5,340	2,380
シフトピークジャッキダウン工法の場合 (B)	350	680	700	1,730	700
比率 (B/A)	0.24	0.29	0.47	0.32	0.29

8. おわりに

本工法の開発により、ジャッキアップ・ジャッキダウン工法による橋軸方向圧縮プレストレスの導入が必要とされる橋梁の、長支間化および連続化によるジャッキアップ量の増加に対し、大幅にジャッキダウン量を減らすことが可能となった。またジャッキアップ量及びジャッキダウン量が減ることにより作業の安全性の確保にも寄与できる。この効果を実橋に適用することで確認できた。

今後の課題としては、合成断面の中立軸が床版に近い所にあるため、ジャッキアップ・ダウンにより与えることのできるプレストレスの効率が悪いことや、クリープによるプレストレスの抜けに対する改善が望まれる。

参考文献

- 1) 松井：移動荷重を受ける道路橋 RC 床版の疲労強度と水の影響について、コンクリート工学年次論文報告集 9-2 (1987)
- 2) 瀬馬洲高架橋の設計・施工、住友重機械技報 Vol.47 No.141 (1999.12)
- 3) 新しい鋼橋の誕生、(社)日本橋梁建設協会
- 4) 新しい鋼橋の誕生 (床版編)、(社)日本橋梁建設協会
- 5) 五十畑，綿引，榛澤：道路橋鋼合成桁の歴史的調査、土木史研究 第 17 号 (1997.6)