

プレビーム工法の現状と展望

The Present Status and View of Preflection Beam Method

渡 辺 滉*
Hiroshi WATANABE
越 後 滋**
Shigeru ECHIGO

1. はじめに

昭和43年、大阪市において我国初のプレビームである玉津橋が完工してから10年、プレビームは年ごとに発展の一途をたどってきた。この間、各官庁並びに大学等の御指導のもとに、数多くの実験・研究が行われ、技術的裏づけも十分なされ、その数は施工中のものも含めれば107件、プレビーム桁としては実に1610本にも達している(表-1)。更に現在プレビームの採用が計画されているものも数十橋に及び、当初画期的な新工法として脚光をあびたこの工法も、現在ほぼ一般に定着してきたと言って良いであろう。

表-1 現在までのプレビーム施工件数

(S 53. 7 現在)

年 度	道 路 橋	鉄 道 橋	建 築	合 計
S43	2 (9)			2 (9)
S44	1 (3)			1 (3)
S45	3 (25)		2 (23)	5 (48)
S46	9 (108)			9 (108)
S47	7 (136)		1 (21)	8 (157)
S48	17 (159)	1 (5)	1 (10)	19 (174)
S49	17 (195)			17 (195)
S50	10 (145)	1 (6)		11 (151)
S51	9 (76)	1 (8)		10 (84)
S52	17 (592)			17 (592)
S53	1 (6)			1 (6)
小 計	93(1454)	3 (19)	4 (54)	100(1527)
施工中	6 (78)	1 (5)		7 (83)
合 計	99(1532)	4 (24)	4 (54)	107(1610)

(注) 1. カッコ内はプレビーム桁本数

2. S 52年には海外工事 1件(472本)を含む

3. 他社施工分も含む

更に、今後の中小スパンの橋梁架設計画にあたって、何かと障害となり得る条件の多い昨今、プレビームの利点が活用される機会がより増大することが期待される。即ち、交通量の増大にともない桁の剛性不足による床版ひびわれの問題、騒音振動等の環境に対する影響の問題、維持管理の労務・施工性の問題、将来の現場労務者不足及び人件費の高騰の問題、施工の合理化簡素化等の問題

等々、検討すべき問題は多いが、プレビームはこれらの問題を解決する要素を多分に含んでいると言える。

ここでは、プレビームの我国での生い立ち、又その成長の過程を振り返るとともに、再度現在のプレビームを見詰め直し、さらに今後検討してみるべき点についても触れてみたい。

2. 我国におけるプレビーム発展の沿革

1951年(昭26) ベルギーの技師 Lipski が、ブリュセル大学の Baes 博士と共同で開発、PRE-FLEX 梁と名付ける。

1960年(昭35)頃 上記のものとは別に当社独自で同様の合成構造の研究を始める。

1966年(昭41) 当社内での研究体勢を整え、小西(京大)、大地(法政大)、榎場、喜内(金沢大)、大島(千葉工大)の各先生方の御指導のもとに、基礎実験・研究を重ねる。専門雑誌「橋梁」に紹介記事を掲載。

1937年(昭42) 金沢大学にて模型載荷実験を行う。大阪市より、我国初のプレフレクション工法による玉津橋を受注。翌年5月に竣工。

1969年(昭44) このプレフレクション工法により製作される梁を、その工法にちなみプレビームと命名。

1970年(昭45) 建設省土木研究所、大阪市役所、大阪国道事務所等の指導の下に、プレビーム設計施工基準(案)が作成される。

1971年(昭46) プレビーム振興会の結成。

1973年(昭48) 奥村東大教授を委員長とするプレビーム合成桁橋評価委員会の結成。

1975年(昭50) プレビーム合成桁橋設計施工指針の発刊。

この間、製作施工管理試験、静的及び動的載荷試験、疲労試験、クリープ・乾燥収縮・付着等のコンクリートの各種物理的特性に関する試験、等々数多くの試験が行

われ、プレビームの特性が、技術的により一層確立された。又、昭和50年には、台湾高速公路工程局より大直高架橋（橋長1,130m）を受注し、昭和52年には発注先の賞賛をもって完工し、海外においてもその優れた点が認識された。

なお、この工法は現在我国以外では、ベルギーを中心にフランス、オランダ、英国、西ドイツ、南アフリカ、カナダ、米国でPREFLEX梁の名称で広く施工されている。

3. 現在のプレビーム工法について

既に衆知のこととは思いますが、ここで現在一般に行われているプレビーム工法についての概要を説明しよう（図1, 2参照）。

まず、鋼桁にある強制外力を加えることにより予曲げ（PREFLECTION）を生ぜしめ、そのままの状態を保ちながら下フランジコンクリートを打設する。コンクリートが硬化し、ある強度の発現が確認されたのちに外力を取去れば（RELEASE）、鋼桁自身の曲げ剛性により下

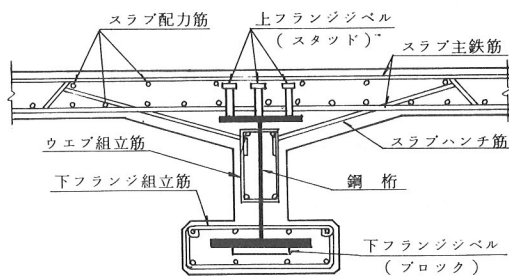


図-1 プレビーム合成桁断面

フランジコンクリートにプレストレスが導入される。これによりプレビーム桁が完成した訳である。この桁を架設した後は、ウェブ及び横桁をコンクリートで覆うことを除けば、一般の活荷重合成桁と全く同様である。

換言すれば、一般の合成桁の剛性を増すために、鋼桁全体をコンクリートで覆い、埋込み梁のように鋼とコンクリートの完全一体な合成構造とし、引張り側に生ずる有害な引張り応力をプレフレクション工法により有効に導入されたプレストレスで打消している訳である。それゆえ死荷重状態では下フランジコンクリートには常に圧縮力が働いており、極度に大きな活荷重が載荷され引張強度以上の応力が作用し、仮にひび割れが発生したとし

ても鋼桁と床版コンクリートの合成構造によって荷重は受けもたれ、活荷重が立去った後はひび割れは完全に閉じることになるわけである。

このようにして製作されたプレビーム合成桁（プレビーム桁と床版との合成桁）は次のような多くのメリットを持つことになる。

- (1) 他形式の桁に比らべて、剛性が大きいのでたわみを小さくできる。言い換えれば、桁高を低く押えることができる。（図-3参照）
- (2) 曲げ剛性、ねじり剛性が大きいために活荷重によるたわみや応力振幅が小さく、疲労強度が高い。
- (3) 鋼桁をコンクリートで覆っているので、耐火・耐蝕性に優れているとともに、破壊に対して粘り強い。
- (4) 桁の規格化に有利であり、製作と架設が簡素化される。
- (5) 塗装等の維持管理が低減される。
- (6) 騒音・振動が小さい。
- (7) PC橋より死荷重反力が小さい。

反対にデメリットとしては、

- (1) 設計・施工がやや煩雑である。
- (2) 桁のみについて着目すれば、工費がやや高い。

ということが言われている。

ここで、設計・施工に関し、二・三の気づいた点について簡単に述べてみよう。

鋼桁の上下フランジがコンクリートと合成され、更にそれぞれのコンクリートのクリープ・乾燥収縮が相乗して生じるわけで、単純に考えれば普通の合成桁の倍以上の計算を要することになるが、簡便のために現行の設計方法では、図-2に示されているような施工段階ごとに応力計算がなされている。ここでは下フランジコンクリート及び床版コンクリートのクリープ・乾燥収縮は図-4のように生ずるものとして、慣用の Sattler の解法やヤング係数法によって計算される。このようなクリープ・乾燥収縮の生ずる状態や荷重載荷時期等は実際の施工状態と必ずしも一致していないが、施工時期を考慮した他の解法によっても結果は大差ない事が知られている。しかし、このように各段階ごとに計算を行う事は確かに煩雑であり、当社では現在3本の電算プログラムを活用している。一本は概略の断面とプレフレクション荷重を決定するものであり、次いで得られた値を用いて詳細の応力計算を行うもの、更に各施工段階におけるたわみ量を計算するものである。もちろん自動設計プログラ

状 態	載 荷 状 態	応力抵抗面	たわみ抵抗面	発生応力図 鋼けた応力 床版コンクリート応力 下フランジコンクリート応力	累計応力図 鋼けた応力 床版コンクリート応力 下フランジコンクリート応力	通 要
(a) 鋼けた完成						所定のそりを与えた I 型断面の鋼材を用意する
(b) プレフレクション						P なる荷重を載荷し設計モーメントを包含するような曲げモーメントを与える
						(b)の状態のまま下フランジコンクリートを打設する
(c) リリース						荷重 P を除去すると下フランジコンクリートに圧縮力が導入され、プレビームが完成する
(d) プレビーム自重 載 荷						
(e) 下フランジコンクリートのクリープ、乾燥収縮						
(f) 床版、横けたコンクリート打設						プレビームを架設し腹筋、横筋、床版コンクリートを打設する
(g) 合成後死荷重載荷						プレビームと床版コンクリートが合成され、後死荷重が作用する
(h) 床版コンクリートのクリープ、乾燥収縮および下フランジコンクリートクリープ終了						
(i) 活荷重載荷 (下フランジコンクリート応力チェック)						活荷重が作用する
(j) 活荷重載荷 (鋼けた・床版コンクリート応力チェック)						

図-2 プレビーム製作施工段階における性状

ムが望まれるが、応力計算に關与するファクターが多く、まだ完成には至っていない。現在のところ、詳細な断面は設計者が電子計算機と対話するかたちで決定されているが、逆にこの方が合理的な設計が行えるようである。

プレビーム桁製作にあたっては、他の PC 桁と同様にその導入プレストレスの管理が最も重要な点である。プレストレス導入の原理は先に述べたが、実際には図-5のように2本の鋼桁を上下に抱き合わせ（上桁は天地逆にセットする）、プレフレクション荷重載荷点に支点をはさみ、桁の両端をジャッキで絞る方法がとられている。その荷重の管理は、ジャッキポンプのメータの読みと、レベルによる桁たわみ形状の変化量の測定とで行われているが、リリース後の桁管理はたわみ形状の測定のみによっている。最も有効な方法は、鋼桁の応力を測定する

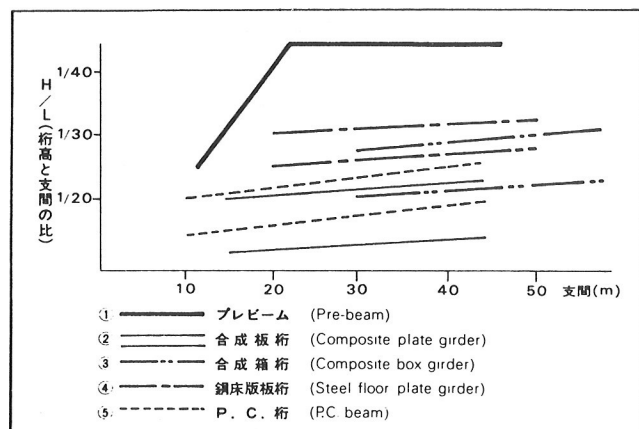


図-3 桁高比較表

事であろうが、毎回々々これを行う事は非常に困難であり、たわみ測定による方法が簡便で十分な精度の値も得られることが確認されている。ただしこの場合、桁のたわみ変化に影響をおよぼす要因、すなわち鋼桁製作時の残留応力やコンクリートの物理的性質等を十分に把握す

施 工 段 階	下 フ ラ ン ジ		床 版	
	ク リ ー プ	乾 燥 収 縮	ク リ ー プ	乾 燥 収 縮
プレフレクション				
↓				
下 フ ラ ン ジ コンクリート打設		始		
↓				
リ リ ース (プレストレス導入)	始			
↓				
(45日間)				
↓				
床版コンクリート打設		終		始
↓				
合成後死荷重載荷			始	
↓				
活 荷 重 載 荷	終		終	終

図-4 コンクリートの塑性変形の進行

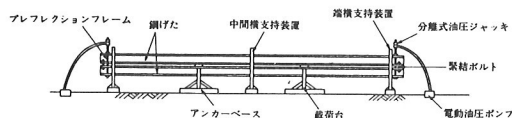


図-5 プレフレクション載荷装置

る必要があろう。また従来考慮されていなかったが、鋼桁にスプライスがある場合、スプライスプレートのたわみに対する影響は無視できないようである。

鋼桁の残留応力については、製作時の切断や溶接によるものであり、特にプレビームの場合上下フランジやウェブにジベルやスタッド鉄筋が溶接され、その影響は大きいと思われる。従来、この残留応力によるたわみ量は

プレフレクションによるたわみ量の5%として、鋼桁の製作キャンバーに上乘せされ、プレフレクション時にならし載荷を行って残留応力の除去を行っていた。しかし従来の記録を整理してみると、この残留たわみはスパンの約1000分の1という事で把握できそうである。

コンクリートの性状については、養生管理が重要でありリリース直前の圧縮強度は確認されるが、圧縮強度とヤング係数は一般に言われている程の相関々係は見られない。したがって圧縮強度とともに、ヤング係数の測定も行うべきであろう。

4. プレビーム今後の課題

(1) 製作工数の低減 プレビームの製作工数が多いと言われる原因は、鋼桁製作時の上フランジスタッドジベル、ウェブジベル筋、下フランジブロックジベルの溶接と、プレストレス導入にともなう作業とにある。

前者について、このうち上フランジジベルの溶接は一般の合成桁と変りがないので問題はない。下フランジのブロックジベルは、角棒を手溶接又は半自動溶接によりスミ肉溶接されるもので、鋼桁製作の中でも特に手間のかかる作業と言える。これに対し、疲労による許容応力の低下のことも考慮してブロックジベルの代りにボルトを用いる考えもある。しかし、穴けボルト締め作業、穴孔きを考慮した断面を考えればどの程度の効果が得られるか疑問である。ウェブのスタッド鉄筋は応力を受け持たないウェブコンクリートの組立鉄筋となるだけのものであり、金網のようなものを用いる等、何らかの方法が考えられそうである。

後者の桁製作作業に関しては、全てプレファブ化することが考えられている。現在小スパンのものについては全て工場製作を行っているが、ある程度大きなスパンのものになると輸送等の問題から現場に桁製作機材を搬入し、現場製作をせざるを得ない。これを小スパンのものと同様に小ブロックに分割したプレビームを工場で作製し、現場にて接合する(図-6・a)ことにより工数低減をはかる。さらに、下フランジコンクリートにプレキャストコンクリートを用いる方法(図-6・b)、また床版までを工場製作してしまう方法(図-6・c)等が考えられる。

(2) プレビームの長大化 現在までに施工されたプレビームの最長支間は、平和橋(栃木県)の43.600 m

であり、プレビーム設計施工指針でもその適用範囲を50m以下としている。しかしながら、設計施工の経験やプレビームの性状に関する数多くのデータが蓄えられてきた今日、更に長支間のものも可能であろう。

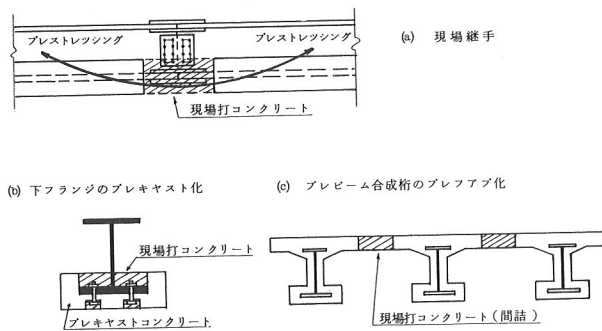


図-6 プレビームのプレファブ化

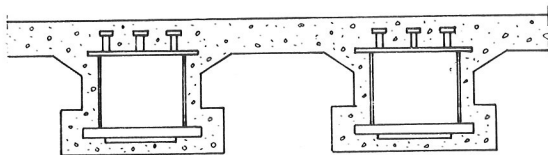


図-7 箱形断面を有するプレビーム合成桁

この際当然のことながら、箱形断面を使用することが考えられる。プレビームにおける箱形断面は、極度に桁高制限を受けた場合の解決策であるが、既に6橋の実績があり、その断面は図-7のようなものである。

(3) **プレビーム連続桁** 種々の架橋条件によっては連続桁が望まれる事があるのは言うまでもない。一般の合成桁において数多くの連続桁工法が開発され、一般化したのと同様にプレビーム合成桁でも、連結桁を含む連続桁がいくつか考えられる。

図-8・aは連結桁の場合の一つの例であり、桁をかけ違いにし、支点部の活荷重による負のモーメントは床版鉄筋で抵抗する。図-8・bはいわゆるプレストレスしない連続合成桁の場合であり、負のモーメントは鋼桁及び床版鉄筋により受けもたせたものである。図-8・cはプレストレスした連続合成桁の部類に入るもので、負モーメント域には逆さにしたプレビームが用いられる。その他P C鋼材等を併用する方法等、他にもいくつか考えられるであろうが、いずれの場合にも継手の方法が問

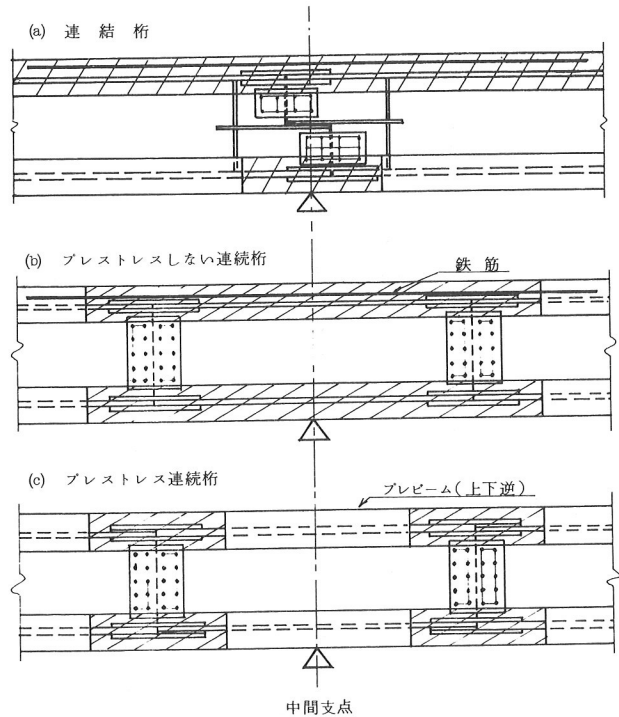


図-8 プレビームを用いた連続合成桁

題になり十分な検討を要するであろう。

5. あとがき

近年、SRCや埋込み梁のような鋼とコンクリートの合成構造物が益々注目をあびてきている。これらの先駆者的役割をはたしてきたプレビームも、幼年期から青年期へと成長してきた。一人前となった現在、より一層幅広い適用性を身につけさせるべく我々技術陣の努力が望まれる所である。