

片持架設工法（現場打ちカンチレバー）について

鈴木 慎 治*

1. 概 要

橋は、本来河川、海峡、道路、鉄道などの障害を越えて交通路を確保するために建設されるものである。したがって、これらの障害物となるものにできるだけ手を加えることなく橋を架設する方法が古来から絶え間なく考えられ実行されてきている。この中でも橋をカンチレバー架設することは、越えるべき障害物に対してほとんど手を加えないで実施できる方法の一つとして、非常に利用価値の高いものである。

鋼橋の場合には、その材料の特質上、早くからこの架設方法が考えられ実用化されてきたのであるが、コンクリート橋では、そのコンクリートの早期強度を得る技術の未発達、コンクリートの自重が大きいなどの理由から実用化されるまでに至っていなかった。

その後、プレストレストコンクリートの技術の著しい発達とともにコンクリート橋においても実用化されるようになった。

コンクリート橋におけるカンチレバー工法は、西ドイツの DW 社の有するディビダーク式プレストレストコンクリート（ポストテンションングプレストレストコンクリート）の橋梁架設の一つの方法として開発され、従来の鉄筋コンクリートのカンチレバー架設では理論的にも、経済的にも限度とみられていたスパンのコンクリート橋でも、きわめて経済的に架設されるようになった。

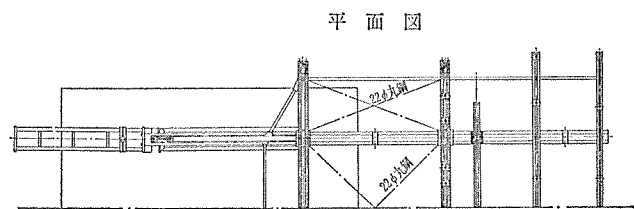
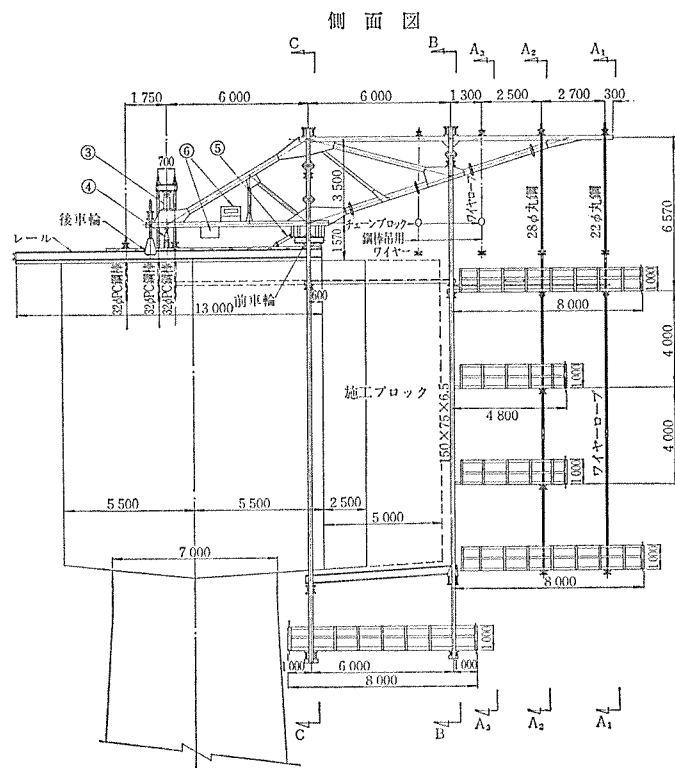
1950 年にはじめて Finslerwalder 博士により Balduinstein（ドイツ）においてスパン $l=62\text{m}$ の Lahn 橋がディビダーク式カンチレバー工法により架設され、1965年にはコンクリート橋として当時世界最大のスパン $l=208\text{m}$ を有する Bendorf 橋が架設されて一躍注目をあつめ、コンクリート橋のカンチレバー架設はヨーロッパのみならず世界中で広く行われるようになり、長大橋架設の主役となってきた。

我が国においても昭和 33 年にこのディビダーク式カンチレバー架設が導入され、その翌年に神奈川県相模湖畔に嵐山橋が架設されて以来、コンクリート橋のカンチレバー架設は広く用いられるようになった。

* 日本道路公団仙台管理局（元浜名バイパス工事事務所長）

我が国には、台風期など季節的に洪水が必ずある河川が多く、したがって河積の確保のため、橋梁は比較的長大な支間が要求され、しかも渇水期以外は堤外地に流水の障害となるような設備を作ることは厳しく制限されることが多い。また、自道車、鉄道の高速度に伴い、路外線形上の要求から、深い峡谷を通過し、あるいは河川、道路、鉄道などを横断して通過する道路、鉄道などが建設されるようになり、また湖や海湾にさえぎられた集落の地域開発や、交通緩和のためのバイパスとして、船航の多い海峡、湾口などを相当な高さを持つ航路を確保して架設される橋梁の必要性が多くなってきている。これらの地理的立地条件にあわせて、最近特に厳しくさげばれている騒音公害に対するコンクリート橋の有利性と、コンクリートのすぐれた耐蝕性により橋梁完成後のメンテナンスがいらぬ、などを総合的にみると、コンクリート橋のカンチレバー架設の有利性は顕著にあらわれてきている。その結果として昭和 41 年に日本道路公団により天草 3,4 号橋（最大スパン $l=160\text{m}$, $l=146\text{m}$ ）が架設されたのを契機として、PC 長大橋の幕あけとなり、昭和 47 年には中央スパン $l=230\text{m}$ の浦戸大橋が、また、昭和 50 年にはコンクリート桁橋としては世界最大のスパン（ $l=240\text{m}$ ）を有する浜名大橋が道路公団により架設されている（口絵参照）。鉄道橋においても東北新幹線の建設にともない鉄道橋としては世界最大のスパン（ $l=105\text{m}$ ）を有する第 2 阿武隈川橋梁が昭和 49 年に架設されている。しかしながらカンチレバー架設における PC 橋の長大化は、浜名大橋のような中央ヒンジタイプの桁橋では $l=250\text{m}$ ぐらいまでのスパンが経済的に限界に達するといわれている。

最近ではこの PC 桁橋に比べてプレストレストコンクリートの有利性をさらに発揮できる PC 斜張橋があり、世界各地で建設され、経済性はもちろん、外観上の美しさ、すぐれた構造により注目を集めている。ある報告によると最大スパン $l=300\sim 600\text{m}$ ぐらいまで経済的に架設されるといわれている。この PC 斜張橋にもカンチレバー架設が適用されており、西ドイツの第 2 マイン橋（スパン $l=148.23\text{m}$ ）は世界初の鉄道、道路併用の PC 斜張橋である。日本では、現在建設している久慈線の小



ジャッキ台数 (ワーゲン1台分 2フレーム当り)

品番	名称	能力	台数	備考
1	メインジャッキ	200t	2	油圧
2	シッパジャッキ	50t	2	
3	アンカージャッキ	100t	2	油圧
4	スクリュージャッキ	50t	4	
5	推進ジャッキ	10t	2	油圧
6	油圧ポンプユニット一式	3.7kW	2	操作盤含む

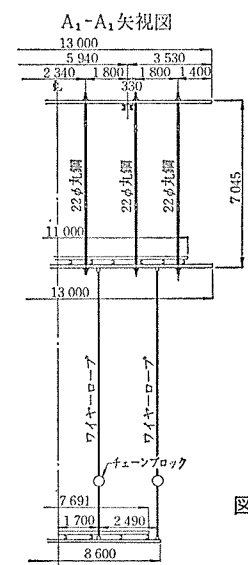
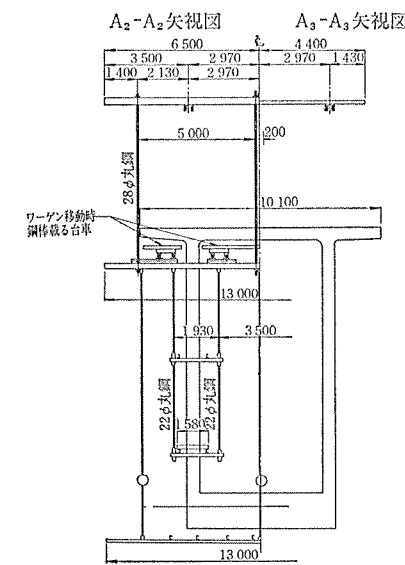
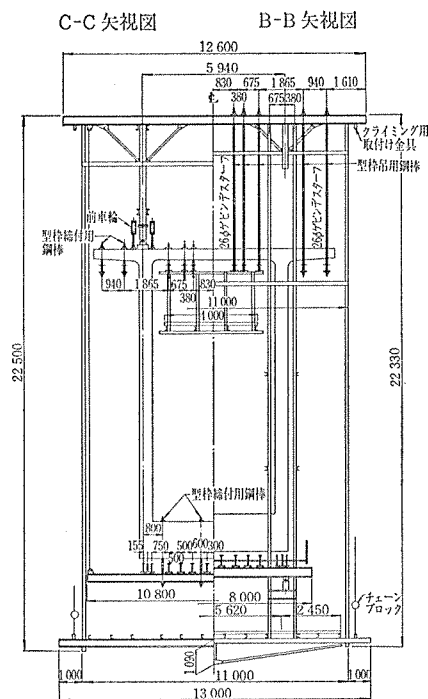


図-1 大型ワーゲン構造図

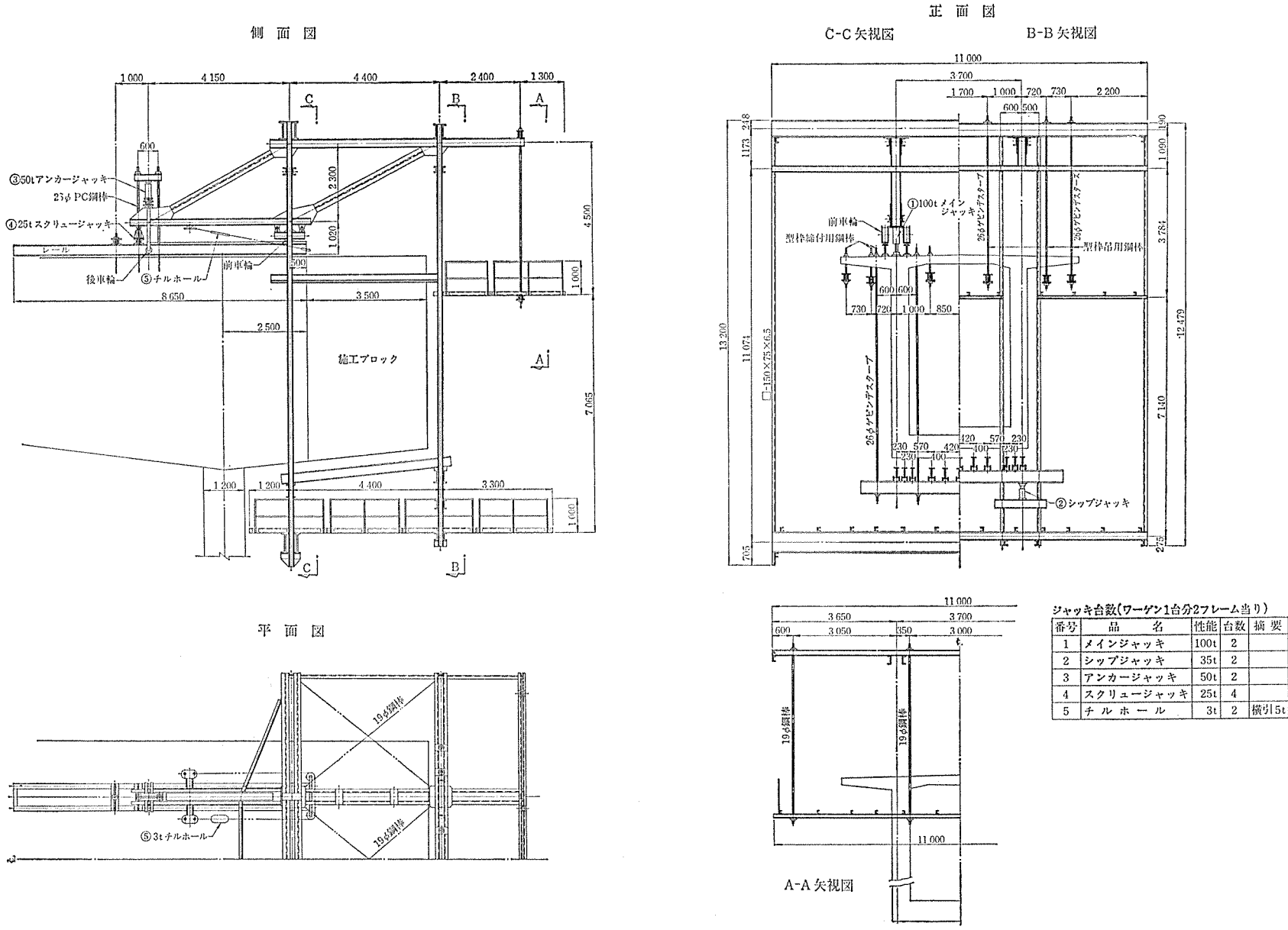


図-2 普通ワーゲン構造図

●片持架設工法●

本川橋梁（鉄道単体）（スパン $l=85.0\text{m}$ ）が PC 斜張橋で建設中であり、カンチレバー工法により架設されている。

以上のようにこれからもコンクリート橋のカンチレバー架設は橋梁架設にますます利用されるであろう。

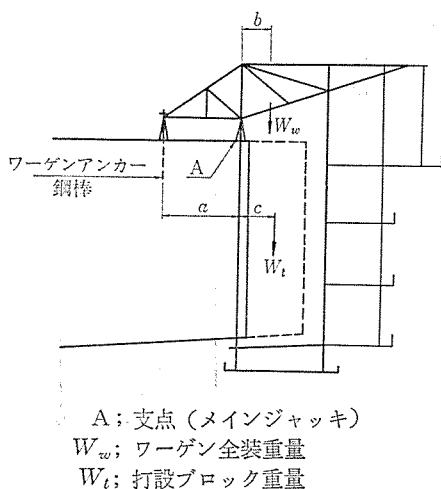
2. 架設機械の構造

カンチレバー工法は、フォルバウワーゲンと呼ばれる移動式作業車を利用して 2~3m のブロックを型枠組立て、鉄筋組立て、鋼棒配置、コンクリートの打設をしてプレストレスの導入と一連の作業をくりかえし行って前進してゆく工法である。したがって、フォルバウワーゲンは施工ブロックの重量に十分耐える構造でなければならないのはもちろんであるが、移動据付等の繰返し作業に対する機動性および施工性を持合せた構造でなければならない。図-1、2 にフォルバウワーゲンの構造図を示す。

フォルバウワーゲンは大きく分けてメインフレーム、ワーゲン固定装置、型枠セット装置、走行装置の4つに分けられる。メインフレームは構造的に菱形のトラスになっており施工ブロックの全重量（ワーゲン本体の自重、型枠、足場、施工ブロック重量、作業荷重、屋根等）を支え、その反力はメインジャッキで受ける。また、メイントラスは、既設のコンクリートに埋め込まれた PC 鋼棒に、スクリージャッキを支えとしてプレストレスを導入することにより固定される。

このようにしてワーゲンは据付セットされるが、かなりの重量を支えるものであるため水平にセットするのが原則とするが、この時の高さの調整は、前面ではメインジャッキにより、後面側ではスクリージャッキとアンカージャッキにより行う。

アンカー鋼棒のプレストレス量は次のように考える。



A: 支点 (メインジャッキ)
 W_w : ワーゲン全装重量
 W_t : 打設ブロック重量

図-3

A点のまわりのモーメントの釣合より

$$P = \frac{W_w \times b + W_t \times C}{a}$$

このPの反力にみあうプレストレスをアンカー鋼棒に導入してワーゲンを固定セットする。

底版型枠はB面の溝形鋼により吊るようになっており高さの微調整はシップジャッキにより行う。また既設のコンクリート側は、PC 鋼棒によりコンクリートに締めつけて固定する。上床版型枠は、メイントラスから PC 鋼棒（ゲビンデ鋼棒）によりB面で吊り下げられている。既設のコンクリート側は底版型枠と同様な方法により固定する構造である。型枠締付の PC 鋼材の緊張力は、型枠木材の変形、コンクリート打設時の反力等を考慮して決定する。

フォルバウワーゲンの移動は、型枠をはずし、ワーゲンにその重量をもたせ、既設鋼棒から PC 鋼棒でアンカーをとったレールの上にワーゲンを載せ、推進ジャッキにより押し出す。以上主要な構造について概略を述べたがこのほかに、桁下クリアランスを確保するための下段作業足場を桁高の変化と共に上げ下げするクライミング

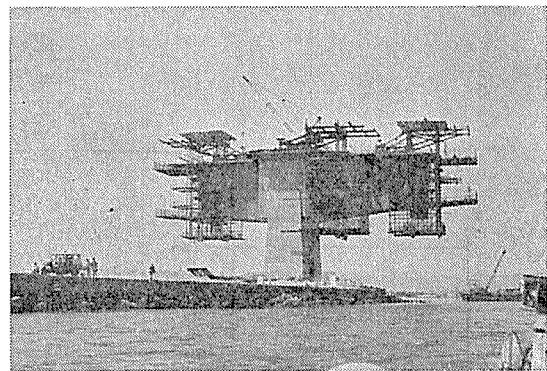


写真-1 ワーゲンによるカンチレバー架設状況



写真-2 メインジャッキ

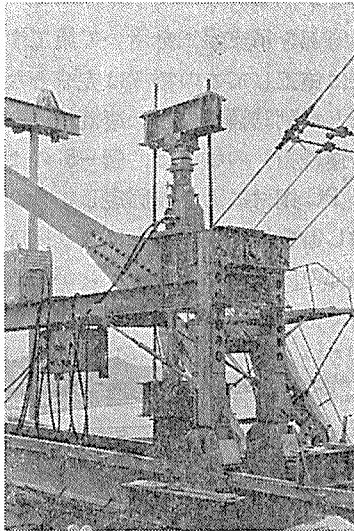


写真-3 アンカージャッキ

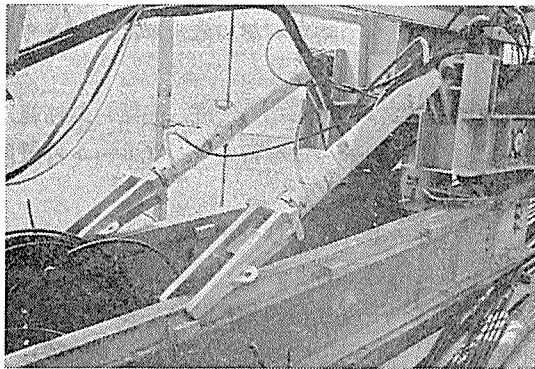


写真-4 走行用推進ジャッキ

装置、ワーゲン移動をスムーズに行うために、ジョイントされた鋼棒を仮受けする鋼棒受け台車装置等がある。またワーゲンによる作業はかぎられた狭い範囲で行われるので作業稼働日数を確保するため、コンクリートの品質管理および材料の落下防止のために屋根を設けたり、ワーゲン全体をシートあるいはラスアミ等で覆うことも比較的容易にできる（写真-1, 2, 3, 4 参照）。

次に架設される橋梁の規模に対するフォルバワーゲンの選定に当たっておおよその規準を述べれば次のとおりである。

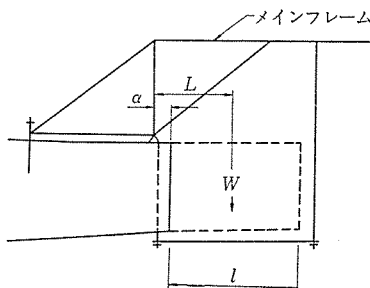


図-4

メインフレームは一般に主桁の上におかれるので、メインフレームの数は主桁の本数できまり、その大きさは、施工区分長、施工ブロックの容量により決定される。その容量は次のような計算により決まる。

$$M = W \times L$$

$$L = 1/2 l + \alpha$$

$$W = \text{コンクリート打設量} \times 2.5$$

α ; 一般に 0.5m

この計算結果より表-1のようにワーゲンの種類が決定される。

表-1 各種ワーゲンの最大容量

種類	普通ワーゲン	中型ワーゲン	大型ワーゲン
最大容量 (2フレーム当り) t・m	150	200	350
最大区分長 m	3.5	4.0	5.0

また、ワーゲンのメインフレームの数は主桁の本数できまるが、それに対する付属機器所要台数を表-2に示す。

表-2 標準ワーゲン付属機器所要台数

名 称		単 位	2主桁	3主桁	4主桁
普通ワーゲン	メインジャッキ 100 t	台	2	3	4
	型枠ジャッキ 35 t	〃	2	3	4
	アンカージャッキ 50 t	〃	2	3	4
	チルホール 3 t	〃	2	3	4
	スクリュージャッキ 25 t	〃	4	6	8
チェーンブロック 3 t	〃	8	10	12	
中型ワーゲン	メインジャッキ 150 t	台	2	3	4
	型枠ジャッキ 40 t	〃	2	3	4
	アンカージャッキ 70 t	〃	2	3	4
	自動走行装置	〃	2	3	4
	電動ポンプ C-8	組	2	3	4
スクリュージャッキ 40 t	台	4	6	8	
チェーンブロック 3 t	〃	10	12	14	
大型ワーゲン	メインジャッキ 200 t	台	2		
	型枠ジャッキ 50 t	〃	2		
	アンカージャッキ 100 t	〃	2		
	自動走行装置	〃	2		
	電動ポンプ C-10	組	2		
スクリュージャッキ 50 t	台	4			
チェーンブロック 3 t	〃	14			

3. 施工順序, 工程

カンチレバー工法（現場打ち）により施工される橋梁の施工順序は、多少の違いがあるにせよ大きい差はないのでここでは表-3に示す中央ヒンジ付3径間連続ラーメン桁橋を例にとって説明する。

施工区分は図のように㊸柱頭部, ㊹張出し施工部, ㊺側径間支保工部, ㊻中央連結部の4つに分けられる。

① 最初に橋脚上の柱頭部㊸を支保工を用いて施工する。

●片持架設工法●

表-3 ブロック施工標準工程

普通ワーゲン（2主桁の場合）

	1	2	3	4	5	6	7
型枠, 鉄筋, 鋼棒	■	■	■				
コンクリート打設				■			
養生				■	■	■	■
プレストレス導入							■
ワーゲン移動, セット							■

大型ワーゲン（2主桁の場合）

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
型枠, 鉄筋, 鋼棒	■	■	■	■					
コンクリート打設					■				
養生					■	■	■	■	■
プレストレス導入									■
ワーゲン移動, セット									■

- ② 完成した柱頭部上に1台目のワーゲンを組立て1ブロックを施工し、ワーゲンを1ブロック前進させた後反対側に2台目のワーゲンを組立て2ブロック目を施工する。以後交互にバランスを取りながら張出し施工を行う。
- ③ 張出し施工部③の施工終了後④の区間を施工する。この方法としては、一般には支保工を組んで施工するが、他の方法としては、仮支柱を組立てこれを支持し、ワーゲンを用いて施工する方法、または、④の区間が短い場合には吊支保工を用いて施工

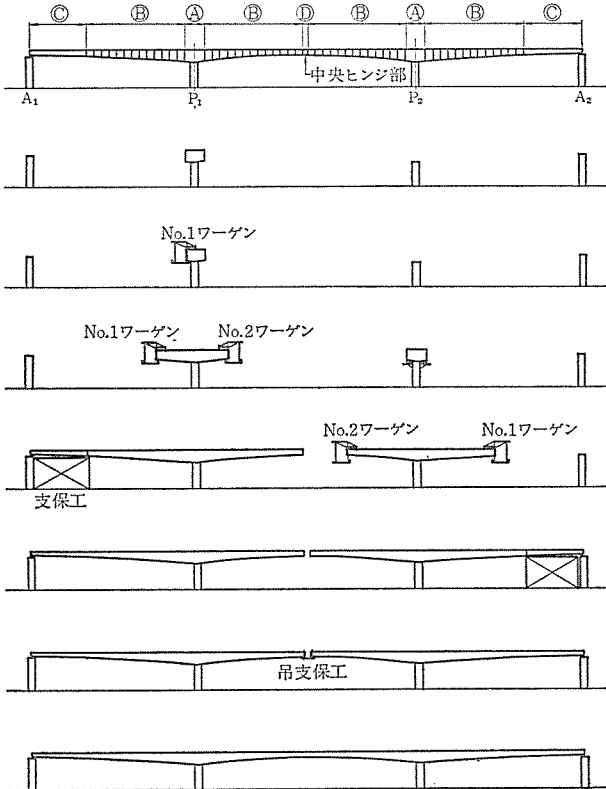


図-5 施工区分および施工順序

する方法とがある。

- ④ 最後に⑩部を吊支保工を用いて施工する。

以上のように施工してこの橋梁は完成となる。また、橋脚と上部桁とが剛構造でない連続桁（一般に鉄道橋に用いられる連続桁）の場合は、図-5のように橋脚と上部柱頭部をPC鋼材により仮固定し、③④を施工して仮固定を解除し⑩を施工することにより完成となる。

なお、柱頭部の区分長は、ワーゲンが載るための最小の長さが必要であり、一般に普通ワーゲン使用の場合で7~8m、中型ワーゲンの場合9~10m、大型ワーゲンの場合では11~12mである。また最終施工部⑩部は吊支保工で施工するため、一般に2~3mが多いようである。

次に1ブロックの施工順序を述べると次のとおりである。

- ① ワーゲンを定められた位置と所定の高さにセットし固定する。この時ワーゲンは水平になるようにする。
- ② 型枠組立て、PC鋼棒の接続、配置、鉄筋組、内型枠、棲型枠の取付けを行いコンクリート打設段取となる。
- ③ コンクリート打設はワーゲンに偏心荷重がかからないように均等に行う。
- ④ コンクリート打設後約2日間養生し（早強セメント使用の場合）所定の強度が出たことを確認してからプレストレスを導入する。
- ⑤ 型枠やワーゲンを固定しているPC鋼棒をゆるめワーゲンを次のブロックに移動する。

このようにして1ブロックは施工される。カンチレバー工法による橋梁架設は、この繰り返し作業がほとんどであり、したがって、全体工程も1ブロックのサイクル

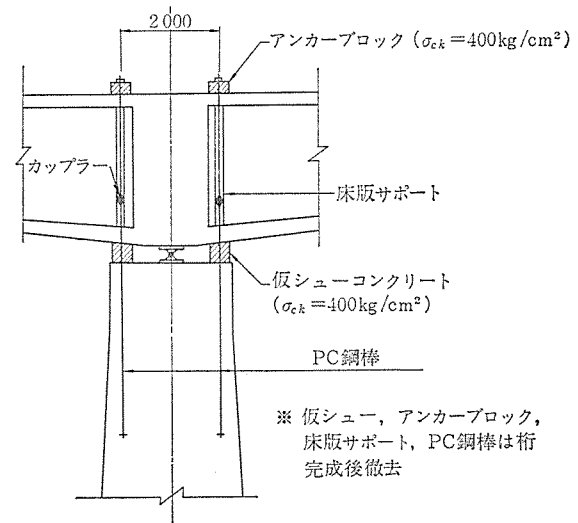


図-6 仮固定工

タイムにより大きく左右されるが、今までの実績から標準の工程は 図-6 に示すとおりである。

4. 特 徴

カンチレバー架設の特徴をあげれば次のことが言えよう。

- ① 支保工（足場）の必要がないので長大化でき、深い谷、流量の多い河川、交通量の多い街路上および鉄道を跨いで架橋が容易にできる。
- ② 2~5 m のブロックに分けて施工するため、桁高を変化させ、桁自身を変断面にして重量の低減させた橋梁に対して容易に適用することができる。
- ③ 1 区間の施工単位が小さいので施工管理が行いや

すい。特にコンクリートの養生には、ワーゲンに屋根を設けたり、また、冬場にはワーゲンの周囲に覆いを設けて打ち込まれたコンクリートの養生温度を調節することができる。したがって、コンクリートの変動係数を相当小さくおさえることができる。

- ④ ワーゲン周囲をラス網等で覆うことが容易にできるため、交通量の多い道路、鉄道、および航路を横断するような場合でも安全に施工することができる。
- ⑤ 桁の既設部分に設備したフォルパウワーゲンの上で工事が進められるので、気象条件などに左右されず、施工計画が確実にたてられる。
- ⑥ 型枠取付け、コンクリート打設、プレストレスの

表-4 日本におけるカンチレバー架設（現場打ち）橋梁実績

施 工 年	橋 名	施 主	架 場 設 所	橋 長 (m)	最大スパン (m)	幅 員 (m)	備 考
36	越 野 尾 橋	九 州 電 力	宮 崎 県	142.0	100.0	6.0	
38	天草連絡道路4号橋	道 路 公 団	熊 本 県	510.2	146.0	8.3	
39	天草連絡道路3号橋	道 路 公 団	熊 本 県	361.0	160.0	6.5	
40	玄 海 橋	佐 賀 県	佐 賀 県	258.0	176.0	6.0	
40	山 清 路 橋	関 東 地 建	長 野 県	100.0	100.0	6.0	
41	芦 ノ 牧 橋	福 島 県	福 島 県	190.0	112.0	10.5	
42	大 和 川 橋 梁	阪 神 高 速	大 阪 府	625.5	120.0	17.6	
42	上 の 関 大 橋	山 口 県	山 口 県	220.0	140.0	8.0	
42	新 太 田 橋	中 部 地 建	岐 阜 県	260.0	120.0	10.25	
43	多 摩 川 橋 梁	鉄 建 公 団	東 京 都	436.3	80.0	9.6	鉄 道 橋
45	黒 原 第 2 号 橋	九 州 地 建	宮 崎 県	192.2	110.0	9.0	
45	浦 戸 大 橋	道 路 公 団	高 知 県	910.0	230.0	6.5	
45	夕 張 橋 梁	鉄 建 公 団	北 海 道	209.0	80.0	5.8	鉄 道 橋
46	THONBURI. Br.	タ イ 国	バンコック	280.0	114.0	26.0	
46	小 松 川 橋 梁	水 資 源 公 団	高 知 県	160.0	100.0	6.7	
46	第 3 木曾川橋 梁	国 鉄	岐 阜 県	215.3	80.0	9.5	鉄 道 橋
46	塩 津 橋 梁	鉄 建 公 団	滋 賀 県	361.3	70.0	10.8	鉄 道 橋
47	中 田 切 橋	道 路 公 団	長 野 県	212.4	102.4	8.5	
48	彦 島 大 橋	山 口 県 道 路 公 団	山 口 県	680.0	236.0	8.5	
48	浜 名 大 橋	社 道 路 公 団	静 岡 県	630.0	240.0	9.0×2	
48	阿 武 隈 第 2 橋 梁	国 鉄	福 島 県	526.4	105.0	11.3	鉄 道 橋
48	阿 武 隈 第 3 橋 梁	国 鉄	福 島 県	385.4	96.0	11.3	鉄 道 橋
48	外 津 橋 梁	佐 賀 県	佐 賀 県	252.0	170.0	9.5	アーチ橋
48	第 3 北上川橋 梁	国 鉄	岩 手 県	370.0	80.0	11.0	鉄 道 橋
48	水 窪 大 橋	米 沢 市	山 形 県	176.0	120.0	7.3	
49	吾 妻 川 橋 梁	鉄 建 公 団	郡 馬 県	220.0	110.0	11.2	鉄 道 橋
49	雫 石 川 橋 梁	国 鉄	岩 手 県	240.0	72.0	12.2	鉄 道 橋
49	鹿 瀬 橋	新 潟 県	新 潟 県	238.0	106.0	8.0	
49	大 磯 橋	北 海 道 開 発 局	北 海 道	340.0	100.0	12.5	
49	日 川 橋	道 路 公 団	山 梨 県	A 630.0 B 557.0	130.0	11.5 9.0	
50	黒 瀬 橋	山 口 県	山 口 県	160.0	100.0	8.0	
50	浄 土 ケ 浜 大 橋	岩 手 県	岩 手 県	295.0	110.0	5.75	
50	第 4 阿武隈川橋 梁	国 鉄	福 島 県	205.0	75.0	11.6	鉄 道 橋
51	ニ ュ ー ニ ア リ ー 橋	ケニア共和国	ケニア	330.0	150.0	26.39	
51	太 田 川 橋 梁	鉄 建 公 団	新 潟 県	222.0	110.0	14.0	鉄 道 橋
51	能 登 大 橋	石 川 県	石 川 県	390.0	117.0	10.7	
51	松 浦 川 橋 梁	鉄 建 公 団	佐 賀 県	265.6	83.0	5.82	鉄 道 橋
52	永 川 橋	道 路 公 団	熊 本 県	270.0	101.0	10.0×2	
52	第 1 千種川橋 梁	鉄 建 公 団	兵 庫 県	210.0	80.0	5.9	鉄 道 橋
52	第 2 千種川橋 梁	鉄 建 公 団	兵 庫 県	210.0	80.0	6.0	鉄 道 橋
52	岩 大 橋	道 路 公 団	神 奈 川 県	595.0	185.0	7.5	
52	小 本 川 橋 梁	鉄 建 公 団	岩 手 県	256.0	85.0	7.0	鉄道橋（斜張橋）

●片持架設工法●

導入など同一工程の繰り返し作業のため、作業員の熟達が多い。したがって、比較的少人数で施工でき、施工速度も早い。

⑩ 各施工区分ごとに施工誤差の修正が可能であるので施工精度を高めることができる。

また一般にカンチレバー架設される橋梁は、プレストレストコンクリートの有利性を発揮できる桁高の変化させた変断面の形式が多く、したがって、美観上もすぐれたものが多い。

5. 実施例

カンチレバー工法は、その有利性を十分に発揮し、ヨーロッパはもちろんのこと日本においても数多くの橋梁架設に適用されてきた。昭和34年の嵐山橋以来、その実施例は現在まで200橋に及んでいる。これらの多くの橋の中から最大スパン $l=80\text{m}$ 以上の橋梁についてあげれば表-4のとおりである。表中外国のものもあるが、日本の建設会社の手により架設されたものである。

6. 参考文献

- ・プレストレストコンクリートの設計および施工
／猪股俊司
- ・コンクリート橋、鉄筋コンクリート・プレストレストコンクリート／横道英雄
- ・プレストレストコンクリート道路橋施工便覧
／社団法人日本道路協会
- ・プレストレストコンクリート長大橋における架設法および設計についての研究／PC技術協会
- ・DW方式によるPC長大橋の現状と将来について
／橋梁 Vol. 4, No. 4
- ・プレストレストコンクリート設計施工指針／土木学会
- ・ディビダーク工法設計施工指針(案)／土木学会
- ・フレッシュ工法設計施工指針(案)／土木学会

- ・最近のPCの動向について／PC技術協会
- ・土木施工講座 コンクリート橋上部構造施工法／国広、三瀬、只野、小池、佐藤、富田、山海堂
- ・橋梁ハンドブック／建設産業調査会
- ・工事報告天草五橋／日本道路公団編集土木学会発行
- ・PC長大橋の設計と施工／住友建設 PC長大橋技術研究会 理工図書
- ・“橋”／土木学会
- ・日本道路公団浦戸大橋主橋工事の施工／土木施工
Vol. 12, No. 13
- ・浦戸大橋の設計について／プレストレストコンクリート Vol. 13, No. 5
- ・外津橋の片持架設について／プレストレストコンクリート Vol. 16, No. 5
- ・浜名大橋の設計について／プレストレストコンクリート Vol. 17, No. 2
- ・浜名大橋の施工について／プレストレストコンクリート Vol. 18, No. 6
- ・第2、第3阿武隈川橋梁の設計施工について(I)／プレストレストコンクリート Vol. 17, No. 5
- ・吾妻川橋梁の設計と施工／橋梁 Vol. 13, No. 8
- ・特殊PC鉄道橋、国鉄久慈線小本川橋梁の設計と計画について／橋梁 1977年12月

[注記]

片持架設工法についての本稿は、PC鋼材に鋼棒を使用した場合についての施工例を紹介してあるが、PCケーブルを用いた施工も数多くある。

片持架設工法の場合の架設機の形も数例みられるが基本的な機構としては同じように架設機に、必要な支保工および型枠、コンクリートの自重などの反力をもたせたものである。

また、片持架設工法による実施例についても本稿ではPC鋼棒を用いた場合のもののみ記載されていることを補記して、おことわりいたしておきます。

転勤（または転居）ご通知のお願い

勤務場所（会誌発送、その他通信宛先）の変更のご通知をお願いいたします。

会誌発送その他の場合、連絡先が変更になっていて、お知らせがないため郵便物の差しもどしをうけることがたびたびあります。不着の場合お互いに迷惑になるばかりでなく、当協会としましては二重の手数と郵送料とを要することになりますので、変更の場合はハガキで結構ですから、ただちにご一報下さるようお願いいたします。

ご転勤前後勤務先に送ったものがそのまま転送されないでご入手になれない場合は、当方として責任を負いかねますからご了承下さい。