

講座

PC 橋梁の架設について

(その 3. 張出し架設工法)

1 はじめに

張出し (Cantilever) 工法とは、一般に、下から荷重を支える支保工を用いることなく架設作業車 (ワーゲン) を利用して順次コンクリートを打ち足し、張り出してゆくことによって橋桁を架設する工法をいい、比較的大きな支間長を有する連続桁やラーメン橋の施工に有利なものである。

西ドイツにおいて開発されたこの工法は、1958年に我が国に導入されて以来、現在までに数百橋という実績を持つに至っている。この間、ワーゲンをういた場所打ち施工の代りにプレキャストブロックを用いたものや、大型の架設トラス桁を用いて長ブロックを一度に施工した事例も見られるようになった。また、施工時に、桁に所要のプレストレスを導入するのに、当初は疲労強度の大きな特殊転造ネジ (非対称ネジ) を有する PC 鋼棒が、定着性と接続性を考慮して使用されていたが、1本当たりの容量がより大きな PC 鋼より線束を用いたものも増えてきた。

張出し工法は、大型橋梁に対する経済的有利性のゆえに、桁橋のみならずアーチ橋や斜張橋にも最近是用いられているが、本講座ではワーゲンを利用した場所打ち方式の張出し工法について、施工上の特長と留意点をわかりやすく説明する。また、言わば“空中で作業する”本工法の場合、人および部材の安全性には特に入念配慮が必要であることからこうした観点からも若干説明を行う。

2 張出し工法の特長

本工法の特長は、以下のごとく要約される。

- ① ワーゲンを使用するための支保工を橋梁下に設け

る必要がなく、深い谷や支保工の設置が困難な海上、市街地での架橋が容易であり、架設機械としても比較的小規模のもので済む。

- ② 数mずつのブロックに分けて施工するため、合理的に桁高を変化させて自重を低減させることが容易である。
- ③ 作業は主にワーゲン内に限定されるため、品質や工程の管理が容易で、また、繰返し作業となるために作業員の熟練が早く能率的である。
- ④ ブロック毎の施工であるため、計画高等の誤差の修正が容易である。

3 ワーゲンの構造と機能

ワーゲンの構造は図-1に示すように、鋼製トラス構造のメインフレームに横梁を組み、型枠、作業足場ならびに施工されるべきブロックの重量を支持するものである。ワーゲンは張り出した桁の先端に固定され、次に施工されるブロックのコンクリートが硬化して所要のプレストレスが与えられた後、前方に1ブロック分移動されて再び固定される。ワーゲンは施工ブロックの重量と長さ等に応じて、一般型、大型の2種類が使い分けられる (表-1)。また、主桁のウェブの数によってメインフレームの数も変化する。施工ブロックの幅員の変化が大きい場合には対応が困難となるが、最近はこの点を改良したものを使用されている。

表-2はワーゲン施工1サイクルの標準的な工程を示したものであるが、ブロック重量が増えたり主桁のウェブ数が増えると若干工程は延びる。

次にワーゲン各部の機能について説明する (図-1)。メインフレームの既設ブロックへの固定はスクリュージャッキを支えとして、コンクリートに埋め込まれたワー

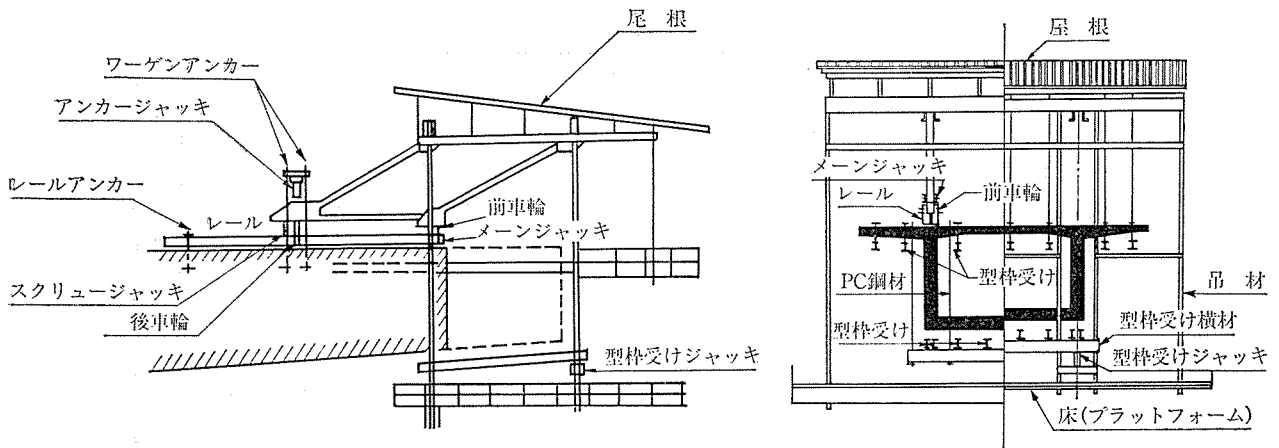
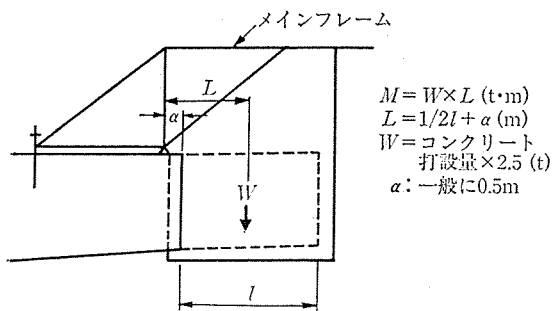


図-1 ワーゲンの構造

表-1 ワーゲンの能力表

種 類	一般型ワーゲン	大型ワーゲン
最大容量 (2フレーム当り) (t·m)	200	350
最大区分長 (m)	4.0	5.0
最大施工幅員 (2フレーム当り) (m)	14.0	14.0
概略重量 (2フレーム当り)	50t~60t	70t~140t



ワーゲンに作用する荷重

表-2 ワーゲン施工1サイクルの標準工程

作業	H	1	2	3	4	5	6	7	8	9
型枠, 鉄筋, 鋼棒組立										
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										

ゲンアンカー用 PC 鋼棒をアンカージャッキによって緊張することで行われる。メインフレームの前方支点のメインジャッキを介して伝えられる上揚力をこのワーゲンアンカーの緊張力で負担するわけである。型枠や足場には吊材等によって支持され、底型枠は型枠受けジャッキによって高さを調節され、荷重をうけられる。内型枠を受ける梁は既設ブロックと屋根よりの吊材で支持され

る。ワーゲンの移動のために前方および後方の車輪とレール、そして自動走行装置が備えつけてある。

ワーゲンの解放と移動、セットは以下の手順で行われる。

- ① コンクリート硬化後、主方向にプレストレスを導入し、レールアンカーを緩めてレールを1ブロック分前方へ引き出す。新しいレールアンカーでレールを固定。
- ② 型枠を支持している吊材およびジャッキを緩め、これらの荷重をメインフレームにすべて移行する。
- ③ メインジャッキを戻してワーゲンを下げ、前方車輪をレールに載せ、次にアンカージャッキを戻してワーゲンを前のめりにさせることで後方車輪をレールの上フランジに引っかけさせる。この段階でワーゲンアンカー用 PC 鋼棒はフリーな状態にある。
- ④ 自動走行用モーターを作動させ、レール上をワーゲンを移動させ、所定の位置で停止させる。
- ⑤ ワーゲンアンカーを新しい位置でセットし、メインジャッキを押してワーゲンを上げ、前方車輪をレールから浮かせた後、アンカージャッキを押してワーゲンアンカーを緊張。この時、後車輪はレールフランジより離れる。スクリュージャッキによってワーゲンフレームを固定。型枠のセットを行う。

4 施工事例と全体工程

最も一般的な規模を持つ3径間有鉸ラーメン橋の事例について、全体工程を 図-2 に掲げる。

すなわち、2基のうち1基の柱頭部を支保工上で施工し、2台のワーゲンをセットして左右交互に張出し施工を行う。他の柱頭部は若干の遅れをもって同様に張出し施工を行う。張出しが終了した後、ワーゲンを撤去、側径間支保工部を施工する。中央閉合部の施工を行った後

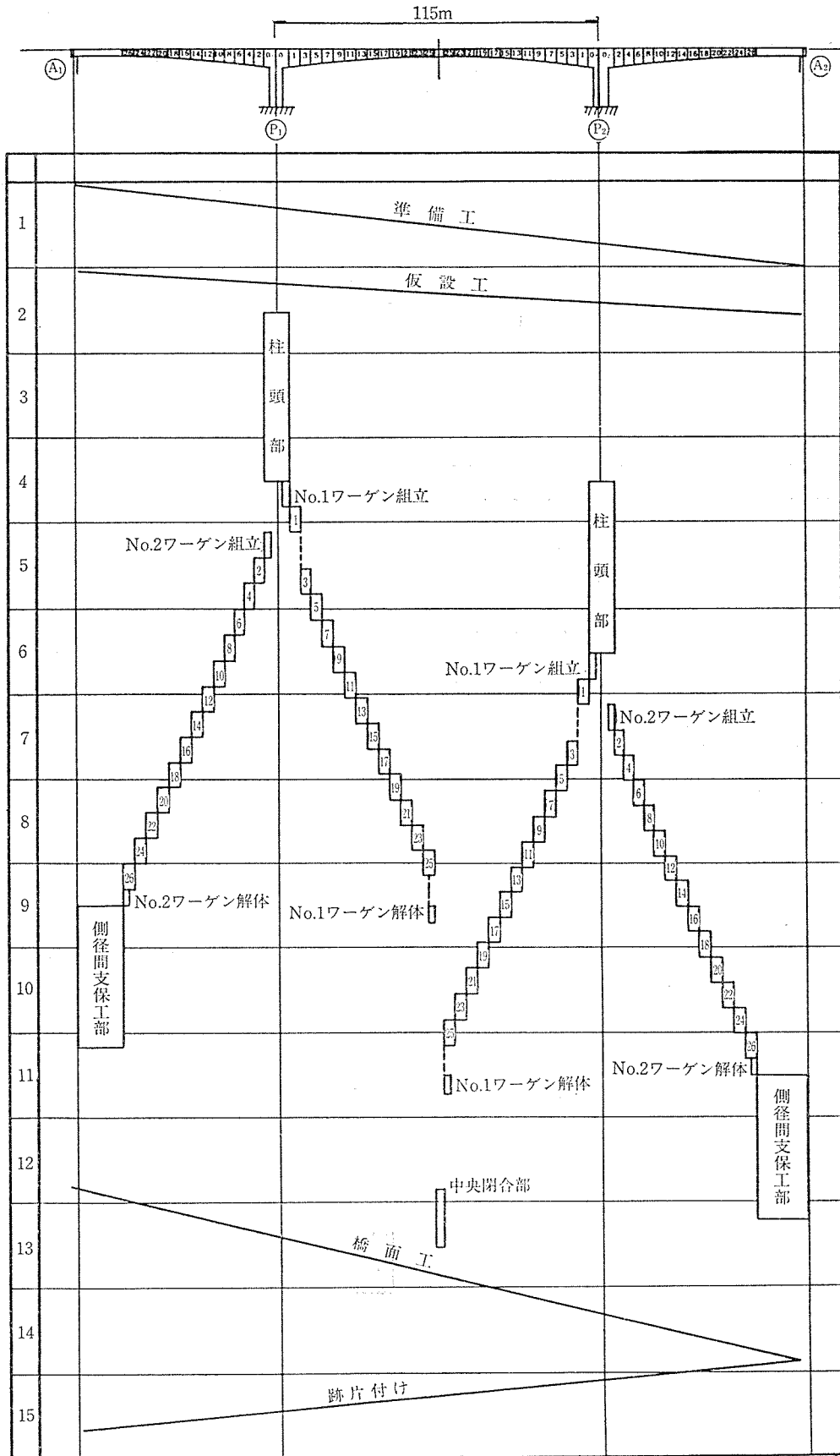


図-2 全体工程例

に橋面工を施して完了するものであり、全体工期が約15か月となっている。張出しブロック数はワーゲン1基当たり13個でほぼ9日のサイクルで施工されているが、最初、柱頭部にワーゲンをセットするのに2基同時には行わず、1基をセット、ブロック施工後に前進させてから他の1基をセットしている。柱頭部の長さを抑えるために通常はこうした措置がとられる。なお、柱頭部や側径間の支保工や型枠は1基分を準備して転用すべく工程に考慮されている。

ラーメン橋の場合、柱頭部で主桁と橋脚は剛結されているので施工途中で左右のブロック数の差等によって生じるアンバランスモーメントは直接橋脚に伝えられるが、沓を配された連続桁の場合には図-3に示すような仮固定工を施す必要がある。

また、張出し時の曲げに対して主桁には図-4に示すような主鋼材が配置されてゆくのが一般的であるが、場合によっては架設用のアウトケーブルを配して補強することもある。図-5に示しているのは斜張橋のように斜吊り方式で一時的に補強するもので、これらは桁高を抑えたり、主鋼材を減じたりできる等のメリットを有する。左右の張出し長に極端な差を設ける必要がある場合や片押し方式で張り出す場合には図-6に示すように仮支柱の使用が有効である。また、図-7のように橋台部から逆方向に張り出すこともあるが、この時にはカウンターウエイトとして橋台重量を増やしてPC鋼材で主桁

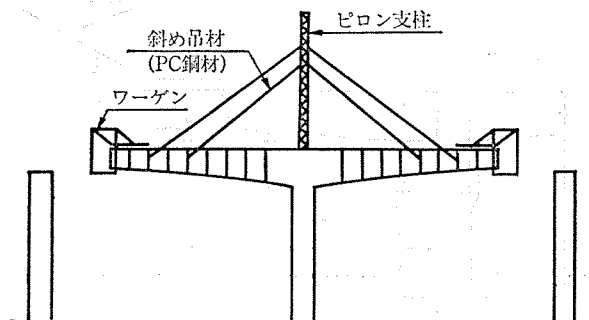


図-5 ピロン工法による施工概要図

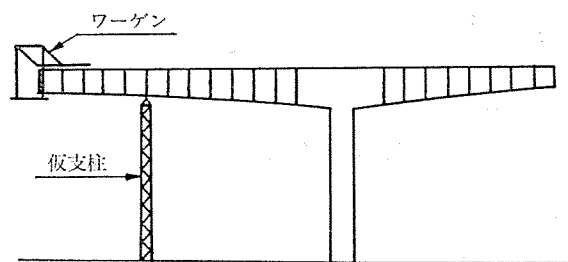


図-6 仮支柱を使用した施工概要図

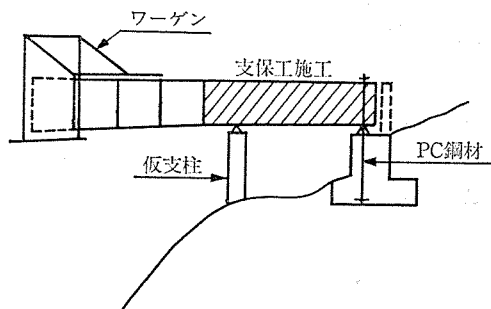
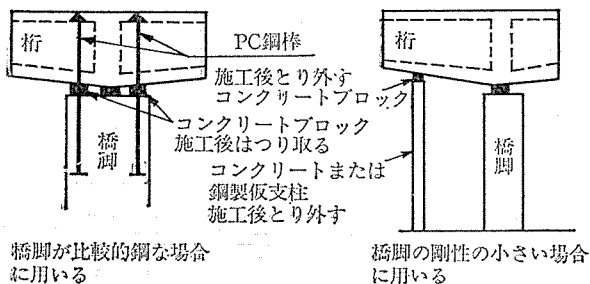


図-7 側径間逆張出し工法の施工概要図

(イ) 仮支点をを用いる場合

(ロ) 仮支柱を用いる場合



橋脚が比較的剛な場合に用いる

橋脚の剛性の小さい場合に用いる

図-3 連続桁橋の施工中の不均衡モーメントに対する措置

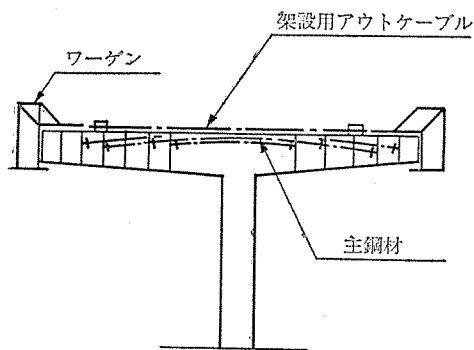


図-4 アウトケーブル工法による施工概要図

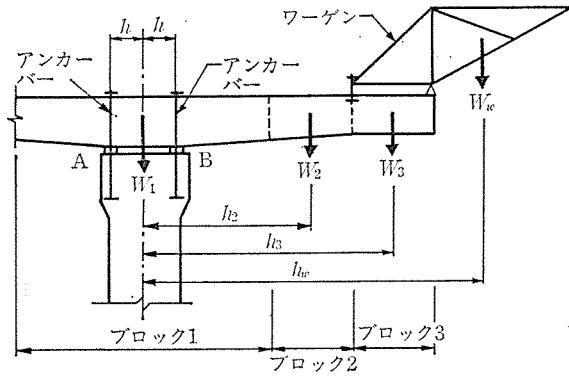
と緊結するなどの措置を要することとなる。

5 施工上の留意点

前述したように、張出し工法は“空中”で桁を架設してゆくものであり、前回までの講座で述べた支保工式場所打ち工法やプレキャスト桁工法と比べ、特に留意すべき点があるためこれについて説明する。

(1) 柱頭部施工および仮固定工

張出し施工は一般的には橋脚を中心として左右バランスをとりながら進められるが、最初にワーゲンを据え付けるために橋脚上は一定長を場所打ち施工される。この部分を柱頭部と称する。橋脚の周囲に組み立てられる柱頭部支保工は経済性を考慮して、橋脚が低い場合には一般的な支柱式や枠組式支保工が、また高い場合にはブラケット式のものが採用される(図-13参照)。この支保工および柱頭部の重量はブラケットを締めつけているPC鋼棒の緊張力による摩擦抵抗で負担されるべく設計



仮沓A, Bの反力

$$R_A = -\frac{1}{2l}(W_2l_2 - W_3l_3 + W_wl_w) + \frac{1}{2}(W_1 + W_2 + W_3 + W_w)$$

$$R_B = \frac{1}{2l}(W_2l_2 + W_3l_3 + W_wl_w) + \frac{1}{2}(W_1 + W_2 + W_3 + W_w)$$

図-8 仮固定工の反力

される。

前述したごとく、連続桁の柱頭部や逆張出し施工の場合の橋台には仮固定工が必要となり、仮沓や仮 PC 鋼材が配置される。通常は仮沓にはコンクリートブロックが用いられ、仮 PC 鋼材としては PC 鋼棒が用いられる。この PC 鋼棒は橋脚施工時に一部を埋め込まれ、カプリングされて主桁上縁部で緊張されるのが一般的である。張出し終了後、この PC 鋼棒を解放、撤去し、仮沓を折り壊すこととなる。仮沓および仮 PC 鋼材は 図-8 に示された反力に対して設計される。逆張出しの場合も同様に設計されるが、特に転倒に対して十分な安全率を確保する必要がある (図-3, 図-7 参照)。また、アンバランスモーメントに対して橋脚や基礎がクラックを生じたり、損壊したりした例も海外では報告されているので、設計上この点に留意することも大切であろう。

(2) ワーゲンアンカー工

前述したごとく、張出し施工時のすべての荷重はワーゲンアンカー PC 用鋼棒を介して既設コンクリートに伝えられる。このアンカーは張出しの進捗とともに移動されるもので、各ブロックの所定の位置に一部を埋め込まれ、カプリングによって上方を継がれる構造となっている (図-9 参照)。アンカーは 図-10 に示す張力に対して十分な安全率を加味して設計されるが、カプラーへのネジ込み不足や鋼棒軸線の折れなどの不測の事態に対応する意味で2本以上とすべきであろう。また、レールアンカーはワーゲン移動時のワーゲン重を負担するものであるから、同様に厳しく設計、操作されるべきものである。

(3) 墜落、落下物防護工

ワーゲンは言わば“空中”にあるため、そこからの墜落や落下物は重大事故に結びつく可能性が大きい。ゆえ

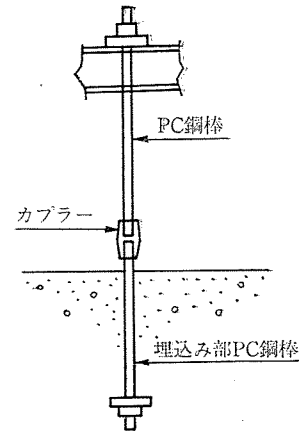
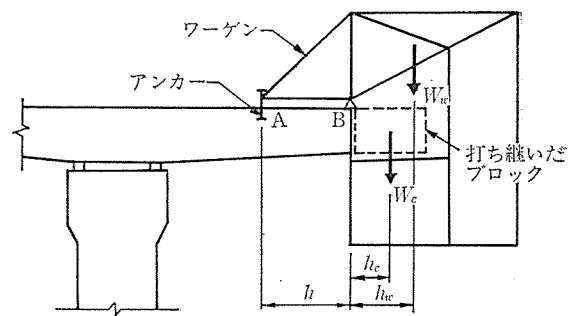


図-9 ワーゲンアンカー



アンカーに生じる張力

$$T = \frac{1}{l}(W_c \cdot l_c + W_w \cdot l_w)$$

図-10 ワーゲンアンカーの張力

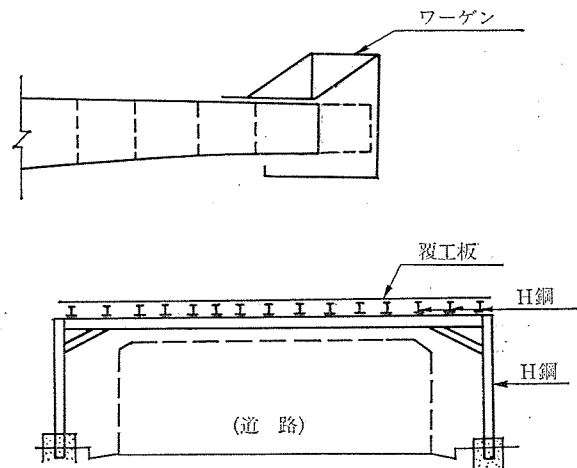


図-11 防護工例

に作業足場や防護ネットの構築と点検には最大限の注意が払われなくてはならない。コンクリートくずや、場合によっては養生水すらの落下も許さないために床も壁もシートで覆うということもある。また、作業のための足場や昇降階段は堅固に設ける必要がある。施工が完了した橋面にも手摺の設置が必要である。ワーゲンが上空を通過する道路や鉄道には落下物等に対する保護の目的から防護工を構築すべきである (図-11)。

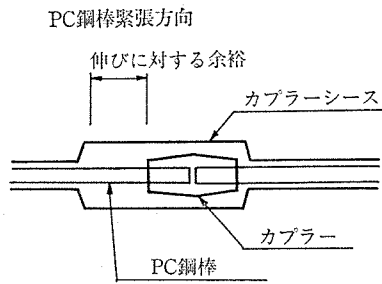


図-12 カプラーおよびカプラーシース

ワーゲンの移動に当たっては、型枠設備が完全にコンクリートから離れていることを確かめたり、作業員が桁面に移っていること等を確認して、墜落や落下物を防止せねばならない。この時レールアンカーを余分に設けて不測の事態に対処することも重要である。

(4) コンクリート工、PC 鋼材工等

ワーゲン内の一連の作業についての留意点を述べる。コンクリートはブロック毎に打ち継がれてゆくため、その打継目にはチッピングを施したり、新コンクリート打設にあたっては吸水させる等の対応が必要である。主方向PC 鋼材として通常は PC 鋼棒が用いられるが、運搬や組立て上から1本当りの長さは制限されるので設計の段階で考慮されねばならない。ゆえにカプラーを用いて PC 鋼棒を継いでゆくことになるが、この時、カプラーへの鋼棒のネジ込みが不充分であると、鋼棒緊張時にネジ山が破断するなどの事故を起こすことになるので注意が必要である。また、カプラー部には 図-12 に示すようなカプラーシースが用いられるが、鋼棒の伸びの方向に伸び量を考慮してセットされないと、鋼棒等緊張時にカプラーが前面のコンクリートを圧壊したり、所定のプレストレスを導入できなかつたりするので、こうした点にも充分な注意が必要である。張出し工法の場合はブロック施工であることと工期が長いため、PC 鋼材の配置からグラウトまでの時間が比較的長いといえる。ゆえに雨水の浸入を防ぐ等、PC 鋼材の腐食防止に充分な配慮がなされるべきで、長期にわたって露出される地覆用鉄筋等に対してもセメントペーストを塗布する等の措置が講じられることもある。鋼棒のネジ部はカプリング時までは、傷つけたりサビをつけたりすることの無いように保護キャップを装着しておく必要がある。また、電気溶接のスパークや局所的な高熱は鋼棒の材質の変化を招く

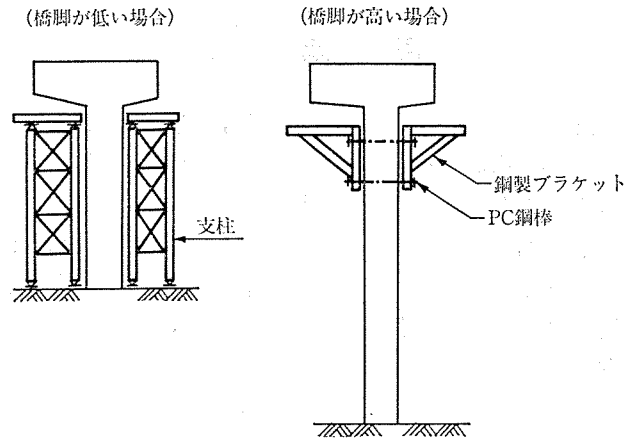


図-13 柱頭部の施工

ので、この点に充分注意せねばならない。

(5) 上げ越し管理

張出し工法の場合に特に重要となるのが上げ越し管理である。これは橋梁が最終的に所定の計画高を得るように、それまでに進行するクリープ変形をも含めた全変形を考慮して張出し施工時の各段階で上げ越し量を設定、管理してゆくことであり、ワーゲン重やプレストレスを含めたすべての持続荷重を管理の対象とせねばならない。また、張出し状態の桁は温度変化によってははなはだしい変形を生じるので、この点を考慮して日中でのたわみ測定を避ける等の対応を要す。

6 おわりに

長大コンクリート橋の施工に適した張出し工法は、今や橋梁架設の主役であると言っても過言では無いだろう。今回の講座では、この張出し工法について、特に通常の支保工を用いない工法であるがゆえの基本的な事項を、安全性に対する配慮も踏まえて紹介したつもりである。これから張出し工法を用いた橋梁工事に関わろうという方々に参考として頂ければ幸いである。

【記：板井栄次^{*1}，仙洞田将行^{*2}，中村一樹^{*3}，長尾徳博^{*4}，理崎好生^{*5}】

- *1 住友建設(株) 土木部設計第2課長代理
- *2 興和コンクリート(株) 工事部次長
- *3 オリエンタルコンクリート(株) 技術部主任研究員
- *4 富士ピー・エス・コンクリート(株) 東京支店工務部副部長
- *5 ピー・エス・コンクリート(株) 土木部工務課長