

PC 波形鋼板ウェブ箱桁橋の品質管理方法

酒井 秀昭 *1

1. はじめに

近年、わが国においては、PC 波形鋼板ウェブ箱桁橋が、死荷重の低減による建設コストの削減を主な目的として採用されるようになった。本形式の施工にあたっては、複合構造であるので PC 構造と鋼構造に関する広範な知識が必要となるが、一般的には PC 橋の施工業者が請負人となり施工している。現場の請負人の技術者は、主として PC 構造物の施工経験を有するものがほとんどであり、鋼構造物の施工に関する知識を十分に習熟しているとは断言できない事例も見受けられる。本形式特有の施工方法や品質管理方法についても、コンクリート標準示方書¹⁾や道路橋示方書²⁾に記載されておらず、本協会の規準³⁾にその概要について数ページの記載があるのみである。

したがって、PC 波形鋼板ウェブ箱桁橋を發展させ効率的で経済的な社会資本整備を図るためや設計で設定した性能を確保するためには、橋梁技術者が本形式特有の施工方法や品質管理方法を習熟することが重要となっている。

本報文は、この PC 波形鋼板ウェブ箱桁橋の特有の施工方法や品質管理方法の概要について、高速道路会社における規準^{4, 5)}や筆者の実橋における経験をもとに述べるものである。

2. 品質管理の概要および手順

2.1 品質管理の概要

コンクリート構造物の品質管理は、要求性能に対して設計作業で設定されたすべての照査を満足するように施工を行うための手段である。したがって、品質管理として実施した結果が、設計作業で設定された照査を満足しない場合は、施工方法や品質管理方法を見直す必要がある。このため品質管理は、初めに品質管理計画を立て、それに基づき品質管理を実践し、その結果が適切かどうか検査等による品質保証を行い、品質不良の場合には品質改善の検討を行って品質管理に反映させるサイクルで実施する必要がある。品質改善の検討結果から、品質管理計画を見直す必要がある場合は、品質管理計画の修正を行う必要がある。この一般的な品質管理の流れを図-1に示す。

2.2 PC 波形鋼板ウェブ箱桁橋の品質管理の手順

一般的な PC 波形鋼板ウェブ箱桁橋を含む PC 橋の品質管理は、施工過程の各段階においてそれぞれの品質を確認す

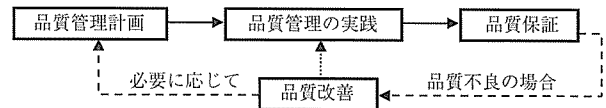


図-1 一般的な品質管理の流れ

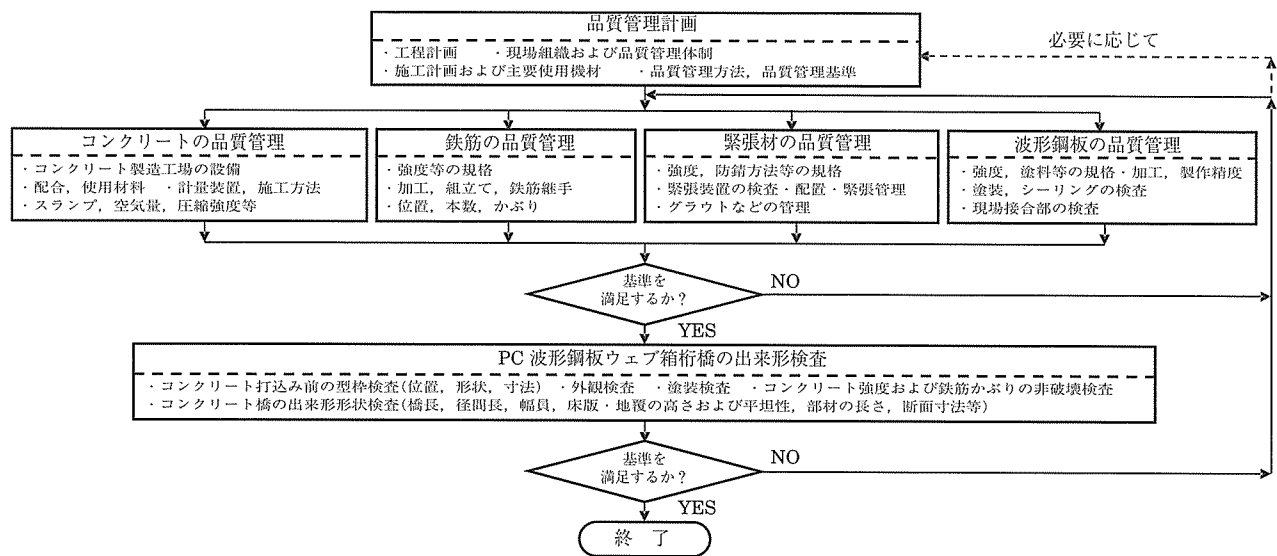


図-2 波形鋼板ウェブ箱桁橋の品質管理の概略手順

*1 Hideaki SAKAI：中日本高速道路(株) 博士 (工学)

ることにより行うものであり、品質管理計画、使用材料の製造時・現場施工時の品質管理の実践および品質保証のための検査、完成した構造物の品質保証のための検査に大別される。品質保証のための検査において品質不良が確認された場合は、必要に応じて材料交換・安全性の確認のための検討および再施工等の処置を講じるとともに、品質管理計画や品質管理実践方法の修正等の検討を行う必要がある。PC 波形鋼板ウェブ箱桁橋の品質管理手法も規定している高速道路会社における既往の規準^{4, 6)}を参考に、PC 波形鋼板ウェブ箱桁橋の品質管理の概略手順を作成すると図-2のとおりとなる。

3. PC 波形鋼板ウェブ箱桁橋の概要

3.1 構造の特徴

品質管理を行ううえで、PC 波形鋼板ウェブ箱桁橋の構造の留意すべき特徴を列挙すると主として下記の項目があげられる。

- ① 波形状に加工された鋼板ウェブ
- ② 波形鋼板とコンクリート床版との接合構造
- ③ 波形鋼板と支点コンクリート横桁との接合構造
- ④ 波形鋼板相互の連結構造

以下に、その構造の概要を述べる。

3.2 波形鋼板ウェブの形状

波形鋼板ウェブは、一般に鋼板をプレス加工して製造している。その形状は、座屈安全性、施工性、経済性、景観性等を十分に考慮して決定しており、高速道路等においては、座屈安全性等の技術検討を行い、本形式の開発国であるフランスで実績のある図-3に示す1600型（波高220mm）を多く採用している。

3.3 波形鋼板と床版との接合構造

波形鋼板とコンクリート上下床版との接合構造としては、現在までに主として下記の5タイプが採用されている。これらのうち、埋込み接合とアングルジベル接合の概略図を図-4に示す。

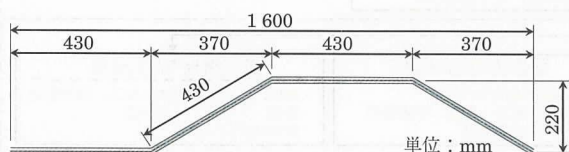


図-3 波形鋼板の形状

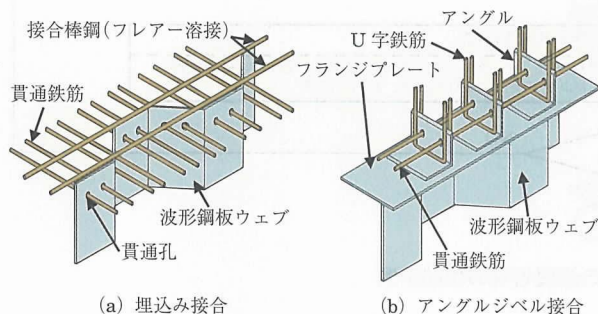


図-4 波形鋼板とコンクリート床版との接合構造事例

- ① 埋込み接合
- ② スタッドジベル接合
- ③ アングルジベル接合
- ④ シングルパーフォボンドリブ+スタッド接合
- ⑤ ツインパーフォボンドリブ接合

波形鋼板と下床版との接合部は、雨水や結露などが直接作用する部位となるため、排水・止水措置を施すなど適切な防食を行うことが重要である。とくに、埋込み接合の場合は、コンクリート下床版に直接波形鋼板が埋込まれているため、その界面に作用する雨水や結露などに対し、耐久性の低下を引き起こさないようシーリングなどの防錆対策を施すことが重要である。

3.4 波形鋼板とコンクリート横桁との接合構造

波形鋼板ウェブとコンクリート横桁の接合部は、鋼とコンクリートとの異種部材の組合せで構成されるため、耐用期間中にその機能を十分に発揮できるように適切な防食を施す必要がある。この接合構造としては、埋込み接合、アングルジベル接合、シングルパーフォボンドリブ+スタッド接合などが採用されているが、接合構造の選定にあたっては、構造的性、経済性を検討するとともに安全性が実験などで確認されたものを採用している。アングルジベル接合の事例を図-5に示す。

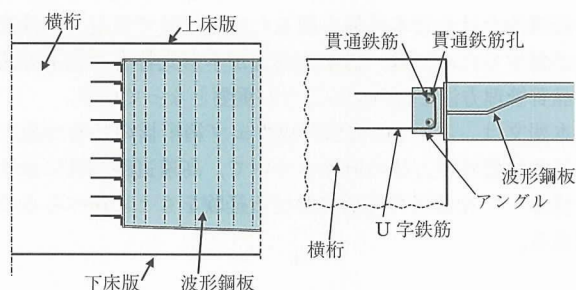


図-5 アングルジベル接合による横桁との接合事例

3.5 波形鋼板相互の連結構造

波形鋼板は、現場で相互に連結する必要があるが、その連結方法には主に図-6に示す3種類がある。一般的には、架設時の誤差を吸収しやすい重ね継手（連続すみ肉溶接）が採用されるが、突合せ継手や重ね継手（1面摩擦接合）が用いられる場合もある。

連続すみ肉溶接による重ね継手を用いて、フランジプレートを使用する波形鋼板と床版との接合構造（アングルジ

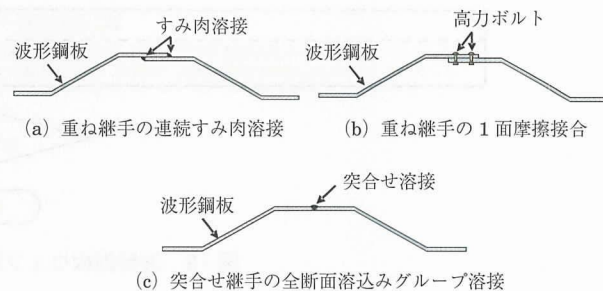


図-6 波形鋼板相互の連結方法

ベル接合等)を採用する場合は、溶接施工試験などにより施工性が良好であることが確認されるとともに、疲労試験により十分な疲労耐久性を有することが確認された継手形状とする必要がある。このため、一般的には、図-7に示す現場溶接構造が採用されている。

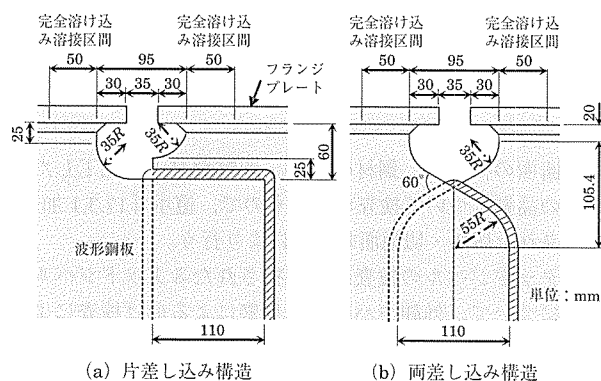


図-7 現場連続すみ肉溶接の事例

4. 波形鋼板の品質管理

4.1 概要

PC 波形鋼板ウェブ箱桁橋の品質管理は、図-2に示したとおり、施工過程の各段階においてそれぞれの品質を確認することにより行っている。したがって、波形鋼板の品質管理においても、波形鋼板の施工の各段階においてそれぞれの品質を確認することにより行う。

波形鋼板の施工における品質管理は、第一に鋼板や必要に応じて使用される高力ボルト・スタッドジベル等の「鋼材検査」、鋼材の防錆処理に使用される「塗料検査」などの材料検査を行う。第二に、波形鋼板の製作時に、製作された部材の「部材検査」を行う。第三に、部材検査後に実施される「工場塗装検査」を行う。第四に現場で架設された波形鋼板の相互の連結部について、現場溶接の場合は「現場溶接検査」、高力ボルト摩擦接合の場合は「高力ボルト検査」を行うとともに、波形鋼板の位置および形状等について「出来形検査」を行う。その後、波形鋼板連結部の「現場塗装検査」を行い、床版との接合構造が埋込み接合の場合は防錆のための「シーリング検査」を行うという手順で一般的に実施されている。

これらの波形鋼板の施工における品質管理の概略手順を図-8に示す。ただし、波形鋼板の防錆方法が塗装によらない場合は、当該防錆方法に適合した検査を行う必要がある。橋梁が完成した後は、当該橋梁の出来形形状が確保されているかどうかや初期欠陥の有無等について、出来形検査が行われている。

本報文においては、道路橋の波形鋼板の品質管理方法について以下に述べる。

4.2 材料検査

鋼材検査のうち鋼板については、道路橋示方書Ⅱ鋼橋編⁷⁾(以下、「道示」という)「17.2 鋼材」に準拠して行う。一般には、鋼材検査証明書に記載された事項と照合するとと

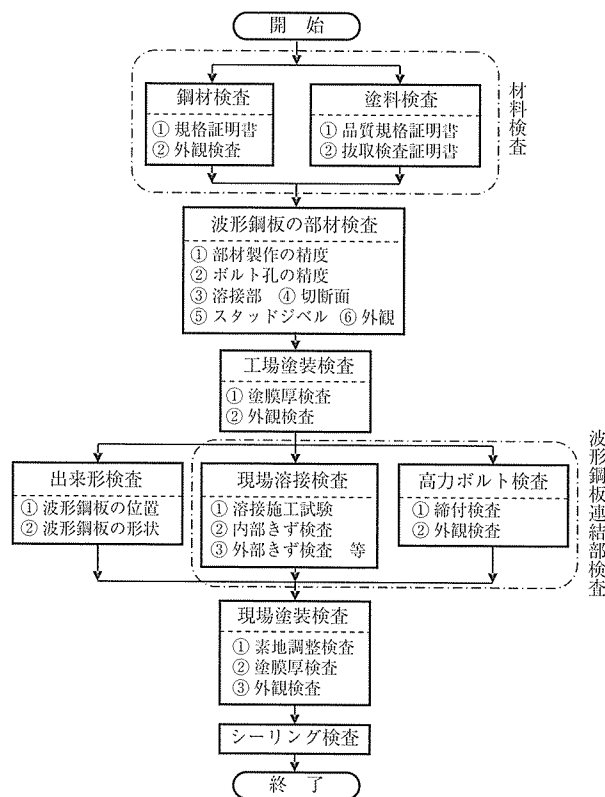


図-8 波形鋼板の品質管理の概略手順

もに、有害な表面きずがないか確認する方法で行われている。高力ボルトやスタッドジベルを用いる場合についても、同様な手法で行う。

塗料検査については道示では詳細な規定が無いが、高速道路会社の規準⁴⁾では、塗料の品質が所定の規格に適合することを証明する品質規格証明書を確認するとともに、抜取検査を行い抜取検査証明書による照査を行う手順で検査を行っている。

4.3 波形鋼板の部材検査

波形鋼板の部材検査は、製作工場で作成した波形鋼板が適正な品質を確保しているかについて検査を行うもので、「部材製作の精度」、「ボルト孔の精度」、「溶接部」、「切断面」、「スタッドジベル」、「外観」の6項目について検査を行う。検査を行う時期としては、溶接部の外部きず検査等が可能となるように塗装前に行う必要がある。

一般的な鋼橋の部材精度は、道示「17.3.2 部材精度」に規定されているが、波形鋼板に関しては規定値が設定されていない。高速道路会社においては、道示の規定を参考に波形鋼板の部材製作の精度を表-1のとおり⁴⁾定めている。

ボルト孔の精度については、道示「17.3.1 加工」にボルト孔の径および許容差について定めている。

アングルジベル接合のようにフランジプレートがある構造においては、部材検査時に溶接部の検査を行う必要がある。溶接部の検査としては、溶接部のビード(波形状の溶着金属)形状や外観に関する外部きず検査と完全溶込み溶接部の内部きず検査とがある。

外部きず検査は、主として目視によるが必要に応じて磁

表 - 1 波形鋼板の部材製作の精度

No.	項目	記号	測定位置	許容誤差	測定頻度
1	フランジ幅	b (mm)		± 2 mm	端部 および 部材中央
2	ウェブ高	h (mm)		$h \leq 2000$: ± 4 mm $2000 < h$: $\pm (3+h/2)$ (mm)	
3	部材長	L (mm)		± 10 mm	1 部材 2 箇所 (上下)
4	フランジ 平坦度	δ_f (mm)		$\pm W_d/150$ mm W_d : 波長の 設計値 (mm)	端部 および 部材中央
5	ウェブ高さ 方向の 平坦度	δ_w (mm)		$\pm h_d/250$ mm h_d : ウェブ高の 設計値 (mm)	1 部材に 2 箇所 (両面)
6	波高	H (mm)		± 10 mm	全数
7	フランジの 直角度	d (mm)		$\pm d/b_d \leq 1/100$ b_d : フランジ幅の 設計値 (mm)	端部 および 部材中央
8	フランジの 平面 曲がり量	a (mm)		± 5 mm	全数

粉探傷法等を用いた非破壊検査を実施する。道示「17.4.5 外部きず検査」による検査基準をとりまとめると表 - 2 のとおりとなる。このうち、アンダーカットとは、溶接の止端（母材の面と溶接部のビードの表面との交線）に沿って母材が掘られて溶着金属が満たされないう溝となって残っている部分が発生する溶接欠陥であり、オーバーラップとは、溶着金属が止端で母材に融合しないで重なることによって発生する溶接欠陥である。これらは、耐荷力や疲労強度を低下させるとともに塗装の耐久性も低下させる。アンダーカットとオーバーラップの模式図を、図 - 9 に示す。

内部きず検査は、完全溶込み溶接部において鋼材相互が完全に溶着しているかどうかについて検査するものであり、道示「17.4.6 内部きず検査」により行う。この非破壊検査としては、通常は超音波探傷試験により行っている。

表 - 2 溶接部の外部きず検査基準

検査項目	判定基準	
溶接われ	あってはならない。必要に応じて磁粉探傷試験等。	
溶接の外観・形状	ビード表面のピット	突合せ継手・T継手・かど継手には、あってはならない。すみ肉溶接等については、1 継手または継手長さ 1 m につき 3 個まで許容。
	ビード表面の凸凹	ビード長さ 25 mm の範囲の高低差で 3 mm 以下。
	アンダーカット	深さ 0.5 mm 以下。
	オーバーラップ	あってはならない。
	すみ肉溶接の大きさ	設計サイズおよびのど厚以上。ただし、1 溶接線の両端各 50 mm を除く範囲では、- 1 mm まで許容。

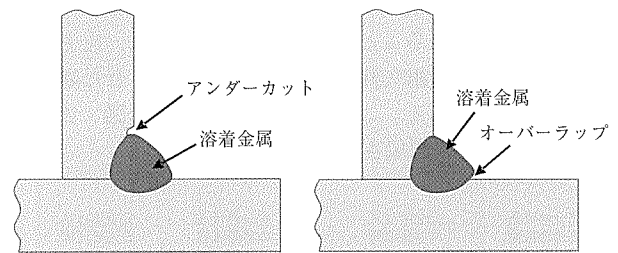


図 - 9 アンダーカットおよびオーバーラップ

切断面の検査は、鋼材の切断・切削面および加工した開先面の品質について検査を行うもので、道示「17.3.1 加工」で示された切断・切削面の品質により行う。

スタッドジベルの検査は、溶接されたスタッドジベルの品質について、外観やハンマー打撃による曲げ検査により検査を行うもので、道示「17.4.5 外部きず検査」により検査する。スタッドジベルの外観検査基準を表 - 3 に示す。

外観検査は、製作された波形鋼板の部材に有害なきずや塗装の耐久性に影響を与える汚れ等が付着していないかについて目視による検査を行う。とくに、塗装前の素地調整作業のプラスト処理では除去が困難な油脂や水分、溶接の際に飛散するスラグや金属粒などの有害付着物をあらかじめ取り除く必要があるため、十分な確認が必要となる。

表 - 3 スタッドジベルの外観検査基準

欠陥	欠陥とする判定基準
余盛形状の不整	余盛は全周にわたり包囲していない。余盛は高さ 1 mm 幅 0.5 mm 以上のものとする。
クラックおよびスラグ巻込み	存在する。
アンダーカット	するどい切欠状のアンダーカットおよび深さ 0.5 mm 以上のアンダーカットがある。ただし、グラインダー仕上量が 0.5 mm 以内に収まるものは仕上げて合格とする。
スタッドジベルの仕上り高さ	設計値の ± 2 mm を超えている。

4.4 工場塗装検査

工場塗装検査については道示では詳細な規定が無いが、高速道路会社の規準⁴⁾では、作業状況について請負人が塗装工程における作業管理状況が把握できる記録を作成し、監督員に提出し検査を行っている。また、塗膜厚について工場塗装終了時に、塗膜厚管理記録および記録写真を監督員に提出し検査を行っている。

4.5 現場溶接検査

現場溶接継手には、活荷重 (T 荷重) により、ウェブの面内せん断力や床版変形に伴う面外曲げモーメント (いわゆる首振りモーメント、上床版近傍にのみ発生) が作用する。また、フランジプレートを有する場合は、現場継手上下端近傍には、スカーラップの存在によって発生するせん断変形に起因する二次的な応力集中が生じる。したがって、現場溶接施工に先立って、現場溶接施工性試験を実施し、施工方法の妥当性等を検証するとともに、適切な品質管理を行う必要がある。

一般的に多く採用されている連続すみ肉溶接による重ね継手の現場溶接にあたっては、施工に先立ち部材同士を仮固定するとともに、溶接欠陥を防止するため、肌隙を少なくする（1 mm 以下）ことが必要である。部材同士の仮固定には、スタッドボルトを用いている。連続すみ肉溶接による重ね継手の現場溶接の品質管理の手順を図 - 10 に示す。また、図 - 7 に示した連続すみ肉溶接の形状事例における溶接止端仕上げを行う箇所を図 - 11 に示す。

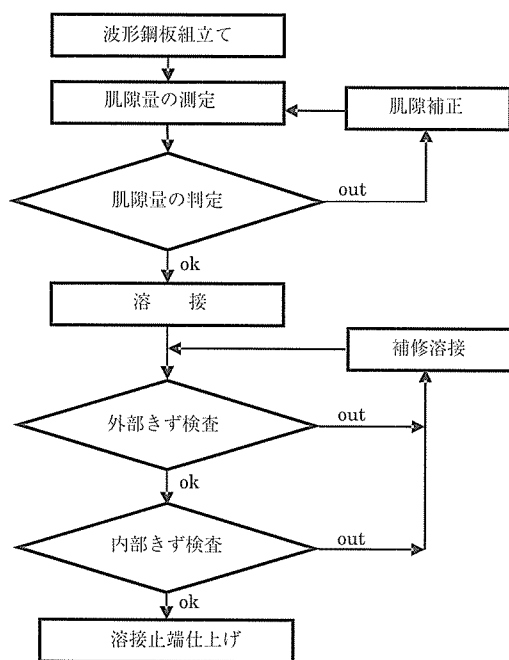


図 - 10 現場溶接の品質管理の手順

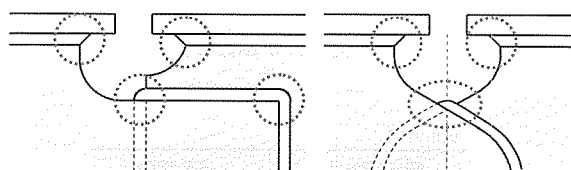


図 - 11 現場溶接の溶接止端仕上げが必要な箇所

4.6 高力ボルト検査

高力ボルト検査は、波形鋼板相互の連結構造を高力ボルトによる摩擦接合とした場合に設計ボルト軸力が導入されているか等について現場で検査を行うものであり、道示「17.5 高力ボルト」により行う必要がある。高力ボルトとしては、高力六角ボルトとトルシア形高力ボルトとがあり、一般的にはトルシア形高力ボルトが多く用いられている。

トルシア形高力ボルトは、専用の締付け機により行い、締付けトルクはピンテールを切断することにより制御される。締付け検査は、全数についてピンテールの切断の確認とマーキングによる外観検査を行う。

4.7 出来形検査

波形鋼板を架設し相互を接合した後は、波形鋼板の位置や形状について出来形検査を行う必要がある。波形鋼板の形状については、架設後も表 - 1 に示した精度を確保する

必要がある。とくに埋込み接合を採用した場合は、フランジプレートが無いため変形しやすいので、施工にあたっては十分な注意が必要となる。

波形鋼板の位置については、橋梁全体の性能を確保するために必要な精度で施工する必要があるため、設計時に定めた精度を確保しているかについて検査する。

4.8 現場塗装検査

現場塗装検査は、工場塗装検査と同様に行うが、現場溶接部や高力ボルト接合部は錆が発生していると想定されるので、塗装前に素地調整の良否について検査する必要がある。

4.9 シーリング検査

波形鋼板ウェブとコンクリート下床版の接合部は、雨水や結露などが直接作用する部位となるため、排水・止水措置を施すなど適切な防食を行う必要がある。とくに埋込み接合の場合は、シーリングを施す必要がある。

高速道路会社の規準⁵⁾では、埋込み接合の接合部については、以下に示すとおりの方法で防食性能を確保している。

- ① シーリング材による下床版接合部の防水は、箱桁の内側および外側の両方に対して行う。
- ② 下床版接合部のコンクリートには、水が滞留しないよう勾配をつけ水はけをよくする。
- ③ 波形鋼板の塗装は、鉄筋貫通孔の上側の深さまで行いコンクリート内に埋め込む。

図 - 12 に接合部防食の詳細図を、図 - 13 にシーリング材の寸法を、図 - 14 に塗装の埋込み長を示す。また、シーリング材の材料は、JIS A 5758 に適合する材料で、シリコン系の材料を標準とし、耐久性の区分が 10030、9030、および 9030 G のいずれかを満足するクラス 25 で低モジュラス（50% のひずみを与えたときの応力が 0.2 N/mm² 以下）のシーリング材を使用することを標準⁴⁾としている。

シーリング検査は、前述の形状の確保やシーリング材の性能について検査を行う。

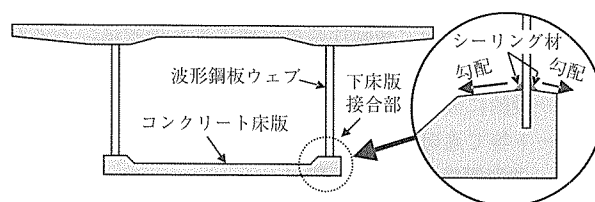


図 - 12 接合部防食の詳細

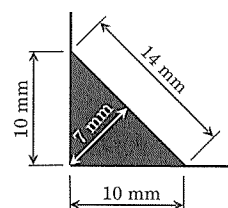


図 - 13 シーリング寸法

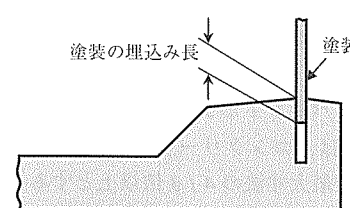


図 - 14 塗装の埋込み長

5. 施工上の留意点

PC 波形鋼板ウェブ箱桁橋の施工にあたって、一般的な PC 箱桁橋と比較して品質確保のうえでとくに留意すべき点について以下に述べる。

5.1 波形鋼板の曲げ加工

鋼板を波形に曲げ加工するにあたっては、道示「1.6 鋼種の選定」に準拠して、冷間で行うことを原則とし、局部的に大きなひずみを与えないように内側半径は板厚の 15 倍以上とするのを標準とする。また、調質鋼のような焼入れ、焼戻し処理を施された鋼材は、熱間加工のために焼戻し温度（650℃）以上に加熱した場合、熱処理により得られた特性が失われることから、このような加工は避ける必要がある⁸⁾。同様に、熱加工制御鋼（TMC）も熱間加工を避ける必要がある。

5.2 波形鋼板の部材長

一般的に鋼部材の架設における長さ変化としては、現場溶接等による部材の縮みのみしか考慮していない。しかし、PC 波形鋼板ウェブ箱桁橋の架設においては、プレストレスによるけたの短縮や橋脚と主桁が剛結構造の場合には橋脚の回転による水平変位等が生じるので、波形鋼板の工場製作にあたっては、架設時の主桁長の変形を適切に評価して波形鋼板の製作長を決定する必要がある。

5.3 波形鋼板の輸送・保管・架設

波形鋼板は、工場等で製作された後、架設現場まで輸送され現場内で一時的に保管されて架設される。これらの作業における留意点は下記のとおりである。

- ① 波型鋼板と床版との接合構造が埋込み接合の場合は、フランジが接合されておらず剛性が小さいので、輸送時や運搬時に有害な変形を生じさせないように、形状保持等の必要な処置を講じる必要がある。
- ② 波形鋼板は、その精度が十分確保できるように架設時の形状保持を行うとともに、施工中に有害な応力が作用しないように十分に検討を行う必要がある。波形鋼板の架設時の面外方向の変形が大きいと予測される場合は、必要に応じて対傾構などを設ける。
- ③ 張出し架設等で移動作業車を使用する場合は、アンカーの設置構造について十分に検討する必要がある。
- ④ 一般的に波形鋼板は工場塗装となるので、塗装面をシート等で適切に養生する必要がある。

5.4 波形鋼板自由縁の面取り

鋼材を切断したままの角部は鋭い角をしており、塗装方法のいかんにかかわらず塗膜が薄くなる。したがって、塗装寿命を高めるため、主要部材の自由縁となる角には面取りを行う必要がある。面取りの大きさは、2 mm 程度とするのがよく、曲面仕上げを行うことが望ましい。

5.5 パーフォボンドリブ孔のあき

パーフォボンドリブ構造における貫通鉄筋と孔とのあき c は、コンクリートのせん断力の確保を目的として粗骨材の最大寸法の $4/3$ 倍以上とする必要がある。このため、パーフォボンドリブ孔と貫通鉄筋との位置関係は、図 - 15 に示すとおりとする必要がある。

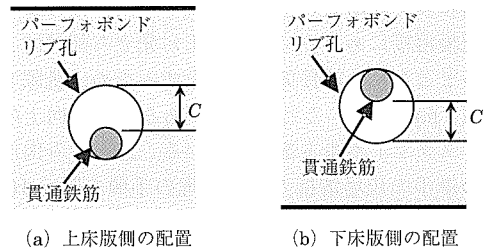


図 - 15 パーフォボンドリブ孔のあき

5.6 下床版コンクリートの打込み・締固め

波形鋼板ウェブとコンクリート床版との接合部は構造上重要な部位であり、配筋も密になるため、コンクリートの打込みおよび締固めは、初期欠陥が発生しないように十分に注意して施工する必要がある。とくに波形鋼板にフランジプレートがある場合は、図 - 16 に示すように、フランジ下面には、気泡やブリージングの影響で空隙が生じやすくなる。したがって、施工にあたってはコンクリートのスランプ、打込み方法、締固め方法などを適切に設定し、コンクリートが確実に充てんできるように注意する必要がある。

また、締固め時にコンクリートが充てんされていることを確認するため、下床版のフランジ部に図 - 17 に示すような充てん確認孔を設置することが望ましい。

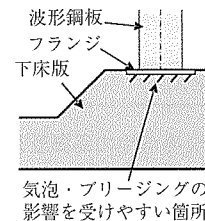


図 - 16 充てんが困難な箇所

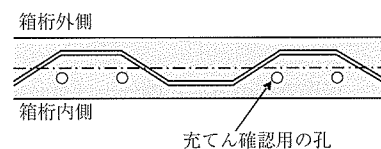


図 - 17 充てん確認孔

5.7 架設時の主桁のたわみ

PC 波形鋼板ウェブ箱桁橋は、ウェブのせん断剛性がコンクリートウェブ橋よりも小さいため、主桁のせん断変形を無視できない場合がある。したがって、施工時の形状管理や出来形形状の精度確保のため、通常の骨組解析における軸力および曲げによる変形に加え、必要に応じて主桁のせん断変形も考慮する必要がある⁸⁾。

5.8 架設時の主桁の変形

PC 波形鋼板ウェブ箱桁橋は、断面のねじり剛性が比較的小さいため、曲線橋、斜橋などでは架設中の主桁のねじり変形が大きくなり、床版に無視できない引張応力が発生する場合がある。したがって、架設においては、主桁のねじ

り変形に対しても十分な事前検討や慎重な変形管理を行う必要がある。事前検討の結果から、架設時に床版に無視できない引張応力が発生する場合には、架設方法を再検討するとともに、必要に応じて適切な間隔で中間隔壁を設置し主桁のねじり剛性を高めるなどの対策を行う必要がある。

6. おわりに

PCと鋼との複合構造橋梁は、両者のメリットを活用することにより、長大化が可能となるとともに合理的で経済的な橋梁の建設を可能とすることができる。この複合構造橋梁の設計時に設定した性能を確保するためには、適正な品質管理が重要となる。筆者は、施工中の道路構造物の品質管理方法の妥当性について検査や指導することを業務としているが、PC波形鋼板ウェブ箱桁橋については、とくに鋼部材に関する品質管理方法について現場の技術者の習熟度が低いケースが見受けられる。

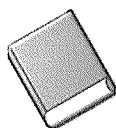
主として社会資本として整備される橋梁は、初期建設コ

ストの削減のみならず維持補修費等も含めたライフサイクルコストを最小とすることが重要となる。そのためにも、適正な品質管理を行い所定の性能を確保するとともに、初期欠陥の発生を極力抑制することがきわめて重要となる。本報文がその一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書【施工編】，2007
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 IIIコンクリート橋編，2002
- 3) プレストレストコンクリート技術協会：複合橋設計施工規準，2005
- 4) 中日本高速道路株式会社：構造物施工管理要領，2007
- 5) 中日本高速道路株式会社：設計要領第二集 橋梁建設編，2007
- 6) 中日本高速道路株式会社：コンクリート施工管理要領，2007
- 7) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 II鋼橋編，2002
- 8) 高速道路技術センター：波形鋼板ウェブを用いたPC橋設計施工ガイドライン（案），2005

【2008年4月2日受付】



刊行物案内

第 16 回 プレストレストコンクリートの 発展に関するシンポジウム 論 文 集

(平成19年10月)

本書は、平成19年10月につくば市（つくば国際会議場）で開催された標記シンポジウムの講演論文集です。

頒布価格：会員特価 10,000 円（一般価格 12,000 円）（送料はいずれも 600 円）
体 裁：B5判，箱入り