

波形鋼板ウェブ橋における施工管理

関井 勝己*

1. はじめに

日本国内における波形鋼板ウェブ橋は、平成4年新潟県の新開橋に始まり、近年その建設が増加している。日本においては新しいタイプの複合構造であり、コンクリートと鋼板の接合方法や鋼板どうしの接合方法などの詳細構造が研究され、変化してきている。また、設計・施工および管理要領も基準化・マニュアル化が進められているところである。平成11年に発注され現在施工を進めている第二名神高速道路鍋田高架橋(PC上部工)西工事では、波形鋼板どうしの接合方法に張出し架設中の施工誤差を調整しやすい一面重ねすみ肉溶接を採用した。そのため、従来の波形鋼板ウェブ橋と比べ波形鋼板に関する管理方法が大きく異なっている。

本文は、鍋田高架橋西工事における波形鋼板ウェブ橋の現場作業における施工管理(主に波形鋼板に関するもの)を紹介するものである。

2. 橋梁概要

工 事 名：第二名神高速道路鍋田高架橋(PC上部工)西工事

構造形式：PC3径間連続ラーメン波形鋼板ウェブ箱桁橋
道路規格：第1種2級(V=100 km/h)

活 荷 重：B活荷重

橋 長：L=246.892 m(上り線)、243.108 m(下り線)

桁 長： $l=246.592$ m(上り線)、242.808 m(下り線)

支 間 長： $59.460+125.969+59.463$ m(上り線)
 $58.540+124.031+58.537$ m(下り線)

車道幅員：W=14.600 m

施工方法：場所打ち張出し架設工法(柱頭部21 m区間は固定支保工による場所打ち)

本橋の側面図を図-1に、断面図を図-2に示す。

3. 波形鋼板に関する施工管理

図-3に施工管理のフローチャートを示す。

3.1 現場搬入時の検査

現場搬入時に、波形鋼板の寸法検査および外観検査を行う。寸法検査は、表-1に従った。

3.2 溶接前の管理

(1) 天候管理

次の場合は、溶接作業は禁止する。

- ① 雨天または雨天となる恐れのある場合
- ② 雨上がり直後
- ③ 強風時(溶接箇所風の速が5 m/sを超える場合)
- ④ 気温が5℃以下の場合
- ⑤ その他、監督員の指示のある場合

(2) 溶材の管理

- ① 溶接材料は、吸湿の恐れのない所に保管する。

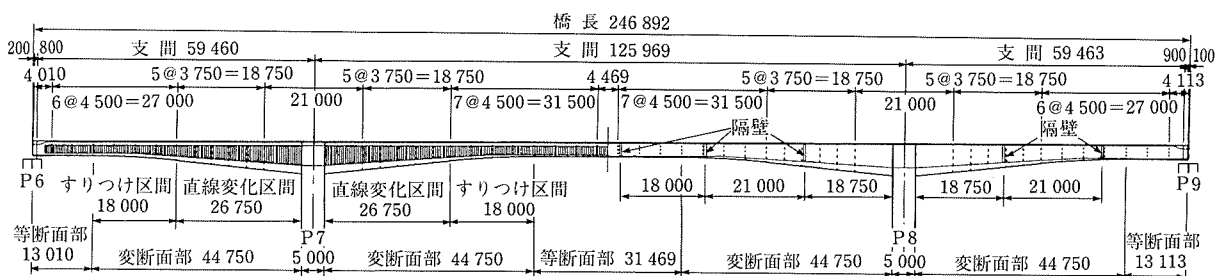
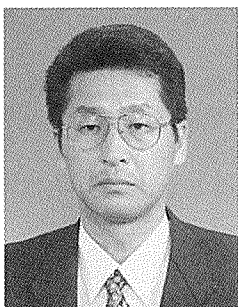


図-1 側面図



* Katsumi SEKII

(株)ピー・エス 大阪支店 工事長

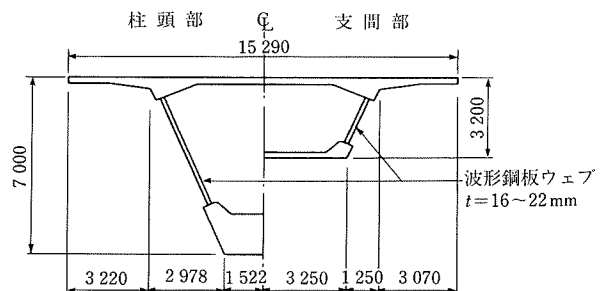
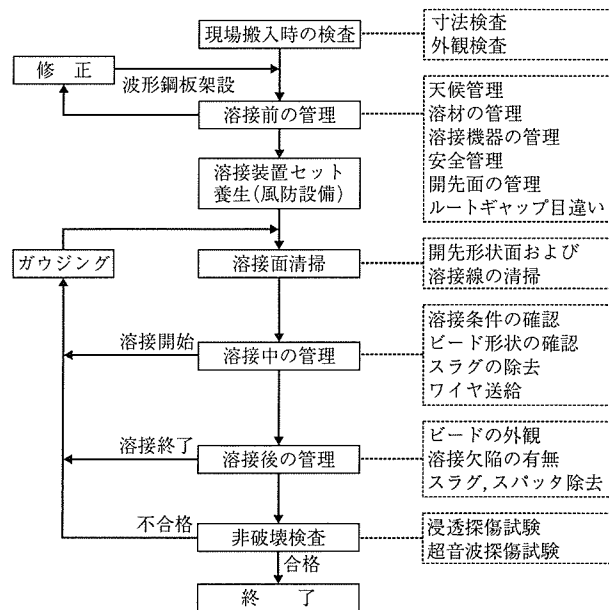


図-2 断面図



注) 鋼板どうしの溶接は一面重ねすみ肉溶接

図-3 波形鋼板の施工管理のフローチャート

表-1 波形鋼板の製作精度^{1), 2)}

No.	項目	記号	測定位置	許容誤差
1	フランジ幅	b (mm)		$\pm 2\text{mm}$
2	ウェブ幅	h (mm)		$h \leq 2.0 : \pm 4\text{mm}$ $2.0 < h : \pm (3+h/2)\text{mm}$
3	部材長	L (mm)		$\pm 10\text{mm}$
4	フランジ平坦度	δ_f (mm)		$\pm w/150\text{mm}$
5	ウェブ高さ方向の平坦度	L (mm)		$h/250\text{mm}$
6	波高	H (mm)		$\pm 10\text{mm}$
7	平面曲がり量	a (mm)		$\pm 5\text{mm}$
8	フランジの直角度	d (mm)		$\pm d/b \leq 1/100$

- ② 溶接ワイヤは、長時間の放出を避け防錆に注意する。なお、錆が発生したものについては破棄する。
- (3) 溶接機器の管理
 - ① 溶接機、キャブタイヤ等は整備点検済みのものを使用する。
 - ② 発電機、キャブタイヤ等は十分な容量をもつものを使用する。
 - ③ 溶接機器等のトラブルは、溶接部の品質はもちろん、工程にも重大な影響を及ぼす可能性があるため必要な機器などに雨等がかからないように十分管理する。

(4) 安全管理

- ① 機材等の点検を行い、とくに自動電撃防止装置の作動の確認、キャブタイヤの損傷の有無等、身体に危険を及ぼすものについてはとくに注意する。
- ② 作業場所の整理整頓を徹底し、とくに可燃物を溶接場所付近に放置しない。
- ③ 作業足場の点検を行い、安全を確認してから作業を行う。
- ④ アーク光による電光性眼炎に対し、保護眼鏡を着用する。
- ⑤ 作業者に対する安全教育を実施する。

(5) 溶接前の管理

- ① 溶接線およびその近傍の錆、不純物の付着の有無を確認し、必要に応じて、ワイヤブラシ、グラインダー等で錆・不純物を取り除く。
- ② 重ね継手部の密着度(許容値 1 mm)を確認する。

[重ね継手部の肌すき防止方法]

鋼板の製作誤差等で接合面に肌すきが生じる。溶接するためには、鋼板どうしを密着させる必要があるため、図-4のようなスタッドボルトにて密着させている。スタッドボルトを使用することで、ボルトが波形鋼板の外面に露出せず景観に優れ、将来の遅れ破壊やゆるみによるボルト落下も防止できる。架設誤差の吸収は、ボルト径 M 22 mm に対し、ボルト孔 $\phi 40$ mm、ワッシャー外径 $\phi 80$ mm として調整した。

また、溶接方法はガスシールドアーク溶接法を採用した。

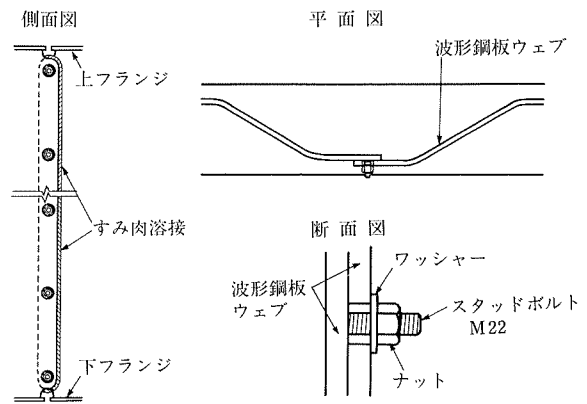


図-4 肌すき防止要領図

(6) 現場溶接部風防設備

風防設備を設けることで、溶接作業に有害な風を防ぐ。

(7) 溶接中の管理

- ① 溶接中の電流、電圧、速度を確認し、常に適正な条件で施工する。
- ② ワイヤの送給状態、チップの摩耗など、機器各部の調整等を確認する。

(8) 溶接後の管理

- ① ビードの外観、溶接欠陥(割れ、アンダーカット、

- ピット等)の有無の確認
- ② スラグ、スパッタの除去

4. 溶接部の管理試験

4.1 重合せ溶接部

(1) 外観検査

原則として目視による全数検査を行う。

(2) 脚長検査

溶接脚長を脚長ゲージにて測定する。

(3) 超音波探傷試験

実のど厚を確認するため、点集束型垂直探触子を用いた背面からの超音波探傷試験により溶込み量を測定する。

(4) 浸透探傷試験

溶接線全長に、浸透探傷試験を行う。

(5) のど厚検査

実のど厚を計算し、所定のど厚が確保できているかを確認する。

4.2 溶接後の管理試験合格基準

溶接後検査の合格基準を表-2に示す。

表-2 溶接後検査の合格基準

検査内容	合格基準
外観検査	とくに異常のないこと
脚長検査	設計値以上(設計値は板厚の $1/\sqrt{2}$)
超音波探傷試験	溶込み指示幅 \geq 設計脚長
浸透探傷試験	JIS Z 2343 (1982) の2級2群以上
のど厚検査	脚長検査結果よりのど厚を計算し、設計のど厚以上あることを確認。設計のど厚は板厚の $1/2$

4.3 溶接欠陥の補修方法

溶接欠陥の補修方法を表-3に示す。

表-3 溶接欠陥の補修方法

欠陥の種類	補修方法
鋼材の表面傷で、あばた・かき傷など範囲が明瞭なもの	溶接で肉盛り、グラインダー仕上げ、溶接ビードは長さ40mm以上とする。
鋼材の表面傷で、へたがねやアークガウジング法により不良部分を除去した後、溶接肉盛り・グラインダー仕上げとする。	たがねやアークガウジング法により不良部分を除去した後、溶接肉盛り・グラインダー仕上げとする。
鋼材端面の層状割れ	板厚の $1/4$ 程度の深さにガウジングし、溶接肉盛りグラインダー仕上げとする。
アークストライク	母材表面のくぼみ(凹)を生じた部分は溶接肉盛り後にグラインダー仕上げとする。僅かな傷跡程度の場合は、グラインダー仕上げとする。
仮付け溶接	溶接ビードはたがね、またはアークエアガウジング法で除去する。母材にアンダーカットがある場合は溶接肉盛り・グラインダー仕上げとする。
溶接ビード表面のピット、オーバーラップ	アークエアガウジング法でその部分を除去し、再溶接をする。最小溶接ビード長さは40mmとする。
脚長・のど厚不足	溶接肉盛りにより脚長・のど厚不足を解消する。
溶込み指示幅不足	溶接肉盛りにより溶込み指示幅不足を解消する。

5. 超音波探傷試験³⁾

超音波探傷試験のフローチャートを図-5に示す。

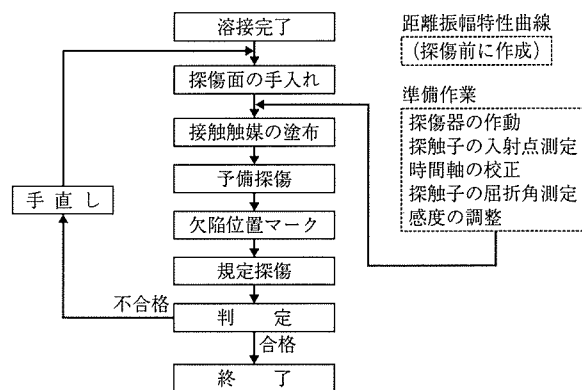


図-5 超音波探傷試験のフローチャート

5.1 試験頻度

半自動溶接範囲は50mmピッチで、自動溶接範囲は300mmピッチで測定する(図-6)。

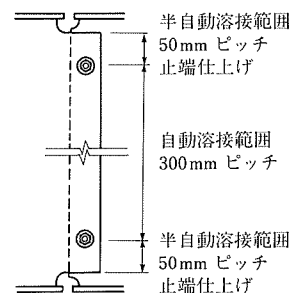


図-6 試験頻度

5.2 溶込み幅の境界点、溶込み指示幅の測定

(1) 溶込み幅の境界点

図-7に示す走査において、被検査材の健全部の第1回底面エコー高さを100%とした探傷感度において、底面エコー高さが50%になる探触子の中心位置を溶込み幅の境界点とする。

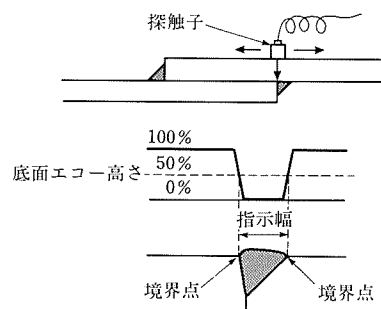


図-7 溶込み指示幅の測定

(2) 溶込み指示幅

溶込み幅の境界点間の距離を溶込み指示幅とし、溶込み指示幅の測定単位は1mmとする。

5.3 溶込み境界点、指示幅の測定要領

使用機器の選定は、表-4に示す標準試験片および探傷器、探触子より選定する。なお、写真-1に試験状況を示す。

表-4 使用機器

機器名称	種 類
標準試験片	STB-A1, STB-A3
対比試験片	RB-4
探 傷 器	USK6, SUK7S, USK7D, SM102, FD210
探 触 子	SC10N-SF19



写真-1 超音波探傷試験状況

6. 浸透探傷試験⁴⁾

6.1 試験手順

浸透探傷試験(写真-2)は、前処理－浸透処理－除去処理－現像処理－観察(等級分類・合否判定)の順で試験を行う。

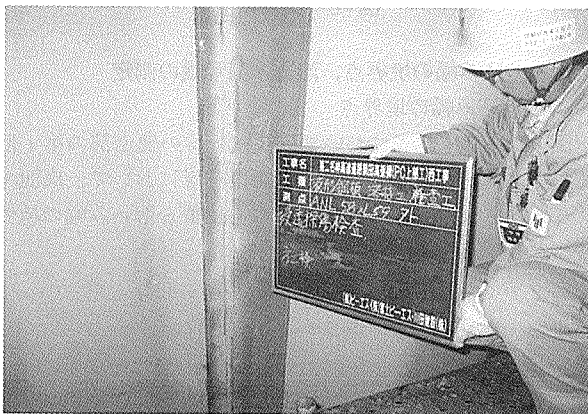


写真-2 浸透探傷試験状況

(1) 前 処 理

浸透液が欠陥内部に浸透するように、附着物をワイヤブラシ、洗浄液等で清掃・洗浄し、十分乾燥させる。

(2) 浸 透 処 理

浸透液を試験面に均一に塗布。浸透液温度が15℃～40℃の範囲では10分～15分、それ以外の温度の場合は別途浸透時間を定める。浸透時間中は試験面の浸透液を乾燥させない。

(3) 除 去 処 理

まず乾いた布で試験面の余剰浸透液を拭き取る。次いで布に少量の洗浄剤をつけて軽く拭く。布に浸透液が薄いピンク色に付着する状態が除去完了時点である。

(4) 現 像 処 理

使用前に現像剤容器をよく振って攪拌する。エアゾール

のノズルは試験面から約30 cm離し、均一にかつ試験面がかすかに見える程度に薄く吹き付けて自然乾燥させる。現像時間は常温において10分を標準とする。

(5) 観 察

欠陥指示模様の観察は十分な明るさ(試験面で350ルクス以上)の自然光または白色光の下で行う。観察は現像時間の経過に伴う欠陥指示模様の拡大過程も観察する。指示模様が真の欠陥か疑似模様か見分けることが困難な場合は、再度試験を行うか、別の試験方法(たとえば磁粉探傷試験)により確認する。

6.2 合否判定の基準

(1) 欠陥指示模様の種類

欠陥指示模様は形状および集中性により、次の4種類に分ける。

- ① 割れおよびそれに類するもの
- ② 線状欠陥指示模様：長さが幅の3倍以上のもの
- ③ 円形状欠陥指示模様：線状欠陥指示模様以外のもの
- ④ 分散欠陥指示模様：欠陥指示模様が一定の領域に複数個存在するもの

(2) 等級分類

線状欠陥指示模様および円形状欠陥指示模様の等級分類は、その長さによって表-5のとおりとする。

分散欠陥指示模様の等級分類は、面積2 500 mm²の四角形(ただし長辺150 mm以内)内に存在する長さ1 mmを超える欠陥指示模様の長さの合計値によって表-6のとおりとする。

表-5 線状欠陥指示模様および円形状欠陥指示模様の等級分類

等級分類	欠陥指示模様の長さ
1 級	1 mmを超え 2 mm以下
2 級	2 mmを超え 4 mm以下
3 級	4 mmを超え 8 mm以下
4 級	8 mmを超え 16 mm以下
5 級	16 mmを超え 32 mm以下
6 級	32 mmを超え 64 mm以下
7 級	64 mmを超えるもの

表-6 分散欠陥指示模様の等級分類

等級分類	欠陥指示模様の長さ
1 群	2 mmを超え 4 mm以下
2 群	4 mmを超え 8 mm以下
3 群	8 mmを超え 16 mm以下
4 群	16 mmを超え 32 mm以下
5 群	32 mmを超え 64 mm以下
6 群	64 mmを超え 128 mm以下
7 群	128 mmを超えるもの

連続欠陥模様について、欠陥指示模様がほぼ同一線上に連なって存在し、その間隔が2 mm以下の場合は欠陥の長さおよび間隔を含めて連続した一つの欠陥指示模様と見なす。ただし、短い方の欠陥指示模様の長さが2 mm以下であって間隔が短い方の欠陥指示模様以上の場合、独立した欠陥指示模様と見なす。

(3) 合 否 判 定

JIS Z 2343 (1982) の2級2群以上を合格とする。ただし、

- ① 割れによる欠陥指示模様がないこと。
- ② ピット（ブローホール）による指示模様は下記による。
 - 溶接長1m以下のときは、1継手3個までを合格とする。
 - ピットの大きさが1mm以下のときは3個を1個とする。

7. 波形鋼板の防錆

7.1 波形鋼板の塗装

波形鋼板の塗装は、表-7のとおりである。

表-7 波形鋼板の塗装仕様

記号*1	適用箇所	上塗塗装*2
C2-1	一般外面部	U72-80D
D5	箱桁内面部	UN-95
F2-1	現場溶接部（一般外面）	U72-80D
F9	現場溶接部（箱桁内面）	UN-95

*1：道路公団構造物施工管理要領および特記仕様による。

*2：(財)日本塗装工業会平成7年度標準見本帳による。

7.2 現場塗装の施工管理

現場塗装の施工管理は日本道路公団「構造物施工管理要領」に準拠し、管理を行っている。

7.3 その他の防錆

本橋の波形ウェブは斜めウェブであるため、結露等で波形鋼板の箱桁内部側に水が溜まることが想定される。そのため図-8のように防錆材の吹付けを計画している。

8. 上越し管理

波形鋼板ウェブ橋はコンクリートウェブ橋と異なり、せん断力の大部分を波形鋼板で受けもつ構造である。そのため、波形鋼板のせん断変形の影響を考慮する必要性について

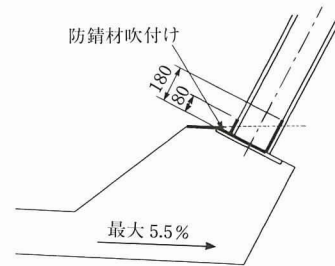


図-8 防錆材吹付け位置図

東海北陸自動車道本谷橋で検討された。その結果⁵⁾では、実際の波形鋼板ウェブ橋のたわみは波形鋼板のせん断変形を考慮しない計算結果に近いことが確かめられている。

本橋での上越し量は、せん断変形を考慮しない計算値により管理しており、それによる問題は今のところ生じていない。

9. おわりに

本橋は、今年12月に完成を目指して施工中である（写真-3）。第二名神高速道路は交通量が多いことが想定されることもあり、波形鋼板ウェブの施工管理方法については、日本道路公団、鋼橋メーカー、鍋田高架橋西工事JVが綿密に打合せを行い、溶接部の品質と施工工程への影響等を考慮して決定した。本報告が今後の波形鋼板ウェブ橋の施工管理に参考となれば幸いである。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編，1996.12
- 2) 日本道路公団：構造物施工管理要領，1995.7
- 3) 日本非破壊検査協会：超音波探傷試験Ⅰ～Ⅲ，1996
- 4) 日本非破壊検査協会：浸透探傷試験Ⅰ～Ⅲ，1998
- 5) 水口，芦塚，古田，大浦，滝，加藤：本谷橋の設計と施工，橋梁と基礎，Vol. 32，No.9，pp.20～10，1998. 10



写真-3 施工中の波形鋼板ウェブ橋（2001年8月上旬）

【2001年9月17日受付】