

プレハブ・複合部材を用いた山岳部橋梁の下部工の 設計・施工技術の開発に関する共同研究報告書

－ 3 H 工法 設計・施工マニュアル(案)－

平成11年 4 月

建設省土木研究所
(財)先端建設技術センター
石川島播磨重工業(株)
(株)奥村組
川崎製鉄(株)
佐藤工業(株)
清水建設(株)
東急建設(株)
飛島建設(株)
日本ヒューム管(株)
(株)間組
(株)フジタ
前田建設工業(株)

Copyright©(1999) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

プレハブ・複合部材を用いた山岳部橋梁の下部工の 設計・施工技術の開発に関する共同研究報告書

－ 3 H 工法 設計・施工マニュアル(案)－

建設省土木研究所
(財)先端建設技術センター
石川島播磨重工業(株)
(株)奥村組
川崎製鉄(株)
佐藤工業(株)
清水建設(株)
東急建設(株)
飛島建設(株)
日本ヒューム管(株)
(株)間組
(株)フジタ
前田建設工業(株)

要 旨

本報告書は、「プレハブ・複合部材を用いた山岳部橋梁の下部工の設計・施工技術の開発に関する共同研究」として平成7年度から9年度にわたり、建設省土木研究所、財団法人先端建設技術センターおよび民間11社で共同研究を実施しその成果をとりまとめたものである。

本研究では、高橋脚に着目し、建設事業の高品質化・省人化、労働環境の向上、自然環境への影響の低減を図りつつ、工期短縮、耐震性に優れた構造形式を開発するため各種検討、実験を行ってきた。

研究成果として、軸方向鋼材に鉄骨・鉄筋を用いたSRC構造とし、中間帯鉄筋の施工を省略するためスパイラル筋を使用した構造の提案を行った。その成果を設計・施工マニュアル(案)としてとりまとめたものである。

本工法を3H工法(Hybrid Hollow High pier)と呼ぶ。

キーワード：高橋脚，SRC構造，スパイラル筋，省力化・省人化，施工技術

目 次

1. まえがき	1
2. 共同研究参加者名簿	2
3. 設計・施工マニュアル(案)	
1章 総則	5
1. 1 工法概要	5
1. 2 適用範囲	7
1. 3 一般	7
1. 4 用語の定義	8
2章 材料	11
2. 1 鋼材	11
2. 2 鉄筋	12
2. 3 細径異形PC鋼棒(スパイラル筋)	12
2. 4 コンクリート	13
3章 設計の基本	14
3. 1 耐震設計の基本	14
3. 2 設計計算に用いる一般事項	15
3. 3 応力度の照査	16
3. 4 地震時保有水平耐力と許容塑性率の算定	17
4章 許容応力度	20
4. 1 鋼材	20
4. 2 鉄筋	21
4. 3 コンクリート	22
5章 構造細目	25
5. 1 鋼材量	25
5. 2 鋼材の配置	26
5. 2. 1 軸方向鉄骨	26
5. 2. 2 鉄筋	32
5. 3 スパイラル筋	34
5. 4 3Hパネル	36
6章 施工計画	39
6. 1 一般	39

6. 2	工程計画	41
6. 3	機械・仮設備計画	41
6. 4	部材分割計画	42
7 章	部材製作	44
7. 1	鋼材	44
7. 2	3Hパネル	45
7. 2. 1	3Hパネルの設計に考慮する荷重	45
7. 2. 2	3Hパネルの製作	45
7. 3	プレキャスト部材の取扱い・運搬、保管	50
7. 3. 1	取扱い・運搬	50
7. 3. 2	保管	51
7. 4	品質管理および検査	51
7. 4. 1	鋼材の品質管理および検査	51
7. 4. 2	コンクリートの品質管理および検査	51
7. 4. 3	3Hパネルの出来形管理	52
8 章	鉄骨工	53
8. 1	一般	53
8. 2	高力ボルトの締付けおよび検査	53
8. 3	現場溶接および検査	54
9 章	鉄筋工	56
9. 1	一般	56
9. 2	鉄筋の加工	56
9. 3	鉄筋の組立	56
9. 4	鉄筋の継手	57
9. 5	組立てた鉄筋の設置	57
10 章	スパイラル筋工	58
10. 1	一般	58
10. 2	スパイラル筋の加工	58
11 章	スパイラルカラム工	60
11. 1	一般	60
11. 2	スパイラルカラムの地組および場内運搬、仮置	60
11. 3	スパイラルカラムの接合	69
12 章	3Hパネル工	73
12. 1	一般	73
12. 2	3Hパネルの組立	74

1 2. 3	隅角部鋼材の接合	77
1 2. 4	3 Hパネルの支保工	77
1 2. 5	3 Hパネルの目地処理	78
1 2. 6	品質管理および検査	78
1 3 章	昇降式移動型枠工	79
1 3. 1	一般	79
1 3. 2	荷重	81
1 3. 3	材料	81
1 3. 4	設計	82
1 3. 5	型枠の施工	82
1 3. 6	型枠の取外し	83
1 4 章	コンクリート工	84
1 4. 1	コンクリート	84
1 4. 2	運搬、打込みおよび締固め	84
1 4. 3	養生	87
1 4. 4	品質管理および検査	87
1 5 章	施工管理	88
1 5. 1	工程管理	88
1 5. 2	品質管理	88
1 5. 3	安全衛生管理	88
1 5. 4	周辺環境保全	88
1 6 章	工事記録	89

1. まえがき

我が国の高規格幹線道路をはじめとする道路において、用地の制約等から山岳部に計画されることが多く、道路橋の橋脚はそれにつれ高橋脚化が進んでいる。一方、自然環境の保全、熟練労働者の不足、労働環境の向上といった社会的背景や、耐震基準の強化等により、橋梁構造物に要求される性能はこれまで以上に高レベルなものとなっている。

そこで、施工の合理化・省人化を可能とし、自然環境への影響を配慮し、かつ、工期短縮、耐震性能に優れた高橋脚の施工法を開発することを目標として、建設省土木研究所と(財)先端建設技術センターおよび民間11社により、「プレハブ・複合部材を用いた山岳部橋梁の下部工の設計・施工技術の開発に関する共同研究」として平成7年度から平成9年度まで実施した。

3カ年にわたる研究の結果、橋脚の軸方向鋼材を鉄骨鉄筋コンクリートとし、高張力スパイラル筋と組み合わせることで、橋脚に要求される構造性能を満足し、軸方向鋼材および中間帯鉄筋の配筋作業を大幅に省略することが可能な Hybrid Hollow High pier工法（以下、「3H工法」と呼ぶ）を開発した。3H工法はプレキャスト型枠(3Hパネル)や移動式型枠を採用することにより、型枠作業を省力化することも可能である。あわせて、自然環境への影響を低減することも可能である。

なお、本共同研究においては「共同研究報告書第223号 研究開発報告書」と「本書 設計・施工マニュアル(案)」を執筆しているので、必要に応じて参照されたい。

※) 設計・施工マニュアル(案)は平成8年12月改訂の道路橋示方書・同解説(日本道路協会)を基に記述している。

2. 共同研究参加者名簿

機関・会社名	氏 名	役 職 名
建設省土木研究所	福 井 次 郎	構造橋梁部 基礎研究室 室長
	芦 達 拓 哉	" " 研究員 *
	大 越 盛 幸	" " 研究員
	阪 野 彰	" " *
	寿 上 隆 司	" "
(財)先端建設技術 センター	吉 岡 博 幸	研究第三部 部長
	古 賀 泰 之	" 部長 *
	井 上 正 巳	" 主任研究員 *
	橋 本 万 多 良	" 主任研究員
	奥 村 幹 也	" 主任研究員
石川島播磨重工業(株)	月 田 良 博	橋梁事業部 基本計画部 課長
	戸 田 均	機械鉄構事業本部 プロジェクト開発部 主任
	山 根 三 弘	橋梁事業部 基本計画部
	角 谷 常 宏	鉄鋼事業部 開発部 部長
	櫻 井 清 一	環境事業部 土木建築プロジェクト部 部長
	竹 内 浩 一	" " 課長
(株)奥村組	東 邦 和	技術研究所 構造研究室 室長
	三 澤 孝 史	" 機電研究室 主任研究員
	水 谷 善 行	技術本部 技術開発部 課長
	中 村 敏 晴	東京支社 土木設計部 設計一課 副課長
川崎製鉄(株)	橋 本 修 身	建材センター 建材技術部 課長
	大久保 浩 弥	" 鋼構造研究所 主任研究員
佐藤工業(株)	岩 藤 正 彦	中央技術研究所 所長
	大 野 一 昭	" 土木研究部門 材料グループ グループ 長
	伊 東 良 浩	" " 構造グループ グループ 長
清水建設(株)	羽 田 義 治	土木本部 技術第一部 構造橋梁グループ 課長 *
	大 野 浩	" " " グループ 長
	奥 石 正 己	" " " 設計主任
	長 澤 保 紀	技術研究所 構造技術開発部 構造特性グループ 主席研究員
東急建設(株)	長 澤 勝	土木本部 土木技術設計部 課長
	渋谷 重 彦	" " 課長代理
	布 藤 省 三	土木本部 第一工務部 課長代理

飛島建設(株)	名 倉 政 雄	土木事業本部	土木技術部	技術第二課	課長
	笠 井 和 弘	"	"	"	主任
	清 水 功	"	土木設計部	設計第一課	
日本ヒューム管(株)	岩 沙 政 治	営業本部	顧問		
	太 田 慎 司	コンクリート製品統括本部		課長代理*	
	南 澤 聡		"	課長代理	
	藤 岡 宣 仁		"		
(株)間組	庄 野 昭	土木本部	構造物・橋梁統括部	課長	
	村 上 祐 治	技術研究所	技術研究部	土木研究室	チームリーダー
(株)フジタ	紙 屋 東 明	首都圏土木支店	土木部	担当課長	
	池庄司 和 臣	土木本部	生産技術部	次長	
	笹 谷 輝 勝	技術研究所	土木研究部	主査	
	江 口 孝	土木本部	生産技術部	設計担当課長	
前田建設工業(株)	横 沢 和 夫	技術本部	技術研究所	副部長	
	篠 田 佳 男	新規事業部	課長*		
	原 夏 生	技術本部	技術研究所	主任	
	伊 藤 始	"	"	研究員	

設計・施工マニュアル(案)

1 章 総 則

1.1 工法概要

- (1) Hybrid Hollow High pier (3H工法) 工法は、鉄骨・鉄筋コンクリート (SRC) 構造に中間帯鉄筋の代替材であるスパイラル筋やプレキャスト製埋設型枠などを組み合わせることで、優れた耐震性能を有し、施工の合理化、自然環境の保全および経済性の向上を実現できる高橋脚の建設技術である (以下、「本工法」または「3H工法」と呼ぶ)。
- (2) 3H工法は、スパイラル筋に囲まれた鉄骨および鉄筋をコンクリート中に配置した、鉄骨・鉄筋コンクリート (SRC) 構造とする。
- (3) 3H工法による高橋脚の建設においては、適宜、3Hパネルまたは昇降式移動型枠を選択して使用するとともに、3Hパネルや軸方向鋼材などをプレハブ化することにより、高橋脚の施工の合理化と自然環境の保全を図ることを目的とする。

(2) 基本構造

3H工法は、図-解 1.1.1に示すように、スパイラル筋に囲まれた鉄骨 (H形鋼あるいは鋼管) と鉄筋を中空断面の橋脚コンクリート中に配置した複合断面によって外力に対する抵抗機構を形成する構造を基本とする。ここで、軸方向鉄筋は主鋼材量の10%程度配置することを原則とする。本工法では、スパイラル筋に在来工法の中間帯鉄筋と同等の機能を持たせるため軸方向鋼材を取り囲むようにスパイラル筋を配置する。これにより、橋脚のコアコンクリートを横拘束するとともに、橋脚の大変形時に生じる軸方向鋼材の座屈を拘束し、脚柱のじん性能を向上させることができるため、中空断面の外側と内側の帯鉄筋を結ぶ中間帯鉄筋の配置を省略することができる (また、帯鉄筋はせん断補強筋として設計することを基本とする)。

(3) 3H工法による高橋脚建設の目的

3H工法は、高橋脚の施工の合理化と自然環境の保全を目的に開発したものであり、軸方向鋼材およびスパイラル筋をあらかじめ柱状に組み立てたスパイラルカラムを建込んで接合したり、3Hパネルと呼ばれる帯鉄筋を内蔵したプレキャスト製埋設型枠 (図-解 1.1.2) や昇降式移動型枠 (図-解 1.1.3) を使用するなど、部材のプレハブ化を図ることを特徴としている。部材のプレハブ化を図ることによって、高橋脚工事における省人化・省力化、工期短縮が可能となる。また、コンクリートの型枠については、従来、使用されていた木製型枠から3Hパネルあるいは昇降式移動型枠に転換を図ったため、樹木伐採量が削減でき、自然環境の保全に貢献することができる。

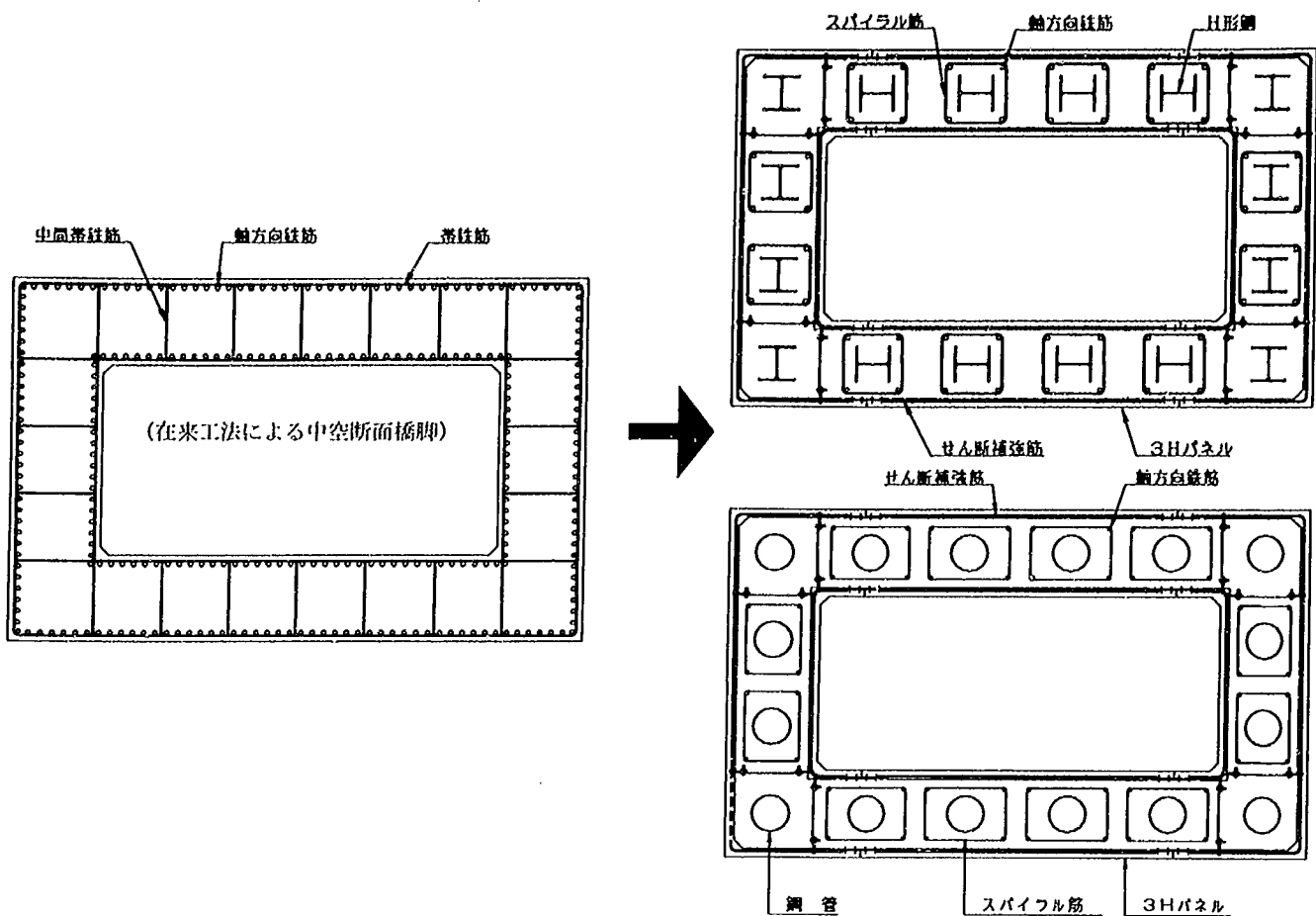


図-解 1.1.1 3H工法による中空断面橋脚の基本構造

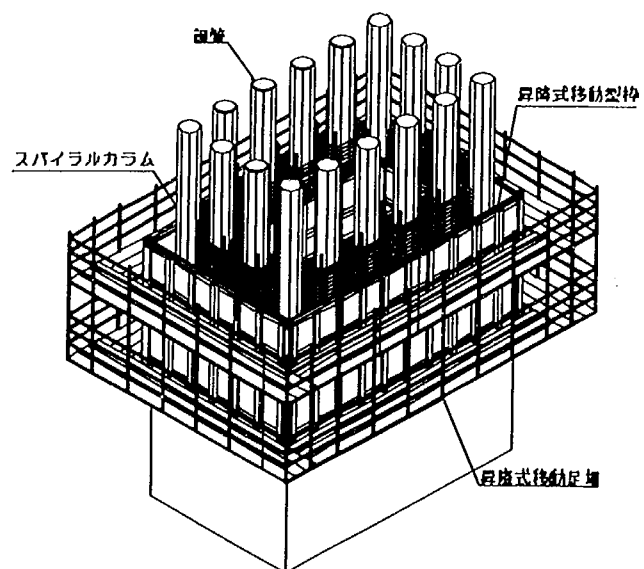
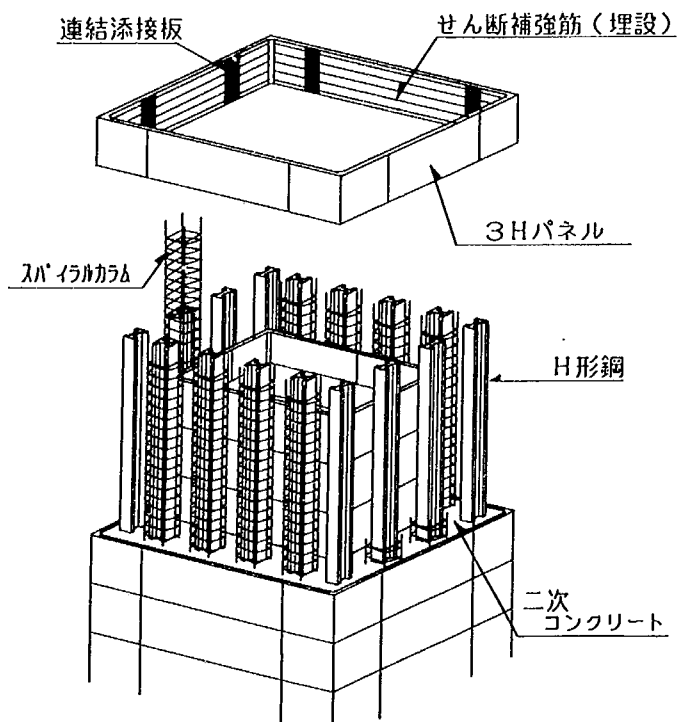


図-解 1.1.2 3Hパネルによる高橋脚の施工 図-解 1.1.3 昇降式移動型枠による高橋脚の施工

1.2 適用範囲

本マニュアルは、3H工法による高橋脚の設計および施工に適用する。

3H工法によって高橋脚の設計または施工を行う場合には、本マニュアルの規定に従わなければならない。本マニュアルの適用にあたっては、矩形や円形など各種形状の中空断面または充実断面橋脚を対象とする。

なお、本マニュアルに示されていない事項については、以下に示す示方書・指針類を準用するものとする。

- ・道路橋示方書・同解説 I 共通編
- ・道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編
- ・道路橋示方書・同解説 III コンクリート橋編
- ・道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編
- ・道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編
- ・コンクリート標準示方書 設計編
- ・コンクリート標準示方書 施工編

1.3 一般

3H工法による高橋脚の設計・施工に先立ち、橋梁建設地点の状況について調査を行い、高橋脚に要求される品質・機能、使用目的との適合性、施工、維持管理の容易さ、経済性、環境との調和、工期、上部構造とその工法などに十分留意して設計および施工を行わなければならない。

我が国の幹線道路は、狭い国土の有効利用や高度な道路ネットワーク網の形成などの観点から、山岳部に計画されることが多くなってきており、今後は高橋脚を有する道路橋の建設が増大していくものと予想される。また、近年における大規模地震の発生により、避難路や緊急物資の輸送路として重要な役割を担う道路が被災し、地域社会が大きな損害を受けたため、従来よりも耐震性に優れた構造形式の道路橋を建設することが要求されている。一方では、建設分野に携わる熟練技術者の不足や高齢化が深刻な問題となっており、橋梁の施工においても省人化や省力化が強く望まれている。さらに、最近の自然環境の変化を考えれば、道路建設において自然環境に与える影響をできる限り軽減することも重要な検討課題のひとつである。そこで、高橋脚の設計・施工に先立ち、このような社会環境や自然環境に関する種々の問題を考慮したうえで、橋梁建設地点の地形・地質、環境などについて十分調査し、諸条件を総合的に判断して高橋脚の設計および施工を行わなければならない。

1.4 用語の定義

本マニュアルに用いる用語の意味は次のとおりとする。

(1) 高橋脚

基部から頂部までの高さが30m程度以上の橋脚。

(2) 軸方向鋼材

3 H工法による橋脚の主鋼材で、S R C構造を構成する鉄骨（H形鋼あるいは鋼管）と鉄筋の総称。

(3) スパイラル筋

JIS G 3137細径異形P C鋼棒をらせん状に加工したもの。

(4) スパイラルカラム

H形鋼あるいは鋼管の周囲に配置した複数本の軸方向鉄筋に、スパイラル筋を巻き付けた柱状の部材。

(5) 3 Hパネル

帯鉄筋を内蔵したプレキャストコンクリート製埋設型枠。

(6) 昇降式移動型枠

大型パネル型枠、スリップ（スライディング）フォーム型枠、垂直移動型枠の総称。

(7) 鉛直方向帯鋼材

3 Hパネルと隅角部鋼材を連結するための平鋼（3 Hパネルに埋設）。

(8) 隅角部鋼材

中空断面隅角部の橋軸方向および橋軸直角方向に配置され、3 Hパネルの外パネルと内パネルの鉛直方向帯鋼材を連結する鋼材。

(9) 埋込み鋼板

隣接する3 Hパネルの帯鉄筋同士を接合するために帯鉄筋の端部に取り付けられた鋼板。

(10) 連結添接板

隣接する3 Hパネルの埋込み鋼板同士を接合するために用いる鋼板。

(11) 二次コンクリート

現場において組み立てられた3 Hパネル内に充填するコンクリート。

(3) スパイラル筋は、図-解 1.4.1に示すように、細径異形P C鋼棒を工場でらせん状に加工したものであり、3 H工法では、在来の鉄筋コンクリート橋脚における中間帯鉄筋の機能を代替するものである。

(4) スパイラルカラムは、図-解 1.4.2に示すように、鉄骨、軸方向鉄筋およびスパイラル筋を柱状に現場で地組みし、一体化したものである。

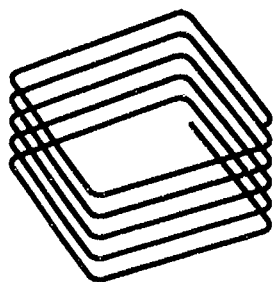


図-解 1.4.1 スパイラル筋

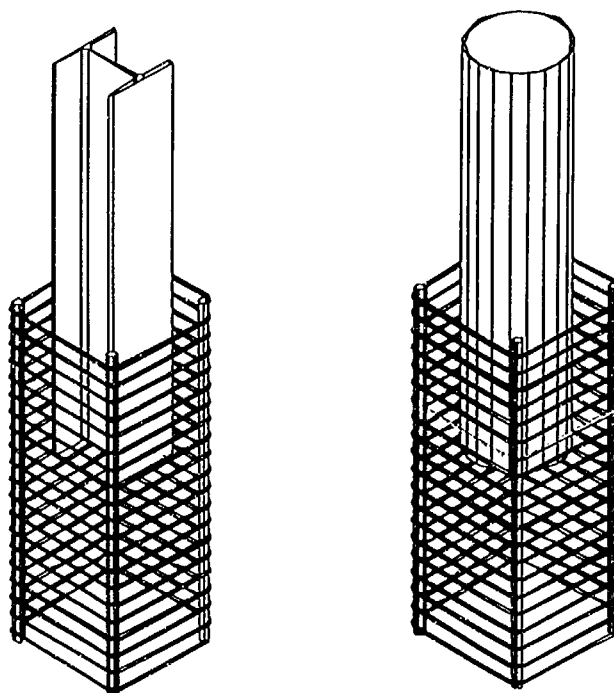


図-解 1.4.2 スパイラルカラムの例

- (5) 3Hパネルは、図-解 1.4.3に示すように、中空断面橋脚の外周と内面に使用する帯鉄筋を内蔵したプレキャストコンクリート製埋設型枠であり、橋脚完成後には橋脚柱を構成する構造体の一部として機能するものである。
- (7) 鉛直方向帯鋼材は、図-解 1.4.3に示すように、プレキャスト部材である3Hパネルに内蔵された帯鉄筋と後施工部材である隅角部鋼材を連結するために、3Hパネルの製作時に取り付けられる平鋼である。
- (8) 隅角部鋼材は、図-解 1.4.3に示すように、中空断面隅角部の橋軸方向および橋軸直角方向に配置され、3Hパネルの外パネルと内パネルを連結する鋼材であり、3Hパネルに内蔵された帯鉄筋が橋脚に作用するせん断力に抵抗するための定着部として機能するものである。

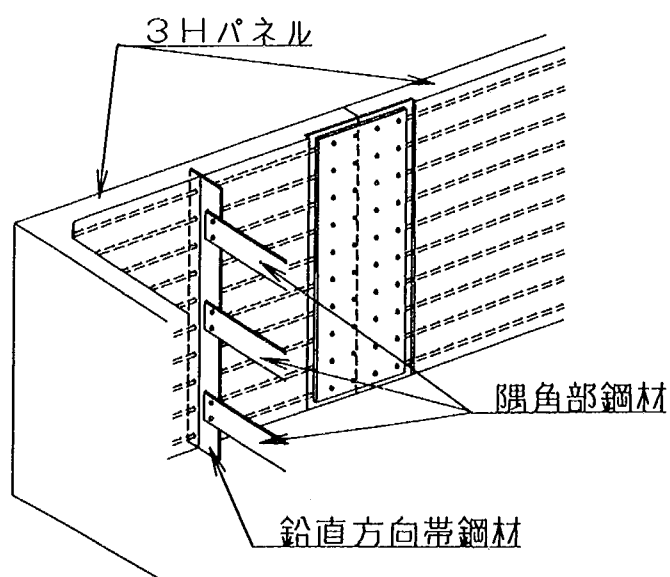


図-解 1.4.3 3Hパネル 隅角部鋼材および鉛直方向帯鋼材

- (9) 埋込み鋼板は、図-解 1.4.4に示すように、3 Hパネルに内蔵された帯鉄筋同士を(10)に示す連結添接板を介して接合する構造において、帯鉄筋の端部に取り付けられて帯鉄筋に作用する引張力を伝達する機能を有する鋼板である。
- (10) 連結添接板は、図-解 1.4.4に示すように、3 Hパネルに取り付けられた埋込み鋼板同士を接合するために用いられる鋼板であり、埋込み鋼板に作用する引張力を相互に伝達させる機能を有する。

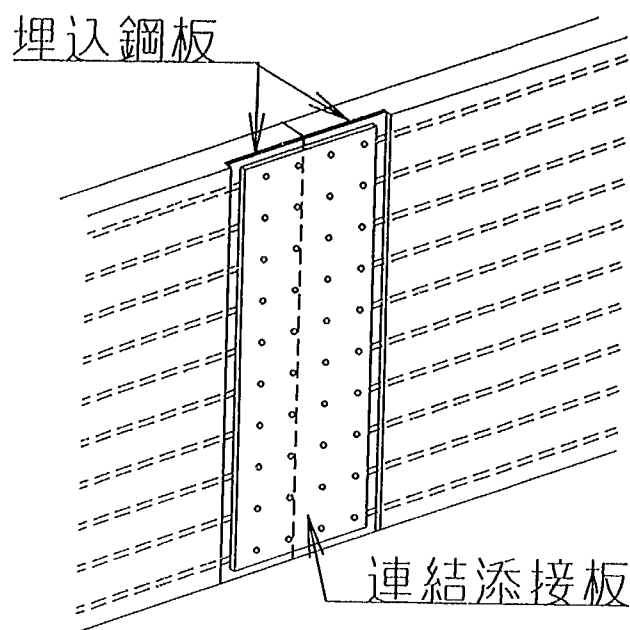


図-解 1.4.4 埋込み鋼板および連結添接板

2章 材 料

2.1 鋼材

鉄骨用鋼材および隅角部鋼材などの鋼板，形鋼，平鋼は表-2.1.1および表-2.1.2に示す規格に適合する鋼材や接合材料を使用することを標準とする。

これらのほか，試験によってその性能や品質が確かめられた鋼材を使用してもよい。

表-2.1.1 標準とする鋼材（JIS規格）

鋼材の種類	規 格		鋼材記号
1. 構造用鋼材	JIS G 3101	一般構造用圧延鋼材	SS400
	JIS G 3106	溶接構造用圧延鋼材	SM400, SM490, SM490Y, SM520, SM570
2. 鋼 管	JIS G 3444	一般構造用炭素鋼管	STK400, STK490
	JIS A 5525	鋼管杭	SKK400, SKK490
3. 接合用鋼材	JIS G 1186	摩擦接合用高力六角ボルト・六角ナット・平座金のセット	F8T, F10T
	JIS G 1180	六角ボルト	強度区分4.6, 8.8, 10.9
	JIS G 1181	六角ナット	強度区分4, 8, 10
4. 溶接材料	JIS Z 3211	軟鋼用被覆アーク溶接棒	
	JIS Z 3212	高張力鋼用被覆アーク溶接棒	
	JIS Z 3312	軟鋼および高張力鋼用マグ溶接ワイヤ	
	JIS Z 3313	軟鋼、高張力鋼および低温鋼用アーク溶接フラックス入りワイヤ	
	JIS Z 3351	炭素鋼および低合金鋼用サブマージアーク溶接ワイヤ	
	JIS Z 3352	炭素鋼および低合金鋼用サブマージアーク溶接フラックス	
5. その他	JIS B 1198	頭付きスクット	呼び名19, 22

表-2.1.2 標準とする鋼材（JIS規格以外）

鋼材の種類	規 格	鋼 材 記 号
接合用鋼材	摩擦接合用トルシア形高力ボルト・六角ナット・平座金セット (日本道路協会)(1983)	S10T
	支圧接合用打ち込み式高力ボルト・六角ナット・平座金暫定規格 (日本道路協会)(1971)	B10T, B8T

本規定は、道路橋示方書・同解説Ⅰ共通編の使用材料のうち、複合構造に使用する一般的な「一般構造用圧延鋼材」、「溶接構造用圧延鋼材」と接合材料を規定した。使用に当たっては、道路橋示方書・同解説Ⅰ共通編の解説に従わなければならない。また、突起付きの鋼材でコンクリートとの付着を増加させ、ひび割れを分散させることのできる鋼材の使用も可能である。

2.2 鉄筋

鉄筋およびせん断補強筋は表-2.2.1に示す規格に適合するものを標準とする。

表-2.2.1 鉄筋

鋼材の種類	規 格		鋼 材 記 号
棒 鋼	JIS G 3112	鉄筋コンクリート用棒鋼	SD295A, SD295B, SD345, SD390

高強度の鋼材を用いた場合に構造的に釣り合いの取れた断面構成とするため、降伏強度の高いSD390を使用してもよいものとした。

2.3 細径異形PC鋼棒（スパイラル筋）

細径異形棒鋼（スパイラル筋）は表-2.3.1に適合するものを標準とする。

表-2.3.1 細径異形PC鋼棒

鋼材の種類	規 格		鋼 材 記 号
細径異形鋼棒	JIS G 3137	細径異形PC鋼棒	D種1号 SPDNI275/1420

JIS G 3137 「細径異形PC鋼棒」は中間帯鉄筋の代替えとして使用するスパイラル筋に規定した。細径異形PC鋼棒のうち、 $\phi 6.2\text{mm}$ はJIS規格外であるが、同等品として使用を認めるものとする。表-解 2.3.1に3H工法での使用が考えられる部材の断面諸値を示す。

表-解 2.3.1 断面諸値

呼び径	公称直径 (mm)	公称断面積 (cm^2)	単位重量 (kgf/m)
6.2	6.2	0.30	0.24
7.1	7.1	0.40	0.31
9.0	9.0	0.64	0.49
10.7	10.7	0.80	0.71
12.6	12.6	1.25	0.98

2.4 コンクリート

(1) コンクリートは原則として、表-2.4.1の設計基準強度以上のものを用いるものとする。

表-2.4.1 コンクリートの最低設計基準強度(N/mm² (kgf/cm²))

工法名	種 類	最低設計基準強度
3 Hパネル方式	二次コンクリート	21 (210)
	3 Hパネル	35 (350)
昇降式移動型枠方式	コンクリート	21 (210)

(2) コンクリート材料は、品質の確かめられたものを用いるものとする。

3 Hパネル方式の二次コンクリートおよび昇降式移動型枠方式のコンクリートの設計基準強度は、原則として21N/mm² (210kgf/cm²)以上とする。また、3 Hパネルに関してはパネルの薄肉化、製造時の脱型強度の確保から設計基準強度の最低値を規定したものであり、二次コンクリートの設計基準強度以上を満足し、かつプレキャスト部材の実績をもとに原則として35N/mm² (350kgf/cm²)以上とする。

(1) コンクリート材料については、コンクリート標準示方書 施工編3.2に準ずる。

この他、高流動コンクリート、低発熱コンクリート、軽量骨材コンクリートなどの特殊コンクリートに用いる材料は、適用基準・指針等に従うものとする。

3章 設計の基本

3.1 耐震設計の基本

耐震設計の手順は道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編に従うものとする。

設計の基本手順は、通常の鉄筋コンクリート橋脚と同様¹⁾である。橋の供用期間中に発生する確率が高い地震動に対しては震度法による耐震設計を行う。また、橋の供用期間中に発生する確率は低いが大きな強度を持つ地震動に対しては地震時保有水平耐力法による耐震設計を行う。ただし、高橋脚等において2次以上の振動モードが卓越する等、地震時保有水平耐力法の適用が限定される場合には非線形動的解析を行わなければならない。

3.2 設計計算に関する一般事項

3 H工法による橋脚の設計はコンクリート標準示方書に規定する鉄骨・鉄筋コンクリート併用構造として行うものとする。

3 H工法の基本的な構造は1.1で述べたように鉄骨・鉄筋コンクリート構造（SRC構造）であり、その設計は、鉄骨を鉄筋に換算して断面耐力等を算出する。したがって、設計計算は、鉄筋コンクリート構造と同様で、本設計・施工マニュアル(案)に規定されていること以外は、道路橋示方書・同解説に準拠するものとする。

1.1で示したように、3 H工法は軸方向をSRC構造であること以外に、中間帯鉄筋の代替材としてスパイラル筋を用いて施工の合理化を図っている。また、施工条件に応じて、帯鉄筋内蔵プレキャスト型枠（3 Hパネル）を使用することができる。これらにより、3 H工法固有の設計方法が必要な項目については、3.4および5章に記述している。なお、スパイラル筋は、3.4に示すコンクリートの応力-ひずみ関係において中間帯鉄筋と同等の拘束効果を発揮するものである。また、帯鉄筋はせん断補強筋として設計に考慮する。

3.3 応力度の照査

(1) 震度法における設計荷重作用時の鉄骨とコンクリートの付着応力度の照査

- ① 震度法における設計荷重作用時の鉄骨とコンクリートの付着応力度は、表-4.3.1に規定する許容付着応力度以下としなければならない。
- ② 鉄骨とコンクリートの付着応力度は、式(3.3.1)により算出するものとする。

$$\tau_o = \frac{1.15 S_h}{U d} \dots\dots\dots (3.3.1)$$

ここに、 τ_o : 鉄骨とコンクリートの付着応力度(N/mm²)

S_h : 部材の有効高の変化の影響を考慮したせん断力(N)

(道路橋示方書・同解説 III 2.3.2参照)

U : 鉄骨の周長の総和(mm)

d : 部材の有効高(mm)

- ③ 帯鉄筋を併用してせん断力を受けもたせる場合には、式(3.3.1)の S_h は、その値の1/2としてもよい。

(2) 隅角部鋼材、鉛直方向帯鋼材、埋込み鋼板、連結添接板の設計は、帯鉄筋の全強が保証されるよう、全強に相当する荷重が作用した場合に各鋼板、鋼材の応力度が許容応力度以下となることを照査しなければならない。

- (1) 3H工法においては、主鋼材の大部分に鉄骨を用いている。鉄骨とコンクリートの付着応力度の照査は「道路橋示方書・同解説 III コンクリート橋編」を準用して行うこととした。

主鋼材の大部分が鉄骨である3H工法では、主鋼材とコンクリートとの付着が確保され、平面保持が成立し、鉄筋コンクリート部材として機能することを確認する必要がある。

3H工法で用いられるH形鋼および鋼管の許容付着応力度は、本州四国連絡橋公団・鉄骨鉄筋コンクリート構造設計指針に準ずることとし、表-4.3.1に示した値を用いることとする。

式(3.3.1)は、道路橋示方書・同解説 III コンクリート橋編2.5に準じることとする。なお、式中の U は鉄骨が鋼管の場合には外側の円周のみ有効として定める。

- (2) 3Hパネルを用いる場合には、3Hパネル間の帯鉄筋の応力伝達を確保し、所定のせん断補強効果を得るために図-解 1.4.3および図-解 1.4.4に示すような隅角部鋼材、鉛直方向帯鋼材、埋込み鋼板、連結添接板を用いる。これらを構成する各鋼板、鋼材の設計は、道路橋示方書 II 鋼橋編等を参照し、連結する帯鉄筋(せん断補強筋)の全強が保証されるように適切に設計しなければならない。

3.4 地震時保有水平耐力と許容塑性率の算定

3H工法によって構築した橋脚は軸方向鉄骨を軸方向鉄筋に換算した鉄筋コンクリート橋脚として扱い、その地震時保有水平耐力および許容塑性率の算定は道路橋示方書・同解説 V耐震設計編9章の規定に準拠して行うものとする。

ただし、以下の点について配慮する。

- (1) せん断力の算定で用いる引張主鉄筋断面積としては、中立軸よりも引張側にある軸方向鉄骨と軸方向鉄筋の断面積の総和とする。
- (2) 鉄骨として鋼管を用いる場合には許容塑性率 μ_s を $(1 + 4.9/\alpha)$ 以下に制限する。
- (3) コンクリートの応力度—ひずみ曲線算出時に考慮する横拘束筋は、軸方向鋼材を取り囲むスパイラル筋と帯鉄筋から構成されるものとする。また、算定に用いるスパイラル筋の降伏点として $7,000\text{kgf/cm}^2$ を上限とする。

- (1) 「複合構造物設計・施工指針（案）4.4鋼管コンクリート部材の設計」の中のせん断耐力の算定において、引張側に配置された鋼管も鉄筋と同様に抵抗するので、引張側に配置された鋼管を鉄筋断面積に換算して求めてよいとしている。本工法においても引張側に配置したH形鋼・鋼管を同様に抵抗するとみなし、鉄筋に換算して求めてよいこととした。
- (2) 正負交番載荷実験（土木研究所共同研究報告書第223号参照）の結果、降伏変位については、鉄筋コンクリート試験体とH形鋼を用いた3H工法試験体ではほぼ同一の値、鋼管を用いた3H工法試験体では少し大きい値（約1.3倍）を示した。終局変位については、鉄筋コンクリート試験体と鋼管試験体ではほぼ同一の値であったが、H形鋼試験体では少し大きい値（約1.2倍）を示した。これらのことから、H形鋼試験体・鋼管試験体とも、鉄筋コンクリート試験体と同等以上の降伏変位・終局変位を示し、十分な変形能力を有していることが確認された。

しかし、塑性率 $(\delta_u - \delta_y) / (\alpha \delta_y)$ で評価した場合、H形鋼試験体では鉄筋コンクリート試験体を少し上回る結果（塑性率 9.6）となったが、鋼管試験体では降伏変位が大きい為に塑性率 5.9と小さい結果を示した。塑性率が大きいと、エネルギー一定則によって等価水平震度を小さく評価できるが、現時点では安全側の判断として、H形鋼試験体では鉄筋コンクリート試験体と同等の評価にとどめ、鋼管試験体では実験値に従って塑性率で 5.9 に上限値を設定することとし、式（解 3.4.1）のような制限を設けることとした。

$$\mu_s = 1 + (\delta_u - \delta_y) / (\alpha \delta_y) \leq 1 + 4.9 / \alpha \quad \cdots \cdots \cdots \text{(解 3.4.1)}$$

ここに、

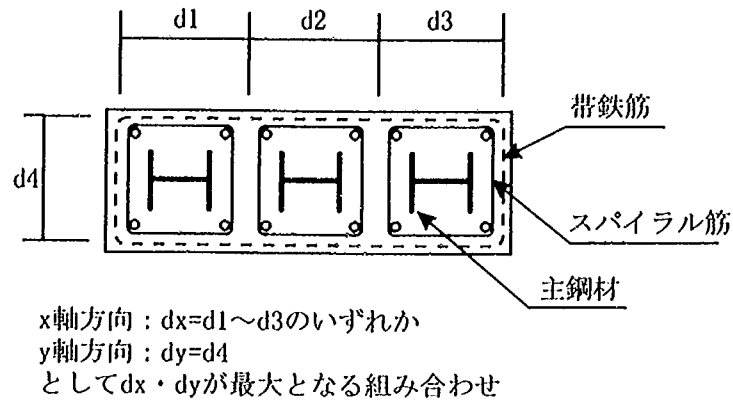
α : 安全係数(道路橋示方書・同解説 V耐震設計編 9.2 表-9.2.1参照)

- (3) コンクリートの応力度—ひずみ曲線は、道路橋示方書・同解説 V耐震設計編9.4により算出してよい。コンクリートの応力度—ひずみ関係式では、帯鉄筋および中間帯鉄筋による横拘束の効果は考慮されており、横拘束筋強度 σ_{sy} 、横拘束筋比 ρ_s が増加することにより、最大圧縮応力度 σ_{cs} 、最大圧縮応力時のひずみ ϵ_{cs} 、終局ひずみ ϵ_{cu} が増加する。3H工法では中間帯鉄筋

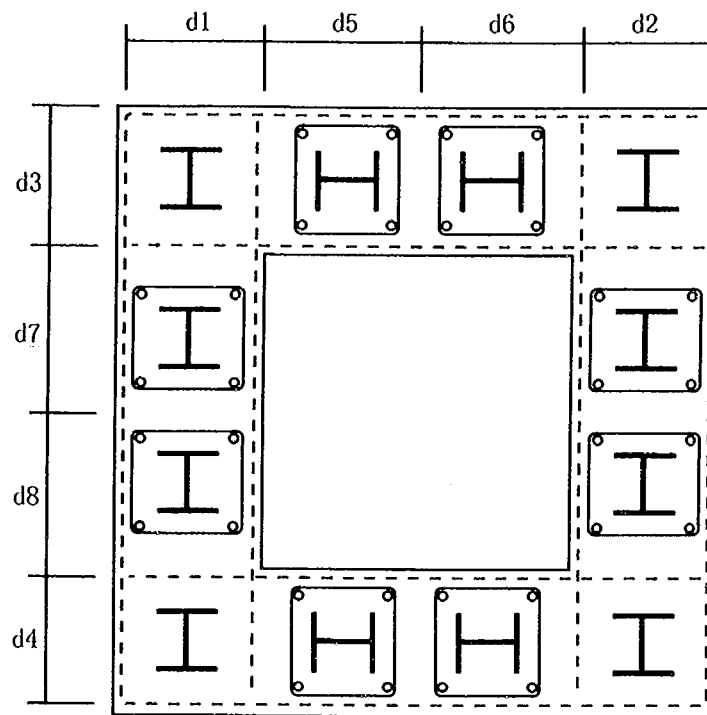
の代替としてスパイラル筋を用いており、スパイラル筋の横拘束効果を考慮して応力度一ひずみ関係を求める。ただしスパイラル筋のみを横拘束筋とする。

スパイラル筋の横拘束効果を考慮した応力度一ひずみ関係を求めるにあたり、土木研究所共同研究報告書第223号に基づいて、以下の条件で算定するものとする。

- ① 横拘束筋の体積比 ρ の算定にあたっては、スパイラル筋と帯鉄筋が重複している場合であってもスパイラル筋のみをもって横拘束筋体積比とする。
- ② 横拘束筋としてスパイラル筋を用いる場合には、横拘束筋の降伏点 σ_s として、スパイラル筋に用いられるD種1号棒鋼の降伏点規格値を低減して7,000kgf/cm²を上限とする。
- ③ 構造体中の分割拘束されるコアコンクリートのうち、帯鉄筋と隅角部鋼材によってのみ拘束され、スパイラル筋によって拘束されない領域が存在する場合、この領域については道路橋示方書にしたがって帯鉄筋、中間帯鉄筋に囲まれたコンクリートとして計算を行い応力度一ひずみ関係を求め、本節で示しているスパイラル筋によって拘束される領域の応力度一ひずみ関係と比較し、安全側と評価ができる方を採用する。この時、横拘束筋の有効長 d の取り方は、図-解 3.4.1に従うものとする。



長方形断面の場合



(帯鉄筋, 隅角部鋼材で囲まれた区間)
x軸方向: $d=d1 \sim d2$ のいずれか大きい値
y軸方向: $d=d3 \sim d4$ のいずれか大きい値
(スパイラル筋で囲まれた区間)
x軸方向: $d=d5 \sim d6$ のいずれか大きい値
y軸方向: $d=d7 \sim d8$ のいずれか大きい値

中空断面の場合

図-解 3.4.1 横拘束筋の有効長の取り方 (橋軸方向並びに橋軸直角方向)

参 考 文 献

- 1) 複合構造物設計: 施工指針 (案), 土木学会, 1997年10月

4章 許容応力度

4.1 鋼材

(1) 鉄骨および鋼材の許容応力度は 表-4.1.1 によるものとする。

表-4.1.1 鉄骨の許容応力度 (N/mm²)

	材 質			SS400	SM490	SM490Y	SM570
				SM400 STK400 SKK400	STK490 SKK490	SM520	
	許容応力度						
母材	許容引張応力度			137	186	206	255
	許容圧縮応力度			137	186	206	255
	せん断応力度			78	108	118	147
溶接	工場溶接	全断面溶け込みグルーブ溶接	引張	137	186	206	255
			圧縮	137	186	206	255
		すみ肉溶接	せん断	78	108	118	147
			せん断	78	108	118	147
		現場溶接	上記値の90%とする				

(2) 摩擦接合用高力ボルトおよび摩擦接合用トルシア形高力ボルトの許容力は、表-4.1.2に示す値とする。

表-4.1.2 摩擦接合用高力ボルト (kN)
(1ボルト1摩擦面当たり)

呼び径	ボルトの等級	
	F 8 T	F 10 T, S 10 T
M20	30	38
M22	38	47
M24	44	55

(1) 鋼材の許容応力度は、道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編2.2の許容応力度の規定に準拠するものとした。ただし、板厚が40mmを越える場合は道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編等を参照し、別途定めることとする。

溶接部の許容応力度は、道路橋示方書 IV 下部構造編5.4の規定によった。ただし、板厚が40mmを越える場合は道路橋示方書 II 鋼橋編等を参照し、別途定めることとする。

現場溶接については、工場溶接の90%とすることを原則としたが、全断面溶込みグループ溶接で、道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編15章に示される規定に基づき、施工・検査を行う場合については、工場溶接における規定値を許容値としてよい。

- (2) 摩擦接合用高力ボルトの許容力は、道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編 2.2.3(2)の規定に準拠した。

4.2 鉄筋

- (1) 鉄筋の許容応力度は、表-4.2.1の値とする。

表-4.2.1 鉄筋の許容応力度 (N/mm²)

鉄筋の種類		応力度, 部材の種類		SD295	SD345
引張	荷重の組み合わせに衝突	1) 一般の部材		177	177
	荷重あるいは地震の影響を含まない場合	2) 水中あるいは地下水位以下に設ける部材		157	157
応力	3) 荷重の組み合わせに衝突荷重あるいは地震の影響を含む場合の基本値			177	196
	4) 鉄筋の重ね継手長あるいは定着長を算出する場合の基本値			177	196
5) 圧縮応力度				177	196

- (2) ガス圧接継手の許容応力度は、十分な管理を行う場合、母材の許容応力度と同等としてよい。
- (3) 鉄筋と鋼材とのアーク溶接によるすみ肉溶接の許容せん断応力度は、表-4.2.2の値とする。

表-4.2.2 アーク溶接によるすみ肉溶接部の許容せん断応力度 (N/mm²)

鉄筋の種類		
	SD 295	SD345
溶接の種類		
工場溶接	103	103
現場溶接	上記の90%	

ただし、鉄筋より強度の劣る鋼材と接合する場合の許容せん断応力度は、鋼材の許容せん断力を用いるものとする。

- (1) (2) (3) 鉄筋の許容応力度は、道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編5.3 に準じた。

SD390以上の鉄筋を使用する際には、別途検討するものとする。

なお、フレアー溶接については、すみ肉溶接に準ずるものとする。

4.3 コンクリート

コンクリートの許容応力度は表-4.3.1によるものとする。

(1) 二次コンクリート

表-4.3.1 コンクリートの許容応力度 (N/mm²)

設計基準強度 σ_{ck}		21	24	27	30
許容圧縮 応力度	曲げ圧縮応力度	7	8	9	10
	軸圧縮応力度	5.5	6.5	7.5	8.5
許容せん断 応力度	コンクリートだけでせん断力を負担する場合 τ_{a1}	0.22	0.23	0.24	0.25
	斜引張鉄筋と協同して負担する場合 τ_{a2}	1.6	1.7	1.8	1.9
	押抜きせん断応力度 τ_{a3}	0.85	0.90	0.95	1.00
許容付着 応力度	形鋼	0.55	0.60	0.65	0.70
	異形棒鋼	1.4	1.6	1.7	1.8
許容支圧 応力度	$(0.25 + 0.05 \frac{A_c}{A_b}) \sigma_{ck}$ ただし $0.5 \sigma_{ck}$ 以下 A_c, A_b : 局部的載荷の場合のコンクリート面全面積および支圧面積				

ただし、コンクリートのみでせん断力を負担する場合の許容せん断応力度 τ_{a1} は、次の影響を考慮して補正を行う。

1) 有効高の影響

表-4.3.2に示す部材断面の有効高 d に関する補正係数 c_e を τ_{a1} に乗じる。

表-4.3.2 部材有効高 d に関する補正係数 c_e

有効高 (m)	0.3以下	1	3	5	10以上
c_e	1.4	1.0	0.7	0.6	0.5

2) 軸方向引張鉄筋比の影響

表-4.3.3に示す軸方向引張鉄筋比 p_t に関する補正係数 c_{pt} を τ_{a1} に乗じる。

表-4.3.3 軸方向引張鉄筋比 p_t に関する補正係数 c_{pt}

引張主鉄筋比 (%)	0.1	0.2	0.3	0.5	1.0以上
c_{pt}	0.7	0.9	1.0	1.2	1.5

3) 軸方向圧縮力の影響

軸方向圧縮力が大きな部材の場合、式-3.4.1により算出される軸方向圧縮力による補正係数 c_N を τ_{a1} に乗ずる。

$$c_N = 1 + M_0 / M \quad \dots \dots \dots (4.3.1)$$

ただし、 $1 \leq c_N \leq 2$

ここに、

c_N : 軸方向圧縮力により割増しされた許容せん断応力度 (N/mm²)

α : 軸方向圧縮力による割増し係数

M_o : 軸方向圧縮力によりコンクリートの応力度が部材引張縁で零となる
曲げモーメント (N・mm)

$$M_o = \frac{N}{A_c} \frac{I_c}{y}$$

M : 部材断面に作用する曲げモーメント (N・mm)

N : 部材断面に作用する軸方向圧縮力 (N)

I_c : 部材断面の図心軸に関する断面二次モーメント (mm⁴)

A_c : 部材断面積 (mm²)

y : 部材断面の図心より部材引張縁までの距離 (mm)

(2) 鉄骨の定着設計で用いるコンクリートの許容応力度は表-4.3.4によるものとする。

表-4.3.4 鉄骨の定着設計で用いるコンクリートの許容応力度 (N/mm²)

コンクリートの 設計基準強度	21	24	27	30
無筋コンクリートの 許容のせん断応力度	0.51	0.55	0.58	0.61

(3) 3Hパネル

① 3Hパネルのコンクリートの許容応力度は、二次コンクリートと同じ値とする。

② 施工時における3Hパネルのコンクリートの許容曲げ引張応力度は、曲げ引張強度の1/2とし、式(4.3.2)で算出する。

$$\left. \begin{array}{l} \sigma_{ba} = 1/2 \sigma_{bt} \\ \sigma_{bt} = 0.23 \sigma_{ck}^{2/3} \end{array} \right\} \dots\dots\dots (4.3.2)$$

ここに、

σ_{ba} : 3Hパネルのコンクリートの許容曲げ引張強度 (N/mm²)

σ_{bt} : 3Hパネルのコンクリートの曲げ引張強度 (N/mm²)

σ_{ck} : 3Hパネルのコンクリートの設計基準強度 (N/mm²)

(1) コンクリートの許容応力度は、道路橋示方書・同解説 IV下部構造編5.2に準拠した。

3H工法で用いられる鉄骨(H形鋼および鋼管)の許容付着応力度は、「本州四国連絡橋公団・鉄骨鉄筋コンクリート構造設計指針」に準ずることとし、同指針の設計基準強度の区分による許容付着応力度を道路橋示方書の区分にあうように補間した。

(2) 表-4.3.4に示したコンクリートの許容応力度は、5.2.1(4)の軸方向鉄骨の定着設計において用いる値である。

無筋コンクリートの終局せん断強度 τ_{pcu} は、文献 2) によると次式で与えられる（実験式（実験結果の下限值））。

$$\tau_{pcu} = 0.6 \times \sqrt{\sigma_{ck}} \quad \dots\dots\dots (解4.3.1)$$

この式をもとに、鉄骨に基準降伏点（道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編 表-解 2.2.1）相当の応力が発生した時に、コンクリートのせん断破壊面において発生する応力が τ_{pcu} を上回らないように、コンクリートの常時の許容せん断応力度を設定した。具体的には、H形鋼の許容応力度が基準降伏点の約 $1/1.7$ であることから（道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編 表-解2.2.1），H形鋼に許容応力度相当の応力が発生した時の（常時の）コンクリートの許容せん断応力度 τ_{pca} を、式(解 4.3.1)を 1.7 で除した式(解 4.3.2)で求めることにした。表-4.3.4の値は、この式から計算したものである。

$$\tau_{pca} = 0.6 \times \sqrt{\sigma_{ck}} / 1.7 \quad \dots\dots\dots (解4.3.2)$$

(3) 3 Hパネルは、橋脚の施工において型枠材として使用するとともに、構造物の一部として用いるものである。したがって、この両段階における許容応力度を規定したものである。

3 Hパネルの設計基準強度は、二次コンクリートの設計基準強度以上を満足し、かつ 35N/mm^2 以上と2.4に規定しているが、設計において用いる許容応力度としては、二次コンクリートと同じ値とした。

参 考 文 献

- 1) 本州四国連絡橋公団：鉄骨鉄筋コンクリート構造設計指針・同解説，1977年8月
- 2) 日本建築学会：各種合成構造設計指針同解説，1985 年

5章 構造細目

5.1 鋼材量

(1) 最小鋼材量

- 1) 部材の軸方向鋼材は、その部材の終局曲げモーメントがコンクリートのひびわれ曲げモーメント以上となるように配置しなければならない。ただし、その部材の作用曲げモーメントの1.7倍がひびわれモーメント以下の場合には、この規定によらなくてよい。
- 2) 本工法による橋脚断面の軸方向鋼材量は、軸方向力に対して計算上必要なコンクリート断面積の0.8%以上とする。
- 3) 本工法による躯体には、その表面に沿った長さ1 m当たり 5cm^2 以上の断面積の鉄筋を中心間隔30cm以下の間隔で配置することを原則とする。

(2) 最大鋼材量

- 1) 本工法による橋脚断面の軸方向引張主鋼材量は、部材の有効断面積の2%以下とする。
- 2) 本工法による橋脚断面の軸方向鋼材量は、部材の全断面積の6%以下とする。
- (3) 軸方向鉄筋は、軸方向鋼材量の10%程度配置することを原則とする。

- (1) 軸方向鋼材の最小鋼材量は、道路橋示方書 IV下部構造編4.4.1の規定に準拠した。コンクリート部材では、コンクリートの乾燥収縮や温度の影響などによってひびわれを生じる可能性がある。このひびわれ幅を有害でない程度に抑えるため、道路橋示方書・同解説 IV下部構造編4.4.1の規定に従ってひび割れ制御筋を配置することとした。これには帯鉄筋、配力筋、組立て筋もこの目的の鉄筋を兼ねてよい。ひび割れ制御筋の一例を図-解 5.1.1に示す。
- (2) 最大鋼材量は、道路橋示方書・同解説 IV下部構造編 4.4.1の規定に従って行うものとした。
- (3) 実験で確認された範囲とした。

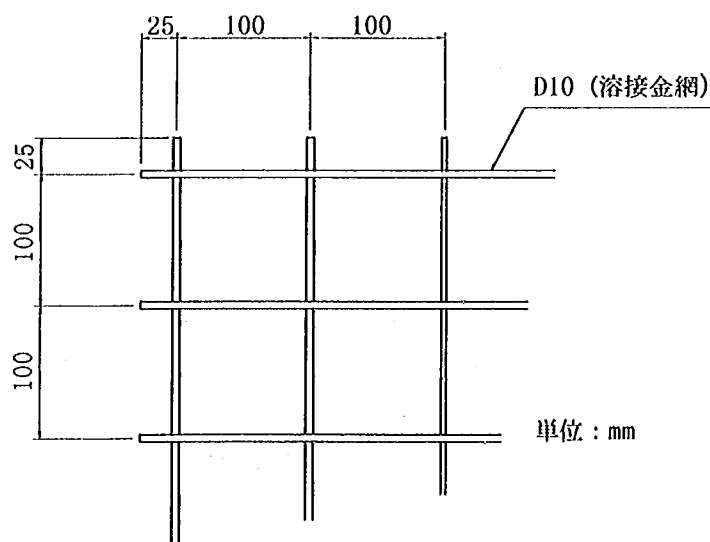


図-解 5.1.1 ひび割れ制御筋の一例

5.2 鋼材の配置

5.2.1 軸方向鉄骨

- (1) 軸方向鉄骨は、各辺3本以上配置するものとする。また、H形鋼の配置方向は隅角部以外は壁面とH形鋼のフランジが直交する向きとし、隅角部は設計・施工を考慮して決めてよい。
- (2) 軸方向鉄骨のかぶりは10cm以上とする。
- (3) 軸方向鉄骨間の離隔は40cm以上、かつ中心間隔は壁厚の1.5倍以内とする。
- (4) 軸方向鉄骨のフーチングおよび柱頭部への定着設計は、次のとおりとする。
 - 1) 軸方向鉄骨の定着設計は、その全強に対する鉄骨の引抜き力によりコンクリートに発生する応力度の計算を行い、コンクリートの安全性の照査を行うものとする。
 - 2) H形鋼の定着は、定着部のH形鋼に配置したスタッドジベルによってコンクリートに定着することを基本とする。
 - 3) 鋼管の定着は、定着部の鋼管に配置したスタッドジベル、または、外面リブ付鋼管によってコンクリートに定着することを基本とする。
 - 4) スタッドジベルの設計は、道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編の9.5の規定に準じて行うものとし、鉄骨とコンクリート間の付着力は無視するものとする。
スタッドジベルは、鉄骨の埋込み部全体にわたって、適度に分散させて配置する。
 - 5) 外面リブ付鋼管を用いる場合の設計は、「鋼管・コンクリート複合構造橋脚設計マニュアル」の橋脚の上・下端構造の規定に準じるものとする。
- (5) 軸方向鉄骨の連結は、次のとおりとする。
 - 1) 軸方向鉄骨の連結は原則としてその全強を伝えるように設計するものとする。
 - 2) H形鋼の連結は、高力ボルト摩擦接合を基本とし、道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編4.3の規定に準じて行う。
 - 3) 鋼管の連結は、全断面溶込みグループ溶接を用いることを原則とし、道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編4.2の規定に準じて行う。
 - 4) 道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編9.7 軸方向鉄筋の段落しの規定に準じて、H形鋼・鋼管の断面積・材質を、高さ方向で変化させてもよい。
 - 5) 4)項の規定によって断面積の小さなH形鋼を連結する代わりに、同じ断面積のH形鋼を連結し、その連結の設計を、母材の全強の75%に相当する力もしくは作用力のうちのいずれか大きい方の力に対して行うことができる。

- (1) 軸方向鉄骨の最小本数を規定したものである。軸方向鉄骨は、2本以下の場合には、換算する軸方向の鉄筋量が少なく在来工法の方が適していると判断されるため最小本数を3本とした。
また、H形鋼の配置方向は隅角部以外は壁面とH形鋼のフランジが直交する向きとし、隅角部は設計・施工を考慮して決めることとした。
- (2) 複合構造物設計・施工指針（案）²⁾の規定に従って行うものとした（図-解 5.2.1参照）。
- (3) 軸方向鉄骨間の離隔の最小値と軸方向鉄骨間隔の最大値を規定した。離間の最小値は、コンクリートの充填性が確保されるようスパイラル筋と軸方向鉄骨の最小あきおよび鉄骨継手の作

業性を考慮して40cm以上とした。また、軸方向鉄骨間隔の最大値についても規定した。軸方向鋼材の配置例を図-解 5.2.1に示す。

(4) 軸方向鉄骨とコンクリートが一体として作用するためには、脚柱部の付着強度が重要であるが、柱の上・下端での固定がより重要である。この鉄骨とコンクリートの固定を確実にを行うために規定した。

1) 全強に対する設計とは、道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編4.1.1に記載されているように、許容応力度を用いて設計することを意味している。

鉄骨の引抜き力によってコンクリートに発生する応力度の照査は、以下の2面についてそれぞれ行う。

- ① スタッドジベルを取り囲む鉄骨周囲の断面 (図-解 5.2.2) において発生するせん断応力。
- ② 鉄骨下端から45度のせん断抵抗面 (図-解 5.2.3) において発生するせん断応力 (押抜きせん断応力)。

①の照査での許容応力度は表-4.3.4中の無筋コンクリートの許容せん断応力度の値を用い、②では表-4.3.1中の押抜きせん断応力度の値を使用することにした。①、②の応力度の照査は、以下の考えに基づいて実施するものである。

- ① H形鋼のフランジにスタッドジベルが過度に集中した時に、起こり得る破壊を想定した。

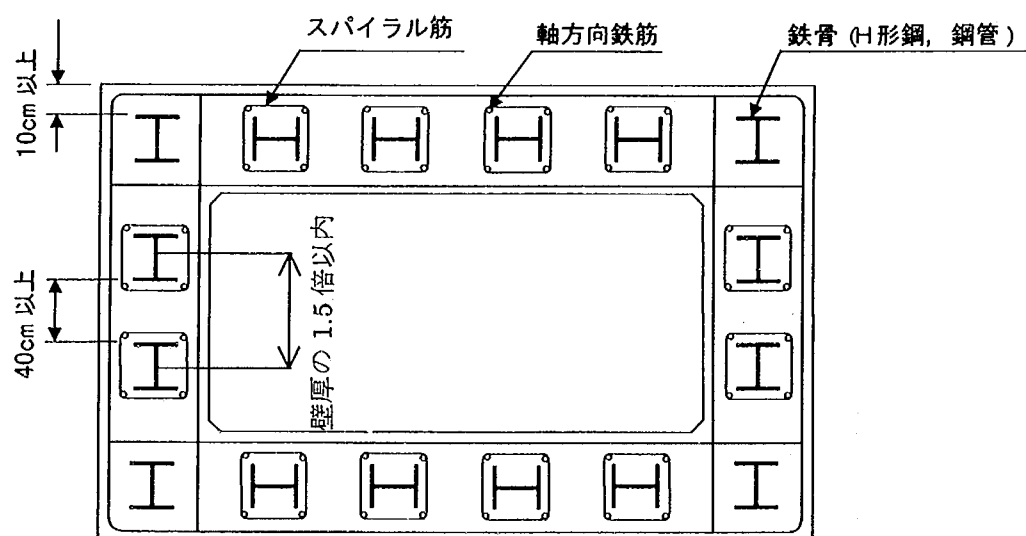


図-解 5.2.1 軸方向鋼材の配置例

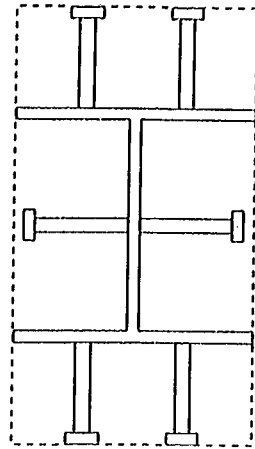


図-解 5.2.2 スタッドを取り囲む鉄骨周囲のせん断抵抗面

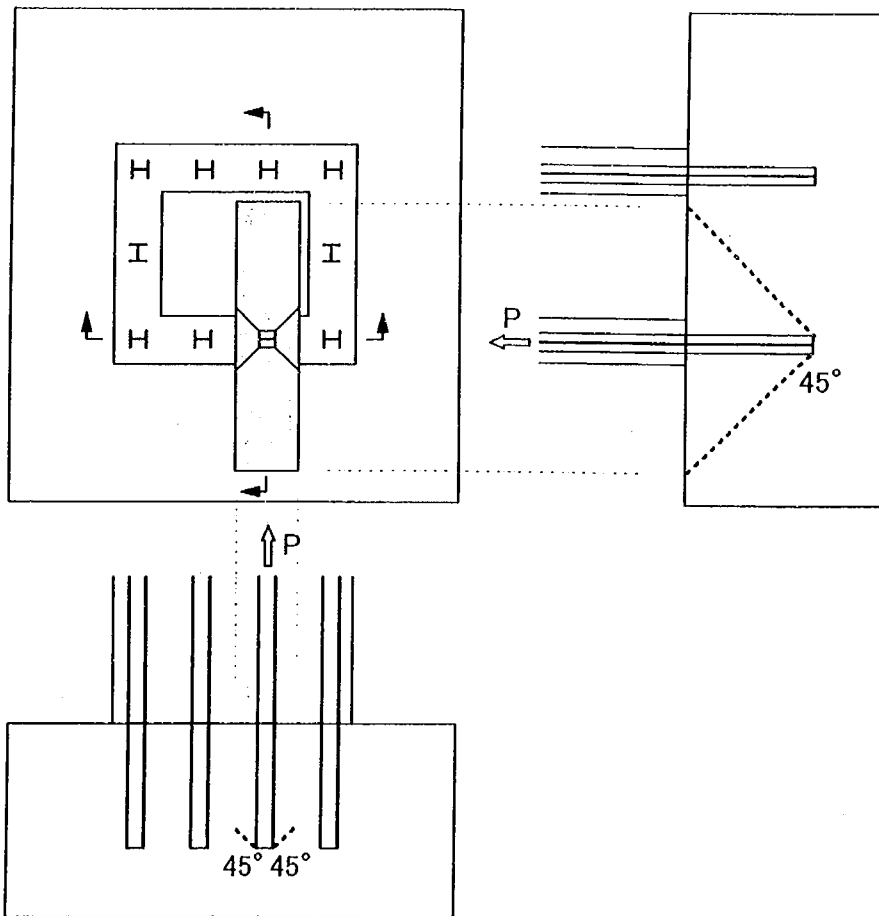


図-解 5.2.3 鉄骨下端から45° のせん断抵抗面

② 水平方向同一断面内に過度に集中したスタッドジベルの一群が、高さ方向に分散して配置された時に、起こり得る破壊を想定した。

例えば①の照査項目を外すと、鉄骨の埋め込み長が極端に短くなるように設計することが可能となり、大規模地震時の耐荷機能に対する懸念が出てくる。

2) 定着方法として、スタッドジベルの他に、アンカーフレーム方式、定着板方式なども考え

られるが、施工性、構造特性などを考慮して、スタッドジベル方式を用いることとした。

なお、スタッドジベル方式以外のものであっても、施工性、経済性に遜色なく、構造特性に問題のないことが確認されているものであれば、採用してもよい。

- 3) スタッドジベル方式に加えて、鋼管・コンクリート複合構造橋脚において実績のある外面リブ付鋼管を用いた方式も併せて規定した。

一般に、外面リブ付鋼管を用いた方が、スタッドジベル方式よりも安価であるため、外面リブ付鋼管による設計とするのが望ましい。ただし、現在製造できる鋼管径が600mm以上であるため、これより小径の鋼管を用いる場合には、スタッドジベル方式を用いることとした。

- 4) スタッドジベルの設計は、道路橋示方書Ⅱ鋼橋編9.5合成げたに用いるずれ止めに関する規定に準じて行う。この規定をもとに、使用するスタッドジベルの仕様、スタッドジベルの最小間隔、許容せん断力などを設定する。

この規定は、合成げたに用いるずれ止めに関するものであり、H形鋼のウェブに配置したスタッドジベルの許容せん断力までを保証するものではない。このウェブに配置したスタッドジベルの許容せん断力を評価した実験例はまだ少ないものの、文献³⁾の実験結果から、フランジの端部を結ぶコンクリートのせん断破壊(図-解 5.2.4. A-A)にも留意しないと、設計において、ウェブに配置したスタッドジベルの許容せん断力を過大に評価する危険性があることが判明した。

そこで、本設計では、ウェブに配置するスタッドジベルの許容せん断力の合計(スタッドジベル1本当たりの許容せん断力($N/1$ 本) $\times$ 本数)と、フランジの端部を結ぶコンクリートのせん断破壊面における許容せん断耐力(単位面積当たりの許容せん断応力度(N/mm^2) $\times$ せん断破壊面の面積(mm^2))を比較し、前者が後者より小さくなるようにスタッドジベルの本数を決定することで、ウェブに配置するスタッドジベルの許容せん断力の設計式として、合成げたに用いるずれ止めの式をそのまま用いることにした。

なお、フランジの端部を結ぶコンクリートのせん断破壊面(無筋コンクリート)の許容せん断応力度は、表-4.3.4中の無筋コンクリートの許容せん断応力度の値を用いる。

スタッドジベルを、鉄骨の埋め込み部全体にわたって、適度に分散するように条文に明記したのは、鉄骨の下方に集中して配置すると、大規模地震時などにおける鉄骨の基礎からの抜け出し量が大きくなる可能性があるためだ。なお、スタッドジベルは、フーチング天端から少なくとも300mm以深に配置するものとする。この300mm以深という範囲は、複合構造物設計・施工指針(案)の鋼管コンクリート構造における柱の上・下構造の規定に準じて設定した。

また、1本柱形式の橋脚における柱頭部への定着において、スタッドジベルのみで定着長を確保することが困難な場合には、別途構造特性、経済性等を考慮し、鉄骨の引抜き力に対してずれ止め部材、定着板等を追加してその耐荷力にも期待した設計を行ってもよいことにした。ただし、この場合でも、定着長を出来るだけ長く確保するように努めなければならない。

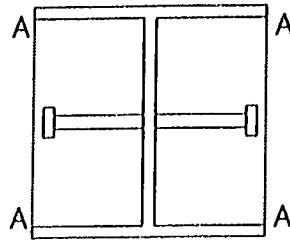


図-解 5.2.4 フランジの端部を結ぶコンクリートのせん断破壊面

5) 鋼管・コンクリート複合構造橋脚 設計マニュアルの柱の上・下構造に規定されている定着設計を以下に示した。

① 外面リブ付鋼管の定着長は、次式から算出される値および最小定着長さ以上を確保しなければならない。

I) 定着長 L_1 は次式より求める。

$$L_1 = \sigma_{ta} \times A_r / (\tau_{oa} \times \pi \times D) \quad \dots\dots\dots (解 5.2.1)$$

σ_{ta} : 鋼管の許容引張応力度 (N/mm^2)

A_r : 鋼管の断面積 (mm^2)

τ_{oa} : リブ付鋼管の許容付着応力度 (N/mm^2)

D : 鋼管の外径 (mm)

なお、常時のリブ付鋼管の許容付着応力度は次式による。

$$\tau_{oa} = 3/4 \times (3.5 + \sqrt{\sigma_{ck}}) \quad \dots\dots\dots (解 5.2.2)$$

II) 最小定着長 $L_{min} = 1.5 \times D$

外面リブ付鋼管の配置にあたって、定着長 (区間) の上端が、フーチングの天端から少なくとも300mm以深に位置するようにしなければならない。

② 外面リブ付鋼管の周囲には、鋼管の外側コンクリートの割裂破壊を防止するため、円周方向に補強鉄筋を配置しなければならない。なお、補強鉄筋量 (図-解 5.2.5) は次式により求めてもよい。

$$a_{bareq} = \sigma_{ta} \times A_r / (2 \times \pi \times L_1 \times \sigma_{sa}) \quad (mm^2/mm) \quad \dots\dots\dots (解 5.2.3)$$

σ_{ta} : 鋼管の許容引張応力度 (N/mm^2)

A_r : 鋼管の断面積 (mm^2)

L_1 : 定着長 (mm)

σ_{sa} : 鉄筋の許容引張応力度 (N/mm^2)

補強鉄筋の位置は、鋼管外面から80~100mm離れた位置を基本とする。ただし、施上の支障がなければ、さらに近い位置に配置しても良い。

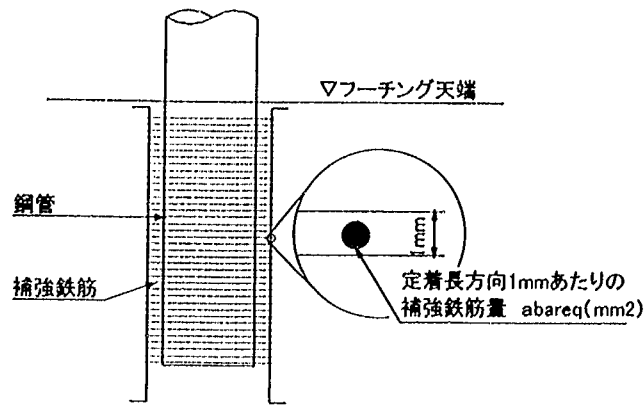


図-解 5.2.5 補強鉄筋量

- (5) 1) 全強に対する設計とは、道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編4.1.1に記述されているように、許容応力度を用いて設計することを意味している。
- 2), 3) 3H工法のH形鋼，鋼管の連結部構造は，条文に規定したものを基本とする。ただし，これら以外の構造であっても，施工性・経済性に遜色なく，構造特性に問題ないことが確認されているものであれば，採用しても良い。
- 4) 高さ30m程度以上の高橋脚への適用を想定している3H工法の場合，全高にわたって軸方向鉄骨の断面積を一定とすると不合理となる場合もあるため，その場合の断面積の変化位置の算出の根拠を示したものである。
- 鉄骨の断面変化は，H形鋼の場合には連結部にフィラー材を用いる方法，もしくは工場製作部材で断面変化させる方法によって行う。一方，鋼管の場合には，工場製作部材で断面変化させる方法を採用する（JIS A 5525を参照）。
- これらの断面変化が不可能な場合には，断面変化の代わりに強度の低い鋼材を用いても良い。
- 5) 4) 項の規定に基づき高さ方向でH形鋼の断面積を変化させることができるケースにおいて，同じ材質で同じ断面のH形鋼を連結した場合に，その連結部の構造だけでも経済的なものになるように，条文の規定を設定した。
- ただし，構造全体としての均衡を保つため，少なくとも母材全強の75%以上の強度をもつように設計することを原則とした。

5.2.2 鉄筋

- (1) 本工法による橋脚断面の鉄筋のかぶりは、大気中の場合4.0cm以上、水中および土中の場合7.0cm以上とし、かつ鉄筋の直径以上としなければならない。なお、3Hパネルを使用する場合は5.4の規定に従うものとする。
- (2) 本工法による橋脚断面の軸方向鉄筋のあきは、4cm以上かつ粗骨材の最大寸法の4/3以上とし、かつ鉄筋の直径の1.5倍以上としなければならない。
- (3) 鉄筋のフックおよび鉄筋の曲げ形状
 - 1) 異形棒鋼のフックには、半円形フック、直角フック、あるいは鋭角フックを用いるものとする。フックは、曲げ加工する部分の端部から次に示す値以上まっすぐにのばさなければならない。
 - (a) 半円形フック：鉄筋直径の8倍または12cmのうち大きい値
 - (b) 直角フック：鉄筋の直径の12倍
 - (c) 鋭角フック：鉄筋の直径の10倍
 - 2) 異形棒鋼のフックの曲げ半径は、次に示す値以上としなければならない。
 - (a) S D 295 A, B：鉄筋直径の2.5倍
 - (b) S D 345, S D 390：鉄筋直径の2.5倍
 - 3) 帯鉄筋の曲げ半径は、次に示す値以上としなければならない。
 - (a) S D 295 A, B：鉄筋直径の2倍
 - (b) S D 345, S D 390：鉄筋直径の2倍
- (4) 鉄筋の定着
 - 1) 鉄筋の端部は、次の規定のいずれかの方法によりコンクリートに十分定着しなければならない。
 - (a) コンクリート中に埋込み、鉄筋とコンクリートの付着により定着する。
 - (b) コンクリート中に埋込み、フックをつけて定着する。
 - (c) 定着板などを取付けて機械的に定着する。
 - 2) 鉄筋とコンクリートの付着により定着する場合の定着長は、(5)に規定する鉄筋の重ね継手長に等しい長さ以上とするものとする。
 - 3) フックをつけて引張鉄筋を定着する場合の定着長は、2)に規定する定着長の2/3倍以上とするものとする。また、フックをつけて圧縮鉄筋を定着する場合の定着長は2)の規定によるものとし、フックの効果を考慮してはならない。
 - 4) 脚部とフーチングなどの接合部では、脚部の軸方向鉄筋、脚部の断面力がフーチングなどに十分に伝達される長さだけのばし、フックをつけるなどにより定着するものとする。また、片持ばりなどの固定部における鉄筋についても同様に十分な定着を行わなければならない。
- (5) 軸方向鉄筋の継手
 - 1) 軸方向鉄筋を継ぐ場合は、鉄筋の種類、直径、応力状態、継手位置などを考慮して適切な継手を選ばなければならない。また、鉄筋の継手位置および継手方法は、設計図に示すことを原則とする。

- 2) 軸方向鉄筋の継手は、応力が大きい位置に設けないことが望ましい。
- 3) 道路橋示方書・同解説 V耐震設計編9.3に規定する塑性ヒンジ長の4倍の区間内にある断面領域では、原則として軸方向鉄筋の継手を設けてはならない。
- 4) 引張鉄筋に重ね継手を用いる場合は、式(5.2.1)より算出する重ね継手長 l_a 以上かつ鉄筋の直径の20倍以上重ね合わせなければならない。

$$l_a = \phi \cdot \sigma_{sa} / 4 \tau_{oa} \dots\dots\dots (5.2.1)$$

l_a : 付着応力度より算出する重ね継手長 (cm)
 σ_{sa} : 鉄筋の許容引張応力度 (kgf/cm²)
 τ_{oa} : コンクリートの許容付着応力度 (kgf/cm²)
 ϕ : 鉄筋の直径 (cm)

- 5) 圧縮鉄筋に重ね継手を用いる場合は、式(5.2.1)により算出する長さ l_a の80%以上かつ鉄筋の直径の20倍以上重ね合わせなければならない。
- 6) 帯鉄筋の継手は、原則として帯鉄筋の鉄筋径の40倍以上を重ね合わせ、さらにフックを設けるものとする。また、帯鉄筋の継手部は千鳥状に配筋するものとする。なお、3Hパネルを使用する場合は5.4の規定に従うものとする。

(6) 軸方向鉄筋の配置

軸方向鉄筋は、直径16mm以上の異形棒鋼とする。

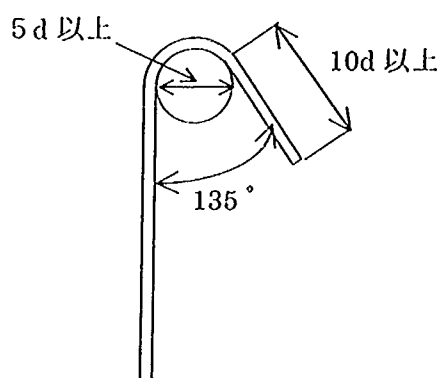
(7) 帯鉄筋の配置

- 1) 帯鉄筋は直径13mm以上の異形棒鋼とし、その高さ方向の間隔は15cm以下とすることを原則とする。なお、実験等で耐力、変形性能等が確認された場合30cmを上限とし帯鉄筋の間隔を緩和させてよい。ただし、帯鉄筋の間隔を途中で15cmより大きくする場合には、その間隔を除々に変化させるものとし、急変させてはならない。
- 2) やむを得ず橋脚柱の軸方向鋼材を段落しする場合、段落し位置において、これより上下それぞれに橋脚断面の短辺長あるいは直径の1.5倍に相当する断面領域では、帯鉄筋間隔を15cm以下とする。
- 3) 中間帯鉄筋は、原則として配置しないものとする。

- (1) 鉄筋のかぶりは、道路橋示方書・同解説 IV下部構造編4.4.2の規定に準じて定めた。
- (2) 鉄筋のあきは、道路橋示方書・同解説 IV下部構造編4.4.2の規定に準じて定めた。
- (3) 鉄筋のフックおよび鉄筋の曲げ形状は、道路橋示方書・同解説 IV下部構造編4.4.2の規定に準じて定めた。
- (4) 鉄筋の定着は、道路橋示方書・同解説 IV下部構造編4.4.2の規定に準じて定めた。
- (5) 軸方向鉄筋の継手は、道路橋示方書・同解説 IV下部構造編4.4.2の規定に準じて定めた。
- (6) 軸方向鉄筋の配置は、道路橋示方書・同解説 IV下部構造編4.4.2の規定に準じて定めた。
- (7) 帯鉄筋の配置
 - 1) 道路橋示方書 IV下部構造編4.4.2の規定に準じて定めた。
 - 2) 3H工法では軸方向鉄筋の大部分を鉄骨に置き換え、またコンクリートを拘束して軸方向鉄筋の圧縮座屈を抑制する中間帯鉄筋の代替えとしてスパイラル筋を鉄骨周りに配置して軸方向鉄骨の圧縮座屈を抑制していることから、原則として中間帯鉄筋を配置しないこととした。

5.3 スパイラル筋

- (1) スパイラル筋の4隅には軸方向鉄筋を配置するものとする。
- (2) スパイラル筋は、スパイラル筋の図心が軸方向鉄骨の図心と一致するよう配置するものとする。
- (3) スパイラル筋の高さ方向の間隔は15cm以下であることを原則とする。
- (4) スパイラル筋と帯鉄筋のあきおよびスパイラル筋と軸方向鉄骨のあきは、4 cm以上かつ粗骨材の最大寸法の4/3倍以上とする。ただし、鉄筋の直径の1.5倍以上とする。
- (5) スパイラル筋の離隔は、1 m以内とする。
- (6) スパイラル筋の端部は、図-5.3.1に示した曲げ形状を満足するようにスパイラル筋を曲げなければならない。



注) 1. dは呼び名に用いた径とする
2. フック長は10d以上とする
図-5.3.1 スパイラル筋の曲げ形状

- (7) スパイラル筋の末端部では1巻以上の添巻きを行い、折曲げ部はコアコンクリート中に定着するものとする。
- (8) スパイラル筋の重ね継手長はスパイラル筋の直径の100倍以上、かつ、角スパイラル形を用いる場合は少なくとも2辺以上を含むように設けるものとする。なお、継手部の位置は応力の小さい箇所に設けるものとする。
- (9) スパイラル筋の基礎ならびに主桁内への埋め込み長さは、次のとおりとする。
 - 1) 基礎へのスパイラル筋の埋め込み長さは、橋脚の断面高さの1/2倍、または、フーチングの厚さの1/2倍のいずれか小さい方の値とする。
 - 2) ラーメン橋の場合の、主桁内へのスパイラル筋の埋め込み長さは、橋脚の断面高さの1/2倍、または、主桁の断面高さの1/2倍のいずれか小さい方の値とする。

- (3) スパイラル筋の高さ方向の間隔は、道路橋示方書・同解説 IV下部構造編4.4.2の規定に準じて定めた。
- (4) 道路橋示方書・同解説 IV下部構造編4.4.2の規定に準じて定めた。
- (5) スパイラルカラム間の、スパイラル筋の離れを規定したもので、道路橋示方書等の中間帯鉄筋の離れに準じて定めた (図-解 5.3.1参照)。

- (6) スパイラルカラムを構成するスパイラル筋は角スパイラル形状を基本とする（図-解 5.3.2 参照）。

スパイラル筋の端部は、135度に折り曲げることを基本とするが道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編4.4.2の規定に従って半円形フックとしてもよい。

- (7) スパイラル筋の引抜耐力をその引張強度以上にするために、フーチングおよび柱頭部内の端部では1巻以上の添巻きをすることとした。図-解 5.3.3にその末端処理方法の一例を示す。
- (8) スパイラルカラムの中間部分でスパイラル筋を相互に継ぐ場合には、重ね継手を用いることを原則とする。図-解 5.3.4に継手長さと位置の関係を示す。
- (9) 主鋼材ならびにコンクリートの圧縮特性が橋脚基部、あるいはラーメン橋の場合の橋脚上端部で急変しないように、スパイラル筋を基礎あるいはラーメン橋の主桁内へ配置することにした。配置範囲は、高橋脚の耐震設計ガイドライン³⁾の規定を準用した。

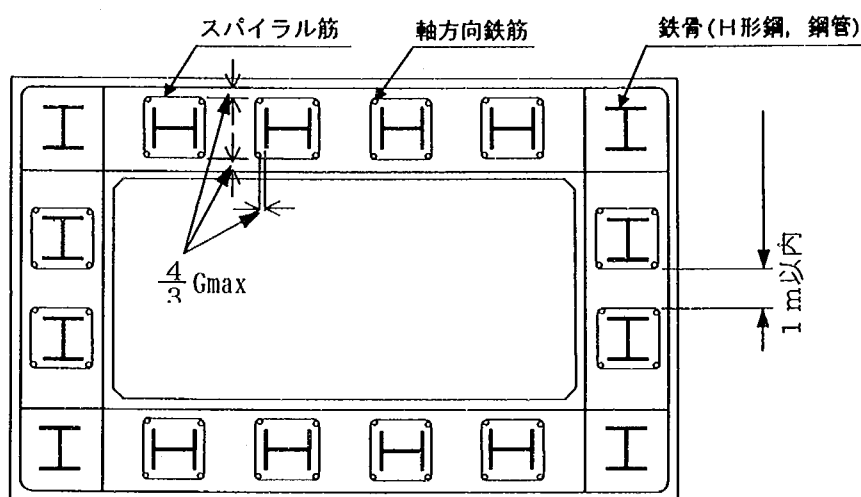


図-解 5.3.1 スパイラル筋配置例

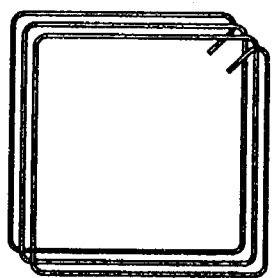


図-解 5.3.2 スパイラル筋の基本形状

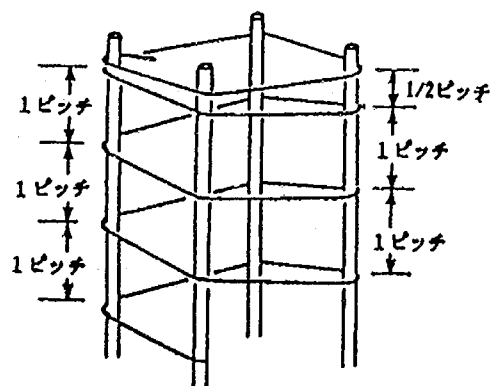


図-解 5.3.3 端末処理の方法



図-解 5.3.4 継手長と位置の関係

5.4 3Hパネル

- (1) 二次コンクリート側の面は、粗面仕上げを施すこととする。
- (2) 鋼材のかぶりは、25mm以上とし、かつ鉄筋の直径以上とする。
- (3) 鉄筋のあきは、4 cm以上かつ粗骨材の最大寸法の4/3倍以上とする。ただし、鉄筋の直径の1.5倍以上とする。
- (4) 隅角部鋼材の高さ方向間隔は、60cm以下とする。
- (5) 埋込み鋼板と帯鉄筋の結合は、フレア溶接とする。

- (1) 3Hパネルは、二次コンクリート打設後、二次コンクリートと一体となり構造物の一部として機能しなければならない。そのため、3Hパネルの二次コンクリート側の面処理方法を規定した。ここでいう、3Hパネルと二次コンクリートの一体性とは、3Hパネルと二次コンクリートの打継面で、部材が終局に至るまでせん断力の伝達が可能であり、3Hパネルと二次コンクリートが重ね梁となることなく一体打ち構造と同等の曲げおよびせん断耐力を有することである。
- (2) 道路橋示方書・同解説 I 共通編4.4.1の規定に準ずる。
- (3) 道路橋示方書・同解説 IV下部構造編4.4.2の規定に準ずる。
- (4) 隅角部鋼材の高さ方向の間隔は、「中間帯鉄筋の定着に関する柱の一軸圧縮試験」(土木研究所共同研究報告書第223号)の結果より60cm以下とした。(図-解 5.4.3参照)
- (5) 3Hパネルどうしの帯鉄筋の接合は、施工の合理化を目的とし、埋込み鋼板に帯鉄筋をフレア溶接し、連結添接板を用いて摩擦接合用高力六角ボルト結合またはトルシア形高力ボルト結合する方式とした。(図-解 5.4.2参照)

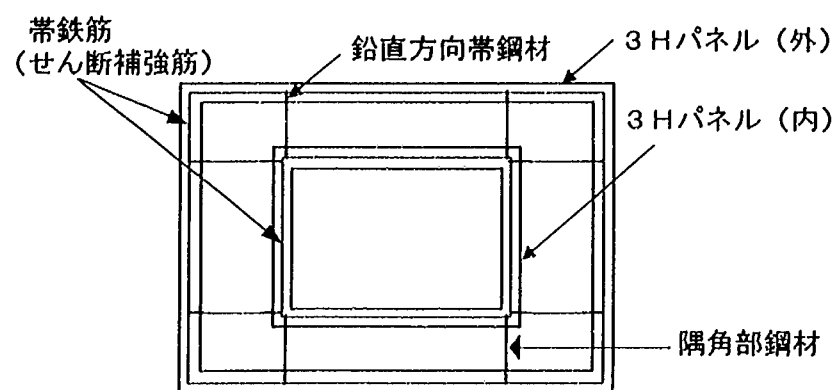


図-解 5.4.1 3Hパネル，鉛直方向帯鋼材，隅各角鋼材の配置例

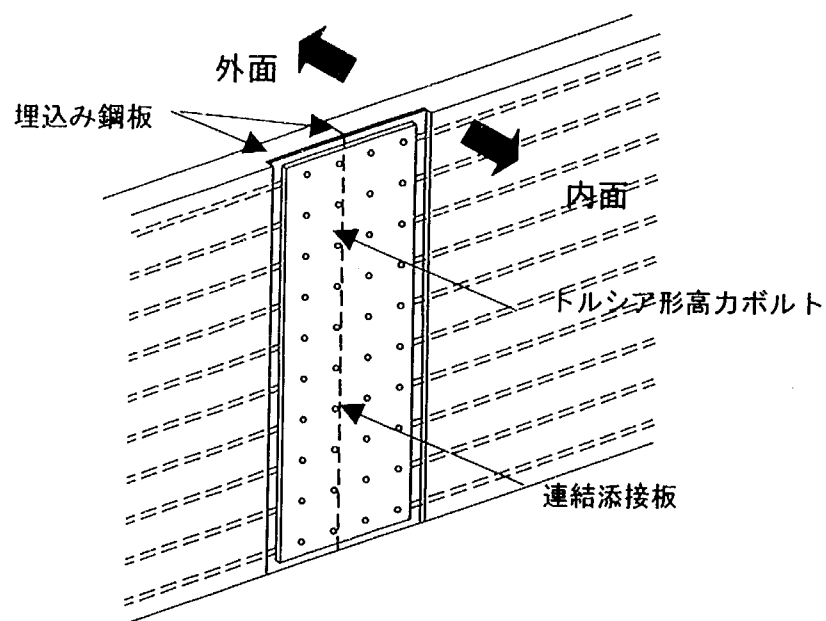


図-解 5.4.2 鉛直継手構造

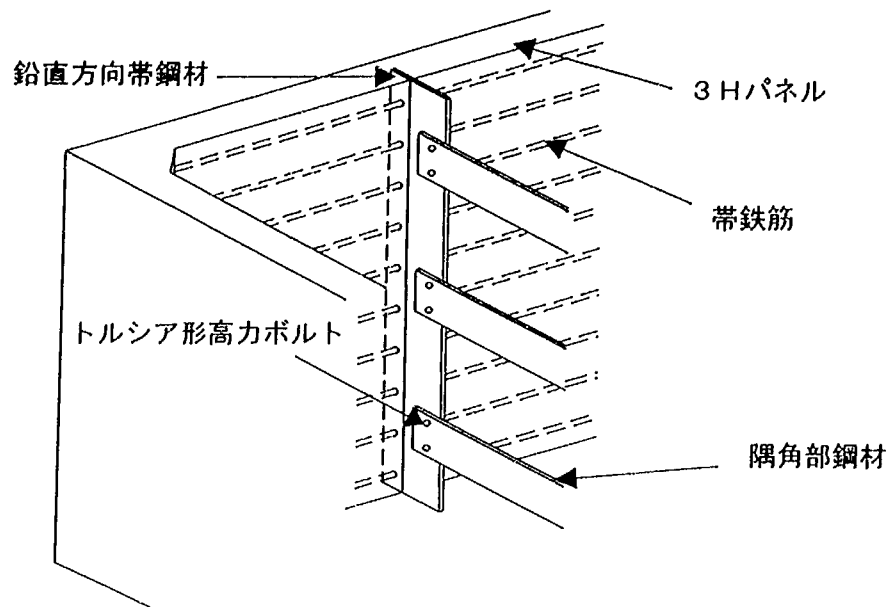


図-解 5.4.3 鉛直方向帯鋼材，隅角部鋼材の配置例

参 考 文 献

- 1) 日本道路公団：鋼管・コンクリート複合構造橋脚 設計マニュアル，1998年
- 2) 土木学会：複合構造設計・施工指針(案)，1997年
- 3) 池田 他：スタッドジベルによる鋼材とコンクリートとの応力の伝達について，第3回コンクリート工学年次講演会講演論文集，1981年
- 4) 日本道路公団：鋼管・コンクリート複合構造橋脚 設計施工マニュアル(案)，1995年
- 5) 日本道路公団：高橋脚の耐震設計ガイドライン，1997年

6章 施工計画

6.1 一般

3 H工法による高橋脚の施工に先立ち、設計計算書、設計図面、仕様書、工費内訳書等の内容を十分理解したうえで、人員配置、工程、施工方法、機械・仮設備、施工記録の方法、安全対策、環境保全対策などについて検討し、施工計画書を作成するものとする。

一般に施工計画は、①調査、②基本計画、③詳細計画、④管理計画の順で行われる。3 H工法の場合も同様の手順で行われるが、部材のプレハブ化による施工の合理化が3 H工法の大きな特徴のひとつであることから、定められた工期内に品質の良い高橋脚を施工するためには、スパイラルカラムや3 Hパネルなどのプレハブ部材の分割、工場あるいは現場での製作、組立に必要な機械・仮設備の選定と運用、および組立作業等が重要な管理項目となる。また、二次コンクリートの品質管理については、特にフレッシュコンクリートの特性を考慮した長距離鉛直圧送のための設備の選定にも十分留意する必要がある。さらに、高橋脚の建設による自然環境への影響を最小限にするため、樹木伐採量や切土量を極力減らすことに努力することも大切である。これらの管理項目に十分留意しながら、次に示す各事項について検討し、プレハブ部材の製作要領書や施工計画書を作成するものとする。

1) 部材製作（7章参照）

部材の分割形態が決定したら、その加工製作について検討し、製作要領書を作成する。製作要領書には、材料の種類と数量、分割された部材の形状寸法、製作方法、製作手順、使用する機械器具、製作精度とその管理方法などを明記しておく。

2) 工種別施工法

3 H工法による高橋脚の施工にあたって、工程と関連しながら、各工種毎に施工方法、施工順序、使用する機械器具、確保すべき施工精度とその管理方法について検討する。3 H工法は省人化・省力化や工期短縮を図ることを目的としているため、特徴的な工種であるスパイラルカラム工、3 Hパネル工、昇降式移動型枠工について詳細な検討を行っておくことが重要である。また、高橋脚の施工では、一般に打込まれるコンクリートの鉛直圧送距離が長くなるため、所要のワーカビリティや品質、硬化後の強度が確保できるような鉛直圧送方法についても検討しておく必要がある。

3) 工程（6.2参照）

工程計画は、合理的かつ経済的に施工を行い、しかも定められた期間内に工事を完成させるために行うものであり、一般には、地理的条件、気象条件、現場条件、施工方法、経済的施工速度等に留意して立案する。このような一般的留意事項に加え、プレハブ工法による工事では、使用するプレハブ部材の製作期間や搬入時期などが全体工程に大きな影響を与える。したがって、3 H工法においては、スパイラルカラムや3 Hパネルの製作時の工程に十分留意して全体工程計画を立案する必要がある。

4) 労務

工種別施工法および工程に関する検討結果に基づいて、各工種毎に必要な職種、人数、時期および期間などの労務について計画する。

5) 機械・仮設備 (6.3参照)

3 H工法は施工の合理化および経済性の向上を図ることを目的にプレハブ部材の使用を基本としているため、特にプレハブ部材の製作・組立に必要なクレーンや仮支持架台などの機械・仮設備の選定と運用に留意する必要がある。また、高橋脚の施工性、品質、経済性を向上させるためには、昇降式移動型枠、コンクリート打設設備、上部工施工設備等についても十分検討しておくことが重要である。

6) 部材の分割 (6.4参照)

3 H工法では、スパイラルカラムや3 Hパネルの分割形態が施工性、工期、経済性に影響を及ぼすため、施工計画の立案に先立って、部材分割について十分検討しておかなければならない。

7) 資材の調達および輸送

工事に必要な資材の数量を把握したうえでそれぞれの納期を確定し、その調達先、輸送方法、輸送経路などについて計画する。

8) 安全衛生

安全衛生計画は、労働安全衛生法や労働安全衛生規則等の関連法規を遵守し、作業上の安全対策、宿舎の衛生対策等について計画するものであり、3 H工法による高橋脚工事では、特に高所作業に関する注意事項を明確にし、安全設備について十分検討しておくことが大切である。

9) 環境保全

工事中は地形、地質、地下水、気象、障害物、環境、交通などについて常に調査や測定を行い、周辺に有害な影響を与えないよう、慎重に工事を進めることが重要である。そのために各対象項目毎の調査・測定や管理方法について計画を行う。

以上の検討結果のほか、施工計画書には、工事名、発注者、施工者、工事場所、工事費、工期、工事目的、工事内容と条件、現場の地理的条件、位置図、一般図、工事数量などの工事概要を記載する。

6.2 工程計画

工程計画の立案にあたっては、地理的条件、気象条件、現場条件、施工方法、経済的施工速度、プレハブ部材の製作時の工程等について十分検討しなければならない。

工程計画は、合理的かつ経済的に施工を行い、しかも定められた期間内に工事を完成させるために行うものであり、一般には、地理的条件、気象条件、現場条件、施工方法、経済的施工速度等に留意して立案される。このような一般的留意事項に加え、プレハブ工法による工事では、使用するプレハブ部材の製作期間や搬入時期などが全体工程に大きな影響を与える。したがって、3H工法においては、スパイラルカラムや3Hパネルの製作時の工程に十分留意して全体工程計画を立案する必要がある。工程計画の立案にあたっての留意事項を以下に示す。

1) 作業可能日数の推定

定休日、夏季休暇、年末年始休暇等の休日や天候などによる作業休止日の合計日数を算定したうえで、作業可能日数を推定する。作業可能日数を推定するために必要な調査事項は、一般に次のようなものがある。

- ①降水量、降水日数、降水日の分布、積雪日数、積雪量など
- ②風速、風向など
- ③気温、霜、凍結、湿度など
- ④日中時間、日照時間
- ⑤河川の水位、流量など
- ⑥潮位、潮流、波浪など
- ⑦土質など

2) 1日平均作業時間

1日平均作業時間は、周辺環境の調査、周辺住民との協議のうえ決定する必要がある。

3) 施工日数の算定

1日平均作業時間、標準施工量および施工速度をもとに、全体の施工日数が算定されるが、クレーンや昇降式移動型枠などの機械・仮設備の能力や台数によって施工日数が変化するため、経済性も考慮して工程計画を立案しなければならない。また、プレハブ部材の製作日数や納期も考慮して施工日数を算定する必要がある。

6.3 機械・仮設備計画

施工に先立ち、プレハブ部材の製作設備、揚重機械、型枠、コンクリート打設設備、上部構造施工設備等の機械および仮設備について十分検討しなければならない。

3H工法は施工の合理化および経済性の向上を図ることを目的にプレハブ部材の使用を基本としているため、特にプレハブ部材の製作・組立に必要なクレーンや仮支持架台などの機械・仮設備の選定と運用に留意する必要がある。また、高橋脚の施工性、品質、経済性を向上させるためには、昇降式移動型枠、コンクリート打設設備、上部構造施工設備等についても十分検討しておくことが

重要である。機械・仮設備計画の立案にあたって、特に留意しなければならない事項および検討内容を以下に示す。

1) プレハブ部材の製作設備

プレハブ部材の製作能力や運搬距離が工期や経済性に影響を及ぼすため、プレハブ部材の製作に必要な材料の調達能力、設備の規模、加工製作ヤードや仮置きヤードの広さ、製作場所と現場との距離などについて調査・検討を行わなければならない。

2) 揚重機械

揚重機械の能力や規模が施工性、工期、経済性に影響を及ぼすため、スパイラルコラムや地組みされた3Hパネルの重量、吊上げ高さ、作業半径について検討し、適切な揚重機械を選定しなければならない。また、選定された揚重機械が確実に稼働できるための作業ヤードを確保しなければならない。

3) 型枠

昇降式移動型枠を選定するか3Hパネルを選定するかによって施工性、工期、経済性に影響を及ぼすため、橋脚高さ、橋脚基数、型枠総面積などを基にいずれの型枠を採用するかについて検討しなければならない。

4) コンクリート打設設備

高橋脚工事におけるコンクリート工では、特に打込まれるコンクリートの鉛直圧送距離が長くなることに留意しなければならない。コンクリートの圧送高さや打設面積を考慮して、所要のワーカビリティや品質、硬化後の強度が確保できるよう、コンクリート打設設備について十分検討しておく必要がある。

5) 上部構造施工設備

上部構造形式を考慮し、必要に応じて上部構造施工設備についても検討しておくことが肝要である。

6.4 部材分割計画

鉄骨および3Hパネルの分割にあたっては、鉄骨の継手と3Hパネルの水平継手の相対位置、コンクリートの打継目位置、分割された鉄骨や3Hパネルの製造・運搬および橋脚の施工性や耐久性に問題が生じないように十分留意し、分割数および分割位置を決定しなければならない。

鉄骨の継手と3Hパネルの水平継手の相対位置、型枠の継目位置、コンクリートの打継目位置などに十分留意しながら、適切な製造や運搬が可能で、橋脚の施工性や耐久性に問題が生じないように、また、工事が合理的かつ経済的に、しかも定められた工期内に完了するように分割計画を立案しなければならない。

1) 鉄骨の分割

分割された鉄骨の継手は原則としてその全強を伝えるよう設計されるため、各鉄骨の継手は同一断面内に配置しても良い。ただし、鉄骨間隔が比較的狭い場合に継手を同一断面内に配置すると接合作業が困難となる場合があるので、千鳥配置にするなどの工夫が必要となる。

2) 3Hパネルの分割

図-解 6.2.1に示すように、3Hパネルは中空橋脚断面を取り囲むような外パネルと内パネルから構成される。

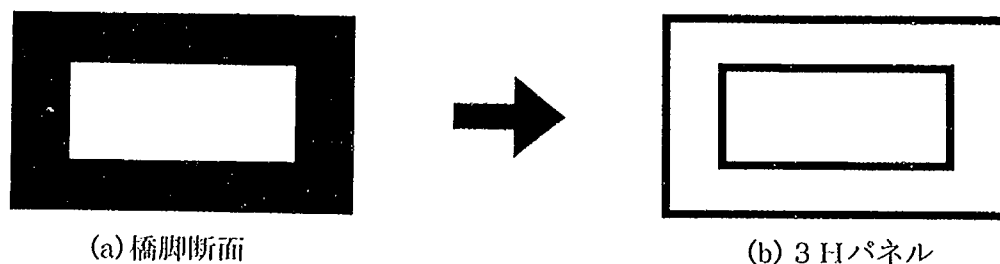


図-解 6.2.1 橋脚断面のプレキャスト化

施工面では3Hパネルは閉合していることが望ましく、橋脚の断面が比較的小さい場合は、3Hパネルは分割せずに図-解 6.2.1(b)に示すように閉合した形状とすることが可能である。しかし、橋脚断面が大きくなると製造や運搬などの制約から分割せざるを得ない。このような場合には、例えば図-解 6.2.2に示すような位置で3Hパネルを分割することとなる。分割にあたっては、施工の状況に応じて適切な分割方式を選択するものとする。3Hパネルを分割した場合には、現場において地組みし、設置することを基本とする。

3Hパネルを採用すると分割形態が複雑となり、製作、施工性、経済性などに問題が生じる場合には、型枠工法について再検討し、必要に応じて昇降式移動型枠を選択する。



図-解 6.2.2 3Hパネルの分割方式

なお、3Hパネルの標準サイズは、厚さ10cm、高さ1.5mである。吊上げおよび設置にあたって一般に使用されるクレーンの規模から、3Hパネルの吊上げ時重量が6tf程度以下となるように計画することが望ましい。

7章 部材製作

7.1 鋼材

(1) 鉄骨用鋼材の加工

製作に着手する前に、原寸図またはそれに準ずるものを作成し、基本形状および製作上の支障の有無を確認しなければならない。

(2) 工場溶接

工場溶接は、所定の継手性能を満足するための諸検討を行い、施工計画書に従った溶接を行わなければならない。

(1) 鉄骨用鋼材は、構造体として十分な機能を持つものでなくてはならない。そのため、加工に関して、以下について注意しなければならない。

- 1) 主要部材の板取りは、主たる応力の方向と圧延方向を一致させることを原則とする。
- 2) 主要部材の切断は、原則として自動ガス切断によるものとし、切断面、加工した開先面、切削面は、所定の品質を満足しなければならない。
- 3) 主要部材のボルト孔を所定の径に孔あけする場合は、現地組立時にボルト通しが確実にできる方法をとらなければならない。
- 4) 主要部材において冷間曲げ加工を行う場合の内側半径は、板厚の15倍以上とすることを原則とする。

(2) 工場溶接の施工計画書を作成する際には、以下について検討および確認を行う必要がある。

- 1) 鋼材の種類と特性
- 2) 溶接方法、開先形状および溶接材料の種類と特性
- 3) 組み合わせる材片の加工、組立精度、溶接部分の清浄度と乾燥状態
- 4) 溶接材料の乾燥状態
- 5) 溶接条件と溶接順序

7.2 3Hパネル

7.2.1 3Hパネルの設計に考慮する荷重

3Hパネルおよび支保工は、種々の施工条件を考慮し、次の各荷重を考え、設計しなければならない。

(1) 鉛直方向荷重

鉛直方向の荷重としては、3Hパネル、支保工、二次コンクリート、鋼材、鉄筋、作業員、施工機械器具、仮設備等の質量および衝撃を考慮しなければならない。

(2) 水平方向荷重

水平方向の荷重としては、3Hパネルの傾斜、作業時の振動、衝撃、施工誤差等起因するもののほか、必要に応じて風圧、流水圧、地震等を考慮しなければならない。

(3) 二次コンクリートの側圧

3Hパネルの設計には、フレッシュコンクリートの側圧を考慮しなければならない。

(4) 特殊荷重

施工中に予想される特殊な荷重は、この影響を考慮しなければならない。

7.2.2 3Hパネルの製作

3Hパネルは所要の強度、耐久性、形状、寸法が得られるように材料、配合、練混ぜ、成形、養生等について特に注意して製作し、取り扱わなくてはならない。

3Hパネルは、二次コンクリート打設時の型枠として使用されると同時に、二次コンクリートと一体化してせん断力に抵抗する構造体としての機能を有する。したがって、強度、耐久性、形状寸法が損なわれないように、十分に配慮して製作しなくてはならない。

この節では、3Hパネルの製作、接合部の設計・施工に当たっての製作精度や取扱い、および現場製作時の製作設備等について記述する。なお、3Hパネルの製作手順例を図-解 7.2.5に示す。

1) 3Hパネル用コンクリート

3Hパネル用コンクリートは所要の強度、耐久性、水密性、ひびわれ抵抗性、その他の性能を保持し、品質のばらつきの少ないものでなくてはならない。

a) 材料

コンクリートの材料は2.4に規定する材料を使用しなければならない。

b) 配合

コンクリートの配合は、要求される性能を満足し、3Hパネルの形状、寸法、成形方法等を考慮して作業に適するワーカビリティが得られるように定める。3Hパネルは、工場あるいは現場で製作するものとする。レディーミクストコンクリートを使用する場合の配合の指定は、2.4に従って圧縮強度を定めるとともに材料分離抵抗性を考慮してスランプ、最大骨材寸法を定めるものとする。表-解 7.2.1にスランプ、骨材の最大寸法の

範囲を示す。

表-解 7.2.1スランプ，最大骨材寸法の範囲

スランプ	(cm)	8 ～ 15
最大骨材寸法	(mm)	20 または 25

2) 練混ぜ

コンクリートの練混ぜは練上りが均一となるまで行わなくてはならない。製品に用いるコンクリートは硬練りのものが多いので，コンクリートの配合を考慮し，これに適したミキサを使用するものとする。

3) 鋼材

a) 材料

3 Hパネルに用いられる鋼材は2.1および2.2に規定される材料を使用することを原則とする。

b) 帯鉄筋および鉛直方向帯鋼材の組立て

3 Hパネルに配置される帯鉄筋および鉛直方向帯鋼材は，耐久性を保持し，せん断補強筋としての機能を損なわないように所定のかぶり，ピッチ等を確保しなくてはならない。組立てに際しては組立筋に緊結し，所定のピッチを確保する。また，スペーサー等を用いて所定の位置に固定するものとする。

鉛直方向帯鋼材の配置がずれたり帯鉄筋との隙間が生じると地震時に帯鉄筋がはらみ出し，コンクリートの横拘束作用を妨げることとなる。したがって，ずれや隙間が発生しないよう注意することが重要である。

埋込み鋼板へのボルトの固定は，点溶接等で行うものとする。

3 Hパネル製作時の鉄筋・鋼材の配置例，埋込み鋼板と連結添接板のボルトによる連結，および埋込み鋼板と帯鉄筋の溶接方法の例を図-解 7.2.1～図-解 7.2.3に示す。

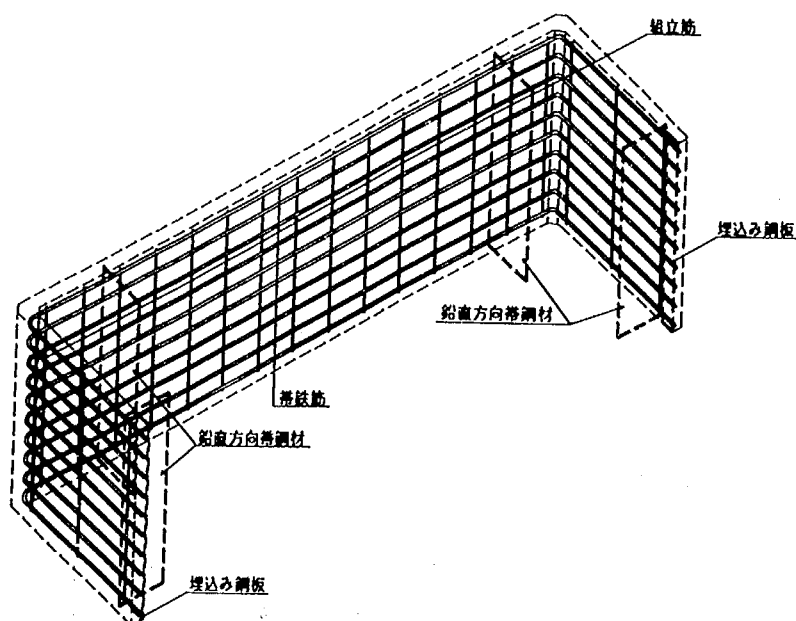


図-解 7.2.1 3 Hパネルの鉄筋・鋼材配置例

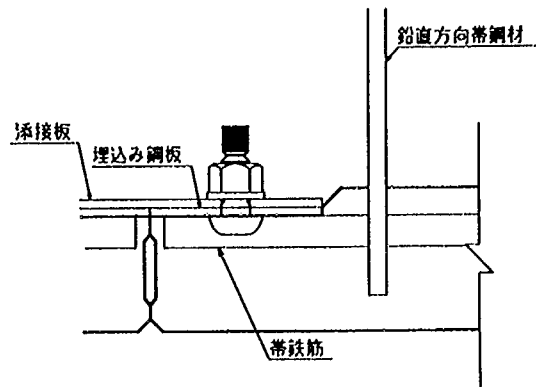


図-解 7.2.2 埋込み鋼板と添接板のボルトによる連結

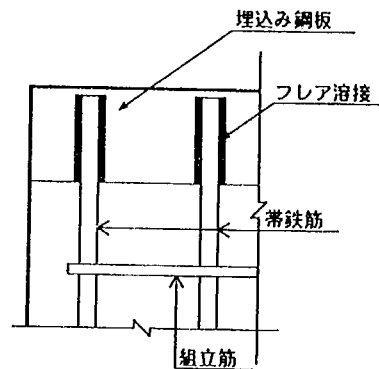


図-解 7.2.3 埋込み鋼板と帯鉄筋の溶接方法の例

4) 型枠

型枠は、所要の製品精度を確保でき、コンクリート側圧や締固めによる振動等、コンクリート打設時に作用する荷重に十分耐えることのできる構造、材質のものでなくてはならない。

5) 成形

成形は、3 Hパネルの形状、寸法やコンクリートの配合に応じて所要の品質が得られるまで振動機などを用いて十分に締固めなくてはならない。

6) 養生

3 Hパネルの養生方法および養生期間は、所要の品質が得られるように適切に定めなくてはならない。一方、型枠数や製品置場の広さ、施工全体の工期なども考慮に入れたうえで、蒸気養生等の促進養生を採用してもよい。

ただし、促進養生を採用する場合、コンクリートにひび割れや変形が発生したり、長期強度、耐久性を損なわないよう注意する必要がある。

7) 脱型

脱型は、3 Hパネルの取り扱いに支障のない強度に達した後に行わなくてはならない。促進養生を行う場合は、所定の養生終了後とする。

8) 表面処理

3 Hパネルは橋脚施工時の型枠としての役割を果たすとともに、橋脚に作用する断面力に対し抵抗機能を保持しなくてはならない。したがって、3 Hパネル内面は二次コンクリートとの一体化を図るため粗面仕上げとする。粗面仕上げの方法としては、遅延剤を塗布した後

に水で洗い出しを行う方法，ブラスト処理による方法等がある。

9) 吊り金具

吊り金具は，コンクリートとの付着を十分に確保できる形状および材質で，製品を安全に吊り上げられるものとする。吊り金具の形状によっては力を加える向きが限られるものもあるので，取り扱い方法を良く検討した上で，重心位置等を考慮して埋込み位置および向きを決めなくてはならない。また，吊り上げ時に 3 H パネルが傾くなどして 1 点に荷重が集中しないよう，適当な吊り治具を用いて荷重が吊り金具に均等にかかるよう注意しなくてはならない。吊り治具は，3 H パネルの重量に十分に耐え，適切な剛性を有していなくてはならない。図-解 7.2.4 に 3 H パネルの吊り状況の例を示す。

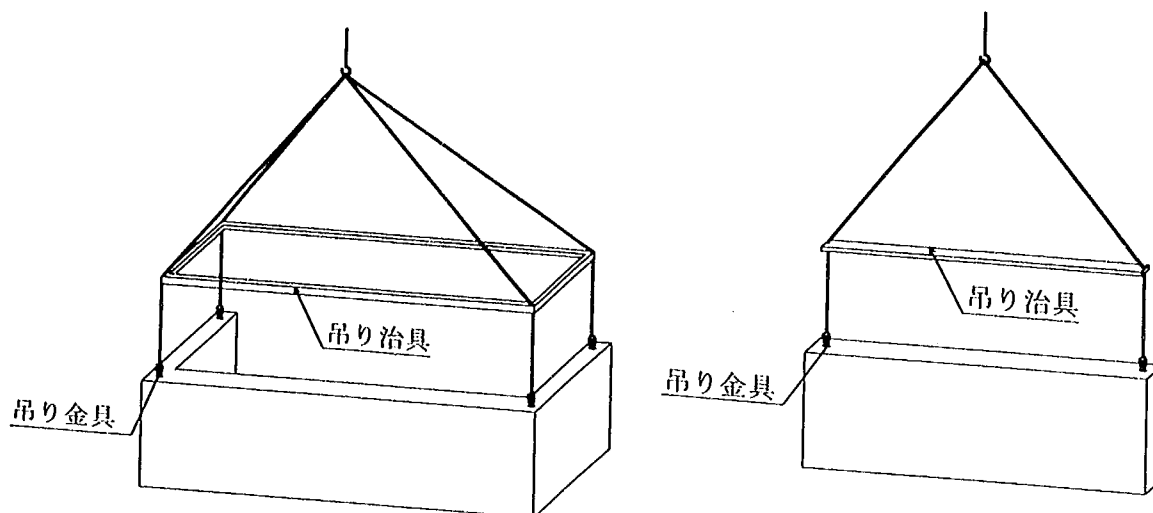


図-解 7.2.4 3 H パネルの吊り状況の例

10) 製作精度

3 H パネルの製作精度は型枠精度によって確認するものとし，施工等から要求される精度とのバランスを十分考慮したうえで，不経済とならないように適切に定め，製作要領書に明記する。

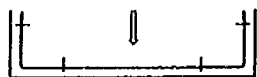
11) 現場製作時の設備

現場での製作設備は，3 H パネルの製造に必要なコンクリート打設設備，材料・製品のストックヤード，配電設備，管理施設等を備え，所要の品質を満足するよう 3 H パネルを製造できるものでなくてはならない。

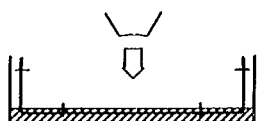
隅部パネル



1 外型枠をセット



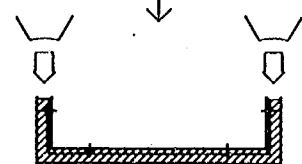
2 鉄筋・鋼材をセット



3 下面にコンクリートを打設
表面仕上げ



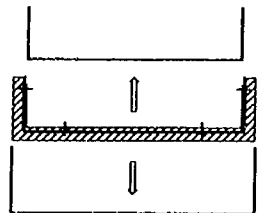
4 内型枠セット



5 コンクリート打設



6 蒸気養生



7 脱型



8 内面粗面仕上げ

図-解 7.2.5 3Hパネルの製作手順例

7.3 プレキャスト部材の取扱い・運搬、保管

7.3.1 取扱い・運搬

- (1) 鋼材の運搬は、道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編15.3.5による。
- (2) 3Hパネルの取扱い・運搬では、部材に有害な応力が生じないように支持するとともに、衝撃、ねじれ等による損傷に注意しなければならない。また、3Hパネルの取扱い・運搬は、所定の養生を行い、所要の強度に達した後とする。

(2) 3Hパネルの取扱い・運搬では、変形、衝撃等により部材に有害なひび割れや欠け等の損傷を与えないように十分留意することが必要である。運搬の際は、部材に有害な応力が生じない位置に強固なまくら材を敷き、荷崩れしないようにロープ等を使用し固定しなければならない。(図-解 7.3.1に運搬状況の例を示す。) また、平パネルを2段以上積む場合、各段のまくら材は、同一鉛直面上に置かなければならない。隅角部パネルは、隅角部に損傷を与えないよう特に取扱い・運搬に注意が必要である。

3Hパネルの取扱い・運搬は、3Hパネルの強度が所定の強度に達した後に行うものとする。促進養生を行う場合は、所定の養生を終了した後とする。また、出荷時の強度は設計基準強度以上でなくてはならない。

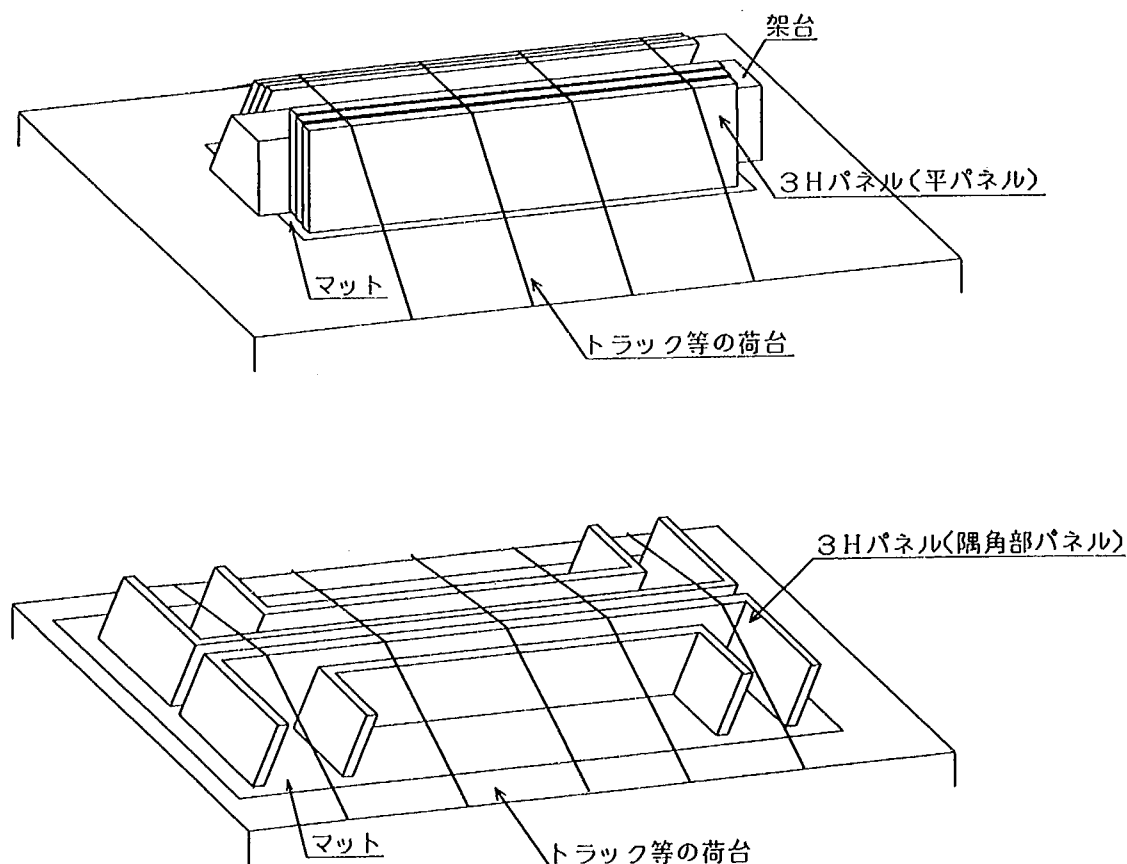


図-解 7.3.1 3Hパネルの運搬状況

7.3.2 保管

- (1) 鋼材を仮置きヤードに保管する場合には、自重や積み重ねによる異常な応力や変形などが生じることをないようにしなければならない。
- (2) 3Hパネルを仮置きヤードに保管する場合には、自重や積み重ねによる異常な応力や変形、乾燥収縮による反りなどが生じることをないようにしなければならない。

- (1) 部材の保管において下記事項に留意する必要がある。

- ①部材が地面に接しないこと
- ②保管台からの転倒
- ③他部材との接触および重ね置きによる損傷
- ④汚損、腐食

- (2) 保管のために3Hパネルを積み重ねる場合には、自重や支持状態を考慮しなくてはならない。また、保管中に地震や衝撃等によって製品が転倒しないよう転倒防止処置をとる必要がある。

3Hパネルは、部材厚が比較的薄いパネル状であるため乾燥収縮による反りが発生し易くなる。したがって、長期に渡って製品を保管するような場合には、片面からの偏った水分の逸散を避けるため散水を行うなどの処置を取る必要がある。

7.4 品質管理および検査

7.4.1 鋼材の品質管理および検査

鋼材の品質管理および検査については、工事に当たって作成する施工要領書に従って行うものとする。

品質管理の要点および品質を確認するための検査は、道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編15.1.2および15.1.3に規定されているものを参考にするとよい。

7.4.2 コンクリートの品質管理および検査

3Hパネルに用いるコンクリートが、所定の品質であることを確認するため、コンクリートの強度試験やその他試験によって品質管理および検査を行わなくてはならない。

また、養生についても管理項目を設けて管理するものとする。

1) コンクリートの圧縮強度管理

3Hパネルのコンクリートの強度は、圧縮強度で表わすものとする。

- a) 養生方法に応じて適切な試験材令を設定する。
- b) 供試体は、製品と同等の締固め、養生条件とする。
- c) 供試体寸法は $\phi 10 \times 20$ (cm)を標準とする。

d) 圧縮強度試験は、JIS A 1108に準じて行う。

e) 試験頻度は、基本的に同一配合のコンクリートを打設した日毎に行うものとするが、1日のコンクリート製造量が多い場合には、150m³を超える毎に1回の割合で試験ロットを定めるものとする。

2) 養生管理

促進養生を行う場合は、以下の項目について随時管理を行う。

a) 温度上昇率および下降率

b) 最高温度および保持時間

3) その他

その他、硬化コンクリートおよびフレッシュコンクリートの品質は14.4に従って検査を行うものとする。

7.4.3 3Hパネルの出来形管理

3Hパネルには有害なひび割れ、欠け、ねじれ、反り等があってはならない。3Hパネルの製作寸法誤差は、所定の値を満足しなくてはならない。

3Hパネルに大きなひび割れがある場合は、耐久性上問題があり、欠けやむらは美観上の問題となる。ねじれや反りは機能上の問題となる。したがって、これらは有害な程度とならないように品質を管理しなくてはならない。

寸法の精度は7.2 10)に従って定められる許容差以内に納まるように品質管理がなされていなければならない。検査にあたっては、製作要領書、管理記録によって品質、寸法誤差などが判断できるようにしておかなければならない。

8章 鉄骨工

8.1 一般

3H工法のスパイラルカラムに用いる鉄骨（H形鋼あるいは鋼管）の施工について、標準を示すものである。

3H工法における鉄骨部材（H形鋼あるいは鋼管）はスパイラルカラムに配置され、従来の軸方向鉄筋を代替する非常に重要な部材である。これら鉄骨の施工に不具合、ミスがあると、構造物の致命的な欠陥となることが予想されるので、構造物の機能を満足するため本章の規定は遵守しなくてはならない。

3H工法においてスパイラルカラムは現場で組立てることを前提としており、スパイラルカラムの組立、建込み等の施工標準については11章で規定する。しかし、何らかの理由で鉄骨のみを単独で施工する場合は本章の規定を遵守しなくてはならない。

なお、以下に記載する各条文は、道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編15.4および〔平成8年制定〕コンクリート標準示方書 施工編 28章に概ね準拠したものであり、これらによりがたい場合には、別途発注者と協議の上決定するものとする。

8.2 高力ボルトの締付けおよび検査

- (1) 接合される材片の接触面は、0.4以上のすべり係数が得られるように処理しなければならない。ただし、支圧接合の場合はこの限りではない。
- (2) 高力ボルトの締付け軸力は、表-8.2.1の値を標準とする。

表-8.2.1 設計ボルト軸力

ねじの呼び	ボルトの軸力(kN)	
	F8T	S10T
		F10T
M20	144	178
M22	178	221
M24	207	257

- (3) ボルトの締付けは、次によらなければならない。
 - ①トルシア形高力ボルトの本締めには、専用締付け機を使用しなければならない。
 - ②高力六角ボルトの軸力の導入は、ナットを回して行うことを原則とする。
 - ③高力六角ボルトの締付けをトルク法によって行う場合は、締付けボルトの軸力が各ボルトに均一に導入されるよう、締付けトルクを調整しなければならない。
- (4) ボルトの締付けは、連結板の中央のボルトから順次端部ボルトに向かって行い、2度

締めを行うことを原則とする。

なお、初期締め後には締め忘れや共回りを容易に確認できるように、ボルト、ナットおよび座金にマーキングを行うことを原則とする。

- (5) 溶接と高力ボルト摩擦接合とを併用する場合は、溶接完了後に高力ボルトを締め付けることを原則とする。

高力ボルトの締め付け検査は次により行わなければならない。

- (6) 締め付け検査は、ボルト締め付け後すみやかに行わなければならない。

- (7) トルク法による場合は、各ボルト群の10%のボルト本数を標準として、トルクレンチによって、締め付け検査を行うものとする。

トルシア形高力ボルトの場合は、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ものとする。

回転法および耐力点法による場合は、全数についてマーキングによる外観検査を行うものとする。

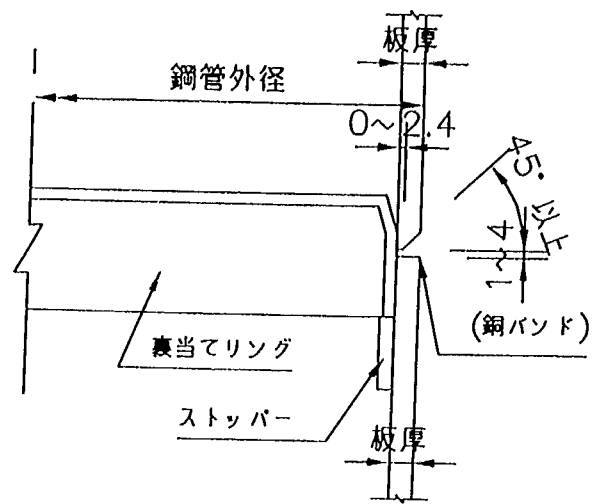
3 H工法においては、H形鋼はボルト接合、鋼管は溶接接合を基本としているが、現場条件にあわせて適宜選択するものとする。ボルト接合の詳細は道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編15.4.5に、溶接接合の詳細は15.4.6に準ずるものとする。

8.3 現場溶接および検査

- (1) 現場溶接の施工にあたっては、溶接に伴う収縮、変形、拘束等が、全体構造、細部構造に与える影響についてあらかじめ検討しなければならない。
- (2) 現場溶接の品質管理および検査は、7.4に準じて行わなければならない。

鋼管の現場溶接継手の施工の良否はスパイラルカラム全体の耐力に著しい影響を及ぼす。したがって、溶接条件、溶接作業、溶接部の検査などは十分注意を払う必要がある。現場溶接継手の溶接方法は、手溶接から半自動溶接、全自動溶接へと進歩し信頼性は向上している。現在は半自動ノンガスアーク溶接が最も多く用いられている。この溶接方法は、溶接速度がはやく高能率である反面、使用電流が400～480A程度と大きいので、安定した電力の供給と所定の技量を有する溶接工の選定が重要である。

現在、一般に用いられている現場溶接継手の構造を図-解 8.3.1に示す。なお、図中の裏当てリング、銅バンドの取付等については「杭基礎施工便覧」を参考にすると良い。



道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編15.4.5に準ずる。

図-解 8.3.1 現場溶接継手の構造（鋼管）

9章 鉄筋工

9.1 一般

3 H工法に用いる軸方向鉄筋および昇降式移動型枠を用いる場合の帯鉄筋の施工について、標準を示すものである。

3 H工法における鉄筋は、次の部位に使用される。

- ① 軸方向鉄筋
- ② 3 Hパネル内の帯鉄筋
- ③ 昇降式移動型枠を用いる場合の帯鉄筋
- ④ その他組立筋など

②は7章で規定しており、また①は11章で規定しているので、ここでは一般的事項および③、④について規定する。

なお、以下に記載する各条文は、道路橋示方書・同解説 IV下部構造編4.4.2および〔平成8年制定〕コンクリート標準示方書 施工編10章に概ね準拠したものであり、これらによりがたい場合には、別途発注者と協議の上決定するものとする。

9.2 鉄筋の加工

- (1) 鉄筋は、設計図面に示された形状および寸法に正しく一致するように、材質を害さない方法で、加工しなければならない。
- (2) 鉄筋の曲げ半径は、5.2.2に示される曲げ内半径以上で鉄筋を曲げなければならない。
- (3) 鉄筋は、常温で加工するのを原則とする。

道路橋示方書・同解説 IV下部構造編4.4.2およびコンクリート標準示方書 施工編10.2に準ずる。

9.3 鉄筋の組立

- (1) 鉄筋は、組立てる前に清掃し、浮きさび、その他鉄筋とコンクリートとの付着を害するおそれのあるものを取り除かなければならない。
- (2) 鉄筋は、正しい位置に配置し、コンクリートを打ち込むときに動かないよう十分堅固に組み立てなければならない。このため、必要に応じ組立用鋼材を用いなければならない。また、鉄筋の交点の要所は、直径0.9mm以上の焼なまし鉄線または適切なクリップで緊結しなければならない。
- (3) 鉄筋のかぶりを正しく保つために適切な間隔にスペーサを配置しなければならない。スペーサの選定と配置にあたっては、使用箇所の条件、スペーサの固定方法および鉄筋

の質量、作業荷重等を考慮する必要がある。

- (4) 型枠に接するスペーサはモルタル製あるいはコンクリート製を使用することを原則とする。
- (5) 鉄筋の組立が終わった後、必ず検査を行わなければならない。
- (6) 鉄筋を組立ててから長時間経ったときは、コンクリートを打ち込む前に再び清掃し、組立検査を行わなければならない。

コンクリート標準示方書 施工編10.3に準ずる。

9.4 鉄筋の継手

- (1) 鉄筋の継手の位置および方法は、5.2.2に従って定めなければならない。
- (2) 鉄筋の重ね継手は、所定の長さを重ね合わせて、直径0.9mm以上の焼なまし鉄線で数箇所緊結しなければならない。
- (3) 鉄筋の継手に、圧着継手、ねじふし鉄筋継手、ねじ加工継手、溶融金属充てん継手、モルタル充てん継手、自動ガス圧接継手、エンクローズ溶接継手、アモルファス接合継手等を用いる場合は、それぞれの継手指針の規定に従わなければならない。

9.5 組立てた鉄筋の設置

- (1) 組立てた鉄筋は、所定の位置に安全に、正確に配置しなければならない。
- (2) 組立てた鉄筋の接続は、所定の継手性能が得られる方法によらなければならない。

コンクリート標準示方書 施工編10.5に準ずる。

10章 スパイラル筋工

10.1 一般

3 H工法のスパイラルカラム中に用いるスパイラル筋の施工について、標準を示すものである。

この章は、3 H工法に特有な細径異形P C鋼棒に規定されるスパイラル筋の標準的な施工方法について規定するものである。

スパイラル筋はJIS G 3137に規定されるD種1号適合品とするが、商品化されているスパイラル筋は高強度せん断補強筋として用いるため、以下のような特徴を付与している。

- ① 伸び性能をJIS規格の5%より大きい7%で規定している。
- ② JIS規格にはない曲げ性の規定を設けている。
- ③ 高強度せん断補強筋として緊張することはないので、リラクセーション試験を省いている。

P C鋼棒を特殊な用途に使用するため、材料選定には十分注意しなくてはならない。

なお、以下に記載する各条文は、[平成8年制定] コンクリート標準示方書 施工編10章の他、「高強度せん断補強筋『リバーボン』を用いた鉄筋コンクリート部材の設計施工指針・同解説¹⁾」、「鉄筋コンクリート造はり、柱のせん断補強筋としてP C鋼棒ウルボンを使用する工法設計指針・同解説²⁾」を参考に規定したものであり、これらによりがたい場合には、別途発注者と協議の上決定するものとする。

10.2 スパイラル筋の加工

- (1) スパイラル筋の加工は工場で行うことを原則とし、材質を害さない方法で加工しなければならない。
- (2) スパイラル筋は常温で加工すること原則とし、シャー切断機、電動のこ、手動クリッパーなどで切断することを原則とする。

- (1) コンクリート標準示方書 施工編10.2に準ずる。また、スパイラル筋は鉄筋に比べて硬質で特徴のある材料であるため、現場での加工は不向きである。したがって、現場に搬入されたスパイラル筋などを再加工することがないように入念な配筋計画に基づいて工場ですべて加工することを原則とする。
- (2) スパイラル筋は主に熱処理によってその強度特性を得ているため、再度ガス炎などで加熱することはその強度に変化が生じるので加工、切断は常温で行うことを原則とする（やむを得ずガス炎で切断する場合は、スパイラル筋の他の部分に炎が当り加熱状態になることを避け、熱処理は切断部の局部にとどめるようにしなければならない）。

参 考 文 献

- 1) 高強度せん断補強筋『リバーボン』を用いた鉄筋コンクリート部材の設計施工指針・同解説，平成7年8月，川鉄テクノワイヤ株式会社
- 2) 鉄筋コンクリート造はり，柱のせん断補強筋としてPC鋼棒ウルボンを使用する工法設計指針・同解説，平成7年12月，高周波熱錬株式会社

1 1 章 スパイラルカラム工

11.1 一般

3 H工法のスパイラルカラムの施工について、標準を示すものである。

この章は、3 H工法に特有なスパイラルカラムの標準的な施工方法について規定するものである。

3 H工法においては、施工の省力化や工程短縮を目的とするため、スパイラルカラムを現場の地上部で組立て、橋脚上では建込み、接合のみを行うことを基本としている。

したがって、鉄骨（H形鋼あるいは鋼管）、軸方向鉄筋、スパイラル筋を各々別個に組み立てる場合やこの章に規定されない詳細部分については、8章～10章を参照するものとする。

11.2 スパイラルカラムの地組みおよび場内運搬、仮置

- (1) スパイラルカラムは、8章から10章に規定した鉄骨、鉄筋、スパイラル筋を、設計図面に示された形状および寸法に地組みしなければならない。
- (2) スパイラルカラムは、鉄骨の種類に応じて適切な方法を用いて地組みするものとする。
- (3) スパイラルカラムの各部材は、組立てる前に清掃し、浮きさび、その他鉄筋とコンクリートとの付着を害するおそれのあるものを取り除かなければならない。
- (4) 曲げ加工したスパイラル筋は現場での手直しはできないため、軸方向鉄筋は正しい位置に配置し、コンクリートを打込むときに動かないよう十分堅固に組み立てなければならない。このため、必要に応じ組立用鋼材を用いなければならない。また、スパイラル筋の交点の要所は、直径0.9mm以上の焼なまし鉄線または適切なクリップで緊結することとし、溶接してはならない。
- (5) スパイラル筋のかぶりを正しく保つために適切な間隔にスペーサを配置しなければならない。スペーサの選定と配置にあたっては、使用箇所の条件、スペーサの固定方法およびスパイラル筋の質量、作業荷重等を考慮する必要がある。
- (6) スパイラルカラムを現場において仮置きする場合には、部材が地面に接することのないよう配慮しなければならない。
- (7) スパイラルカラムは、地組みしてからストックヤードまで運搬するに当たり、形状崩壊、鉄筋やスパイラル筋のかぶりの乱れ、荷崩れ、過大な変形、各材料の抜け出し等が生じないように、十分堅固に組立てなければならない。
- (8) 仮置き中には仮置き台からの転倒、他部材との接触などにより損傷することがないように十分な防護をしなければならない。
- (9) 仮置きが長期にわたる場合は、損傷、腐食を防止するために適当な方法を講じなければならない。

- (1) 3H工法におけるスパイラルカラムは、従来の鉄筋コンクリート橋脚の軸方向鉄筋、中間帯鉄筋を代替する構造上非常に重要な部材であり、このスパイラルカラムの製作精度の善し悪しが、構築した構造物の機能、品質に重大な影響を及ぼす。したがって、スパイラルカラムの地組みは、設計図面に示された形状および寸法に一致するように行わなければならない。スパイラルカラムを構成する鉄骨、軸方向鉄筋、スパイラル筋等の加工、配置方法についてはそれぞれ8章から第10章の規定による。
- (2) 3H工法において、H形鋼の接合はボルト接合、鋼管については溶接接合を基本としている。これらの接合方法はそれぞれ長所短所があり、スパイラルカラムの地組み製作方法にも影響を及ぼすため、スパイラルカラムの接合方法や施工順序を考慮して地組みを行わなければならない。スパイラルカラムの地組みの一例を、図-解 11.2.1に示す。
- (4) (5) (6) スパイラル筋の施工は、3H工法に特有の作業であるため、特に条文を示したものである。曲げ加工したスパイラル筋は高強度で加工後の手直しはできないため、軸方向鉄筋の組立は設計図面にに基づき、所定の位置に正しく配筋し、コンクリートの打設完了まで移動しないよう堅固に、かつ正確に組立てるよう留意する。また、軸方向鉄筋とスパイラル筋の結束はすべて所定の結束線を用いて確実に固定しなければならない。

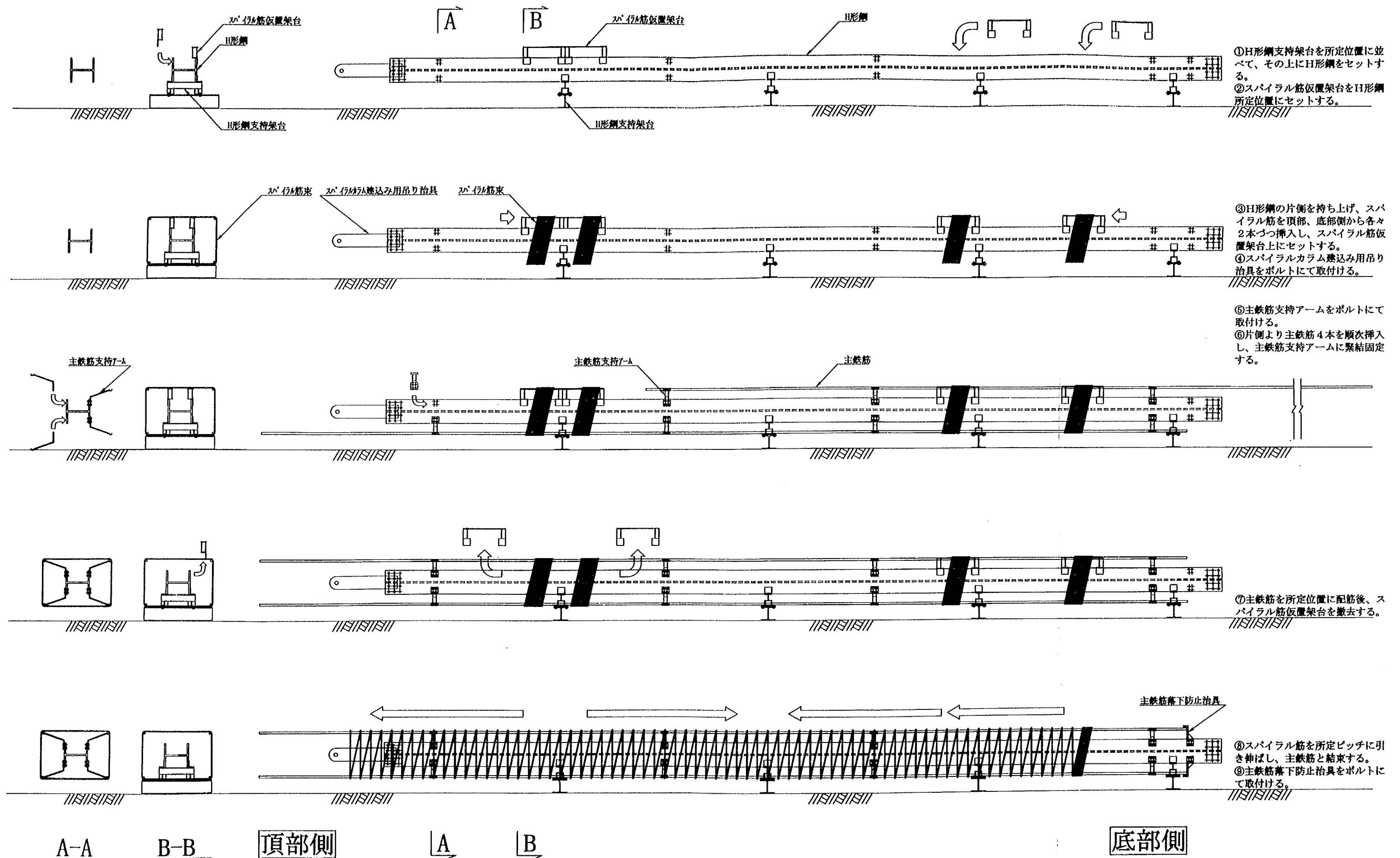


図-解 11.2.1 スパイラルカラムの地組み順序の一例

- (7) スパイラルカラムは、地上にて地組みをしてからコンクリートを打設するまでの間に、概ね図-解 11.2.2および図-解 11.2.3のような施工ステップをたどる。

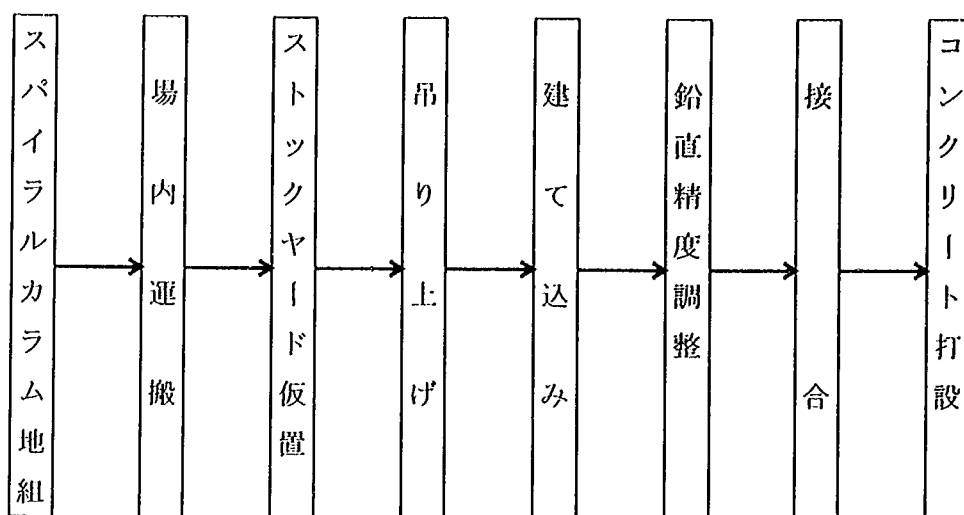


図-解 11.2.2 スパイラルカラムの施工ステップ

設計において考慮すべき架設時荷重には、表-解 11.2.2のようなものがある。

表-解 11.2.2 施工ステップに応じた架設時荷重

施工ステップ	考えられる架設時荷重
①スパイラルカラム地組	
②場内運搬	荷重支持点変更による応力変化
③ストックヤード仮置	
④吊上げ	荷重支持点変更による応力変化
⑤建込み	荷重支持点変更による応力変化
⑥鉛直精度調査	
⑦接合	風荷重,
⑧コンクリート打設	コンクリート打設による揺動,

したがって、これらの各施工ステップに対して適切な荷重を考慮して、スパイラルカラム架設時に過大な変形や崩壊が生じないように、十分堅固に組み立てなければならない。

- (8) (9) 道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編15.4.2に準ずる。

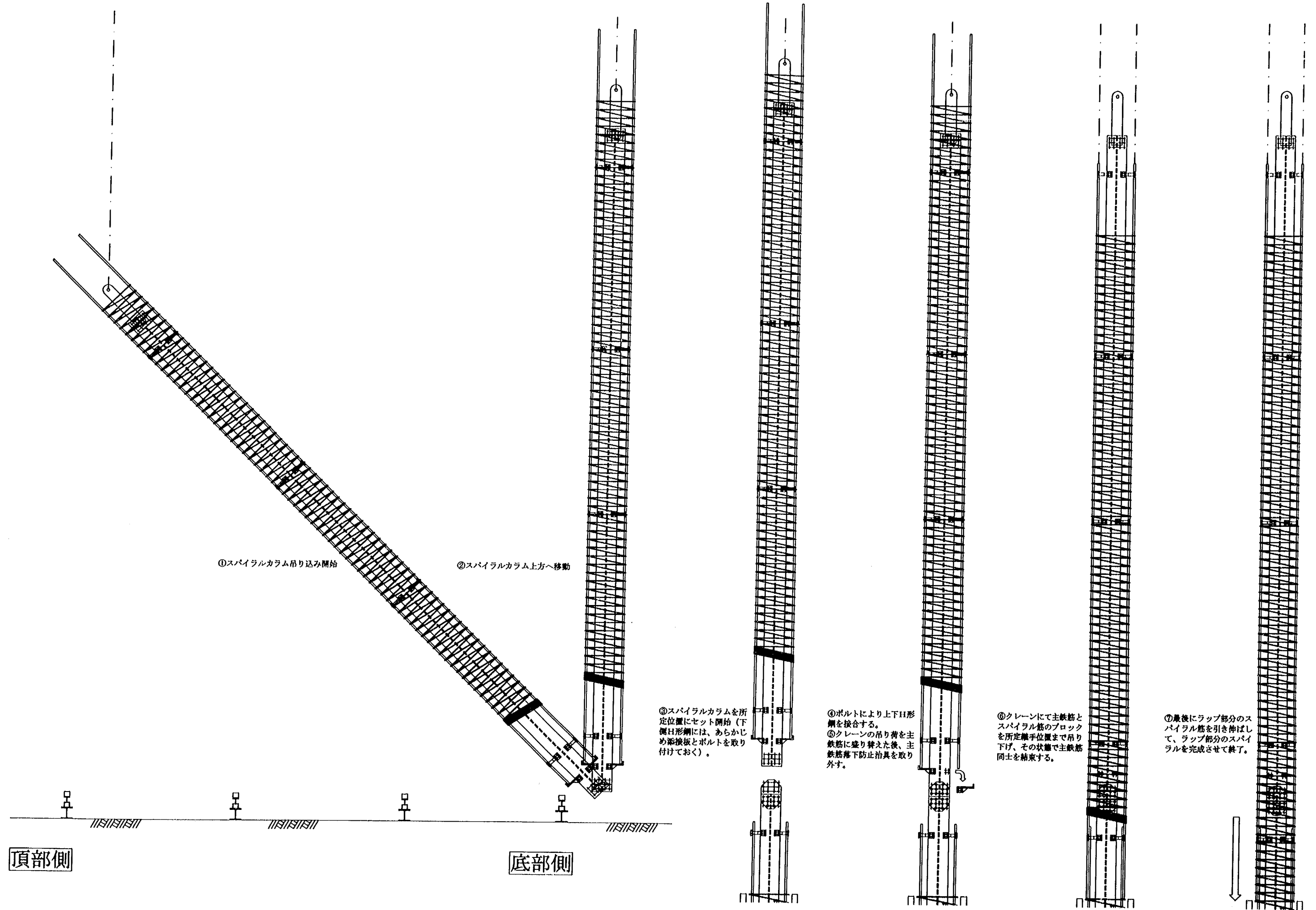


図-解 11.2.3 スパイラルカラム接合のフロー図

11.3 スパイラルカラムの接合

- (1) スパイラルカラムは、ストックヤードから吊り上げて所定位置に建込み、コンクリートを打設するまでの間入念に取扱い、形状崩壊、鉄筋やスパイラル筋のかぶりの乱れ、荷崩れ、過大な変形、各材料の抜け出し等の損傷がないように注意しなければならない。
- (2) 設計時に考慮した施工法、施工順序と異なる方法を用いてスパイラルカラムを接合する場合は、あらためて架設時の応力と変形を検討し、安全性を確かめなければならない。
- (3) スパイラルカラムは、接合する前に清掃し、浮きさび、その他主要部材とコンクリートとの付着を害するおそれのあるものを取り除かなければならない。
- (4) スパイラルカラムの鉄骨は、ボルトまたは溶接により接合するものとする。
 - 1) 高力ボルトによる接合は8.2に準じ行うものとする。
 - 2) 現場溶接による接合は8.3に準じ行うものとする。
- (5) スパイラルカラムの軸方向鉄筋は、重ね継手または機械式継手により接合するものとする。
- (6) スパイラルカラムのスパイラル筋は、重ね継手により接合するものとする。
- (7) スパイラルカラムのかぶりを正しく保つために適切な間隔にスペーサを配置しなければならない。スペーサの選定と配置にあたっては、使用箇所の条件、スペーサの固定方法およびスパイラルカラムの質量、作業荷重等を考慮する必要がある。
- (8) 型枠に接するスペーサはモルタル製あるいはコンクリート製を使用することを原則とする。
- (9) スパイラルカラムは、接合の前後で鉛直精度の確認を行うものとする。
- (10) スパイラルカラムの組立が終わった後は、必ず検査しなければならない。
- (11) スパイラルカラムを組立ててから長時間経ったときは、コンクリートを打ち込む前に再び清掃し、組立て検査をしなければならない。

スパイラルカラム接合の基本を示したものである。

- (1) 設計において考慮すべき架設時荷重には、表-解 11.2.2に示した項目があるが、これらの各施工ステップに対して、スパイラルカラム架設時に過大な変形や崩壊が生じないように、また吊り上げ時に軸方向鉄筋等が抜け出さぬように、十分注意しなければならない。
- (4) 3H工法においては、H形鋼はボルト接合、鋼管は溶接接合を基本としているが、現場条件にあわせて適宜選択するものとする。スパイラルカラムの接合方法としては、表-解 11.3.1の4案が考えられる。H形鋼=ボルト接合タイプについては“方法-1”，また鋼管=溶接接合タイプの場合には“方法-3”が現状で推奨する方法である。
- (5) スパイラルカラムの軸方向鉄筋は、重ね継手か機械式継手によることを原則とした。施工性確認実験（土木研究所共同研究報告書第223号参照）により継手はどちらの場合も可

能であることを確認しているが、機械式継手は高さ方向の長さ管理が難しく、また重ね継手に比較すると継手に要する時間も多いことから、現状では重ね継手の方が望ましい。なお、ガス圧接継手という選択肢もあるが、天候の影響を受けやすいことや作業員による技量差が大きいこと、圧接に伴う鉄筋の収縮を吸収する鉄筋支持アームの考案などの問題点があるため、ガス圧接は基本的に用いないこととした。

(6) スパイラル筋は重ね継手により接合するものとし、5.3に準ずるものとする。

(9) スパイラルカラムは、固定部ボルトを所定の強度で締め付ければ鉛直精度を確保できていることを施工性実験により確認した。しかしスパイラルカラムは橋脚を構成する重要な部材であるため、接合の前後で鉛直精度を確認することとした。

参 考 文 献

- 1) 杭基礎施工便覧，日本道路協会，平成4年10月

方 法 - 1		方 法 - 2		方 法 - 3		方 法 - 4		
概 要 図								
	主鋼材、主鉄筋およびスパイラル筋が一体となったスパイラルカラムを一括して建込み、主鋼材接合→主鉄筋継手→スパイラル筋ずり下げの順に施工する。		あらかじめ主鉄筋の継手部分を抜いてあるスパイラルカラムを一括して建込み、主鋼材接合後に主鉄筋を継ぎ足す。最後にスパイラル筋をずり下げて施工を終了する。		スパイラルカラムは一括してすべて同時に吊り込むが、主鉄骨の接合終了後、主鉄筋、スパイラル筋のブロックを降ろし、最後にスパイラル筋をずり下げて施工を終了する。		まず、主鋼材のみを先行して建込み、接合を行う。次に主鉄筋とスパイラル筋のブロックを別途建込んで主鉄筋の継手を行い、最後にスパイラル筋をずり下げて施工を終了する。	
	主鉄骨が鋼管の場合には、主鉄筋が鋼管接合部と干渉するため、鋼管の自動溶接が困難である。		主鉄筋の重ね継手部の材料ロスが発生する。また、主鉄筋径がD32を超えるよう場合は機械式継手を用いることになるが、継手箇所が多いため、コストアップの要因となる。		主鋼材と、主鉄筋およびスパイラル筋のブロックを別々に吊り込む方法について、別添検討が必要である。また、方法-1に比べて若干時間がかかる。		主鋼材と、主鉄筋およびスパイラル筋ブロックの建込みが二度手間となる。しかし、主鉄筋に機械式継手を採用する場合にも、容易に対処できる。	
	評価	H形鋼=◎	鋼管=×	H形鋼=×	鋼管=×	H形鋼=×	鋼管=○	H形鋼=△

12章 3Hパネル工

12.1 一般

3Hパネル単体を組み合わせて橋脚外形を形成する手順について標準を示すものである。

3Hパネルは二次コンクリート打設の際の型枠としての機能を有する本体構造部材であるため、7.2.1に定める荷重を確実に支持するとともに、橋脚の形状、寸法が正確に確保されるよう、また、二次コンクリートと確実に一体化されて、橋脚コンクリートとして機能するよう設計および施工を行わなければならない。

3Hパネルの組立手順を図-解 12.1.1に示す。

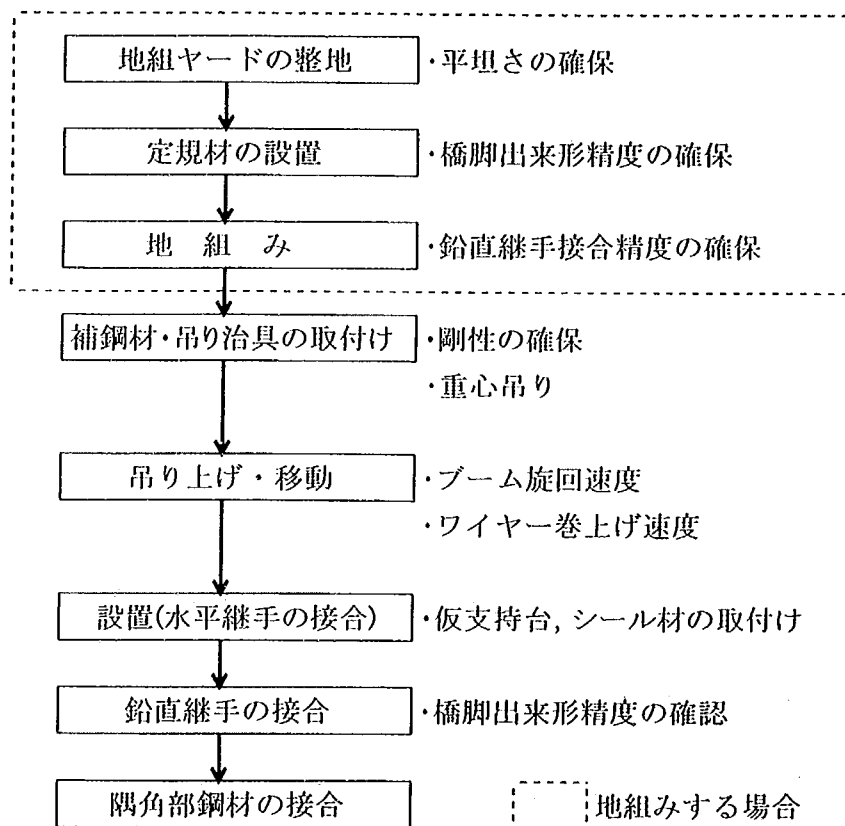


図-解 12.1.1 3Hパネルの組立手順

12.2 3Hパネルの組立

- (1) 3Hパネルの吊り上げおよび設置にあたっては、3Hパネルに損傷や有害な変形を与えないように注意しなければならない。
- (2) 3Hパネルの設置にあたっては、継目から二次コンクリートのモルタルが漏出しないよう、あらかじめ継目にシール材を取付けておくものとする。
- (3) 3Hパネルの設置にあたっては、所要の精度が得られるように設置基面の状態や設置方法について配慮しなければならない。
- (4) 3Hパネルの接合にあたっては、3Hパネルの傾斜および3Hパネル同士のずれや折れ曲がり注意到意し、水平および鉛直継手を確実に接合しなければならない。

- (1) 3Hパネルは、橋脚完成後に構造体として機能するため、特に地組み、吊り上げ作業中および設置時に損傷や有害な変形を与えないよう注意しなければならない。地組みは現場において必ず実施するものではなく、地組みヤードの有無、地組みされた3Hパネルの重量とクレーンの規模との関係、地組み範囲、施工速度などについて検討し、施工性、経済性、工期について総合的に評価したうえでその実施を決定する。

地組みを行う場合には、適切な広さを有し、しかも比較的平らな地組みヤードを確保しなければならない。地組みヤードの平坦さが悪いと、地組み時に3Hパネル同士の接合が困難となったり、3Hパネルに有害な応力や変形を発生させる原因となるため、地組みヤードに均しコンクリートを打設するなどして地組み作業が全て終了するまで平坦さを保てるようにしなければならない。また、地組み作業においては、3Hパネルに損傷や有害な変形を与えないように十分注意するとともに、地組みされた3Hパネルが所要の出来形を満足するよう、必要に応じて定規材を使用するものとする。

吊り上げ作業においては、吊り上げ中に地組みされた3Hパネルおよび水平継手に有害な応力や変形が発生しないよう、あらかじめ必要な剛性を確保するための補剛材を取付けなければならない。また、吊り上げにあたっては、適切な吊り治具を使用するとともに、極力地組みされた3Hパネルの重心位置で吊り上げるようにする。吊り上げ・移動中は、3Hパネルが障害物に接触したり、落下したりすることを防止するのはもちろんのこと、3Hパネルに衝撃を与えぬよう、クレーンのブーム旋回速度やワイヤの巻上げ速度に十分留意しなければならない。

3Hパネルの設置にあたっては、橋脚の出来形管理基準を満足するよう、地組みされた3Hパネルまたは3Hパネル単体を所定の位置に据え付け、水平および鉛直継手を確実に接合しなければならない。

- (2) 二次コンクリートの打設時に3Hパネルの鉛直および水平継目から二次コンクリートのモルタルが漏出すると、橋脚の品質低下となるので、図-解 12.2.1に示すように、あらかじめ継目にシール材を取付けておき、モルタルの漏出を防止しなければならない。
- (3) 3Hパネルの設置にあたって、所要の精度を確保するためには、一段目の3Hパネルの設置基面を平滑にしておくことが大切であり、必要に応じて各段毎に支持金具等を取付けて、3Hパネルのずれや倒れを防止するのがよい。

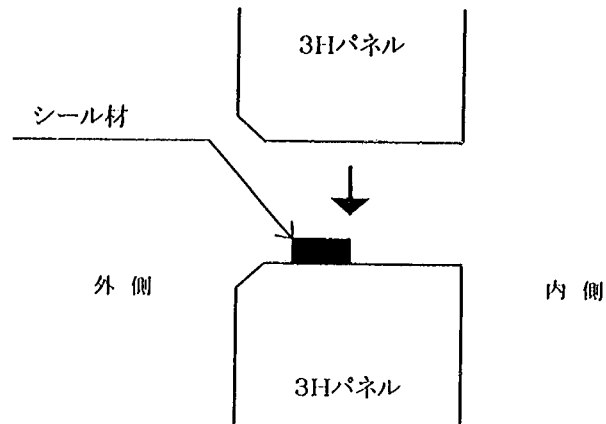


図-解 12.2.1 3H工法の継目処理

- (4) 3Hパネルの水平継手は、上下パネルの端面同士を突き合わせて接合するため、上下パネルのずれやパネル面内および面外方向の傾斜に注意しなければならない。図-解 12.2.2に水平継手構造の例を示す。製造誤差や施工誤差による傾斜が予想される場合には、図-解 12.2.3に示すような誤差調整ネジなどにより傾斜を補正するのが良い。

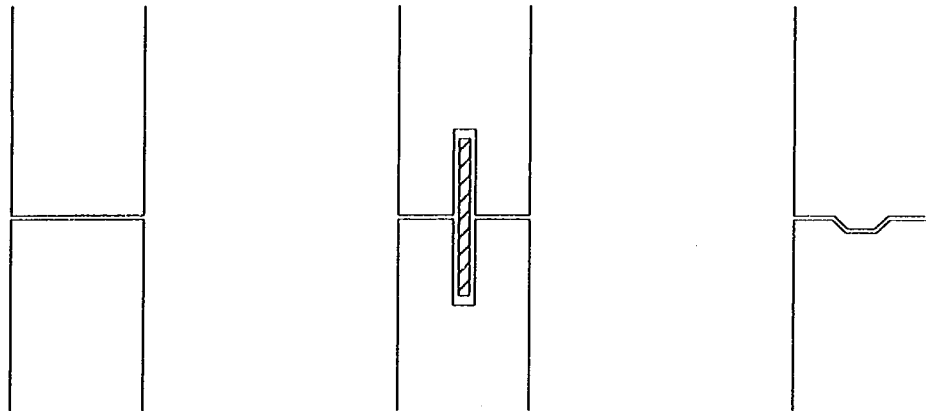


図-解 12.2.2 3Hパネルの水平継手構造の例

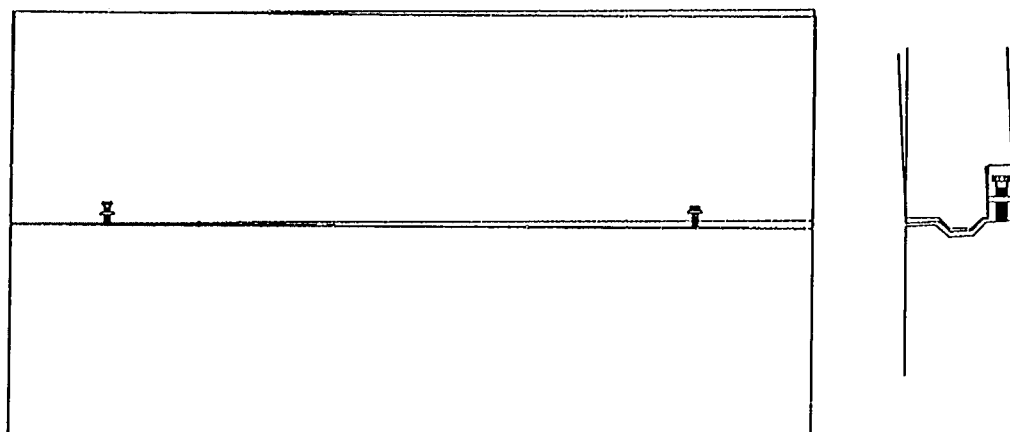


図-解 12.2.3 3Hパネルの傾斜補正のための誤差調整ネジ

3Hパネルの鉛直継手は、図-解 12.2.4に示すように、内蔵された帯鉄筋の端部に取り付けられた埋込み鋼板同士を突き合わせ、連結添接板を添えて2.1に示す摩擦接合用高力六角ボルトあるいはトルシア形高力ボルトによって接合する。したがって、帯鉄筋に作用する引張力を埋込み鋼板と連結添接板を介して隣接する3Hパネル内の帯鉄筋に伝達できるように、3Hパネル同士の折れ曲がり注意到意し、接合ボルトを確実に締結しなければならない。

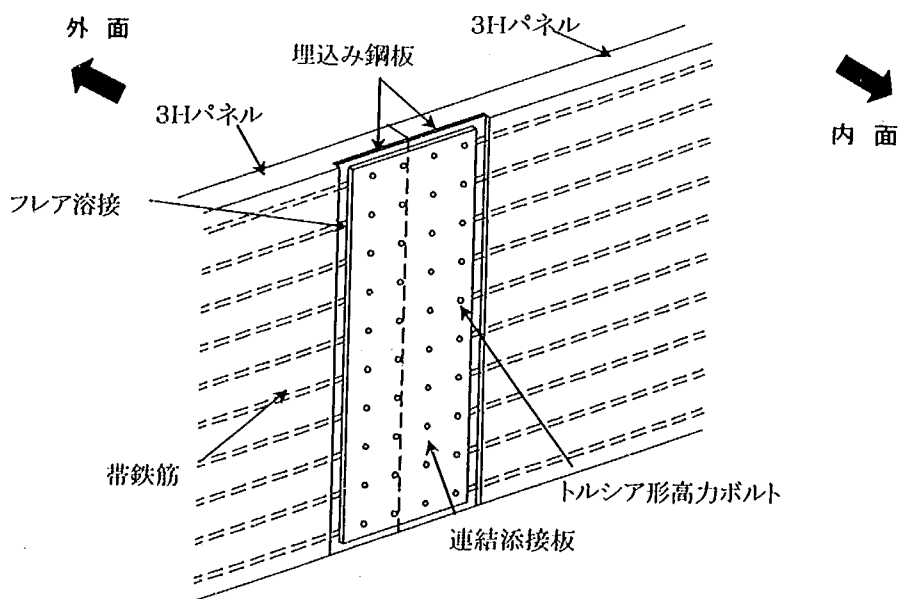


図-解 12.2.4 3Hパネルの鉛直継手構造

12.3 隅角部鋼材の接合

- (1) 隅角部鋼材は、隅角部の橋軸方向および橋軸直角方向に配置するものとする。
- (2) 隅角部鋼材は、その強度に相当する継手強度が確保できる適切な継手構造によって外側および内側の 3 H パネルに配置された鉛直方向帯鋼材とずれや隙間が発生しないよう確実に接合しなければならない。

隅角部鋼材は、せん断補強筋の定着部として機能するため、適切な位置に確実に配置しなければならない。鉛直方向帯鋼材との接合にあたっては、図-解 12.3.1 に示すように、トルシア形高力ボルトの適切な継手構造を採用する必要がある。

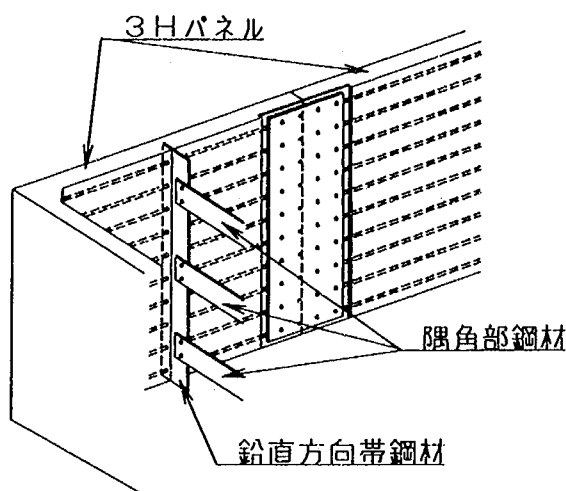


図-解 12.3.1 隅角部鋼材の接合構造

12.4 3 H パネルの支保工

3 H パネルは、二次コンクリートの側圧による過度の変形を防止し、外パネルと内パネルの所定の間隔を保持するために、必要に応じてボルトまたは棒鋼により外パネルと内パネルを連結する。

二次コンクリートの側圧により、3 H パネルに過度の変形が予想される場合には、在来の型枠施工と同様にあらかじめ外パネルと内パネルをボルトまたは棒鋼によって連結支持しなければならない。

12.5 3Hパネルの目地処理

二次コンクリート硬化後，3Hパネルの目地処理を行って，所定の形状寸法および表面状態が得られるように仕上げなければならない。

3Hパネルの目地処理は，外観を美しくする意匠的効果のみならず，橋脚の耐久性，水密性等の基本的な性能を確保するうえで重要である。3Hパネルの目地処理に際しては，橋脚の形状寸法や表面の平坦さが所定の許容誤差内に収まるよう，また，良好な表面状態になるように，入念に施工しなければならない。

12.6 品質管理および検査

- (1) 二次コンクリートを打込む前および打込み中に，3Hパネルの移動，傾き，沈下，変形およびモルタルの漏出を管理しなければならない。
- (2) 3Hパネルの鉛直継手の接合や隅角部鋼材と鉛直方向帯鋼材の接合に用いられる摩擦接合用高力ボルトの締付け検査については，8.2の規定に従うものとする。

- (1) 完成した橋脚の形状寸法が所定の許容誤差の範囲内に収まり，所要の品質を確保するため，二次コンクリートの打設前および打設中は，3Hパネルの移動，傾き，沈下，変形，モルタルの漏出，その他の異常の有無を管理しなければならない。また，必要に応じて適切な措置をとり，危険や品質低下を防止できるようにしなければならない。

13章 昇降式移動型枠工

13.1 一般

昇降式移動型枠は、所定の強度と剛性を有するとともに、完成した構造物の位置、形状および寸法が正確に確保され、所定の性能を有する橋脚が構築できるよう経済性を考慮して工法を選定し、これを施工しなければならない。

本章は、昇降式移動型枠工の施工方法について規定するものである。本施工法を用いる場合の留意点として一般土木構造物の型枠を設計・施工する場合と同程度、また高所作業となることも考えるとそれ以上の注意を払わなくてはならない。

昇降式移動型枠工法は、大別すると以下の3工法に分類される。

大型パネル型枠工法：大型パネル型枠工法は、図-解 13.1.1に示すように剛性の高いパネルビームを用いて型枠を大組みしたもので、擁壁、ボックスカルバート、ケーソン（防波堤、護岸）等、一般に部材断面が比較的単純で大きな壁構造物に用いられる。この工法は、型枠の組立解体作業の省力化および施工速度のアップを目的として用いられるが、製作費と転用回数や建込みに要する揚重機等の計画をあわせ、採用の可否を決定する必要がある。

スリップ（スライディング）フォーム工法：この工法は、高さが1.0～1.5m程度の壁型枠をまだコンクリートが固まらないうちに、鉛直方向に滑動上昇させながらコンクリートを打設する工法である（図-解 13.1.2参照）。1回の上昇高さは2～30cmである。型枠の上昇は、コンクリートに埋め込んだロッドを反力としてジャッキアップすることにより行われる。この工法の特徴は、打継目がないため水密性に優れており、施工中においては、型枠の組立解体等の作業がないため、工期が短縮できる利点をもっている。反面、設備が高価となる。また、早期に脱枠しなければならないため養生に配慮が必要となる。さらに、コンクリートの強度管理や施工管理に高度の技術が必要となる。この工法は、前述の利点を活かして、各種サイロ、超高煙突、高橋脚、高架水槽等の施工に採用されている。

垂直移動型枠工法：垂直移動型枠工法は、垂直方向にブロック割して、そのブロック長に合わせた長さの型枠および足場を機能的に機械化した工法である。垂直移動型枠工法は、型枠を移動上昇する反力の取り方により、ジャンピングフォーム工法（図-解 13.1.3）とクライミングフォーム工法（図-解 13.1.4）に分類される。スリップフォーム工法がコンクリートの硬化状況をみながら、2～30cm程度ほぼ連続的に上昇させるのに対し、この工法は、コンクリート硬化後、1.0～5.0m程度の型枠を1回で上昇させる。この工法の最大の特徴は、地盤面から支保工や足場を組む必要がないことに最大の利点がある。この工法は、各種サイロや高橋脚等の塔状構造物に適用される例が多い。

このように、昇降式移動型枠工法は大別すれば3種類であるが、その技術を保有する各社によって独自の改良改善を加えたり部分的に特許を有している場合が多く、実質上はより多くの工法が存在するものと思われる。3H工法においては、昇降式移動型枠工法についてその施工法を特定することはないが、各工法の現場への適用性、経済性等を十分比較検討して工法を選定する必要がある。

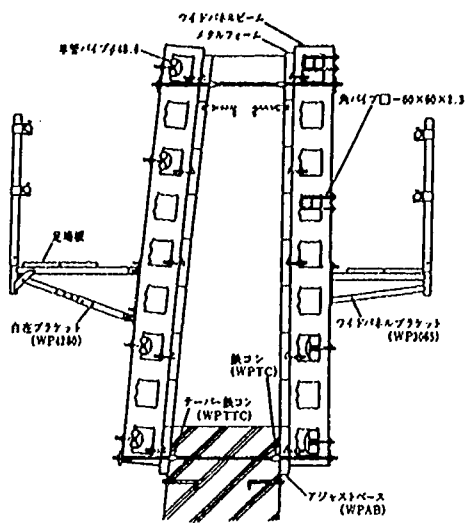


図-解13.1.1 大型パネル型枠工法

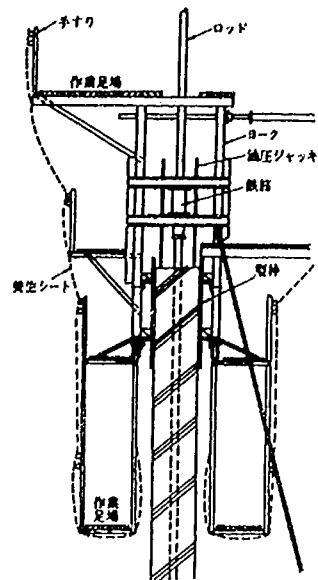


図-解13.1.2 スリップフォーム工法

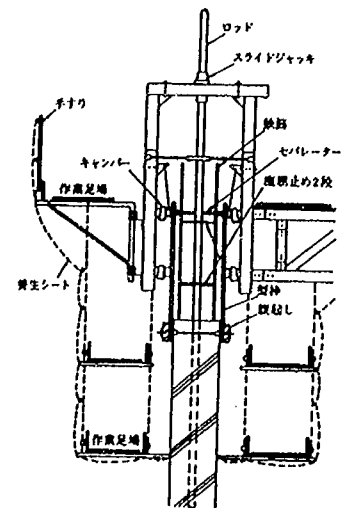


図-解13.1.3 ジャンピングフォーム工法

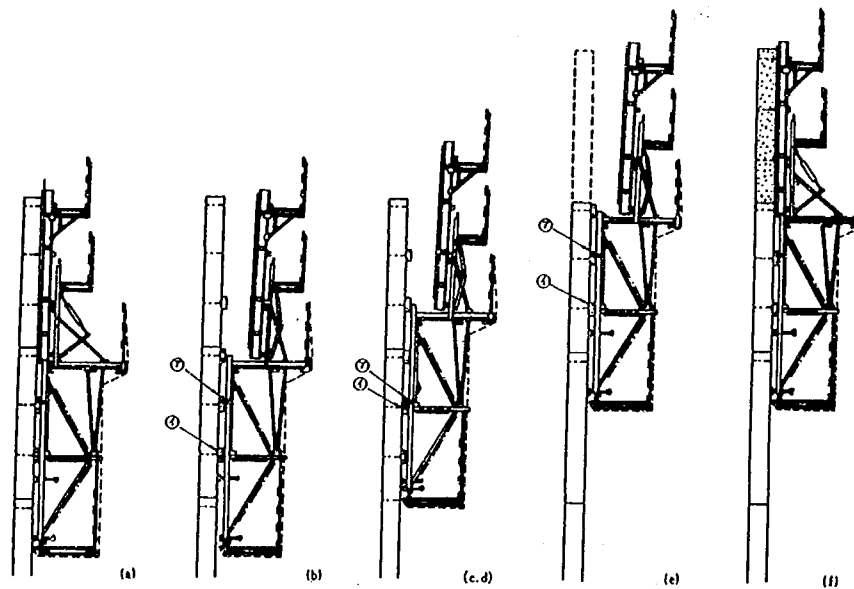


図-解 13.1.4クライミングフォーム工法

型枠の設計、施工においては、この章の規定のほか「労働安全衛生法」および「労働安全衛生規則」²⁾も遵守しなければならない。

13.2 荷重

昇降式移動型枠は、使用する工法の特性を踏まえ、かつ種々の施工条件を考慮して、次の荷重を考えて、設計しなければならない。

(1) 鉛直方向荷重

鉛直方向の荷重としては、使用する昇降式移動型枠工法の特性を踏まえ、型枠、支保工、二次コンクリート、鉄筋、作業員、施工機械器具、仮設備等の質量および衝撃等の荷重を、適宜組み合わせて考慮しなければならない。

(2) 水平方向荷重

水平方向の荷重としては、使用する昇降式移動型枠工法の特性を踏まえ、風荷重、型枠の傾斜、作業時の振動、衝撃、施工誤差等に起因するものの他、必要に応じて地震等の荷重を、適宜組み合わせて考慮しなければならない。

(3) 二次コンクリートの側圧

型枠の設計には、フレッシュコンクリートの側圧を考慮しなければならない。

(4) 摺動抵抗

昇降式移動型枠にスリップフォーム工法を用いる場合には、(1)に示す鉛直荷重の他に滑動上昇時の型枠の摺動抵抗力を考慮しなければならない。

(5) 特殊荷重

施工中に予想される特殊な荷重については、この影響を考慮しなければならない。

昇降式移動型枠工法には、13.1に示したように各種工法があり、それらの特徴、特性を十分に把握して装置の設計を行う必要がある。したがって、使用する昇降式移動型枠工法によっては、本条文に示した荷重を考慮する必要がない場合もあり得るが、とくに上昇時の反力のとり方、現場の気象、施工条件等に十分留意して荷重の組合せを決定しなければならない。ここに示した条文は、コンクリート標準示方書 施工編11.2および11.8.2に概ね準拠したものである。

なお、これら荷重値については、「スリップフォーム工法による施工の安全基準に関する技術上の指針」³⁾を参考にするとよい。

13.3 材料

昇降式移動型枠に用いる材料は、強度、剛性、耐久性、作業性、打ち込まれる二次コンクリートに対する影響および経済性を考慮して選定しなければならない。

コンクリート標準示方書 施工編11.3に準ずる。

13.4 設計

- (1) 昇降式移動型枠は、その形状および位置を正確に保持しなければならない。そのため型枠および装置全体は十分な強度と剛性を持つ構造とし、付属装置は所定の性能と安全性を持つものでなければならない。
- (2) 昇降式移動型枠は、容易に組立および取外しができ、せき板またはパネルの継目はなるべく部材軸に直角または平行とし、モルタルが漏出しない構造としなければならない。
- (3) 特に指定のない場合でも、コンクリートの角に面取りができる構造としなければならない。
- (4) 必要のある場合には、型枠の清掃、検査およびコンクリートの打込みに便利のように、適当な位置に一時的な開口を設けなければならない。
- (5) 昇降式移動型枠については、その設計図面を作成しなければならない。

コンクリート標準示方書 施工編11.4に準ずる。

13.5 型枠の施工

- (1) 型枠は、ボルトまたは棒鋼を用いて締め付けるか、十分な強度および剛性を有する腹起し材によって押さえつけることとする。ボルト、棒鋼を用いる場合、これらの締め付け材は、型枠を取外した後、コンクリート表面に残置してはならない。
- (2) せき板内面には、型枠が滑動上昇するスリップフォーム工法を除いて、はく離剤を塗布しなければならない。
- (3) 二次コンクリートを打ち込む前および打込み中には、型枠の寸法および不具合の有無を管理しなければならない。
- (4) 昇降式移動型枠は、移動時に最も風の影響を受けやすいため、気象条件による作業基準を設け、管理しなければならない。

コンクリート標準示方書 施工編11.5.1に準ずる。

- (4) 昇降式移動型枠は、移動時において最も風の影響を受けやすい。また、停止時においてもクレーンによる荷揚げ作業を行っている場合は、安全上好ましくないことが予想される。したがって、気象条件、特に風速による管理基準を定めて作業を中止する等の管理を行うことを規定したものである。

13.6 型枠の取外し

- (1) 昇降式移動型枠は、コンクリートがその自重および施工中に加わる荷重を受けるのに必要な強度に達するまで、これを取外してはならない。
- (2) 昇降式移動型枠にスリップフォーム工法を用いる場合には、脱型されたコンクリートがはらみや崩壊を生じないように、その滑動速度を定めなければならない。

コンクリート標準示方書 施工編11.6および11.8.2に準ずる。

参 考 文 献

- 1) 土木・建築技術者のための最新コンクリート工事ハンドブック，建設産業調査会
- 2) 労働安全衛生法，労働安全衛生規則
- 3) スリップフォーム工法による施工の安全基準に関する技術上の指針，昭和49年7月

14章 コンクリート工

14.1 コンクリート

- (1) 3H工法による高橋脚のコンクリートは、一般にマスコンクリートとなるため、その対策について検討しなければならない。
- (2) コンクリートの品質管理を適切に行わなければならない。
- (3) コンクリートのスランプは、運搬、打込み、締固めなどの各作業を勘案し、これを定めなければならない。

- (1) 3H工法の橋脚は、壁厚さが50cmを越える断面にコンクリートが打込まれることが予想される。したがって、セメントの水和熱によって温度応力が発生し、ひび割れが発生することもあるため、温度応力に対する対策が必要である。
- (2) 総則の工法概要にない急速施工を行う場合には、支保工の取外し強度、養生の終了時間、各強度を各施工段階で的確に管理しなければならない。
- (3) 3H工法はSRC構造が基本であり、軸方向鋼材として、鉄骨（H形鋼または鋼管）を用いている。そのため、コンクリートの打込み時は、コンクリートの締め固めを円滑に行うためのワーカビリティが必要となる。

大きなスランプのコンクリートを用いると、単位水量および単位セメント量が大きくなり、乾燥収縮などにより構造物に有害な影響を与える。したがって、スランプは、作業が容易にできる範囲でできる限り小さくしなければならない。

コンクリートポンプを使用してコンクリートを打込む場合には、施工量、施工速度に見合った性能を有するピストン式のコンクリートポンプを使用すれば、コンクリートを打込むのは十分可能である。コンクリートポンプを用いるからといってむやみにスランプを大きくしてはならない。

なお、施工上、やむをえず流動化剤を使用する場合でも、ベースコンクリートのスランプは8cmとし、流動化後も荷卸し時のスランプ試験の測定で18cmを超えないようにしなければならない。

また、高流動コンクリートを用いる場合、コンクリートの流動性は自己充填性に大きく影響を及ぼすため、適用する構造物の断面形状、高さなどを考慮しなければならない。

14.2 運搬、打込みおよび締固め

- (1) コンクリートの打継目はコンクリートのレイタンス、ゆるんだ骨材等を完全に取り除き、十分吸水させて、コンクリートを打継がなければならない。
- (2) コンクリートポンプを用いる場合は、コンクリートの打込み方法を考慮して、適切なコンクリートポンプの機種を選定しなければならない。また、輸送管の配置にあたって

は、鉄筋、型枠および支保工に有害な振動、変形を与えないようにしなければならない。

(3) コンクリートの運搬にバケットを用いる場合、バケットの構造は、コンクリートが投入および排出される際に材料分離を起しにくいもので、コンクリートの排出が容易なものでなければならない。

(4) コンクリートの締固めにあたっては、コンクリートが鉄筋の周囲および型枠の隅々にいきわたるようにしなければならない。

(1) 打継目はせん断力に対して弱点になりやすいので、出来るだけせん断力の小さい位置に設けることとし、打継目のせん断抵抗を出来るだけ大きくなるようにすることが必要である。旧コンクリート表面に残留した水は、新コンクリートを打込む前に除去しなければならない。

(2) コンクリートポンプで圧送されるコンクリートは、適切な圧送性を有していなければならない。また、硬化後に所定の品質を得るためには、打込み、締固め、仕上げなどの一連の作業を考慮に入れた適切なワーカビリティを有するとともに、施工時においても、空気量、単位容積質量、温度、凝結時間などが所定の値となるような品質を有していることが必要である。

コンクリートポンプの機種、圧送管径などの選定は、コンクリートのポンプ施工を円滑に進める上で、最も重要な事項であり、圧送能力、コンクリートの品質変化などを考慮して、選定しなければならない。

特に、3H工法の橋脚の施工では、地上から数10m～100mを超えてコンクリート打込み現場までコンクリート圧送を行うため、コンクリート圧送計画を「土木学会：コンクリートポンプ施工指針（案）」¹⁾などを参考に立てることが必要である。

例えば、水平管10m+90度ベント管+鉛直管30m+90度ベント管+水平管10m+フレキシブルホース8mの場合に関する最大理論吐出圧力と高低差の関係を図-解 14.1.1に示す。高さ60mを125mm管でコンクリート圧送する場合、スランプ12cmのコンクリートで吐出圧力が47.5kgf/cm²程度かかることになり、その吐出圧力に適合するコンクリートポンプ車を選定することになる。

(3) ミキサから排出されたコンクリートを適当な構造のバケットに受け、これを直ちに打込み場所に運搬する方法は、コンクリートの材料分離を最も少なくできる運搬方法の一つである。

バケットをクレーンで運搬する方法は、コンクリートに振動を与えることが少なく、打込み場所への上下、水平いずれの方向にも容易に運搬できるので便利である。しかし、バケットの中に長時間コンクリートを入れたままにしておくと、材料分離やワーカビリティの変化が生じるので注意が必要である。

(4) 鋼材、鉄筋などが特に錯綜している箇所については、直径の細い内部振動機を用いて入念に締固めなければならない。一箇所に山積みしたコンクリートを、振動機を用いて横方向へ移動させると、材料分離が著しくなる。コンクリートポンプを用いる場合は、輸送管および先端ホースを必要に応じて移動させるなどして、打ち込み部分へ均質なコンクリートを供給することが大切である。内部振動機は、できる限り鉛直に一樣な間隔に差し込み、その間隔は振動の有効半径を考慮して決めることが望ましい。

鋼管の中には通常、鋼管の座屈防止のためのコンクリートを充填し、使用するコンクリートは鋼管周囲のコンクリートの品質と同等以上のコンクリートとする。コンクリートの充填計画

は、橋脚高さ、鋼管建込み高さ、コンクリートの打込み高さ・間隔などを勘案し、立案すると良い。

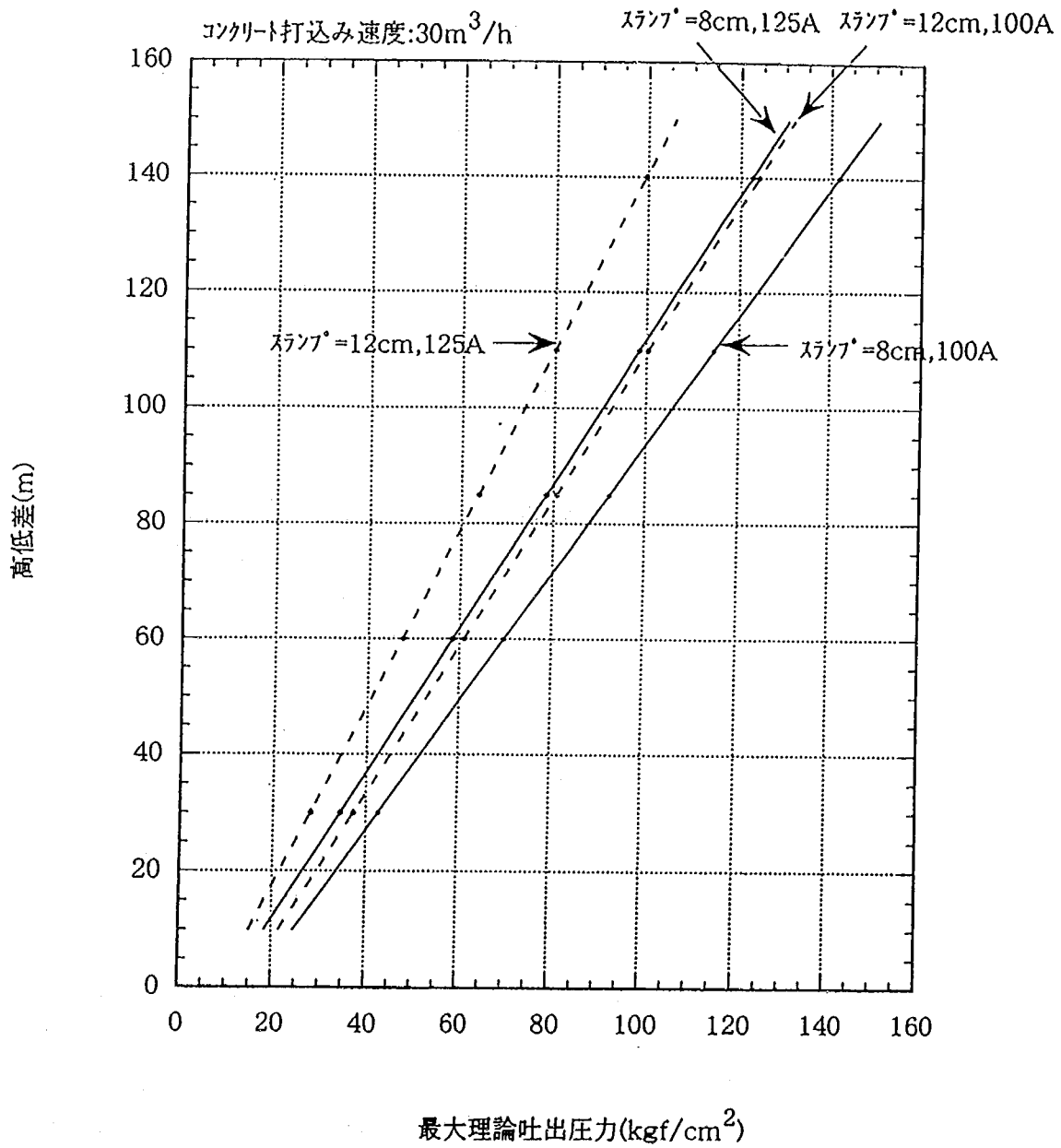


図-解 14. 1. 1 最大理論吐出圧力と高低差の関係

14.3 養生

- (1) 乾燥，温度低下などによるひび割れを防ぐための，十分な養生を行わなければならない。

(2) 養生は所定の時間が終了するか，所定の強度が発現するまで行わなければならない。

- (1) 3Hは急速施工を目的としているため，支保工，型枠，せき板などを取外すと，急激な水分の蒸発，温度低下などから，乾燥収縮，温度応力の発生によりひび割れが発生しやすい。したがって，型枠の取外しの時期の検討，型枠取外し後も散水養生や被膜養生の実施などを行い，ひび割れの発生を防止しなければならない。
- (2) 強度が十分に発現しないうちに急激な温度低下，乾燥を受けると，凍害の発生やひび割れの発生などにより，その後の耐久性に悪影響を及ぼす。したがって，所定の強度を発現するまでは養生を継続しなければならない。

14.4 品質管理および検査

コンクリートの品質について，検査を行わなければならない。

現在のコンクリート橋工事では，ほとんどレディーミクストコンクリートが用いられている。特にここでは，レディーミクストコンクリートの事項について規定する。以下，道路橋示方書・同解説 IIIコンクリート橋編16.5に準じる。

参 考 文 献

- 1) 土木学会コンクリートポンプ施工指針（案），土木学会

15章 施工管理

15.1 工程管理

工程管理にあたっては、既に実施された工程を把握し、計画工程と比較したうえで、必要に応じて対策を行い、全体工程を円滑に進行させなければならない。

工程管理は、合理的かつ経済的に施工を行い、所定の工期内に工事を終了させるために行うもので、施工計画書にしたがって構造物が完成し、作業が終了するように管理しなければならない。なお、工程管理上、予想外の要素が加わった場合にでもすぐに対応できるように効率的な管理を行うことが必要である。

15.2 品質管理

- (1) 材料、機器等はその品質あるいは性能を把握したうえで使用しなければならない。
- (2) 出来形管理は、施工管理基準を設けて行わなければならない。
- (3) 写真管理については、施工状況・材料検査・出来形検査等の内容を明記して保管しなければならない。

品質管理は使用する材料および構造物の品質が設計図書などに示された品質を確保できるように行うもので、施工の各段階においてそれぞれの品質管理の目的に応じた管理技法・試験方法などにより実施しなければならない。出来形管理は構造物の必要とする機能が発揮できるように行うもので、構造物の施工精度を設計図書に示された許容値の範囲内に収めるように管理しなければならない。

15.3 安全衛生管理

施工にあたっては、3H工法の特質を十分理解し、関連法規等を遵守して安全確保に努めなければならない。

管理技術者は、適切な作業の順序および方法により工事の施工にあたるよう、作業員を指導するとともに、それを常に点検しなければならない。また、工事の施工にあたっては関連する法規などを遵守して安全確保に努めなければならない。

15.4 周辺環境保全

施工にあたっては、周辺環境に与える影響を常に把握し、慎重に工事を進めなければならない。

自然環境を保護し、樹木伐採や切土を最小限にとどめなければならない。

16章 工事記録

工事記録

実施した工程，施工状況，材料品質，試験結果，施工管理結果，天候および気温などを必要に応じて記録し，保存しておかなければならない。

実施した工程，施工状況，材料品質，試験結果，施工管理結果，天候および気温などの工事記録は，橋脚の維持管理のための基礎資料となるものであり，また，技術の進歩のためにも是非必要なものである。したがって，橋脚の最終的な状態を示す工事記録を作成し，保存しておく必要がある。

なお，記録は次の事項について記載することを原則とする。

- 1) 工事名，工事個所，事業主体，施工者，実施工程
- 2) 構造諸元，配置図，構造図，地盤の概要
- 3) 仮設備の配置とその能力，施工方法，使用した機械器具
- 4) 施工管理
- 5) 環境対策および安全対策
- 6) 施工中に生じた特殊な状況とその対策
- 7) 各工程の施工記録

プレハブ・複合部材を用いた山岳部
橋梁の下部工の設計・施工技術の開
発に関する共同研究報告書
— 3H工法設計・施工マニュアル(案) —

ISSN 0386-5878
共同研究報告書 第222号
平成11年4月(1999)
建設省土木研究所基礎研究室
(財)先端建設技術センター

要 旨

本報告書は、「プレハブ・複合部材を用いた山岳部橋梁の下部工の設計・施工技術の開発に関する共同研究」として平成7年度から9年度にわたり、建設省土木研究所、財団法人先端建設技術センターおよび民間11社で共同研究を実施しその成果をとりまとめたものである。

本研究では、高橋脚に着目し、建設事業の高品質化・省人化、労働環境の向上、自然環境への影響の低減を図りつつ、工期短縮、耐震性に優れた構造形式を開発するため各種検討、実験を行ってきた。

研究成果として、軸方向鋼材に鉄骨・鉄筋を用いたSRC構造とし、中間帯鉄筋の施工を省略するためスパイラル筋を使用した構造の提案を行った。その成果を設計・施工マニュアル(案)としてとりまとめたものである。
本工法を3H工法(Hybrid Hollow High pier)と呼ぶ。

キーワード：高橋脚、SRC構造、スパイラル筋、省力化・省人化、施工技術

郵便はがき

3050804

郵便切手
はって
下さい。

建設省土木研究所

構造橋梁部 基礎研究室 行

茨城県つくば市大字旭一番地

No. _____

No. _____

配布先氏名

○

配布先住所

土木研究所共同研究報告書第222号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名 印

共同研究報告書第222号

プレハブ・複合部材を用いた山岳部橋梁の下部工の
設計・施工技術の開発に関する共同研究報告書
— 3H工法 設計・施工マニュアル(案) —