

高橋脚建設新技術

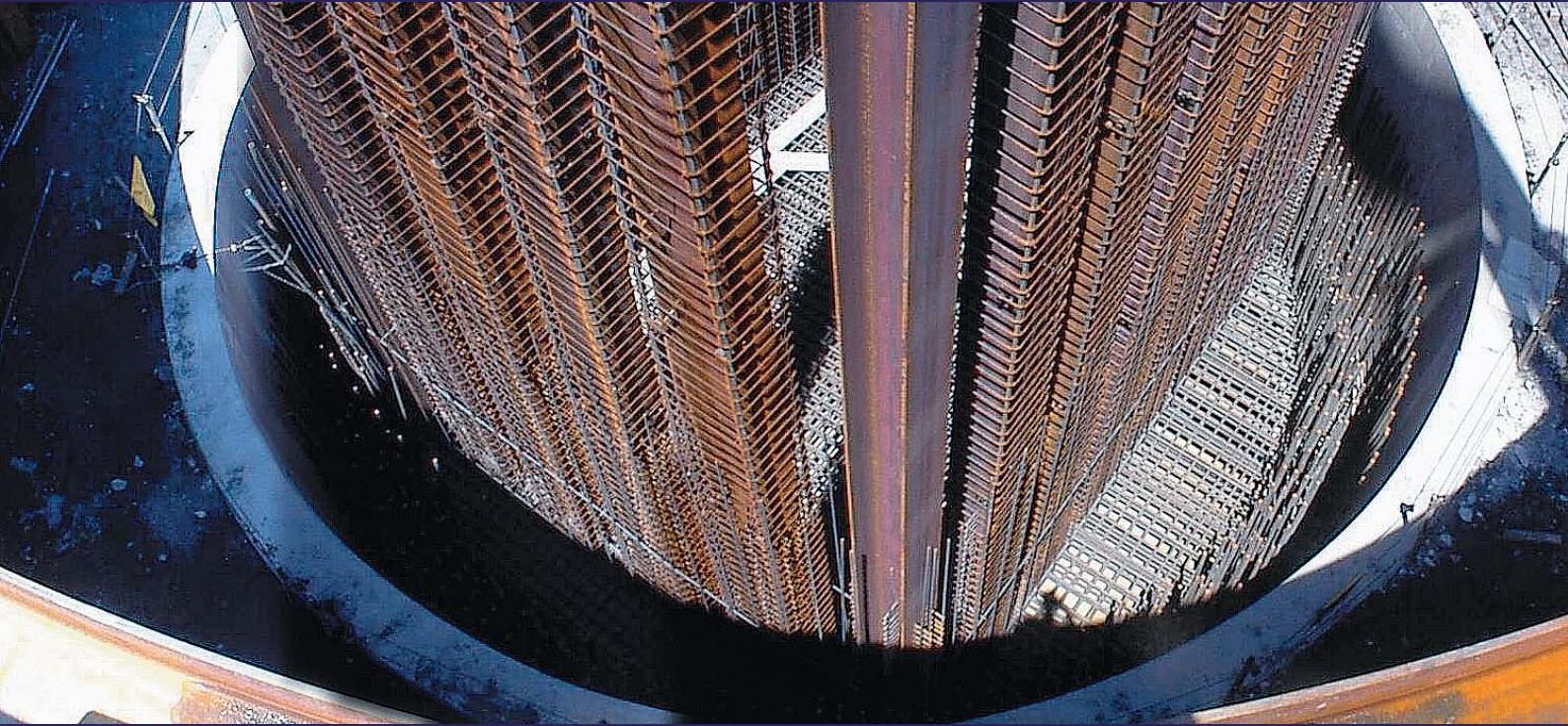
3H工法

Hybrid Hollow High pier



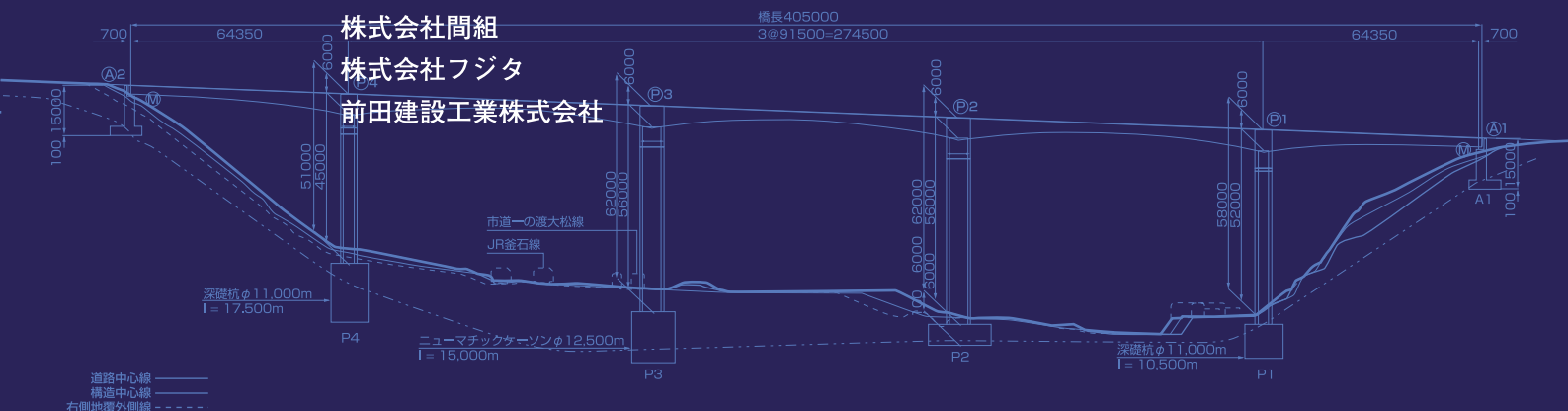
技術開発賞
平成18年度
プレキャスト組合部材を用いた
橋脚柱(3H工法)の
設計・施工技術の開発と実用化

平成18年度 土木学会技術開発賞 受賞技術



NETIS:KT-990168

独立行政法人土木研究所
財団法人 先端建設技術センター
株式会社 IHI インフラシステム
株式会社奥村組
佐藤工業株式会社
清水建設株式会社
東急建設株式会社
飛鳥建設株式会社
日本ヒューム株式会社
株式会社間組
株式会社フジタ
前田建設工業株式会社



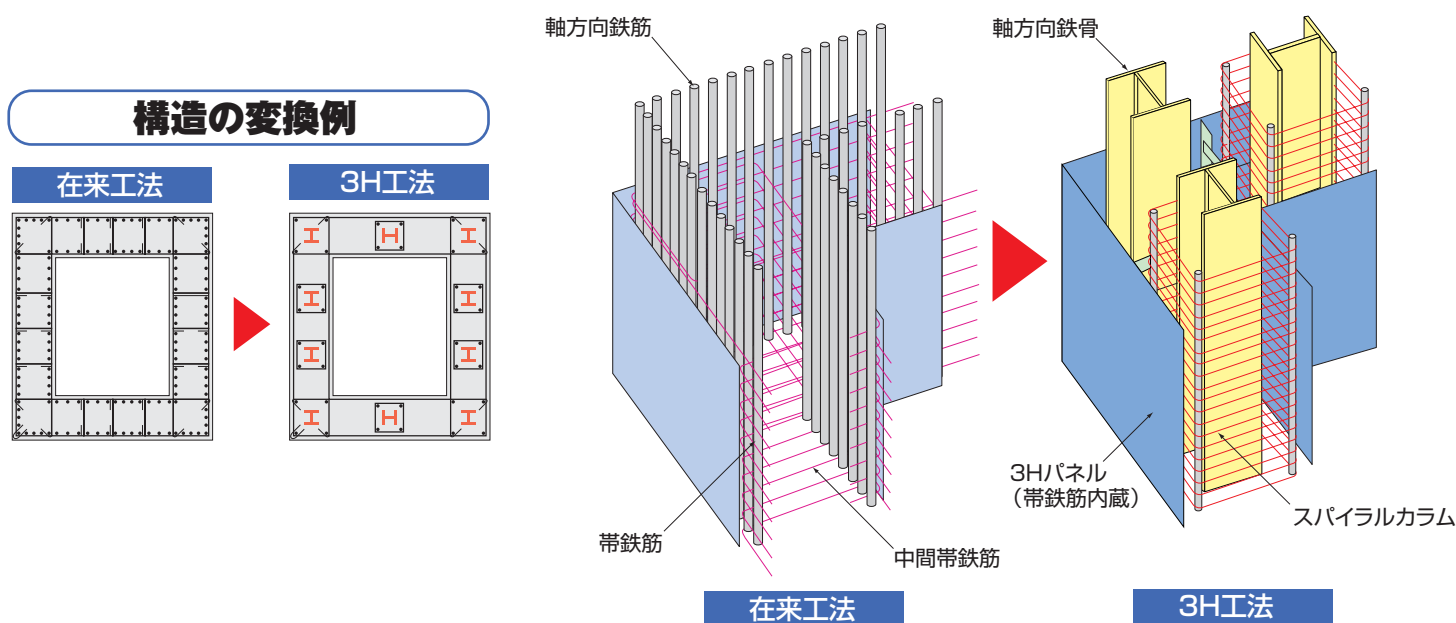
3H工法は、優れた耐震性能、施工の合理化、工期短縮による

独立行政法人土木研究所（前建設省土木研究所）、財団法人先端建設技術センター及び民間11社が、平成7～9年度に実施した「プレハブ・複合部材を用いた山岳部橋梁下部工の設計・施工技術の開発に関する共同研究」の成果です。本技術は、30m～100mクラスの高橋脚まで、多様な橋脚高さに対応できます。

特徴1 優れた耐震性能

3H工法は、従来のRC橋脚で用いられてきた軸方向鉄筋を、H形鋼材や鋼管に置き換え、さらに鋼材を軸方向鉄筋とスパイラル筋で囲い込んだスパイラルカラムとすることで、優れた耐震性を実現しました。

3H橋脚の断面構造

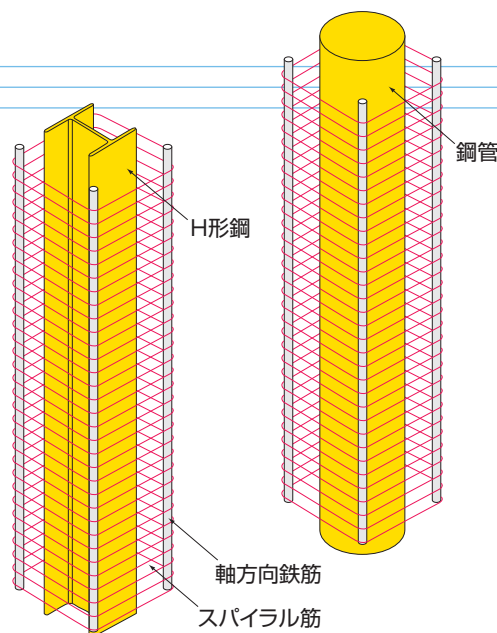


スパイラルカラム

- スパイラルカラムとは、鋼材（H形鋼あるいは鋼管）とその鋼材の周囲に配置した複数本の軸方向鉄筋に細径異形PC鋼棒をスパイラル状に巻き付けた柱状の部材のことを言います。
- スパイラル筋は、細径異形PC鋼棒をスパイラル状に加工したもので、中間帯鉄筋と同等の拘束効果を発揮し、軸方向鋼材の座屈防止機能も兼ね備えています。



スパイラルカラムの地組みの状況



経済性、自然環境保全を兼ね備えた高橋脚の建設技術です。

耐震性能の確認結果

正負交番水平載荷試験

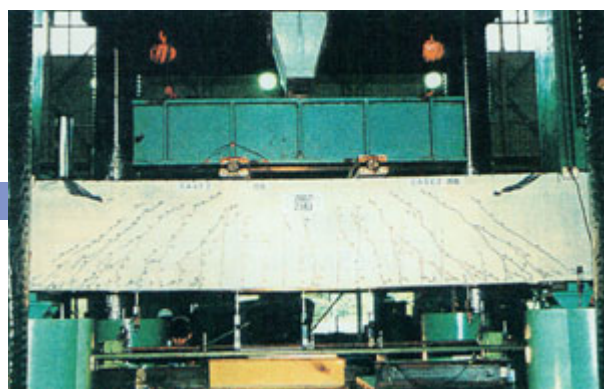
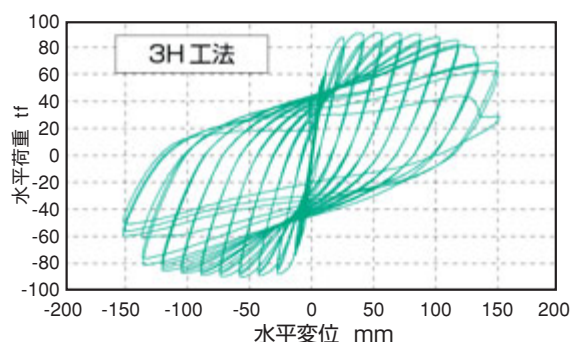
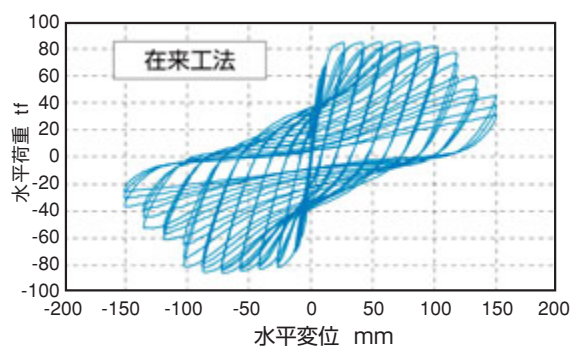
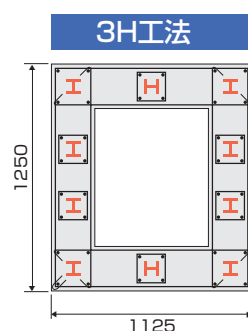
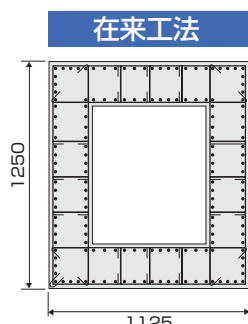
実物の橋脚を模擬して製作した縮小モデル試験体を用い、土木研究所の部材耐震実験施設において、上部構造の死荷重に相当する軸力を作用させて正負交番水平載荷試験を行いました。

その結果、3H工法は、従来のRC橋脚と同等以上の耐震性能を有することを確認しました。



正負交番水平載荷試験状況

(試験は試験体を横にした状態でを行っています)



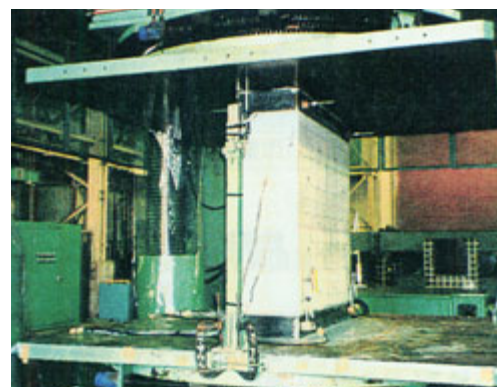
梁曲げ試験状況

部材試験

土木研究所の30MN大型構造部材万能試験機により、3Hパネル*を用いる場合の中間帯鉄筋の定着についての梁の曲げ試験、スパイラルカラムを用いた柱の圧縮試験を行いました。

その結果、梁の曲げ試験において、在来RC構造の中間帯鉄筋と同等の構造性能があること、柱の圧縮試験においては、在来RC構造と同等以上の軸圧縮特性を有していることを確認しました。

*3Hパネルとは、帯鉄筋が内蔵されたプレキャスト製埋設型枠をいいます。



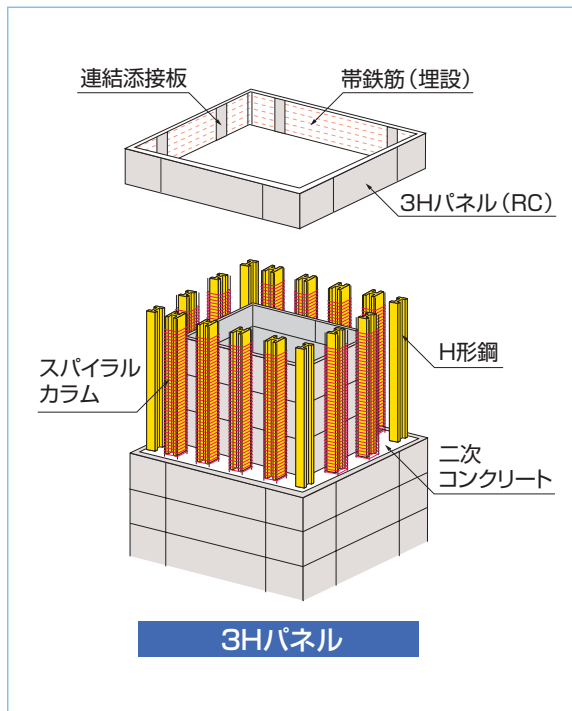
柱圧縮試験状況

特徴2 施工の合理化

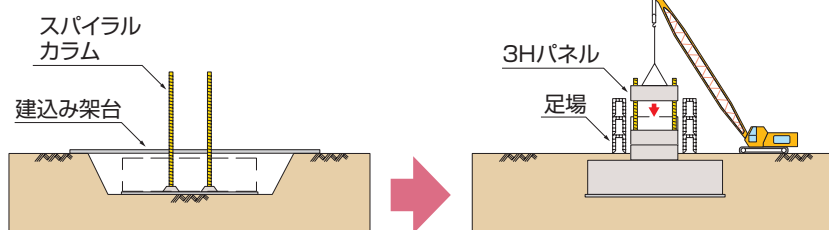
スパイラルカラムの採用により、軸方向鉄筋および中間帯鉄筋の高所での煩雑な配筋作業を省略でき、大幅な施工の合理化を実現しました。

また、3Hパネル(プレキャスト製埋設型枠)、昇降式移動型枠の採用により更なる施工の合理化を実現しました。

3Hパネルによる施工 (30m~50m程度)



- 3Hパネルは、帯鉄筋が内蔵されたプレキャスト製埋設型枠で、完成後は構造体として機能します。
- 現場での型枠組立作業を軽減し、型枠の解体作業を省略できます。
- 現場での帯鉄筋の配筋作業が不要です。
- 木製型枠を使用しないため、木を伐ることなく環境にも優しい施工法です。



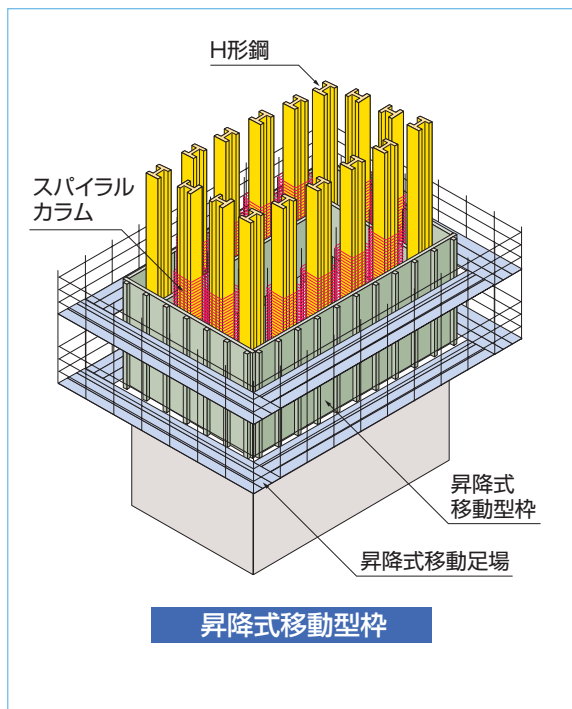
STEP1 フーチング部施工

- ①最下端のスパイラルカラムを、鉄骨建込み架台を利用しフーチングにセット
- ②フーチングコンクリート打設

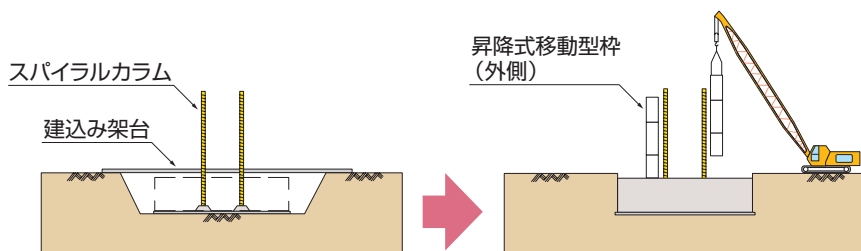
STEP2 充実部施工

- ③足場設置
- ④3Hパネル設置
- ⑤充実部コンクリート打設

昇降式移動型枠による施工 (40m以上)



- 危険を伴う足場組立解体作業を地上で行うことができ、安全性が向上します。
- システム型枠の採用により、現場での型枠組立解体作業の省力化が図れます。

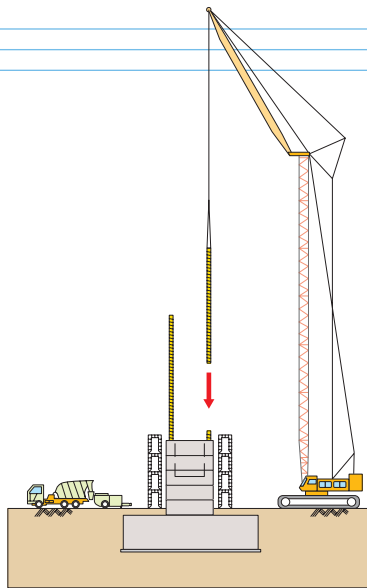


STEP1 フーチング部施工

- ①最下端のスパイラルカラムを、鉄骨建込み架台を利用しフーチングにセット
- ②フーチングコンクリート打設

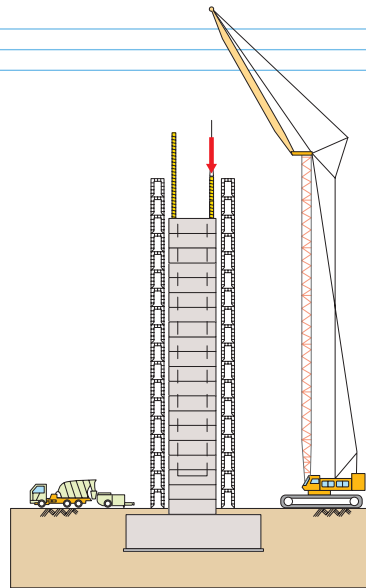
STEP2 充実部施工

- ③昇降式移動型枠(外壁のみ)セット
- ④充実部コンクリート打設



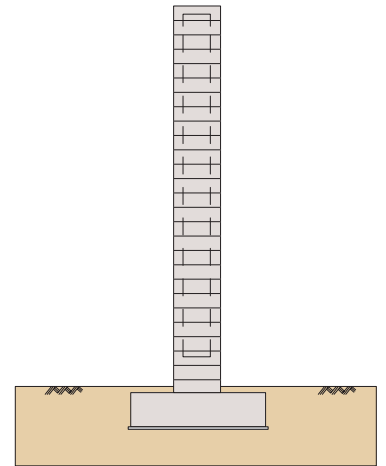
STEP3 中空部施工 (1)

- ⑥足場設置
- ⑦3Hパネル設置
- ⑧二次コンクリート打設
- ⑨スパイラルカラムの建込み接合

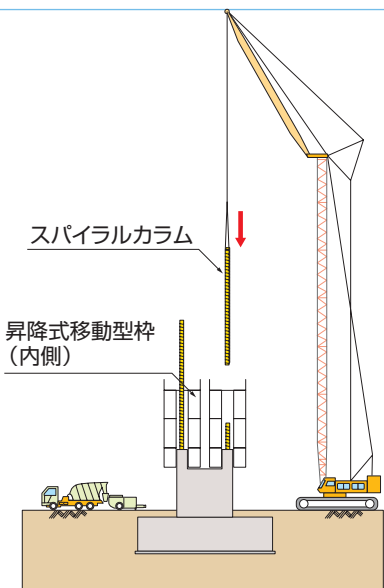


STEP4 中空部施工 (2)

- ⑩⑥～⑨を最上部まで繰り返す
- ⑪最上部コンクリート打設

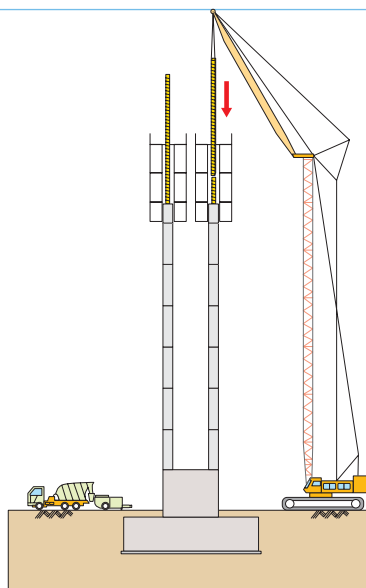


STEP5 完成



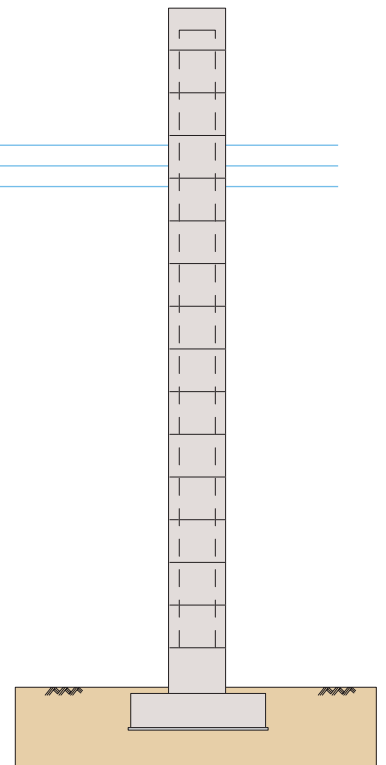
STEP3 中空部施工 (1)

- ⑤昇降式移動型枠 (内壁のみ) セット
- ⑥中空部コンクリート打設
- ⑦スパイラルカラムの建込み接合
- ⑧昇降式移動型枠の上昇



STEP4 中空部施工 (2)

- ⑨⑥～⑧を最上部まで繰り返す
- ⑩最上部コンクリート打設



STEP5 完成

スピード優先なら

3Hパネル

これまで、河川内や豪雪地域での工事は、非出水期のみでの施工や冬季施工休止といった制約を受け、一般に工期が長くなっていました。今後、このような工事に3Hパネルを用いた3H工法を適用することにより、工期短縮およびコスト縮減や自然環境への影響低減を図ることができます。(例えば、1回の非出水期で工事を終えることができなければ、次の非出水期まで工事を中断した後、2回目の非出水期での工事再開ということになり、工事完了まで時間がかかります。3Hパネルによる施工は在来工法の約半分の工期で施工が可能であるため、これまで2回の非出水期が必要な工事が1回の非出水期で可能になります。)

橋梁形式を仮定した試算結果 (直接工事費・工期)

下表は、橋脚高を30m、60mと仮定した場合の在来工法と3H工法の直接工事費及び工期を試算した結果です。なお、橋脚高さ36.5mは実施工を行った飯牟礼2号橋をモデルとして、施工法を3Hパネル方式とした場合の試算結果です。

橋脚高さ	在来・総足場	工期短縮率	試算結果直接工事費
30m	1.00	0.60	1.08
〈飯牟礼2号橋〉 36.5m	1.00	0.53	1.06
60m	1.00	0.40	1.05

※工期短縮等による間接工事費の縮減を考慮すると、総工事費の縮減が可能です。

工期短縮の実例

実施工を行った飯牟礼2号橋について、在来工法と3H工法との作業サイクルおよび作業員数を比較した結果は、以下のとおりです。

飯牟礼2号橋	工法	工種	日数																	作業員数			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		18	19	20
3H工法	足場工	組立て	●	●																			6人/日
	スパイラルカラム工	建込み接合(20本)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	4人/日
	3Hパネル工	3段組立て(H=4.5m)					●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	6人/日
	2次コンクリート工	打設																				●	5人/日
在来工法	足場工	組立て	●	●																			6人/日
	軸方向鉄筋組立・圧接	軸方向鉄筋組立て・圧接	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	6人/日
	帯鉄筋組立	帯鉄筋組立て					●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	6人/日
	型枠工	型枠組立て(H=5.0m)																				●	8人/日
	コンクリート工	打設																				●	5人/日
	養生・型枠解体	養生・型枠解体																				●	5人/日

※上記サイクルは、コンクリート1回の打設あたりの工期縮減を表しています。

※飯牟礼2号橋について、在来工法と3H工法の作業日数を比較したところ、
 P2橋脚(高さ38m)では、115日(在来工法)が67日(3H工法)に縮減され、
 P3橋脚(高さ36.5m)では、113日(在来工法)が60日(3H工法)に縮減されました。

3Hパネルによる施工実績 1

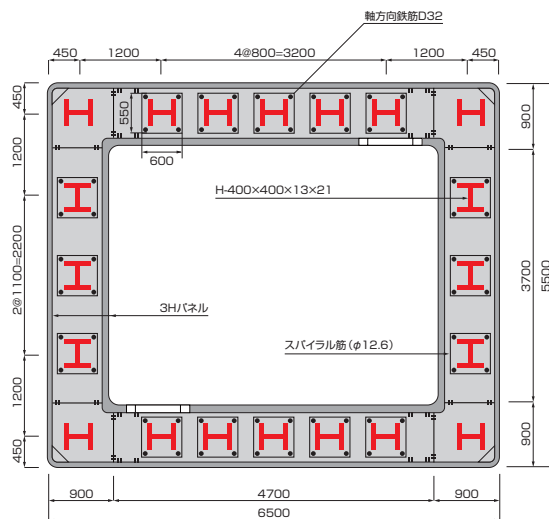
鹿児島3号飯牟礼2号橋下部工工事

いいむれ
 工事場所：鹿児島県日置郡伊集院町飯牟礼地内
 工事期間：平成11年3月13日～平成12年3月15日
 発注者：国土交通省九州地方整備局 鹿児島国道事務所
 施工者：東急建設株式会社
 施工方式：3Hパネル

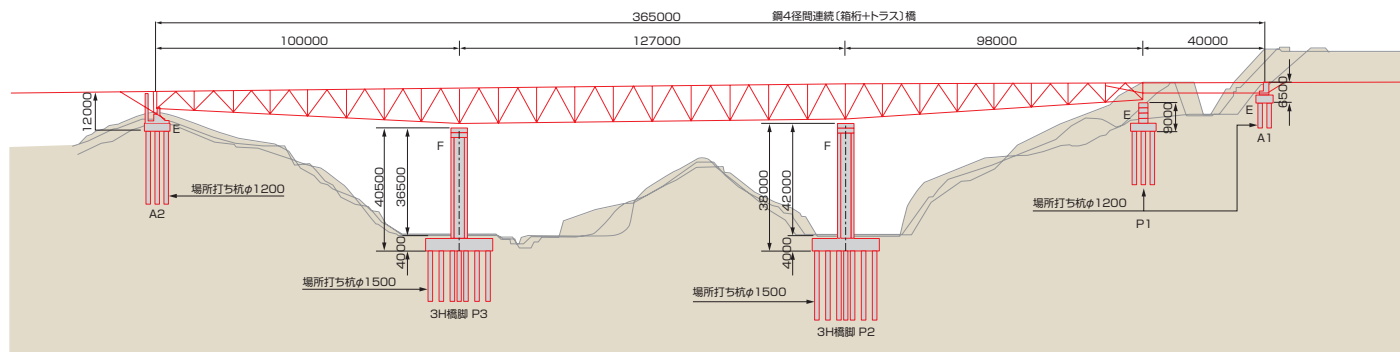
概算施工数量 (橋脚部)

	橋脚高さ (m)	橋脚CON (m ³)	H形鋼 (t)	鉄筋 (t)
P1橋脚	6.5		在来工法	
P2橋脚	38.0	1,583m ³	280t	118t
P3橋脚	36.5	24-8-25N	H-400	D32など

橋脚断面図 (P2, P3)

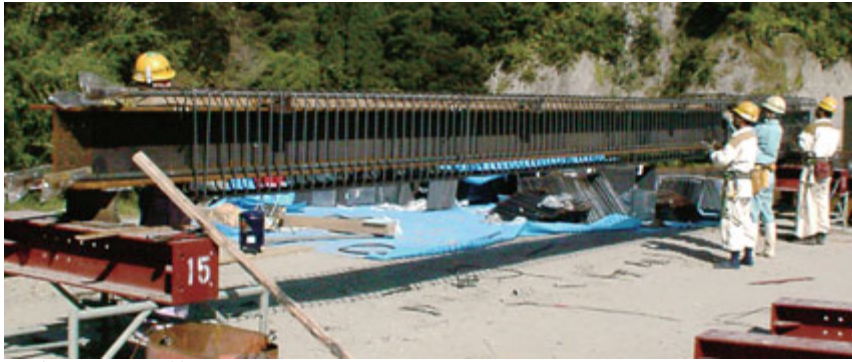


飯牟礼2号橋概要図



完成時全景





スパイラルカラム地組み



3Hパネル据え付け

鉛直精度を確保するため
スパイラルカラム頂部を仮固定



第一ロット建込み完了



スパイラルカラム建込み



スパイラルカラム接合



二次コンクリート打設



3Hパネル吊り込み



3Hパネル接合



施工状況全景



完成橋脚〈P3〉

3Hパネルによる施工実績 2

鹿^{やぶさ}児島3号八房橋下部工工事

工事場所：鹿児島県日置郡市来町～串木野市

工事期間：平成13年3月15日～平成14年9月30日

発注者：国土交通省九州地方整備局 鹿児島国道事務所

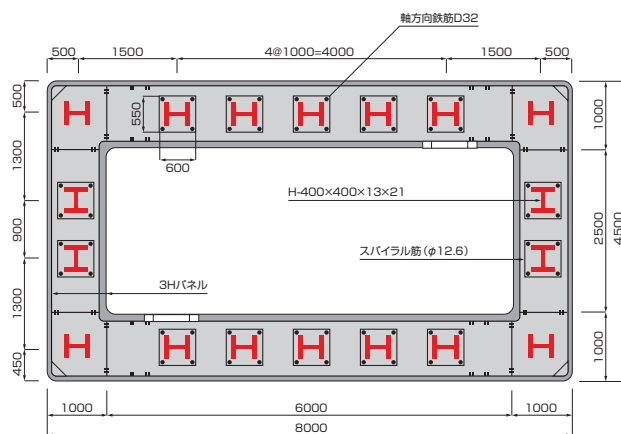
施工者：東急建設株式会社

施工方式：3Hパネル

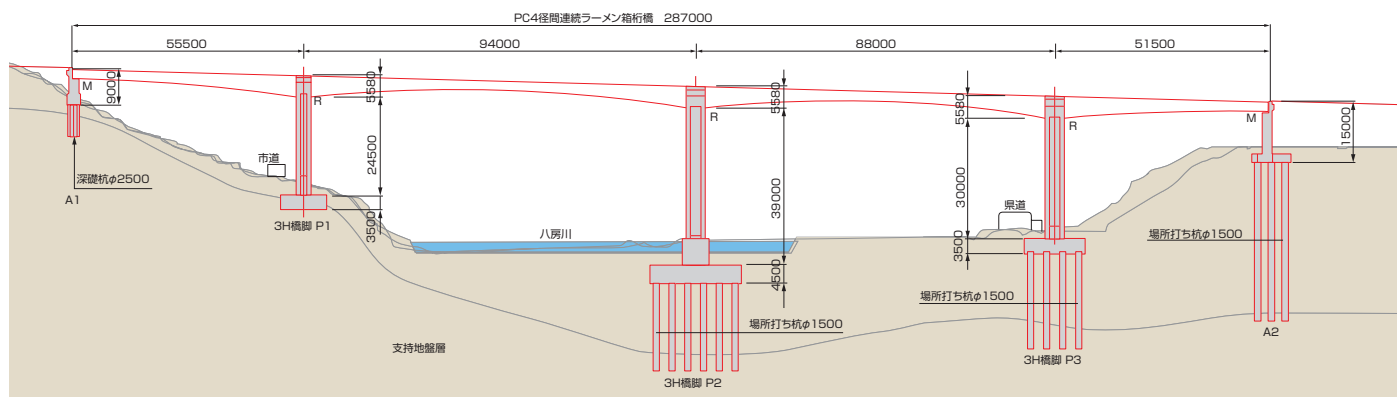
概算施工数量（橋脚部）

	橋脚高さ (m)	橋脚CON (m ³)	H形鋼 (t)	鉄筋 (t)
P1橋脚	24.5	1,915m ³ 30-8-25N	300t H-400	67t D32など
P2橋脚	39.0			
P3橋脚	30.0			

橋脚断面図（P2, P3）



八房橋概要図



完成時航空写真



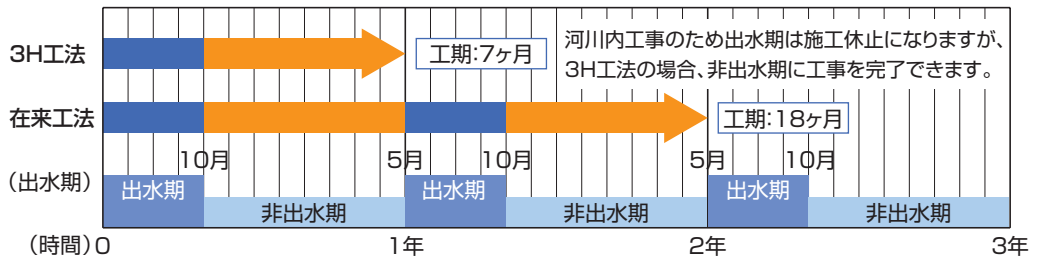
工期短縮の実例

八房橋について、在来工法と3H工法との作業サイクルおよび作業員数を比較した結果は、以下のとおりです。

八房橋	工法	工種	日数	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20																	作業員数			
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		18	19	20
3H工法	3H工法	足場工	組立て	●	●																	6人/日		
		スパイラルカラム工	建込み接合(18本)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	4人/日	
		3Hパネル工	3段組立て(H=4.5m)																					6人/日
		2次コンクリート工	打設																					5人/日
在来工法	在来工法	足場工	組立て	●	●																		6人/日	
		軸方向鉄筋組立・圧接	軸方向鉄筋組立て・圧接	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	6人/日
		帯鉄筋組立	帯鉄筋組立て																					6人/日
		型枠工	型枠組立て(H=4.5m)																					8人/日
		コンクリート工	打設																					5人/日
		養生・型枠解体	養生・型枠解体																					

河川内工事における工期の差

鉛直精度を確保するため
スパイラルカラム頂部を仮固定



第1ロット建込み完了



スパイラルカラム建込み



3Hパネル吊り込み



外側平型パネル



内側コ型パネル



隅角部鋼材



施工状況全景

3Hパネルによる施工実績3

成瀬ダム国道付替1号橋下部工工事

工事場所：秋田県雄勝郡東成瀬村椿川地内

工事期間：平成17年3月18日～平成19年12月28日
 (※平成17年3月31日～平成18年4月2日工事休止)

発注者：国土交通省東北地方整備局 湯沢河川国道工事事務所

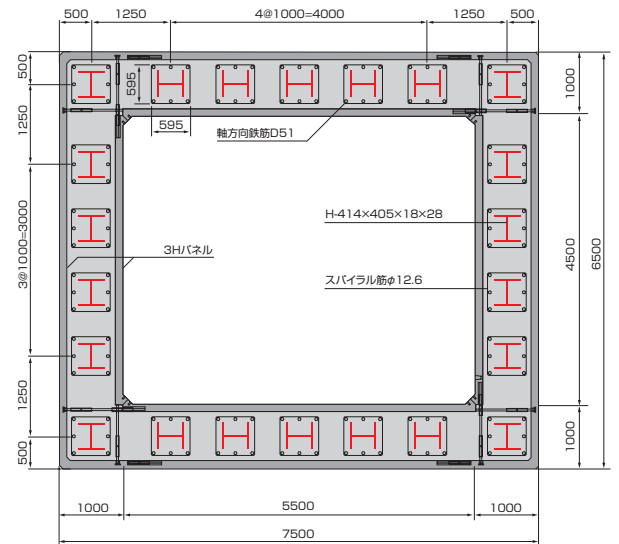
施工者：株式会社奥村組

施工方式：3Hパネル

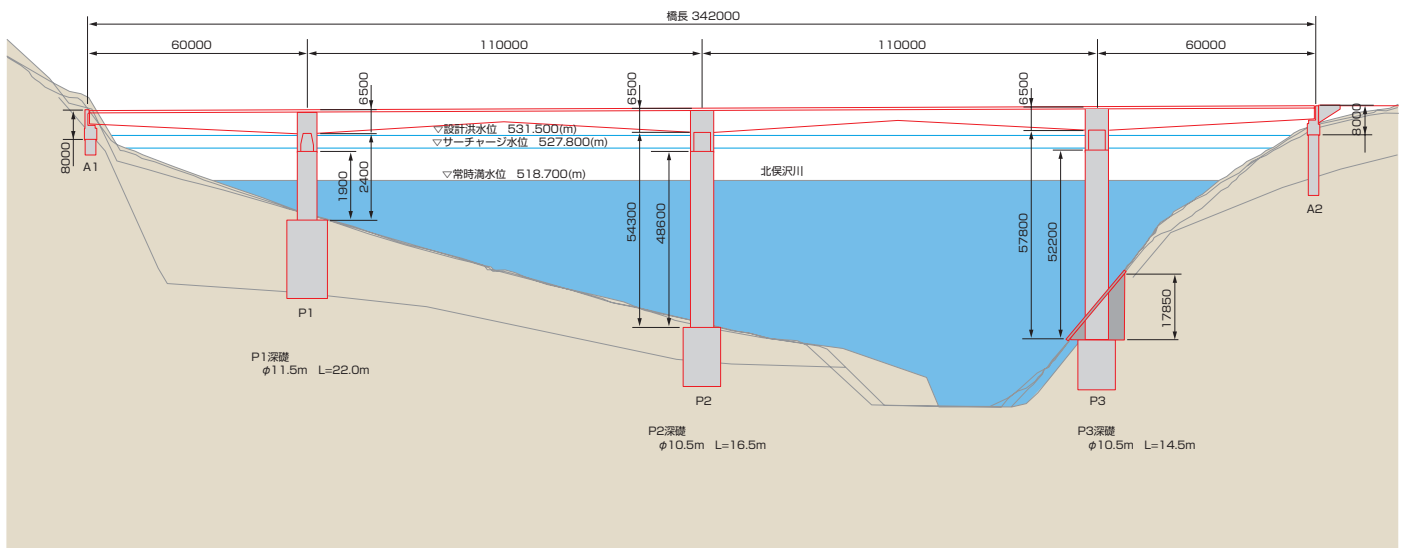
概算施工数量(橋脚部)

	橋脚高さ (m)	橋脚CON (m ³)	H形鋼 (t)	鉄筋 (t)
P1橋脚	24.0		在来工法	
P2橋脚	54.3	2,423m ³	800t	260t
P3橋脚	57.8	24-8-20BB	H-400	D51など

橋脚断面図(P2, P3)

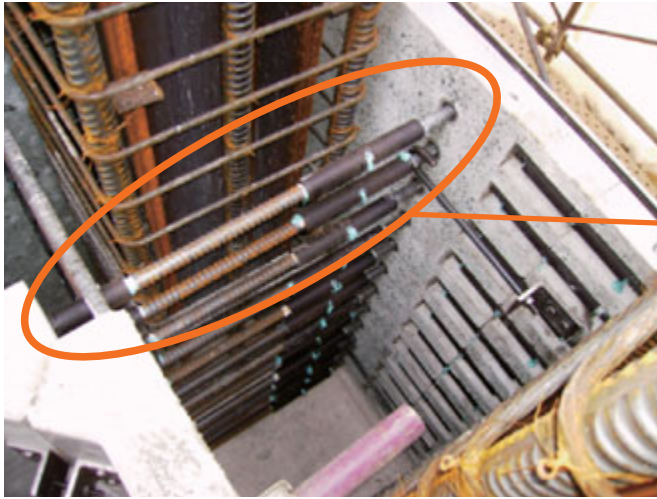


成瀬1号橋概要図

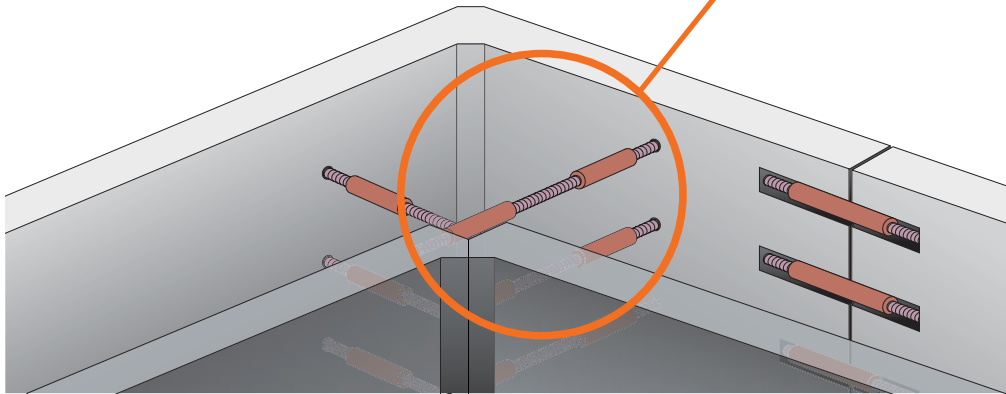
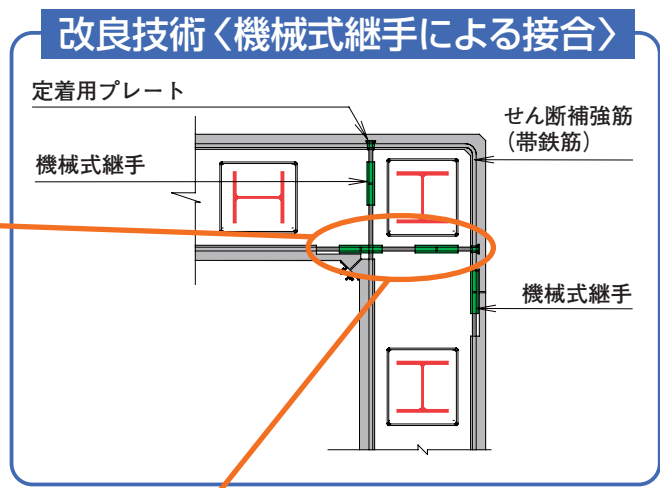


完成予想図





3Hパネル継ぎ手状況



パネル接合のイメージ図



3Hパネル (コの字タイプ)



スパイラルコラム施工状況



施工状況 (P1奥、P2手前)



3Hパネル吊り込み状況

昇降式移動型枠による施工実績 1

どうせん

洞泉橋下部工工事

工事場所：岩手県釜石市甲子町地内

工事期間：平成13年1月27日～平成14年11月29日

発注者：国土交通省東北地方整備局 三陸国道工事事務所

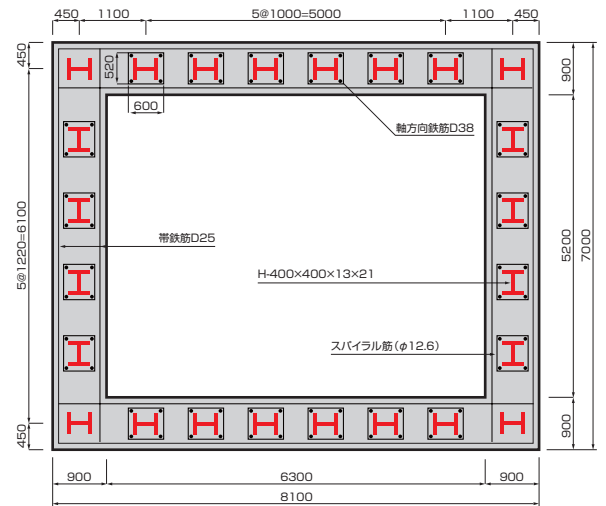
施工者：株式会社フジタ

施工方式：昇降式移動型枠

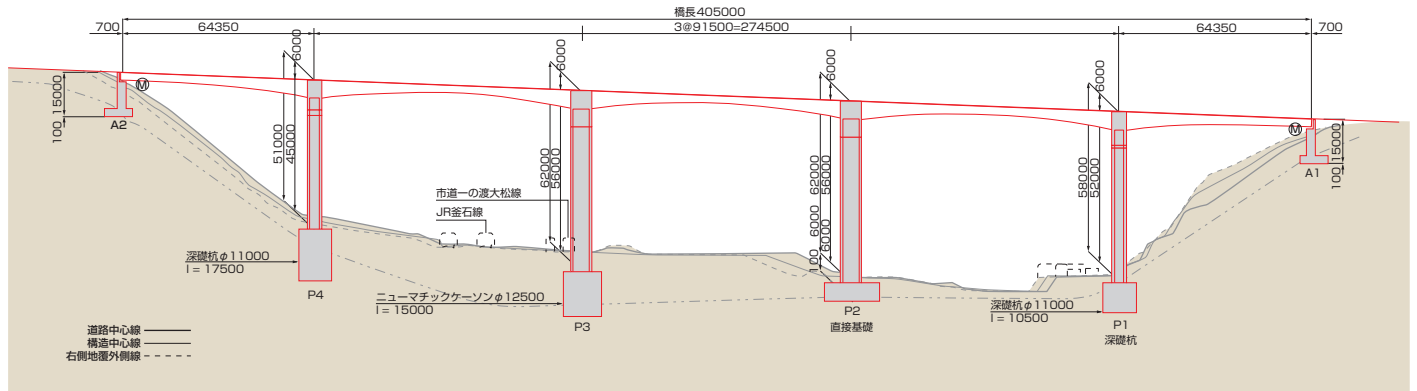
概算施工数量（橋脚部）

	橋脚高さ (m)	橋脚CON (m ³)	H形鋼 (t)	鉄筋 (t)
P1橋脚	52	4,119m ³ 30-8-25N	1,026t H-400 (SM490)	431t D16~D38 (SD345)
P2橋脚	56			
P3橋脚	56			
P4橋脚	45			

断面図 (P2, P3)

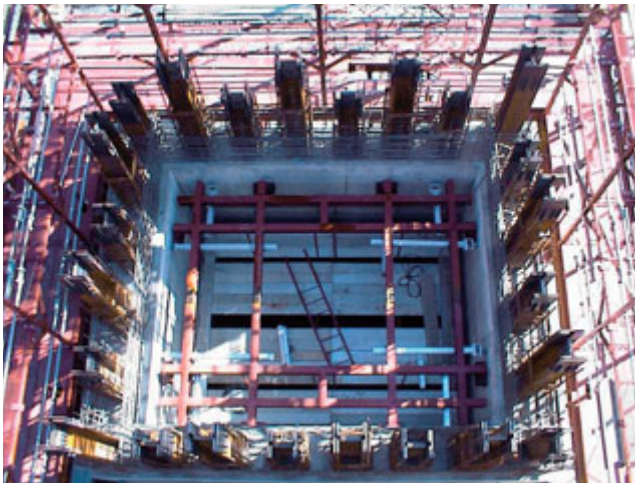


洞泉橋概要図

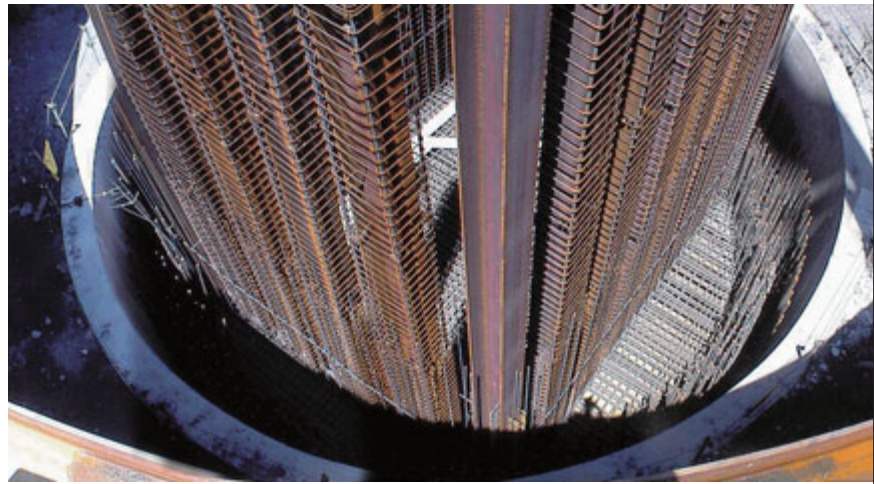


完成時全景 出展：国土交通省東北地方整備局 三陸国道事務所HP





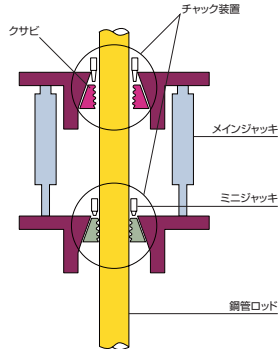
3H工法断面<P3>



スパイラルカラム建込み完了(ケーソン基礎)<P3>



ジャッキ制御室



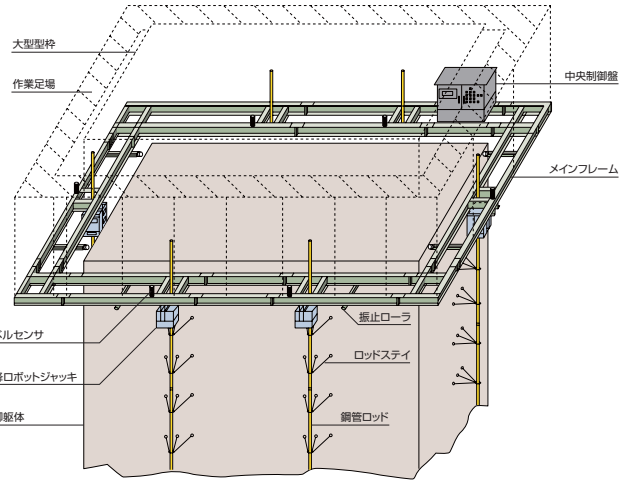
昇降ロボットジャッキ



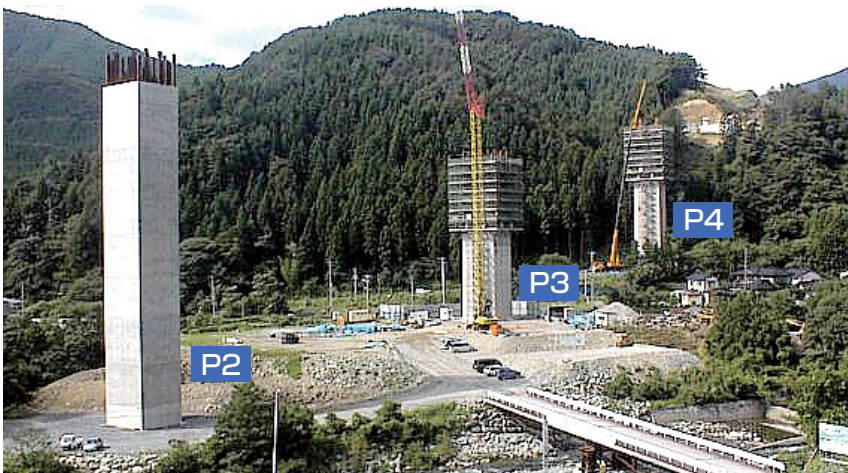
第1ロット建込み完了(直接基礎)<P2>



外側型枠支保工状況



昇降式移動足場概念図



施工状況全景



昇降式移動型枠

昇降式移動型枠による施工実績 2

みやうら

熊本3号宮浦3号橋下部工工事

工事場所：熊本県葦北郡芦北町小田浦地内

工事期間：平成16年10月26日～平成18年2月28日

発注者：国土交通省九州地方整備局 八代河川国道事務所

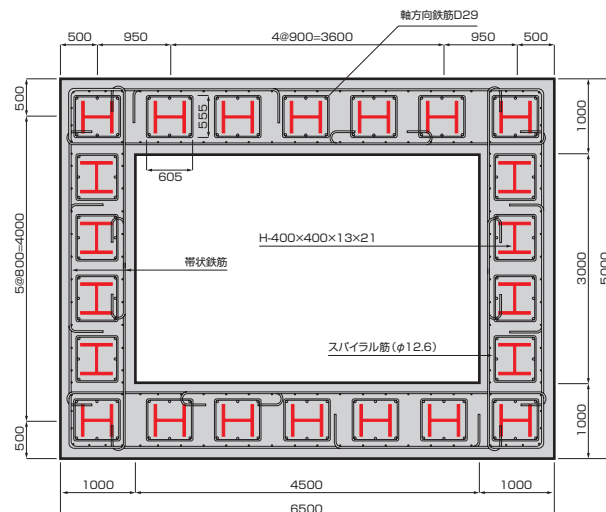
施工者：株式会社ノバック

施工方式：昇降式移動型枠

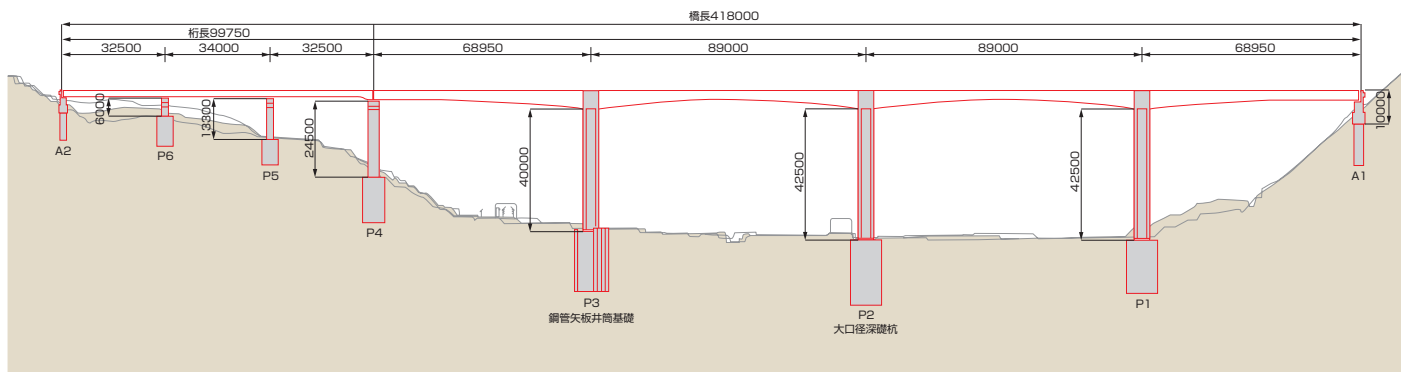
概算施工数量（橋脚部）

	橋脚高さ (m)	橋脚CON (m ³)	H形鋼 (t)	鉄筋 (t)
P2橋脚	42.5	1,561m ³	354t	278t
P3橋脚	40.0	24-8-20N	H-400	D29など

橋脚断面図 (P2, P3)



宮浦3号橋概要図



完成時全景



P2



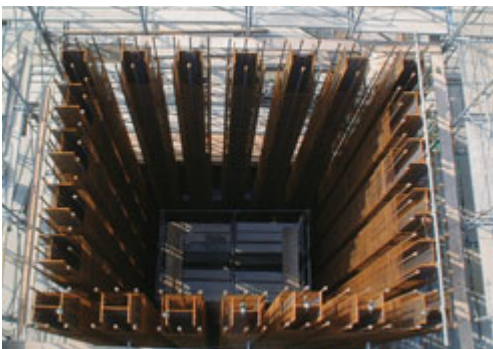
アンカーフレームの建込み

P2



大口径深礎杭に設置されたアンカーフレーム

P2



第1ロット建込み完了

P3



鋼管矢板井筒基礎

P3



スパイラルカラム第1ロット建込み完了

P3



フーチングコンクリート打設完了



コンクリート打設状況



施工状況全景

昇降式移動型枠による施工実績 3

みつせ

三瀬トンネル有料道路2期建設工事

工事場所：福岡県福岡市早良区大字飯場曲淵地内

工事期間：平成16年9月30日～平成19年1月31日

発注者：佐賀県道路公社

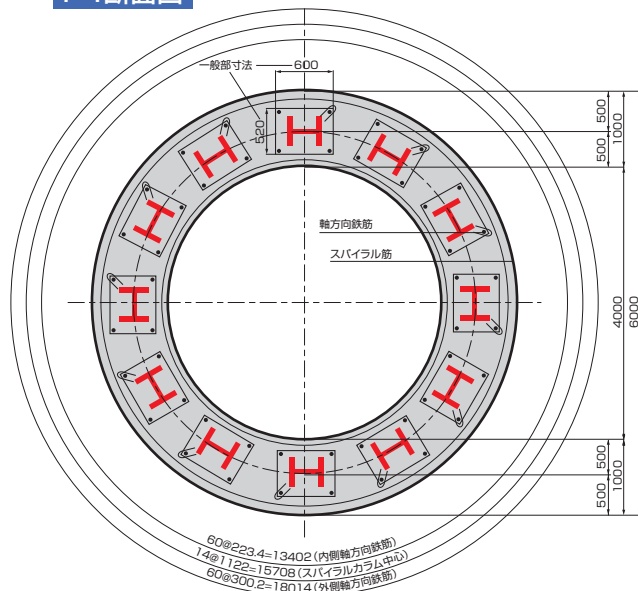
施工者：前田・松尾・古賀建設共同企業体

施工方式：昇降式移動型枠，総足場

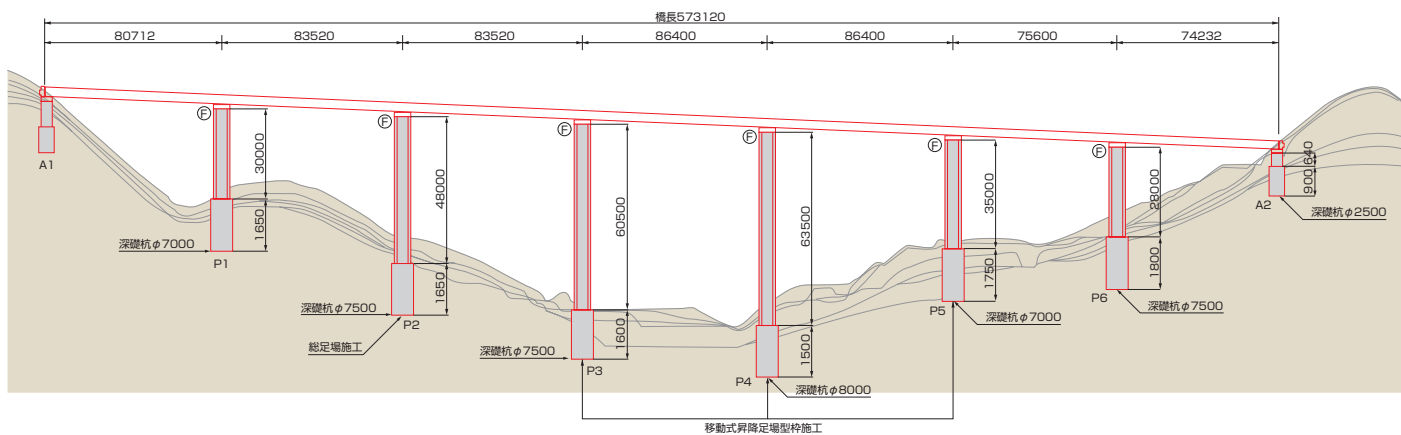
概算施工数量（橋脚部）

	橋脚高さ (m)	橋脚CON (m ³)	H形鋼 (t)	鉄筋 (t)
P2橋脚	48.0	3,388m ³ 24-8-20N	478.4t H-400 (SM490)	231t D13~D29 (SD345)
P3橋脚	60.5			
P4橋脚	63.5			
P5橋脚	35.0			

P4断面図



三瀬3号橋概要図

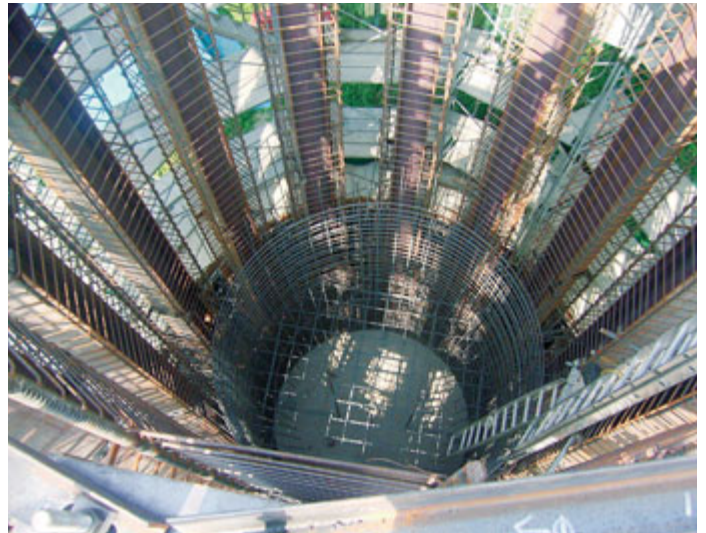


橋脚完成時全景



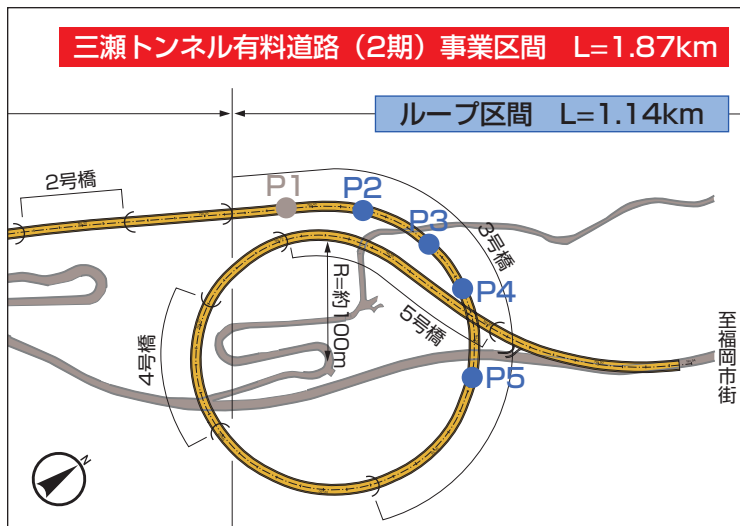


深礎杭基礎と定着部



第1ロット建込み完了

三瀬トンネル有料道路平面図



施工状況全景



総足場施工<P2>



昇降式移動型枠施工<P3> 施工中のP2橋脚からのぞむ

昇降式移動型枠による施工実績 4

尾原ダム尾崎山方線1号橋下部その2工事

工事場所：島根県雲南市木次町北原～
島根県仁多郡奥出雲町佐白地内

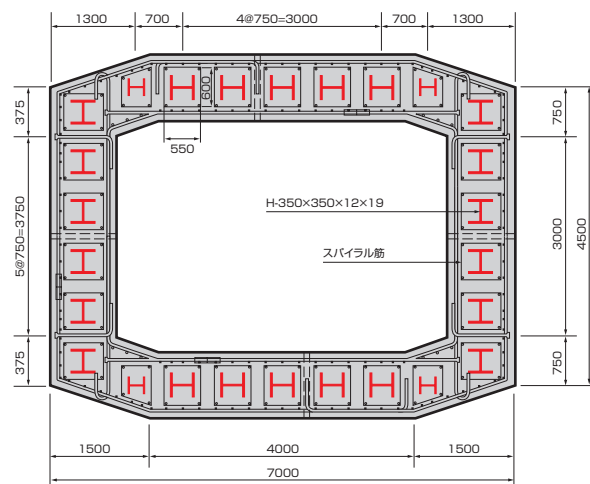
工事期間：平成17年12月13日～平成19年11月30日

発注者：国土交通省中国地方整備局
斐伊川・神戸川総合開発工事事務所

施工者：東急建設株式会社

施工方式：昇降式移動型枠

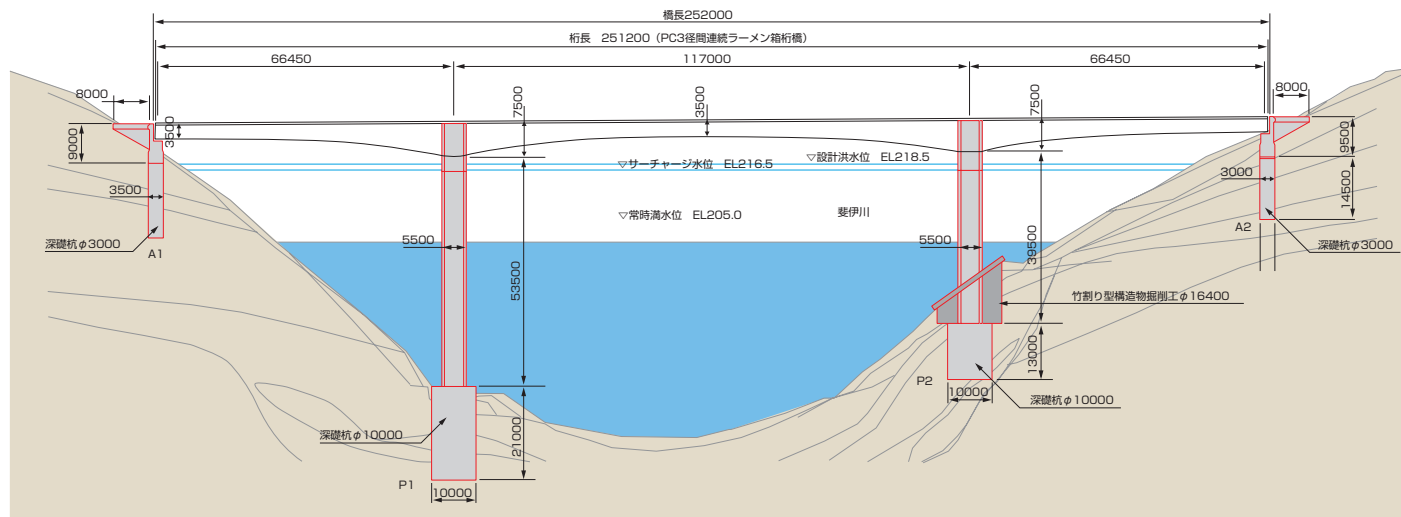
橋脚断面図 (P1, P2)



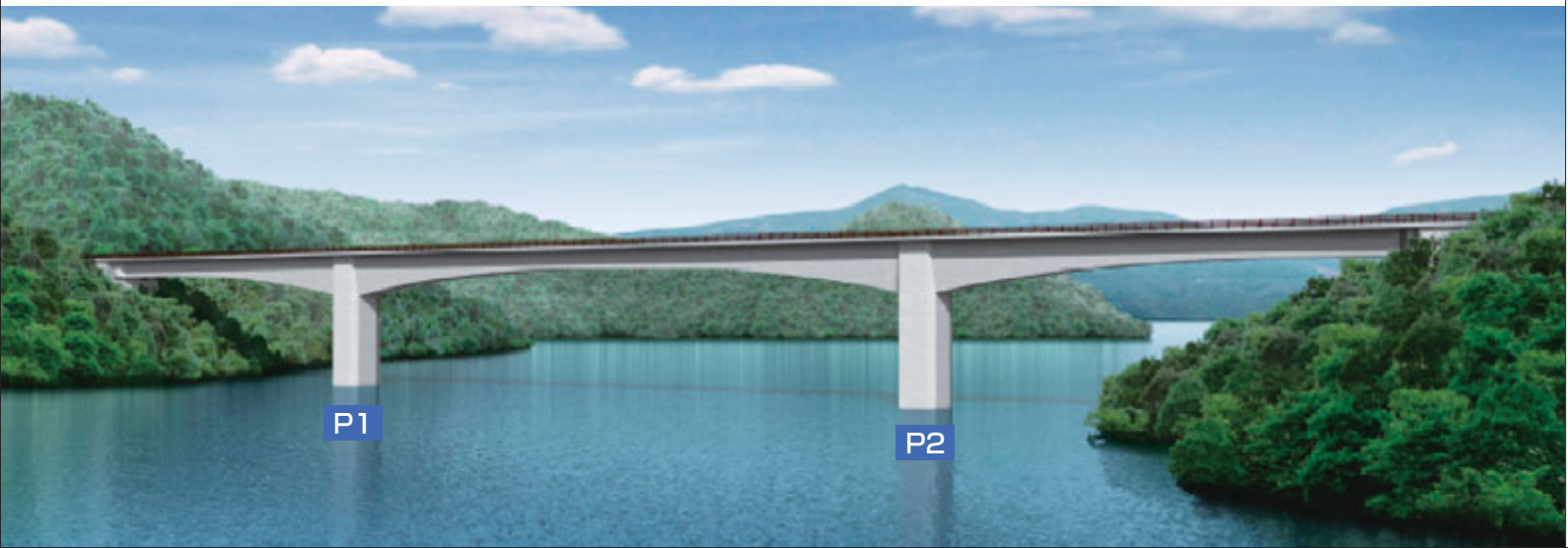
概算施工数量 (橋脚部)

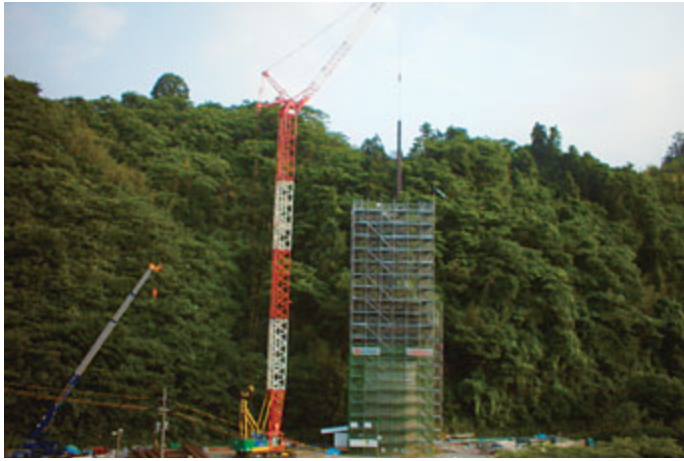
	橋脚高さ (m)	橋脚CON (m ³)	H形鋼 (t)	鉄筋 (t)
P1橋脚	53.5	1,670m ³	344t	292t
P2橋脚	39.5	30-15-20BB	H-350	D32など

尾崎山方線1号橋概要図



完成予想図





スパイラルカラムの建込み1



スパイラルカラムの建込み2



スパイラルカラムの接合1



スパイラルカラムの接合2



スパイラルカラムの建込み完了



帯鉄筋組立



型枠組立



コンクリート打設

3H工法の今後の展開

さらなるコスト縮減と工期短縮

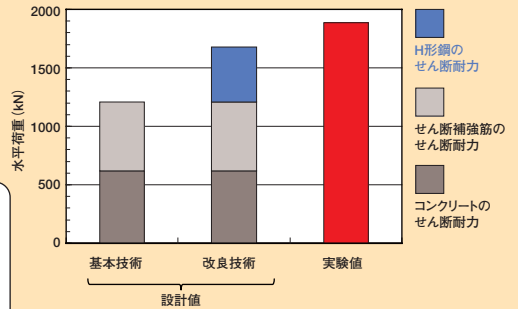
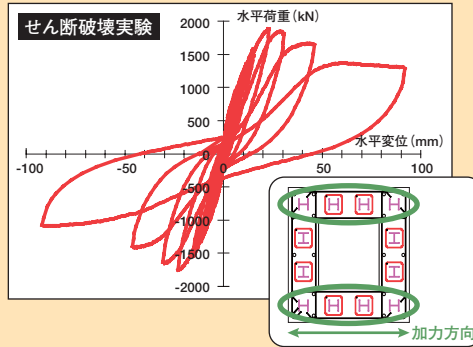
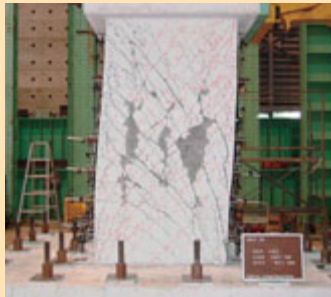
3H工法は、部材のプレハブ化による施工の合理化とコスト縮減等を実現しました。
 現在は、設計手法や3Hパネルの改良による更なるコスト縮減などに、新たに取組んでいます。

設計手法の改良

せん断補強筋量を削減

柱模型を用いた実験により、H形鋼のせん断耐力への寄与分を確認。

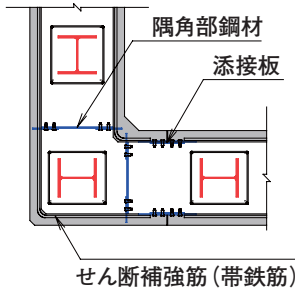
H形鋼のせん断耐力：中空矩形断面において、コンクリートのせん断耐力を算出する幅内に存在するH形鋼（下図の緑色で囲まれた部分のH形鋼）の全断面積の20%が橋脚のせん断耐力に寄与。



3Hパネルの接合方法の改良

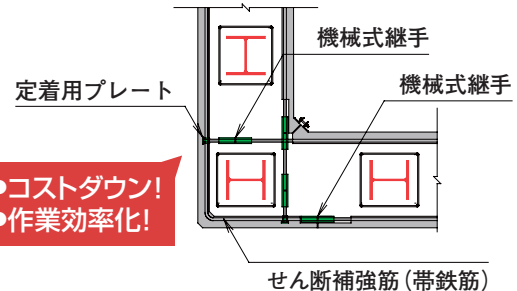
製作コストを縮減

基本技術〈添接板による接合〉



改良

改良技術〈機械式継手による接合〉



- コストダウン!
- 作業効率化!

※成瀬ダム国道付替1号橋下部工工事で適用

在来工法と3H工法との工期、コスト縮減効果の比較

比較技術	在来工法	3H工法
コスト		
[条件] 3Hパネルを除く型枠施工		〈現時点で達成〉
橋脚高40m級	在来工法に比べ	6%コストダウン
橋脚高60m級	在来工法に比べ	10%コストダウン
		〈改良による効果〉
		10%コストダウン
		15%コストダウン
工期		
型枠施工	在来工法に比べ	25%短縮
3Hパネル	在来工法に比べ	50%短縮
		30%短縮
		55%短縮

上記効果は、せん断補強筋量を30%削減、3Hパネルの製作コストを30%縮減できるとした場合の効果です。

特許権の取扱い

3H工法には、特許第3463074号および特許第3424012号が
設定され、3H工法の開発者全者(13者)で共有しています。



特許第3463074号

発明の名称

「塔構造物の構築方法及び塔構造物の構造」



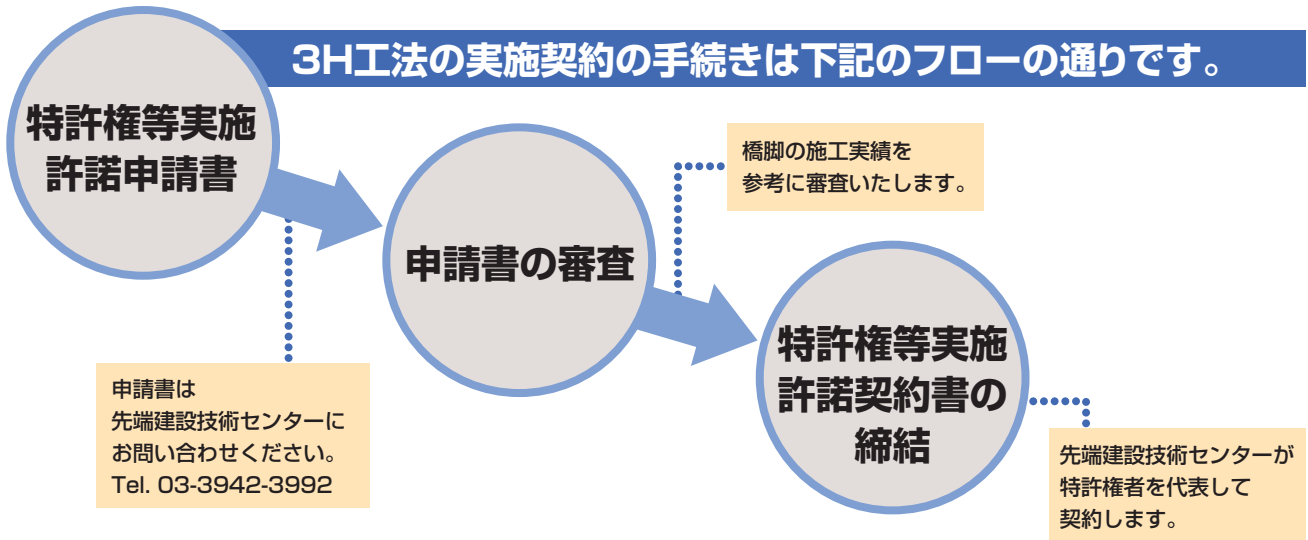
特許第3424012号

発明の名称

「構築物における鋼材の接合構造」

3H工法を使用される施工者の方へのお願い

3H工法の実施契約の手続きは下記のフローの通りです。



**効率的な実施権の付与体制が
確立されています。**

財団法人先端建設技術センターが代表して実施許諾及び実施許諾契約を締結する効率的な実施権の付与体制を確立しております。

**実施権は、特許権が終了するまで
付与されます。**

第1回目の実施契約は、最長で10年間を予定しますが、その後の契約更新を経て、特許付与期間が終了するまで実施権を保有できます。
契約更新には、費用はかかりません。

3H工法的设计・施工に関する問合せ先

財団法人 先端建設技術センター 普及振興部

〒112-0012 東京都文京区大塚 2-15-6 ニッセイ音羽ビル 4階 TEL:03-3942-3992 FAX:03-3942-0424

株式会社 IHI インフラシステム 技術本部 開発部 研究開発課

〒590-0977 大阪府堺市堺区大浜西町 3番地 TEL:072-223-0980 FAX:072-223-0854

株式会社奥村組 技術研究所

〒300-2612 茨城県つくば市大砂 378 TEL:029-865-1521(代) FAX:029-865-1522

佐藤工業株式会社 技術研究所

〒243-0123 神奈川県厚木市森の里青山 14-10 TEL:046-270-3091 FAX:046-270-3093

清水建設株式会社 土木技術本部 設計第一部

〒105-8007 東京都港区芝浦 1-2-3 シーバンス S館 TEL:03-5441-0596 FAX:03-5441-0543

東急建設株式会社 土木総本部 土木技術部

〒150-8340 東京都渋谷区渋谷 1-16-14 渋谷地下鉄ビル TEL:03-5466-5160 FAX:03-3797-7547

飛鳥建設株式会社 土木事業本部 土木技術部 設計グループ

〒102-8332 東京都千代田区三番町 2番地 TEL:03-5214-7092 FAX:03-5276-2526

日本ヒューム株式会社 技術本部 技術部

〒105-0004 東京都港区新橋 5-33-11 TEL:03-3433-4114 FAX:03-3436-3275

株式会社間組 土木事業本部 技術第二部

〒105-0001 東京都港区虎ノ門 2-2-5 TEL:03-3588-5762 FAX:03-3588-5755

株式会社フジタ 建設本部 土木エンジニアリングセンター 設計部

〒151-8570 東京都渋谷区千駄ヶ谷 4-25-2 修養団 SYDビル TEL:03-3796-2299 FAX:03-3356-8265

前田建設工業株式会社 土木部 設計グループ

〒179-8903 東京都練馬区高松 5-8 J.CITY TEL:03-5372-4953 FAX:03-5372-4766

特許権の実施許諾および契約に関する問合せ先

財団法人 先端建設技術センター 普及振興部

〒112-0012 東京都文京区大塚 2-15-6 ニッセイ音羽ビル 4階 TEL:03-3942-3992 FAX:03-3942-0424

独立行政法人土木研究所 技術推進本部

〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 TEL:029-879-6800 FAX:029-879-6732

