

高橋脚の短期施工法—3H工法—

福井次郎・笹谷輝勝

3H工法は、中空断面の高橋脚を構築する新技術である。本工法の構造は、従来の鉄筋コンクリート構造における軸方向鉄筋の代わりにH形鋼または鋼管を用い、これに中間帯鉄筋の代わりに高張力スパイラル筋を巻付けた鉄骨鉄筋柱状体（スパイラルカラム）を断面内に複数本配置した複合構造である。また、型枠として、帯鉄筋が内蔵されたプレキャスト製埋設型枠（3Hパネル）またはシステム型枠を採用した昇降式移動型枠を適宜選択できる。以上の構造と施工法により、耐震性の向上、工期の短縮、工費の低減、環境保全、品質・美観の向上を図ることができる。

キーワード：高橋脚，SRC構造，複合構造，埋設型枠，昇降式移動型枠，工期短縮，工費低減，環境

1. はじめに

わが国の高規格幹線道路をはじめとする道路建設は、近年、用地の制約等から山岳部に建設されることが多くなってきた。山岳部道路は、一般道路では切土、盛土区間を主体とし、山肌を縫うような線形となることが多いが、高規格道路は設計速度が速いため、このような線形が困難であり、切土、盛土法面が長大となり、工期、工費だけでなく、環境上の問題がある。

このため、谷や沢を横断する橋梁を設置せざるを得ない場合があるが、谷が深いと橋脚高が非常に高くなり、従来の鉄筋コンクリート構造では、合理的な設計・施工が困難である。

このような背景の中、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及び民間11社は、高橋脚をより合理的に建設できる技術の開発を目的に、平成7年度より、官民連帯共同研究「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」を実施し、高橋脚建設のための新技術「Hybrid Hollow High pier (3H) 工法」を開発した。本報文では、本工法の概要、施工事例等について報告する。

2. 工法の概要

(1) 構造

3H工法は、中空断面の高橋脚を構築する技術である。図-1に示すように、従来の鉄筋コンクリート構造における軸方向鉄筋および中間帯鉄筋の代わりに、

高張力スパイラル筋を巻付けた鉄骨鉄筋柱状体（以下、スパイラルカラム）を断面内に複数本配置したハイブリッド（複合）構造である。

スパイラルカラムを構成する軸方向鋼材には、H

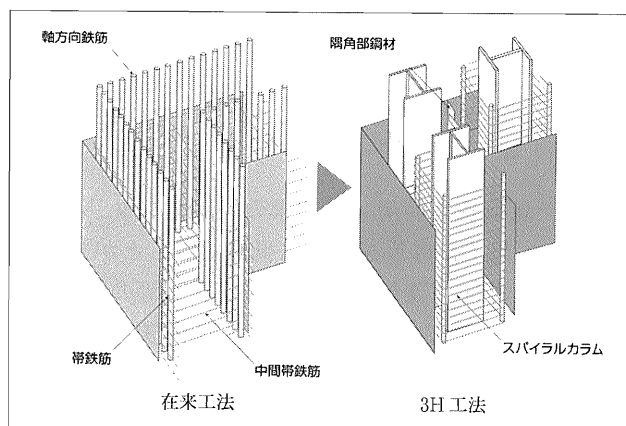


図-1 3H橋脚の断面構造

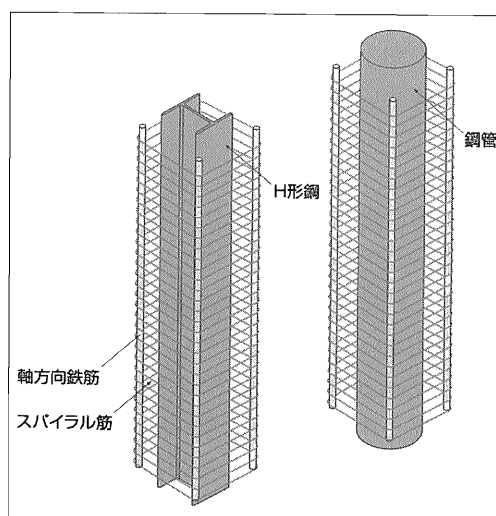


図-2 スパイラルカラム

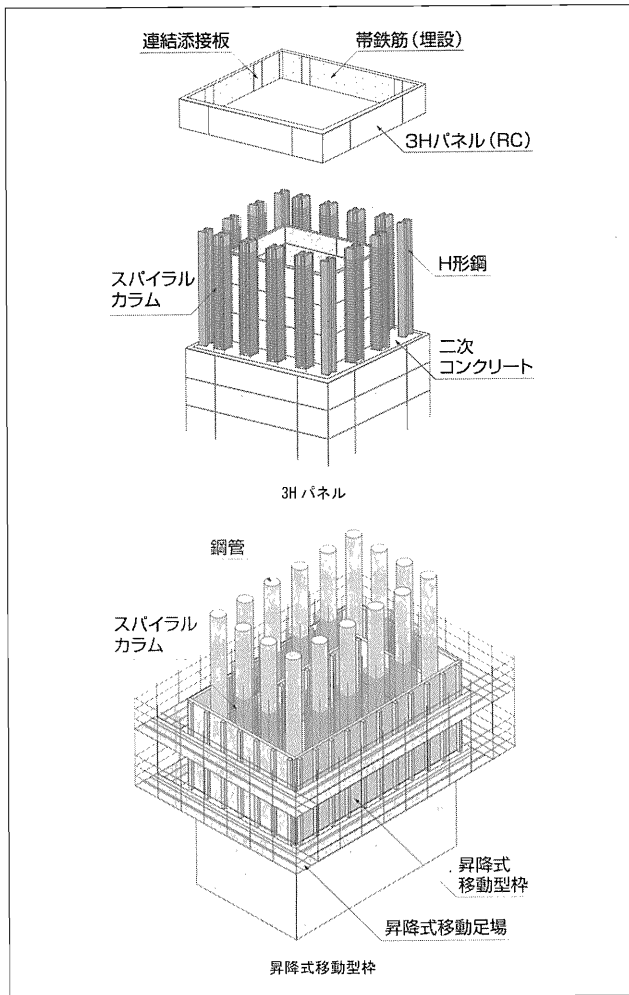


図-3 型枠の概要

形鋼または鋼管を使用し、従来の鉄筋コンクリート橋脚に比べ、軸方向鉄筋を大幅に低減することができる。

また、スパイラル筋は中間帯鉄筋と同等の拘束効果を発揮するとともに、軸方向鋼材の座屈防止機能も兼ね備えている（図-2）。型枠としては、図-3に示すように帯鉄筋が内蔵されたプレキャスト製埋設型枠（以下、3Hパネル）またはシステム型枠を採用した昇降式移動型枠を適宜選択できる。以上の構造と施工法により、耐震性の向上、工期の短縮、工費の低減、環境保全、品質・美観の向上を図ることができる。

（2）設計法

3H工法の基本的な構造は上記のように、鉄骨・鉄筋コンクリート構造（SRC構造）である。その設計は通常のSRC構造と同様、鉄骨を鉄筋に換算して断面剛性、耐力を算出する。

ただし、3H工法は通常のSRC構造であること以外に、スパイラル筋を中間帯鉄筋と同様の拘束効果を発揮する横拘束筋として取扱うところに特徴を有している。そこで、実験および解析によりスパイラル筋の

効果を検証して設計法を開発し、設計マニュアルを作成した。

（3）施工法

3H工法の主要部材であるスパイラルカラムは、最初に地上でH型鋼、軸方向鉄筋およびスパイラル筋を地組みする。地組みは、架台上に設置したH型鋼に支持金具で4本の軸方向鉄筋を取付け、次にスパイラル筋の束を挿入して引伸ばし、軸方向鉄筋に番線で固定して完成である。地組みされたスパイラルカラムはクレーンで設置位置に建込み、H型鋼はボルト、軸方向鉄筋は機械式継手で連結するため、鉄筋に比べ、施工が非常に容易であり、安全性も高い（写真-1～写真-2）。

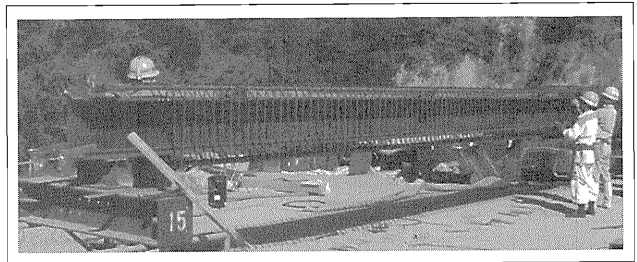


写真-1 スパイラルカラム地組み

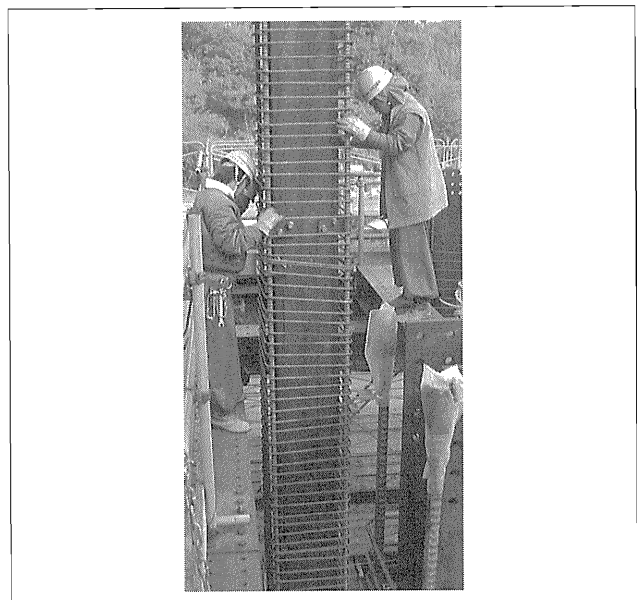


写真-2 スパイラルカラム建込み

3H工法の型枠施工として、3Hパネルによる施工と昇降式移動型枠による施工が選択できる。適用高さとしては、3Hパネルは30～50m程度、昇降式移動型枠は40m以上が有利と想定している。

3Hパネルは工場で作成するプレキャスト製埋設型枠であるため、製作精度が高い。また、帯鉄筋を内蔵しているため現場での配筋作業が不必要である。3H

パネルは「コ」の字形タイプと平板タイプの2種類があり(写真-3)、これらを組合わせて中空断面を形成する。

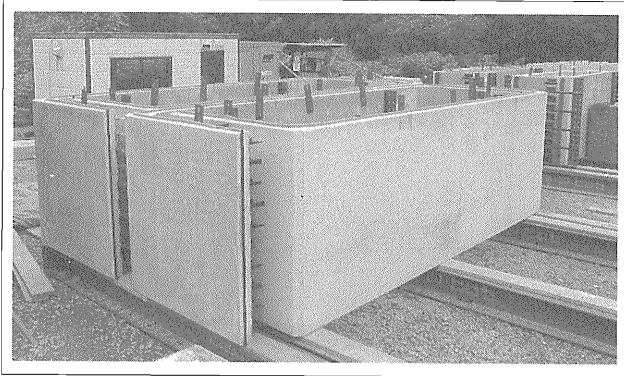


写真-3 3Hパネル

3Hパネル同士は、内蔵されている帯鉄筋に取付けられた埋込み鋼板同士を突合わせ、連結添接板およびトルシア形高力ボルトによって摩擦接合する。また、3Hパネルの外パネルと内パネルは隅角部鋼材で連結している(写真-4)。

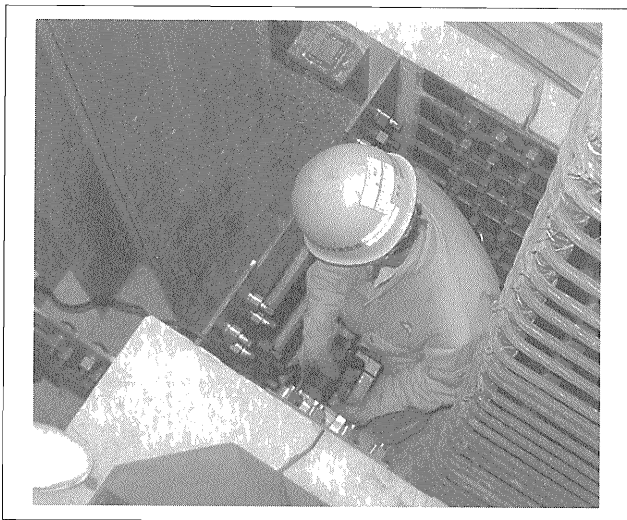


写真-4 3Hパネル連結状況

一方、昇降式移動型枠はシステム型枠であるため型枠組立て解体作業の省力化が図られるとともに、下降可能であることから危険を伴う足場組立て解体作業を地上で行うことができ安全性が向上する(写真-5)。

昇降式移動型枠は、作業用の足場と大型型枠を搭載した昇降用の作業ステージにコンピュータで制御する昇降ロボットジャッキを4~8台配置し、昇降するものである。このジャッキシステムは、油圧シリンダ、油圧制御装置、チャック(把持)装置、コンピュータ、各種センサより構成され(図-4)、昇降ロボットジャッキ本体中心部に配置された上下2組のチャック装置内を貫通する鋼管ロッド(直径76mm、長さ3m)を

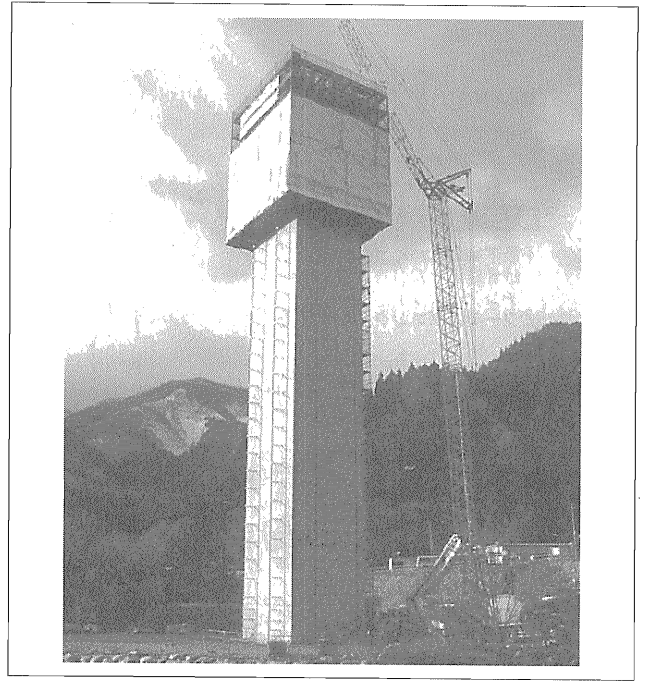


写真-5 昇降式移動型枠

押下げて、作業ステージを昇降させる構造である。

鋼管ロッドは所定間隔で座屈防止のロッドステイで橋脚壁面に固定され、水平荷重(風荷重)は躯体に押付けられた振止めローラにより減衰される。昇降ロボットジャッキは、各昇降ロボットジャッキの作動情報とレベルセンサ計測値で制御する。レベル制御の精度は

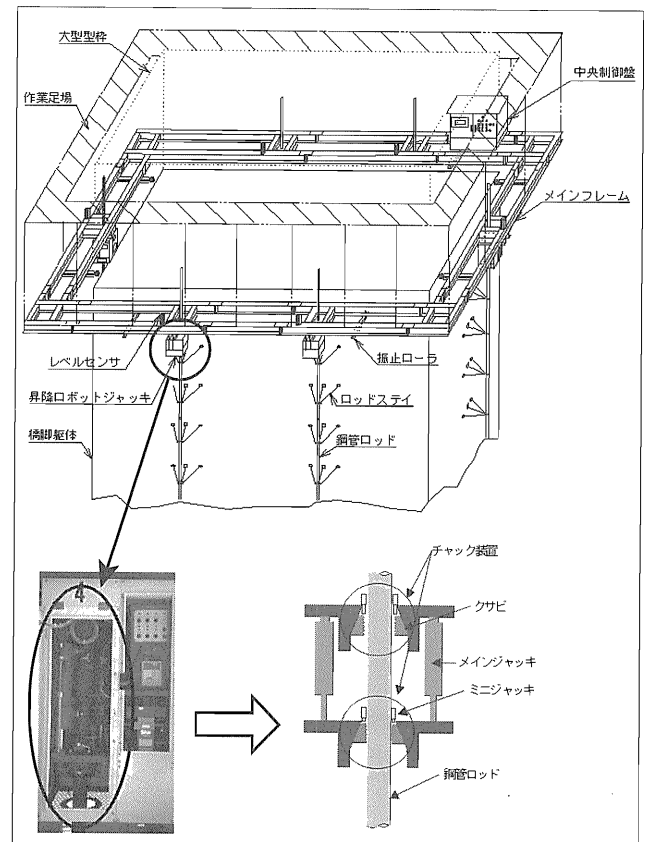


図-4 昇降式移動型枠

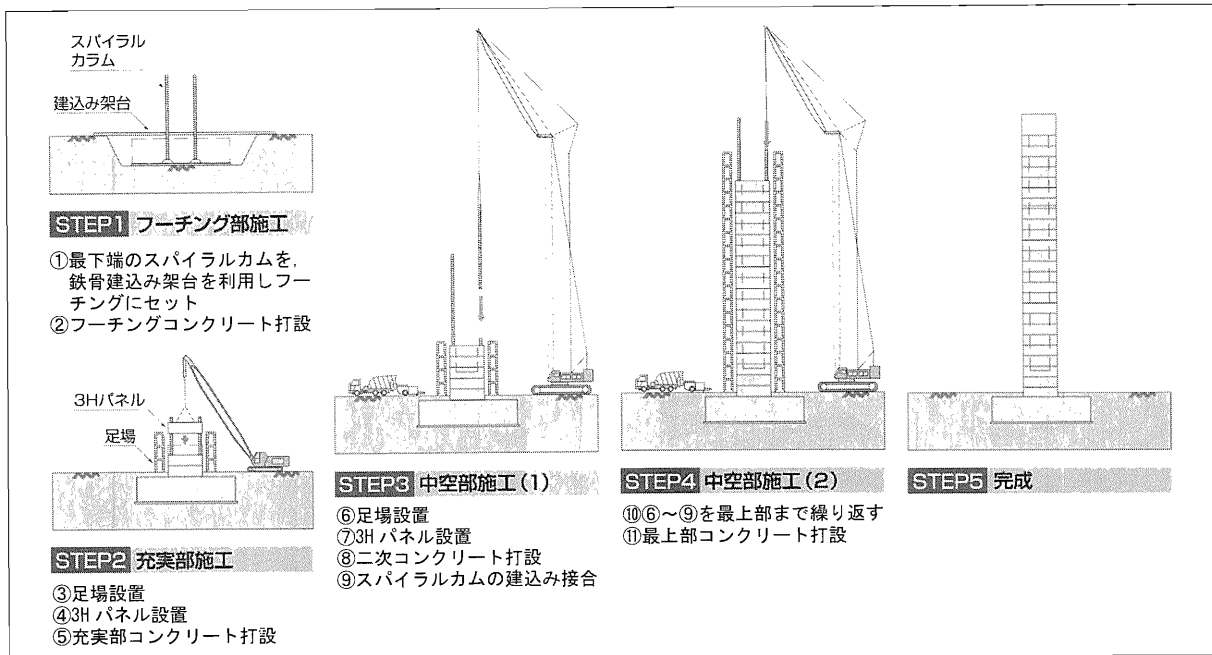


図-5 3Hパネルによる施工

5 mm 以内である。

以下に、各施工法の施工手順について示す。

(a) 3H パネルによる施工 (図-5)

• Step 1：フーチング部の施工

- ① 最下端のスパイラルカムを鉄骨建込み架台を利用してフーチングにセット
- ② フーチングコンクリートを打設

• Step 2：柱基部の充実部施工

- ③ 足場設置
- ④ 3H パネル設置

⑤ 充実部コンクリート打設

• Step 3：中空部施工(1)

- ⑥ 足場設置
- ⑦ 3H パネル設置
- ⑧ 二次コンクリート打設
- ⑨ スパイラルカムの建込み接合

• Step 4：中空部施工(2)

- ⑩ ⑥～⑨を最上部まで繰り返す
- ⑪ 最上部コンクリート打設

• Step 5：完成

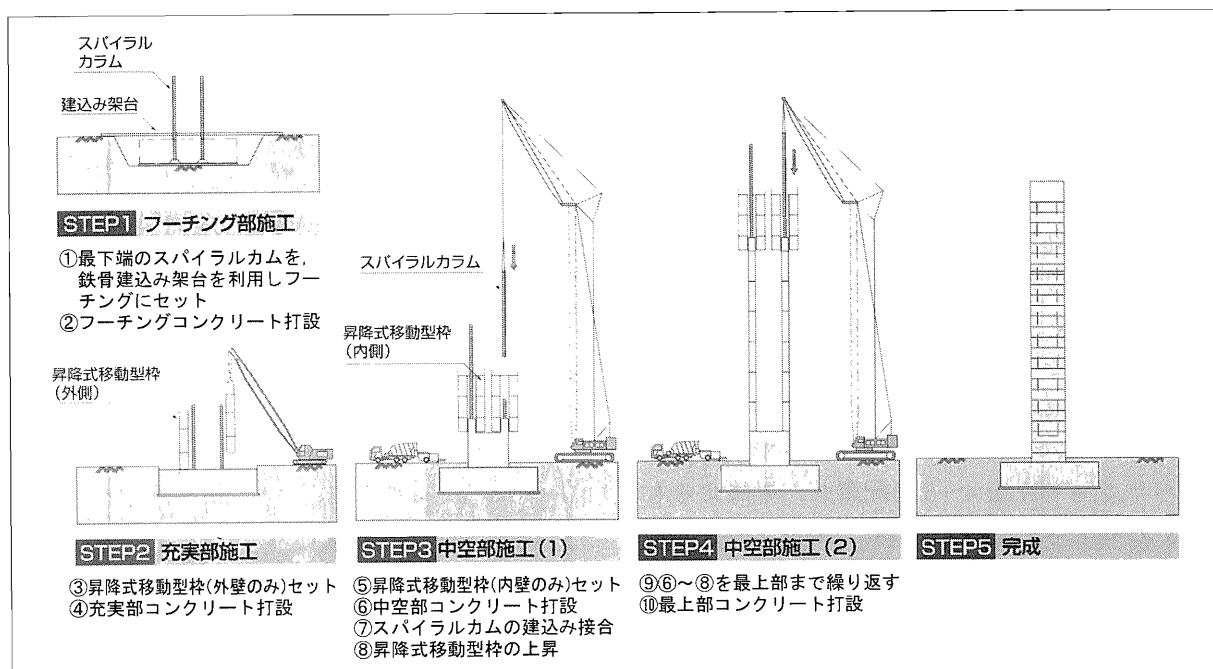


図-6 昇降式移動型枠による施工

(b) 昇降式移動型枠による施工 (図一6)

- Step 1: フーチング部の施工
 - 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てフーチングにセット
 - ② フーチングコンクリートを打設
- Step 2: 柱基部の充実部施工
 - 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
- Step 3: 中空部施工 (1)
 - ⑤ 昇降式移動型枠 (内側のみ) 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
- Step 4: 中空部施工 (2)
 - ⑨ ⑥～⑧を最上部まで繰り返す
 - ⑩ 最上部コンクリート打設
- Step 5: 完成

3. 施工事例

ここでは、3Hパネルによる施工事例および昇降式移動型枠による施工事例を紹介する。

(1) 施工事例1: 飯牟礼2号橋

飯牟礼2号橋は、八代市から鹿児島市を結ぶ南九州西回り自動車道のうち伊集院IC～市来IC間の伊集院飯牟礼に位置し、この地域特有の地形であるシラス台地の開析谷を鋼4径間連続〔箱形+トラス〕橋である。本橋の橋脚は柱高が38mと高いため、従来の鉄筋コンクリート構造では鉄筋量が非常に多く、加えて平成8年度道路橋示方書での帯鉄筋および中間帯鉄筋の規



写真一六 3H工法による高橋脚工事全景 (飯牟礼2号橋)

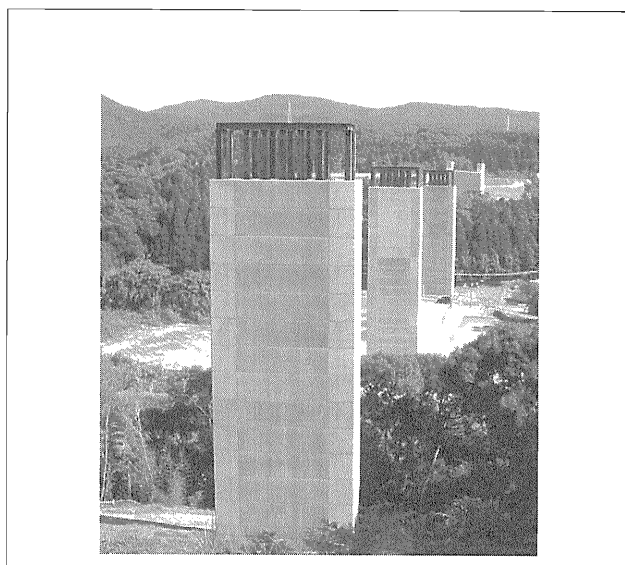
定が改訂されたことにより、配筋作業が非常に困難となることから、高橋脚となるP2、P3橋脚に試験フィールド工事として3H工法が採用された。

工事全景を写真一6に示す。本工事では、橋脚部の現場工期が、8割に短縮できた。

(2) 施工事例2: 八房橋

八房橋は、飯牟礼2号線と同じく南九州西回り自動車道のうち、八房川を渡河するPC4径間連続ラーメン箱桁橋であり、橋梁の計画高さと同河川との高低差が約45mと高い。

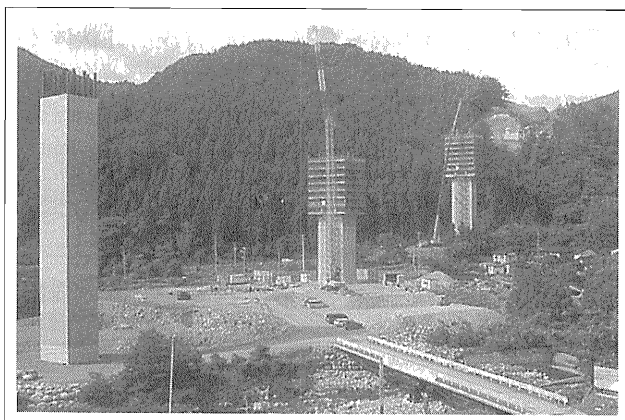
また、橋脚が河川内に位置しており、この下部工事を1回の非出水期のみで施工完了させる必要があったため、工期を短縮する目的で型枠には3Hパネルが採用された。施工状況を写真一7に示す。



写真一七 3H工法による高橋脚工事全景 (八房橋)

(3) 施工事例3: 洞泉橋

本橋梁は、釜石市～遠野市を結ぶ仙人峠道路の中でも最も長い橋で、甲子川、JR釜石線を跨ぐPC5径



写真一八 3H工法による高橋脚工事全景 (洞泉橋)

間連続ラーメン箱桁橋である。橋脚の高さが50mであることから経済性を考慮し、型枠は昇降式移動型枠が採用された。施工状況を写真—8に示す。

4. 効果の分析

表—1に従来工法と3H工法の工期と工費を比較した結果を示す。3H工法では、施工性の合理化を図っており、工期を短縮することができる。特に、3Hパネル方式の場合、その効果はきわめて高い。工費は特殊な材料を使用しているため、直接工事費は在来工法に比べやや高くなる傾向にある。ただし、工期短縮に伴う間接費の減少があるため、全体工事費は在来工法と同等か安くなることが期待される。

表—1 在来工法と3H工法の工期、工費の比較

モデル橋梁	橋脚高さ	工法名	施工法	工期	直接工事費
仮想橋梁-1	30m	在来工法	総足場	1.00	1.00
			3H工法	3Hパネル	0.82
		3H工法	移動型枠	1.01	1.02
仮想橋梁-2	50m	在来工法	移動型枠	1.00	1.00
		3H工法	移動型枠	0.72	0.94
仮想橋梁-3	60m	在来工法	総足場	1.00	1.00
			3H工法	3Hパネル	0.67
		3H工法	移動型枠	0.88	0.89

図—7は、八房橋における工期短縮の実例を示したものである。作業サイクルが在来工法の半分以下となっており、大幅な工期短縮が可能であることがよく分かる。昇降式移動型枠は作業ステージの組立て、解体に時間を要するため、橋脚高さが低い場合はその利点は活かせないが、橋脚高さが50m程度以上であれば、工費及び工期ともに従来工法に比べ優位となる。

5. おわりに

高張力スパイラル筋を巻付けた鉄骨鉄筋柱状体であ

るスパイラルカラムは、施工合理化と耐震性を実現できる3H工法独自技術であり、特許を取得している。

共同研究終了後、共同研究のメンバーは研究会を組織し、設計者へのアドバイス、実施工のサポート、マニュアル・歩掛の改訂等を行ってきたが、特許を取得できたことから、研究会を発展解消し、コンソーシアムを設立することを現在検討中である。

3H工法による橋梁下部工の施工実績は、今回紹介した3件のみであるが、現在、本工法による詳細設計が発注されるなど、今後さらなる飛躍が期待できる。なお、本報文を執筆中に新潟県中越地震が発生した。今後とも、災害に強い耐震性の高い構造物の設計・施工技術の開発が必要であることを痛感している。

最後に、本稿をまとめるにあたり写真等の資料提供をいただいた発注機関に感謝致します。 JCMA

《参考文献》

- 1) 建設省道路局：道路技術五箇年計画，1993.6
- 2) 土木研究所：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—研究開発報告書—，No. 223，1999.4
- 3) 福井次郎：土木研究所の新技術〔11〕3H工法，土木技術，59巻，7号，pp.90-99，2004.7

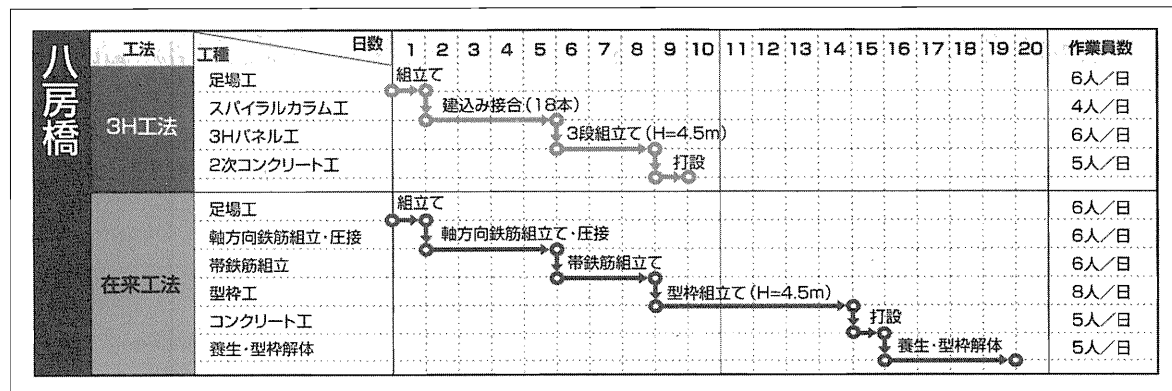
【筆者紹介】



福井 次郎（ふくい じろう）
 独立行政法人土木研究所
 構造物グループ（基礎）
 上席研究員
 fukui@pwri.go.jp



畑谷 輝勝（ささや てるかつ）
 株式会社フジタ
 技術センター
 土木研究部
 次長



図—7 工期短縮の実例（八房橋）