

# 鋼管・コンクリート複合構造橋脚 ——大分自動車道 横道橋——

市川 博康\*1・馬淵 勝美\*2・鮎川 正裕\*3

## 1. はじめに

現在我が国の建設産業は、早急な社会資本整備が求められている一方で、技能労働者の不足や労働者の高齢化等の問題を抱えている。このような情勢にあって、今後計画される高速道路建設の在り方を考えるとき、これまでの材料ミニマム優先の設計から、構造の単純化による省力化に向けた検討が重要かつ急務であると考えられる。

日本道路公団福岡建設局では、今後ますます多くなる山岳橋梁の「高橋脚」の省力化施工を目指し、新工法「ハイブリッド・スリップフォーム工法」の開発に取り組んでいる。本工法は、鉄筋コンクリート橋脚内部に鋼管を配し、帯鉄筋にはPCストランドを巻き付ける構造を採用することで、施工性の改善を図っているものである。したがって、鋼管とコンクリートの合成效果や、PCストランドによるせん断補強効果など、設計面においても重要な検討課題を有する構造形式となっている。

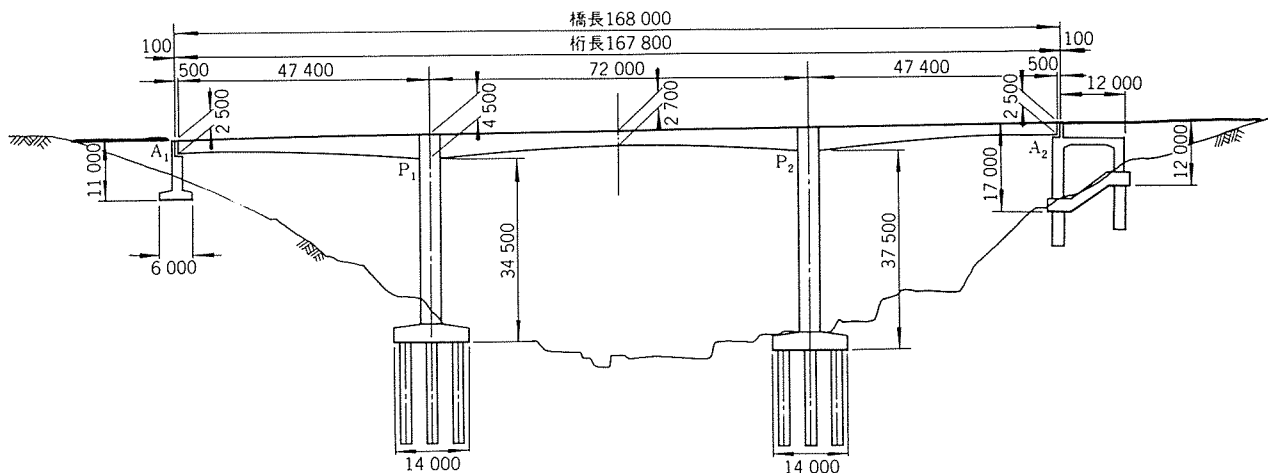
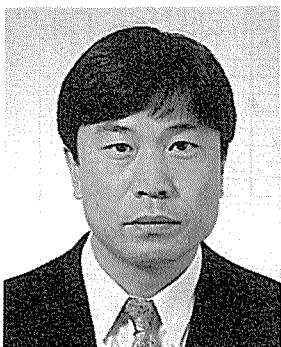


図-1 横道橋 橋梁一般図



\*1 Hiroyasu ICHIKAWA  
日本道路公団  
福岡建設局 構造技術課  
課長代理



\*2 Katsumi MABUCHI  
日本道路公団  
福岡建設局  
日田工事事務所  
九重工事長



\*3 Masahiro AYUKAWA  
日本道路公団  
福岡建設局  
日田工事事務所  
九重工事区

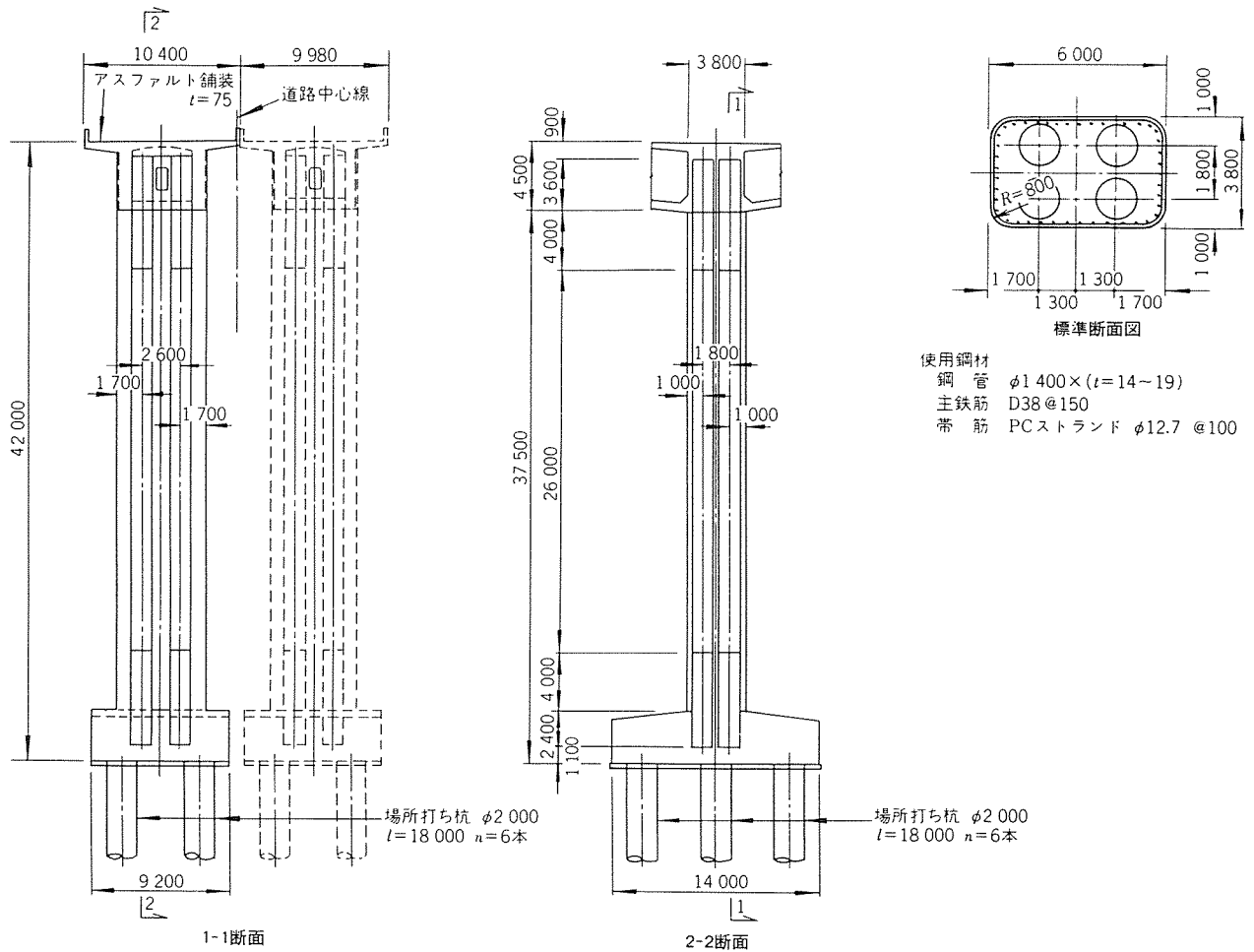


図-2 横道橋 橋脚構造図

本文は、「ハイブリッド・スリップフォーム工法」について概説するとともに、本工法を初採用した九州横断自動車道「横道橋」橋脚の設計と施工について述べるものである。

## 2. 橋梁概要

横道橋の橋梁概要を以下に示す。P<sub>1</sub>橋脚，P<sub>2</sub>橋脚2基を本工法で施工した。図-1に横道橋の橋梁一般図，図-2に橋脚構造図を示す。

- ・路線名：九州横断自動車道 長崎大分線
- ・架橋位置：大分県玖珠郡九重町
- ・橋格：一等橋 (B活荷重)
- ・構造形式：PC 3径間連続ラーメン箱桁橋
- ・橋長：168.0 m
- ・支間割：47.4+72.0+47.4 m
- ・幅員：9.0 m

## 3. 本工法の概要

本工法は、橋脚構造として鉄筋コンクリート橋脚内部

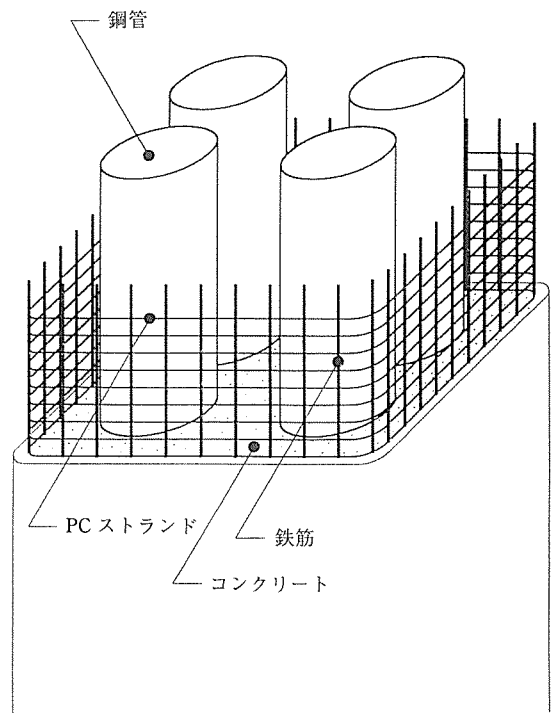


図-3 鋼管・コンクリート複合構造 概念図

に鋼管を配し、帯鉄筋にはPCストランドを巻き付ける「鋼管コンクリート複合構造」(図-3)を採用している。これにより、従来の鉄筋コンクリート構造に比べ、

- ① 主鉄筋量が大幅に低減できる
- ② 帯鉄筋の加工・組立作業が軽減できる
- ③ 鋼管を内型枠として利用できることから中空橋脚における内型枠が省略できる

さらに、コンクリート作業として、鋼管柱を反力台としたスリップフォーム工法を採用することで、型枠の組立作業の削減および急速化を図っている。

### 3.1 施工順序

施工順序を図-4に示す。

- 1) 最下段の鋼管を、支持架台を用いてフーチングに埋め込み定着する。足場を組み立て、鋼管を順次クレーンで吊り込み、溶接作業を繰り返し、最上部まで鋼管を建て込む。
- 2) 鋼管の最上部に、スリップフォーム装置を吊り下げるための反力架台および吊り材(PCストランド)を取り付ける。地上ではスリップフォーム装置を組み立て、ジャッキを介して吊り下げる。
- 3) 主鉄筋の組立て、PCストランドの巻付け、コンクリート打設およびスリップフォーム装置の上昇を繰り返し、橋脚を完成させる。

### 3.2 鋼管の建込み・架設

鋼管は輸送から決まる長さに分割し、現場に搬入する。最下段の鋼管は、所定の精度を確保するため支持架台上に固定し、フーチングの鉄筋コンクリート内に埋め込み定着する。

鋼管溶接の作業床は、あらかじめ鋼管に付けられたブラケットに、地組した作業床を取り付け完成させる。この作業床の外周形状は、主鉄筋組立て時の形状保持フレームとして利用できる形状としている。

### 3.3 鉄筋コンクリート部の施工

本工法で呼んでいる「スリップフォーム装置」とは、図-5に示す3層の作業床を持つワーゲンであり、ジャッキ操作により上昇・下降できる構造となっている。型枠は、橋脚を取り囲むトラス組フレームで側方支持されており、これを中段作業床の下に配置している。

#### (1) コンクリート工

コンクリートの打設は中段作業床で行う。従来のスリップフォーム工法とは異なり、一日の施工分(約2m)を一度に行い、翌朝上昇する段取りとした。これにより、従来のスリップフォーム工法における、24時間連続施工という条件を排除するとともに、コンクリートの凝結時間に関する品質管理を省いている。

#### (2) 型枠工

型枠材には軽量で扱いやすいFRPパネルを使用している。コンクリートの凝結後、FRPパネルを残したままスリップフォーム装置が上昇し、翌日回収する段取りとした。これにより、型枠が直接コンクリート面を擡り上がる時の美観の問題や、コンクリートの初期養生に関する問題を改善している。

#### (3) 鋼材の組立て

鋼材(主鉄筋、PCストランド)の組立ては中段作業床で行う。主鉄筋の組立てでは、前述した鋼管建込み時の作業床が、位置決めフレームとなっており、容易な作

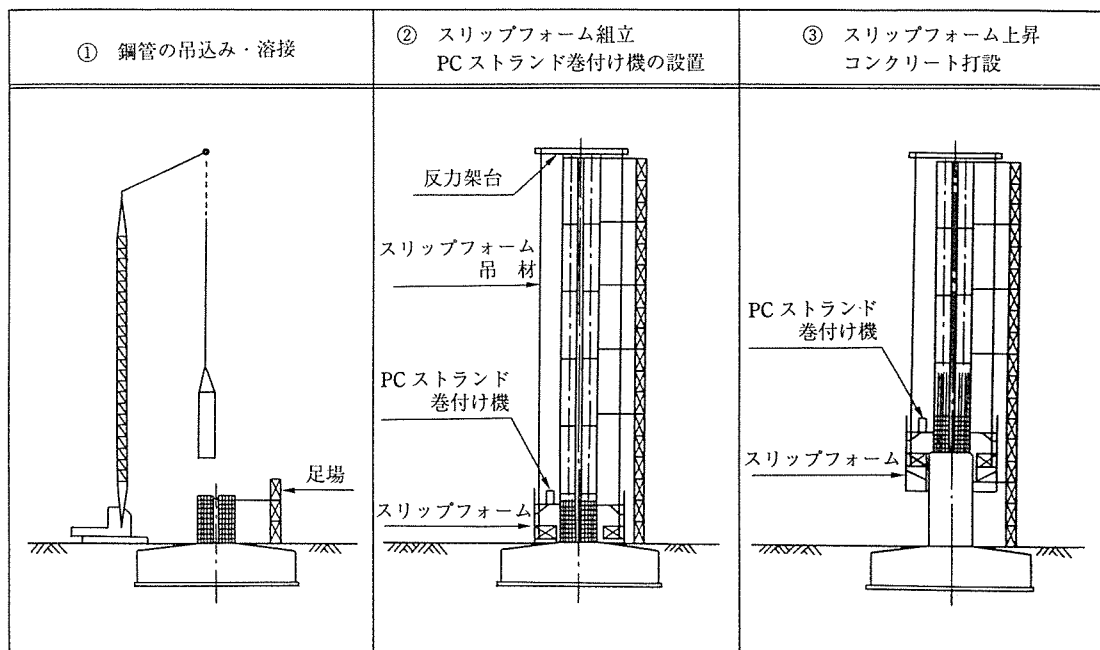


図-4 施工順序

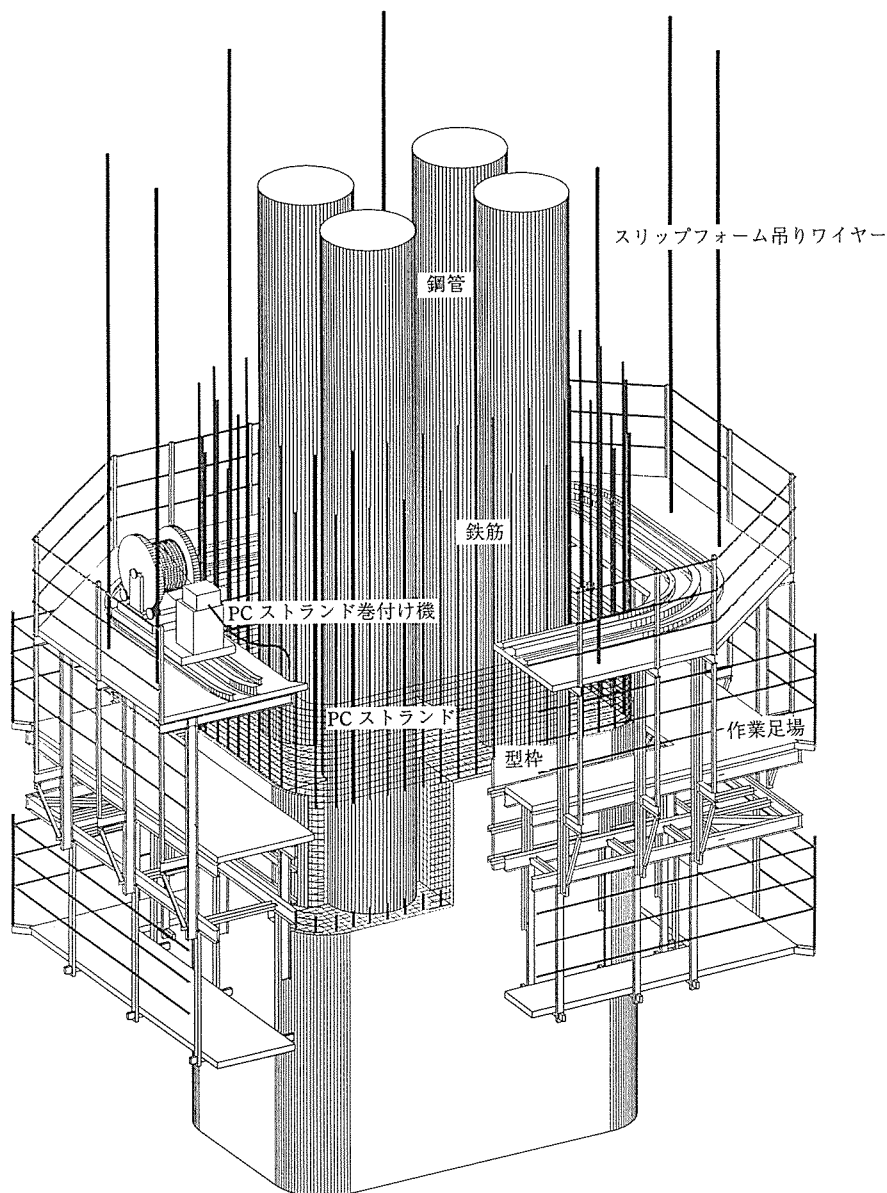


図-5 スリップフォーム装置

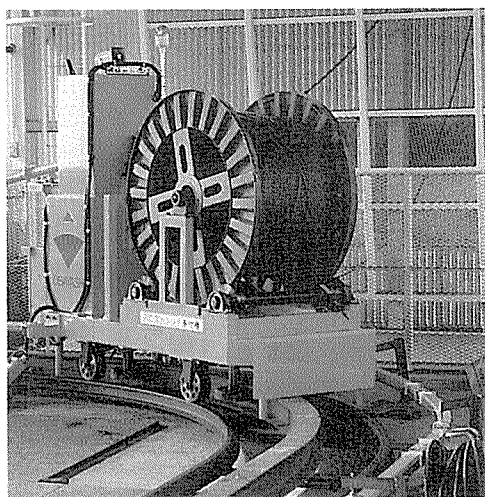


写真-1 PCストランド巻付け装置

業となっている。一方、PCストランドの巻付けでは、PCストランドのアンリーラーを載せた台車を用いる(写真-1)。この台車は、上段作業床上で橋脚を周回し、これより引き出されるPCストランドを、中段作業床の作業員が主鉄筋に結束する方法を取っている。

#### (4) スリップフォーム装置の上昇

スリップフォーム装置の上昇は、20 t油圧ジャッキ8台によって行った。2 mmピッチで2 mの上昇に約30分を要しているが、装置全体の剛性も高く、ほとんど揺れなく上昇した。

上記一連の作業を毎日繰り返すことで、橋脚の急速施工が可能となっている。試験施工では、19ロッドの施工を、作業員8人で残業することなく、毎日連続して施工出来ることが確認できた(図-6, 写真-2)。

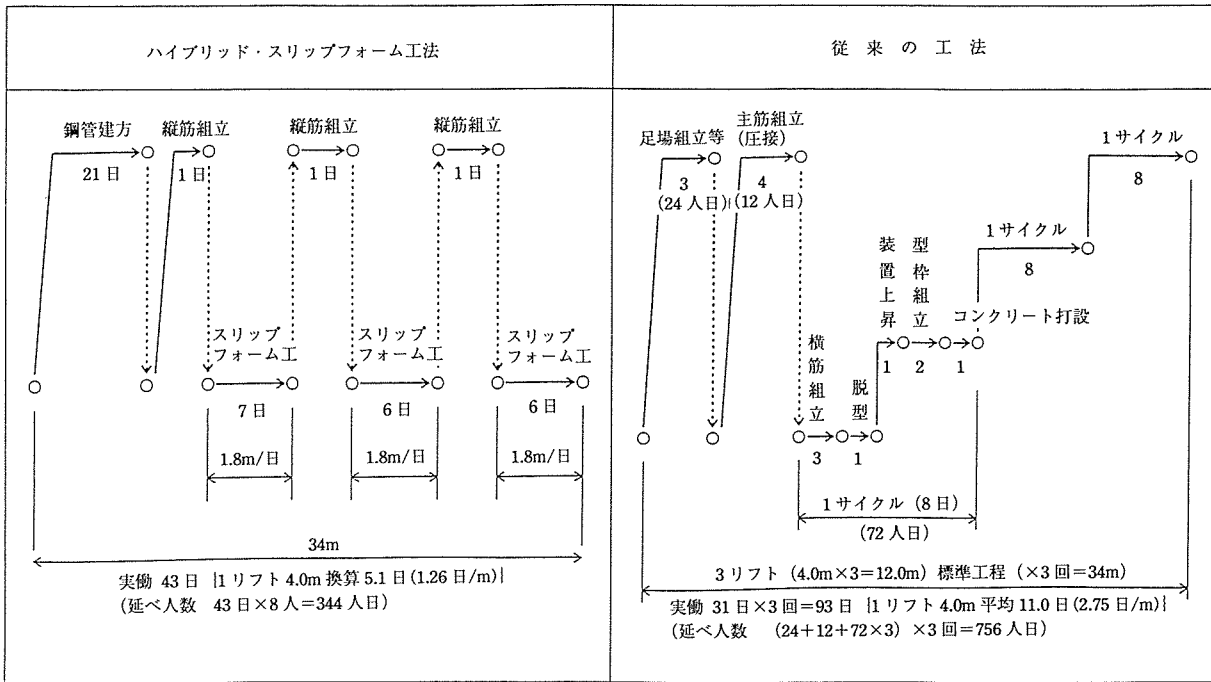


図-6 工事工程の比較

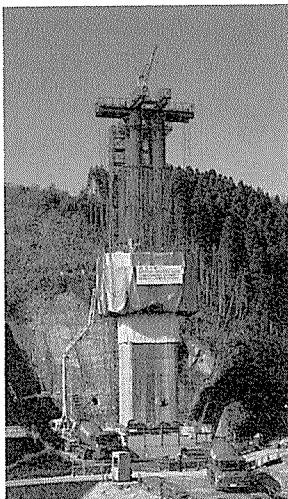


写真-2 横道橋 施工状況

## 4. 設計法の概要

### 4.1 断面設計の基本

鋼管を使用した SRC 構造である本橋脚の断面設計は、鋼管とコンクリートの付着応力度を照査することを前提に、鋼管を鉄筋に換算する RC 方式により行うこととした。鋼管の上下端には、外面リブ付き鋼管を使用することで、確実にコンクリートに定着することとした。

### 4.2 せん断力に対する設計

せん断力に対する設計では、コンクリート部が鋼管より先にせん断破壊ひずみに至ることを考慮し、鋼管を除く RC 部のみで全せん断力を受け持つものとして、コ

ンクリート平均せん断応力度、斜引張鉄筋量の計算を行うこととした。

### 4.3 鋼管定着部の設計

鋼管の定着方法は、工場製作の外面リブ付き鋼管を使用することとし、引抜き力に対して下記の補強を行った。

- 1) 鋼管の外周コンクリートに発生する付着割裂応力に対して、円周方向鉄筋を配置し補強した。
- 2) 定着部の鋼管内部はコンクリートを充填し、鋼管の変形による抜け出しを防止した。

### 4.4 PC ストランドによる帯鉄筋の設計

帯鉄筋に関する現行の設計基準には、せん断補強としての斜め引張り鉄筋、ならびに主鉄筋の座屈防止や柱のじん性確保も考慮した帯鉄筋量の規定がある。通常の棒鋼に比べ約 4 倍の降伏強度を持つ PC ストランドを使用する本橋脚の設計は、上記規定に準じ下記のとおり行った。

#### (1) せん断補強

斜引張り鉄筋量の計算においては、既往の研究成果などに基づき、PC ストランドの地震時許容引張り応力度を  $6000 \text{ kgf/cm}^2$  に制限することとした。

$$A_w = \frac{1.15 S'_h \cdot a}{\sigma_{pa} \cdot d (\sin \theta + \cos \theta)}$$

ここに、 $A_w$  : 間隔  $a$  および角度  $\theta$  で配筋される斜め引張鉄筋の断面積 ( $\text{cm}^2$ )

$S'_h$  : 間隔  $a$  および角度  $\theta$  で配筋される斜め引張鉄筋が負担するせん断力 ( $\text{kgf}$ )

$a$  : 斜め引張鉄筋の部材方向の間隔 ( $\text{cm}$ )



特別な補強を有さないリブ付き鋼管のみの付着強度 56 kgf/cm<sup>2</sup> に対し、実橋と同様鋼管まわりに割裂破壊制御用のリング筋を配した場合 68 kgf/cm<sup>2</sup> と約 2 割の増加を示した。設計用地震時許容付着応力度とした 24 kgf/cm<sup>2</sup> は弾性域にあり、かつ 2.8 倍の安全度を有することが確認できた。

## 5.2 水平加力試験

### (1) 試験目的

横道橋橋脚をプロトタイプとして橋脚全体の耐震性を調べる水平加力試験を行い、鋼管を用いた複合構造の耐震性および帯鉄筋への PC ストランドの適用性を検討した。

### (2) 試験内容

試験体の設計は実橋と次の条件を合わせて行った。

- 1) 鋼管断面の全断面に対する終局モーメント
- 2) せん断スパン比
- 3) 終局時せん断応力度

試験体は、実橋模型である図-9 に示す SRC 試験体と、比較のため曲げ耐力と横補強筋を同様にした RC 試験体の 2 体とした。

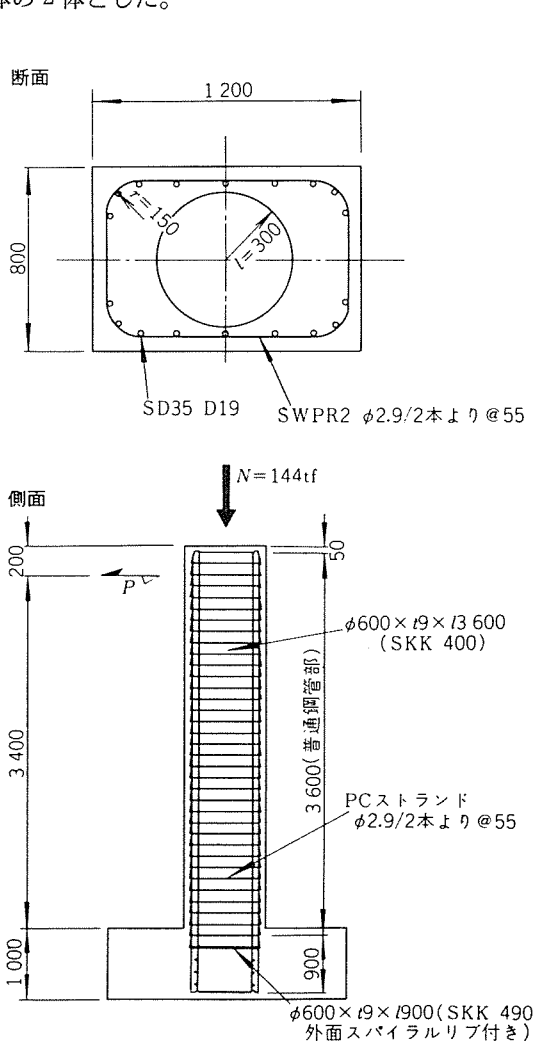


図-9 水平加力試験 試験体

載荷方法は頂部に一定軸力  $N=144$  tf (設計軸圧縮応力度 15 kgf/cm<sup>2</sup>) を載荷した後、変位制御により水平載荷を行った。部材角  $R=1/200, 1/100, 2/100, 3/100, 4/100, 5/100$  でそれぞれ 2 サイクルの正負繰返しの後、正側で最終破壊に至らせた。

### (3) 試験結果

図-10 に得られた荷重変位関係を示す。SRC 試験体については、主軸が座屈し一部の PC ストランドが破断した。 $R=5/100$  以後、最終加力時  $R=8/100$  でも最大荷重の 71 % の耐力を保持した。RC 試験体の場合には、 $R=4/100$  で主筋の座屈とともにコンクリートが広範囲にわたって剥離し、急激に耐力が低下した。

本試験の結果得られた結論は以下にまとめられる。

- 1) SRC 試験体は、累加強度 63.6 tf に対し、84.1 tf の強度を得た。また梁理論計算値による荷重変位関係と極めて良好な一致を示した。
- 2) PC ストランドが、らせん状に配置された SRC 試験体は、RC 試験体に比べ、じん性、エネルギー吸収性能ともにより優れた結果を示した。

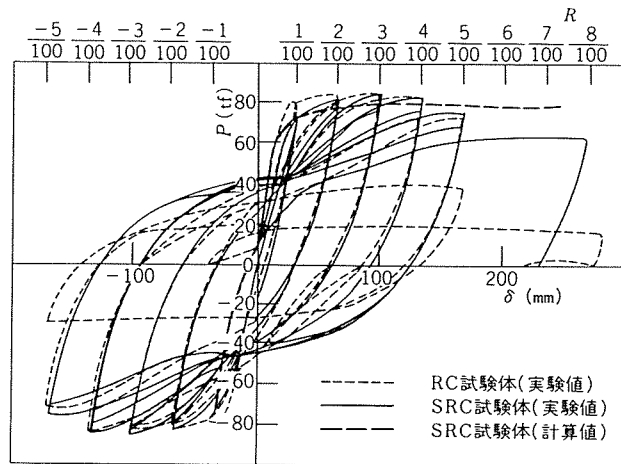


図-10 水平加力試験結果

## 6. おわりに

今回の試験施工には、各方面からの見学者も多くみられ、アンケート調査を通じて、労働力の削減、工期の短縮、安全性、作業環境について、前向きな評価を得た。

今後は在来工法に対する経済的優位性の確保とともに設計施工指針(案)作成に向け、作業を進めているところである。施工規模、施工条件および材料価格等の条件が整えば、在来工法に対する有力な代替工法であると考えられる。

最後に、本試験施工にあたり、技術検討会の委員の方々に、貴重なご意見・ご指導をいただきました。ここに記して深謝いたします。

【1995年1月9日受付】