

パイプビーム工法による函体構築

Box Culvert Construction using Pipe Roofing Method

平原 光彦* Mitsuhiko Hirahara
 占部 徹** Toru Urabe
 勢田 篤史*** Atsushi Seta
 富田 正浩*** Masahiro Tomita

要 約

本工事は、名神、近畿、中国の高速道路3路線が交差する吹田インターチェンジを改良する工事である。このため、ランプウェイの新設・付替工事、橋梁工事、ボックスカルバート構築および舗装工事などを現在施工中である。

本報文は、上記工事の中で、1日当り8万台強の交通量がある名神高速道路本線下において施工中であるパイプビーム工法について報告するものである。本工事において採用されているパイプビーム工法のスパンは、 $L=50\text{ m}$ と非常に長く当社の施工では最長である。また、路面よりパイプ上面までの土被りは約50 cmと小さい条件下での工事である。この長尺パイプビーム工法によりボックスカルバートを構築するものであり、工事概要、工法説明および施工状況等について記載する。

目 次

- §1. はじめに
- §2. 工事概要
- §3. 施工上の制約条件
- §4. パイプビーム工法の概要
- §5. 計測工
- §6. 施工状況
- §7. 今後の課題
- §8. おわりに

§1. はじめに

吹田インターチェンジ周辺は、高速道路3路線（名神高速道路、近畿自動車道、中国自動車道）が交差し、府道大阪中央環状線が併走する交通の一大要衝である。そのため関西圏における都市交通の重要拠点となっている

(Fig. 1, Photo 1 参照)。

しかし、近年交通量の増加により恒常的に交通渋滞が発生している。また、今後関西新空港の開港、阪和自動車道の全線開通等により、ますます交通量が増加し交通渋滞の多発が予想される。

本改良工事は、渋滞解消の抜本対策として、現吹田インターチェンジを供用しながら全面改良するものである。

名神高速道路本線下の工事は、この改良工事の一環として、最小土被り50 cmの条件下でランプウェイ2本(I-1ランプ、 $L=36.5\text{ m}$ 、J-1ランプ、 $L=50.0\text{ m}$)のC-Boxを構築するものである。

本報文では、現在施工中のパイプビーム工法によるC-Box構築のうち、以下の点に着目し、その概要を述べる。

- ①施工上の制約条件
- ②工法の概要（本工事における特色）
- ③工事の現況と今後の課題

*関西(支)吹田(出)所長
 **関西(支)吹田(出)工事係長
 ***土木設計部設計課

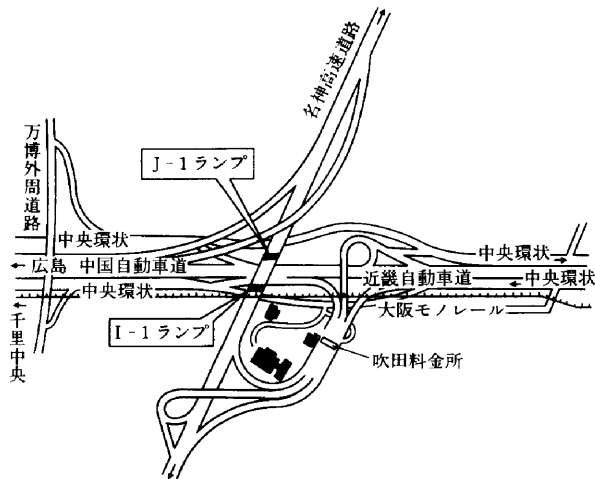


Fig.1 吹田インターチェンジ周辺図

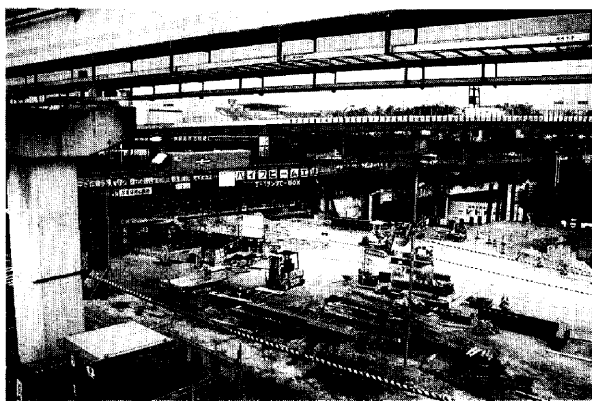


Photo 1 現場全景

§ 2. 工事概要

2-1 概要

工事名：近畿自動車道吹田インターチェンジ (その
1) 工事

企業先：日本道路公団大阪管理局

場所：大阪府吹田市千里万博公園

工期：平成3年3月21日～平成6年3月4日
(1080日)

工事延長：ランプ総延長 約 5,800m
(新設5ランプ, 付替8ランプ)

ランプ土工延長 約 4,900m

橋梁延長 約 900m

2-2 数量

概算数量：土工	210,000m ³
C-Box	2箇所 (パイプビーム工法) 8箇所 (一般工法)
橋台・橋脚	22基
擁壁	900m
舗装	30,000m ²

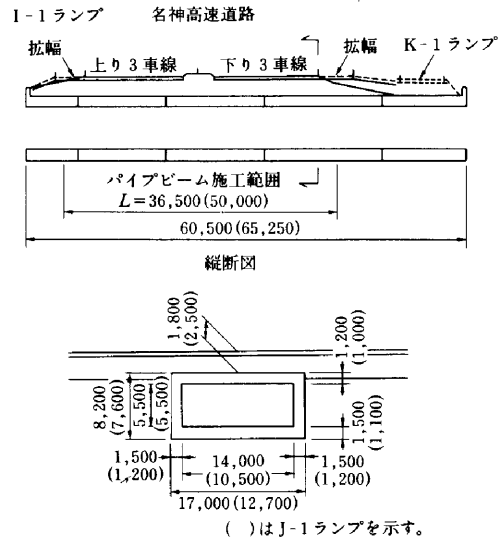


Fig.2 I-1ランプ C-Box標準図

パイプビーム工数量(2箇所)：I-1ランプ J-1ランプ
鋼管圧入工 (φ914.4)

37.6m×37本 51.0m×31本

端部支持杭工 (ベント杭 φ1000)

7.5m×10本 6.5m×8本

中間支持杭工 (深礎杭 φ2000)

11.0m×10本 11.0m×12本

導坑掘削工 (3.0m×3.0m)

65.0m 93.0m

C-Box 構築工

60.5m 65.25m

ランプ C-Box の標準図を Fig. 2 に示す。

§ 3. 施工上の制約条件

C-Box 構築は、1日当たり8万台強の交通量がある名神高速道路直下の施工となるため、種々の問題点および制約条件が企業先より提示された。その代表的な事項を以下に示す。ランプ縦断面図を Fig. 3 に示す。

- ①交通に支障をきたした場合(路面陥没等)、重大事故につながる可能性が非常に高い。
- ②C-Box 構築工事は、本工事全体のクリティカルパスとなるため、工期短縮を図る必要がある。
- ③重要幹線道路であるため、全面交通止めして舗装の補修を行うことは極めて困難である。このため、路面の最大許容変位(沈下、隆起)を20mmとする。
- ④路面よりルーフパイプ上面までの計画土被りは、最小50cm程度である。
- ⑤名神高速道路の中央分離帯に光ケーブルが埋設されている。ルーフパイプ上面からの土被りは約30cmであり、工事に先だち切り回しは不可能である。

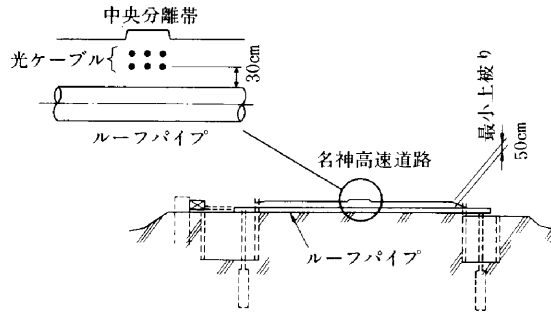


Fig.3 I-1ランプ縦断面図

§ 4. パイプビーム工法の概要

パイプビーム工法は、大口径の継手付鋼管（本工事の場合 $\phi 914.4, t=13\sim 23\text{mm}$ ）を連続的に水平圧入し、そのビーム材の両端部を仮受材と支持杭で支えた後、全断面掘削を行い、躯体を構築する工法である。ルーフパイプ圧入状況を Photo 2 に示す。

工法の一般的な特長を以下に示す。

- ①掘削前に支持するため、沈下量が小さい。
- ②支持後は全断面掘削が可能になるため、工程上有利である。
- ③鋼管の断面を変えることでスパン長の調節が可能となり、経済的な設計が可能となる。
- ④構造物の構築は、通常の施工法で行えるため、品質管理が容易である。

本工事における特徴は次のとおりである。

- ①長尺スパン ($L=50\text{m}$) なので、両端部だけでなく、中間部においても支持杭が必要となる。
- ②中間支持杭および受桁を設置するため、導坑を設ける。
- ③導坑の断面を小さく ($3\text{m}\times 3\text{m}$) するため、中間支持杭は深礎杭とする。

また、本工事における施工順序を Fig. 4 に示す。



Photo 2 ルーフパイプ圧入状況

§ 5. 計測工

5-1 計測計画

パイプビーム工の施工にあたっては、名神高速道路の交通の安全確保が最重要課題であり、路面沈下防止の視点から道路部の沈下状況を常に把握するとともに、事後の予測を行う必要がある。

計測は下記の項目について行っている。

(1) 路面の沈下

道路内に立ち入ることが不可能なため、夜間閉鎖時に両路肩、両センターラインおよび中央分離帯付近にビョウを設置し、道路外の固定点からの水平距離を前もって測定しておく。

日常の沈下測定は、固定点からトランシットにより鉛直角度を測定することで行う。

(2) 鋼管の沈下

鋼管の沈下は、Fig. 5 に示す箇所に水盛式沈下計を固定し電氣的に測定する。また、鋼管の沈下と路面の沈下との相関関係を調べるため、中央分離帯上にも沈下計を設置し測定を行う。

(3) 鋼管の曲げ応力

設計で求めた鋼管の曲げ応力度の妥当および沈下との関係を調べる目的で、大きな応力が発生すると予想されるスパン中央および支点部にひずみ計を設置し測定を行う。

5-2 計測管理

パイプビームの挙動を素早く的確に把握して路面への影響を最小限に抑えけるとともに、異常発生時に迅速な対応が要求されるため自動計測を採用した。また、異常発生時は事務所および現場で警報を鳴らすことができると

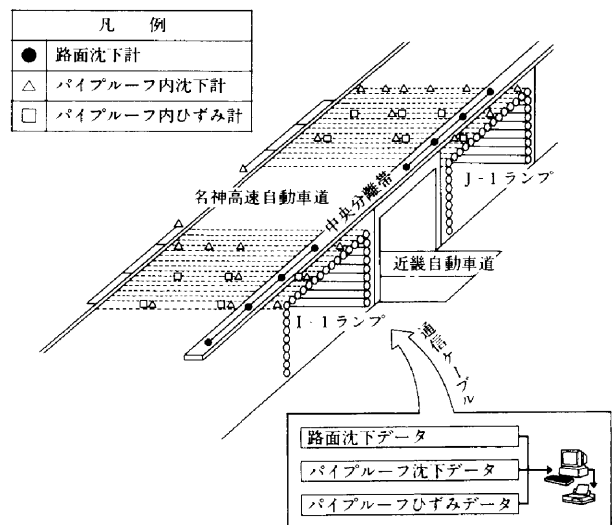


Fig.5 計測器設置位置図

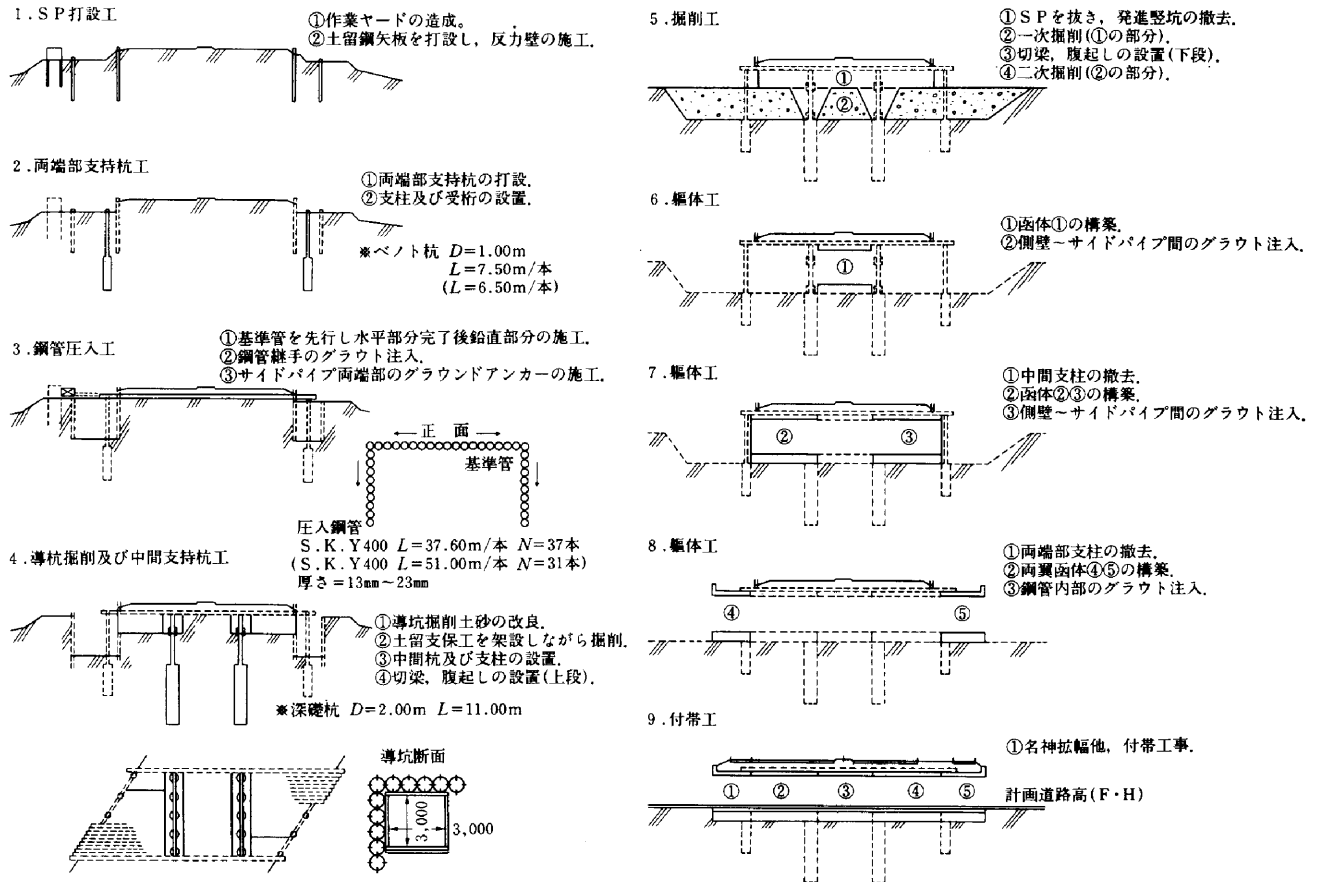


Fig.4 施工順序

ともに、パソコンの画面上にその場所を明示できるシステムとした。

5-3 変位の計算手法

パイプルーフの変位量は以下に示す項目に分けられる。

- ①パイプルーフのたわみ
- ②支点部(端部および中間部支持杭、支持桁)の沈下
- ③導坑掘削時の沈下

①、②によるパイプルーフの変位量は、支点部をバネ評価した多径間連続梁として計算した。

③によるパイプルーフの変位量は、導坑掘削を支保工ピッチ1.0mとした山岳トンネル方式(矢板工法)で行っているため、次に示す手法で計算した。

山岳トンネル方式の場合、[掘削-支保工設置]のステップが繰り返されるため、各掘削ステップ毎の支保工部沈下の累積が変形計算上の問題となる。そこで、累積沈下解析を可能としたルーフパイプ設計プログラムを適用した。本プログラムは、支保工を支点バネ、未掘削地盤を部材バネとした連続梁モデルにて、全ステップの断面力および変位量を逐次計算するものである。Fig.6に導坑掘削時の累積沈下概念図を示す。

5-4 計測結果

設計時点におけるルーフパイプの変位予測量は次のとおりである。

①導坑掘削時の変位量	12mm
②支持杭の沈下量	5mm
③鋼管のたわみ量	3mm

導坑掘削完了時の計測値は、9~13mmでほぼ設計値と合致している。路面および中央分離帯の沈下量は、降雨後鋼管の変位量に追随する傾向にある。

I-1ランプ鋼管変位量のアウトプットの一例をFig.7に示す。

§6. 施工状況

現在、I-1ランプにおいては、パイプルーフ工、導坑掘削工および中間支持杭工が完了し、1次掘削工を開始したところである。また、J-1ランプにおいては、中間支持杭工が完了し、支持桁を設置中である。

今までの工事で留意した点および特筆すべき事項について以下に述べる。

6-1 パイプルーフ工

- (1) 基準管の施工

パイプルーフ全体の施工精度を確保するためには、基準管に沿って他の鋼管が圧入されるので基準管の施工管理を十分に行う必要がある。特に、本工事では土被り30cmの位置に光ケーブルが存在し、数cmレベルの精度を要求された。

本工事では、Fig. 8 に示す方向修正装置を使用し基準管の施工を行った。

実際の施工では、I-1 ランプで到達側において20mm (1/1900)、J-1 ランプにおいて30mm (1/1700) の施工誤差が生じた。

(2) 刃先の管理

鋼管圧入先における路面の変状原因は種々あるが、本工事においては特にオーガカッタの突出量不適による変位発生に注意を払った。

カッタが鋼管先端より前に出すぎれば先掘り状態になり路面の沈下が生じ、後になれば隆起が生じる可能性がある。

本工事においては、Fig. 9 に示すようにカッタ位置をほぼ鋼管先端位置に合わせることにした。施工にあつ

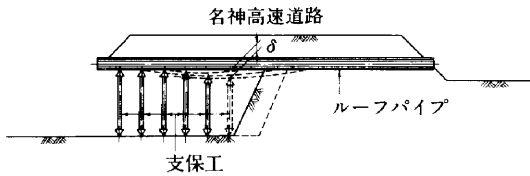


Fig.6 導坑掘削時の累積沈下概念図

ては、鋼管およびオーガ寸法を必ず実測し、常にカッタの出具合を確認しながら圧入を行った。

(3) 鋼管外周の裏込め注入および継手部注入工

路面の計測結果より、鋼管圧入後裏込め注入を行わなければ、1週間目以降に路面への影響が出る事がわかった。従って、圧入完了した管はできるだけ早い時期に外周注入を行うことが望ましい。本工事では、圧入施工管への流出を防ぐため、施工管の2本前の鋼管外周を圧入作業と並行して注入することとした。

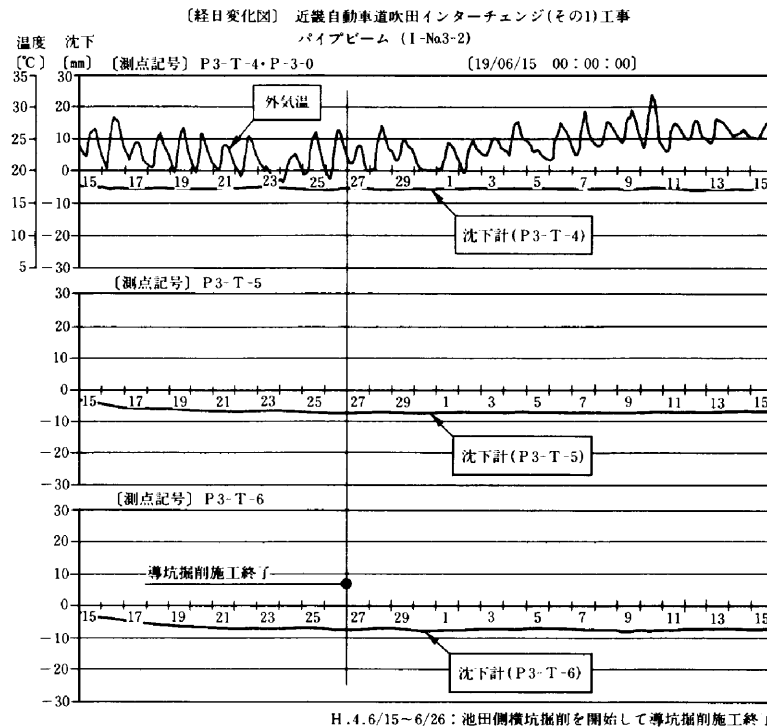
注入方法は、鋼管内から3mピッチに取り付けたφ50mmの注入孔に注入ホースを接続し発進到達両側より注入を行った。注入圧は路面までの土被りが小さいこともあり、1kg/cm²(98kPa)程度で管理することとした。

注入材は、微小な空隙に注入するため、①浸透性および流動性があり、②無収縮で将来強度的に劣化の心配がなく、③適当なゲルタイム(0.5~2分)を保持できること、を考慮しセメント系土質安定急硬材を使用することとした。

継手部の注入は、継手部の剛性を高め隣接した鋼管が一体となって荷重に抵抗できるようにすることを目的としている。本工事では、ルーフパイプ部(水平部)の鋼管の継手部に、鋼管内より注入孔を設けセメントミルクを注入した。

6-2 導坑掘削工

導坑掘削は、3.0m×3.0mの断面とし、1mピッチ



H.4.6/15~6/26: 池田側導坑掘削を開始して導坑掘削施工終了

Fig.7 I-1 ランプ鋼管変位量のアウトプット図

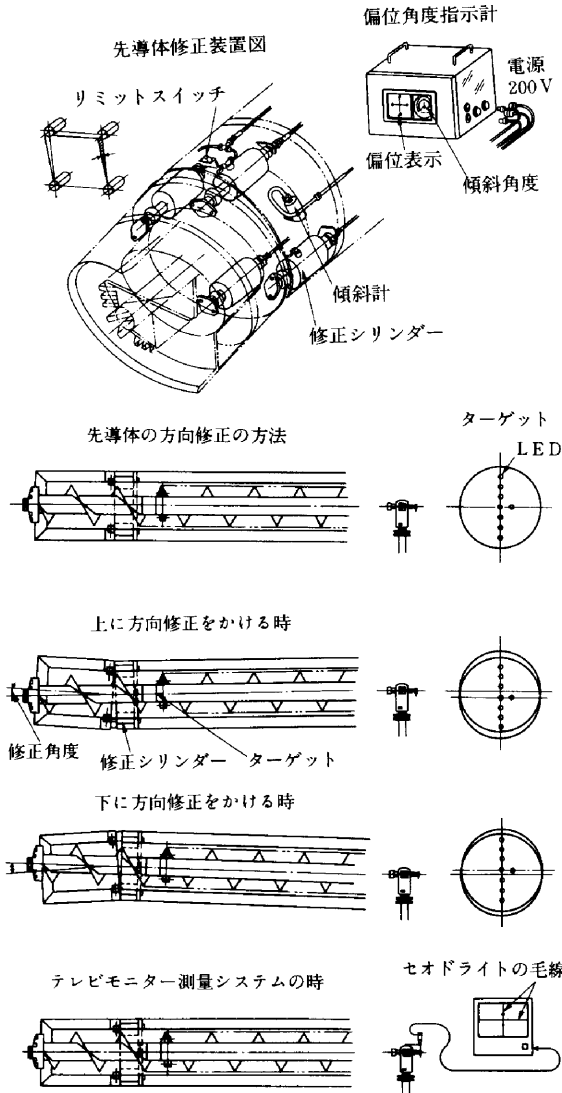


Fig.8 方向修正装置

で支保工を建て、側面は横矢板で押さえる従来の山岳トンネル方式で施工した。

支保工底版部の沈下が路面の沈下につながるため、支保工底版部は1リンクごとにコンクリートを打設し荷重を分散するようにした。施工は、昼夜間行い1日約4リンクの進捗であった。

§7. 今後の課題

本工事のC-Boxは道路の縦断線形上、カルバート頂版の上端とルーフパイプ下端との間隔が20cmとなっている(頂版厚は1.0~1.2m)。そのため、通常のコンクリートを使用した場合は、バイブレータによる締固め作業が極めて難しい状態となる。

この問題を解決するために、締固め不要コンクリートの採用が考えられる。締固め不要コンクリートは、コン

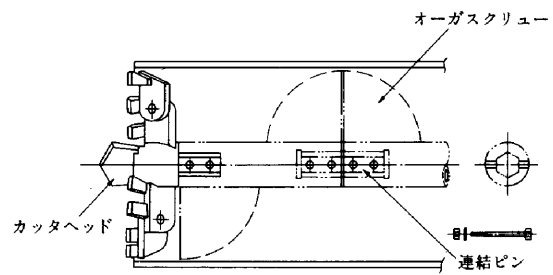


Fig.9 カッターヘッド位置図

クリート構造物の信頼性を向上させることを目的として開発されたものであり、このコンクリートを用いることにより、打設時の省力化、騒音の解消などが可能となる。しかし、厳密な材料の品質管理、施工の合理化の工夫およびプラントとの工程調整が必要となる。

本工事では、企業先に締固め不要コンクリートの採用を提案し、了解を得ることができた。

現在、室内およびプラントでの試験が完了し、現場試験の準備中である。

§8. おわりに

本工事は、平成3年3月に発注されたが規制協議等に時間を要したこと、当初、橋梁構造であったG-1ランプがカルバート構造に変更になったことなどから、工程上きびしい状況にある。しかしながら、現在、全体工事量の約50%を消化し、パイプビーム工においても許容沈下量の範囲内で中間支持桁および1次掘削の施工を行っている。

中間支持桁を用いた長尺スパンのパイプビーム工は全国でもあまり実績がないため、本工事における問題点とその対策、計測結果については整理し機会があればまた報告したいと考えている。

今後も注意深く監視を続けながら残された工事を無事に完成させたいと思っている。

最後に、本工事の施工にあたり、御指導・御協力を戴いている日本道路公団吹田管理事務所他関係者各位に深く感謝致します。

参考文献

- 1) 日本道路公団：設計要領第2集，1990.
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説II鋼橋編，IV 下部構造編，1990.
- 3) 鋼管杭協会：鋼管杭，1990.
- 4) 日本建築学会：鋼構造設計規準，1988.
- 5) 土木学会：国鉄建造物設計標準解説，1983.