

【報 告】

常磐自動車道・ 小木津高架橋の施工

Construction Report of OKITSU VIADUCT at JOBAN High Way

棚 田 稔 *
Minoru TANADA
森 本 洋 三 **
Yozo MORIMOTO
古 村 崇 ***
Takashi FURUMURA

〔要旨〕 常磐自動車道は、首都圏と常磐方面を結ぶ高速道路で、その総延長は176kmである。始点の三郷市では、一般国道、首都高速道路及び外郭環状道路と連絡し、国道6号線に沿って北上し、終点のいわき市へ至っている。

小木津高架橋は、常磐自動車道が日立市を通過する部分に位置し、山岳道路となっているため橋脚高が30m程の連続高架橋（場所打ち多径間連続PC中空床版橋）となっており、周辺の環境及び立地条件等より、移動支保工（可動支保工）による施工が採用されている。

本報告においては、可動支保工（ストラバーク方式）によって施工されている小木津高架橋について述べるものである。述べるもので

1. はじめに

常磐自動車道は、埼玉県三郷市と福島県いわき市を結ぶ総延長176kmの高速道路である。起点の三郷市で一般国道298号、首都高速6号線及び外郭環状線に連絡しており、一般国道6号に沿って北上し、土浦・水戸を経て終点いわき市へ至っている。

起点の三郷市より久慈川付近までは、関東平野の平坦な部分を通過しているが、日立市付近より急峻な山地や溪谷を通ることを余儀なくされ、トンネルや高橋脚を持つ橋梁が連続する山岳道路となっている。

小木津高架橋は、茨城県日立市小木津町にかかる全長573mのPC連続中空床版橋（上下線各18径間）であり、山岳地帯に位置するため、桁下が25～30m程度の高架になっているほか、両側には民家が隣接している。このようなことから、本橋の施工においては、規模、立地条件、施工性、経済性等を考慮し、大型移動支保工施工が採用された。

移動支保工施工とは、高度に機械化された支保工と型枠を用いて、コンクリート橋梁を1径間づつ施工してゆくものである。移動支保工装置は、型枠を下から支えるサポートタイプ（可動支保工と呼ばれている）と型枠を上から吊り下げるハンガータイプ（移動吊支保工と呼ばれている）の2つに大別されている。

本橋の施工においては、上下線ともサポートタイプが採用されているが、このうち、上り線（A-LINE）の施工を担当している当社は、ストラバーク方式可動支保工を用いている。

本報告では、小木津高架橋の施工及び可動支保工の特徴について述べる。

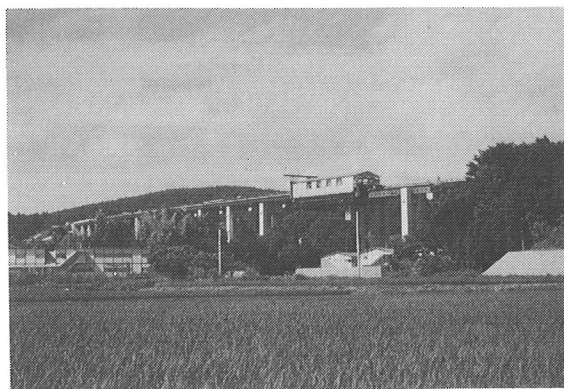


写真-1 全 景

2. 施 工 概 要

本工事は、共同企業体により受注し、施工には大型可動支保工を2基設備し、一径間毎に支保工を移動しながら橋体を製作する分割施工により行われている。

施工時の各段階における主版応力の検討を行うのは当然であるが、支保工の安全性、橋体のたわみ管理計算についても詳細に検討を加え、施工管理はこれに基づき行っている。

2-1 工事概要

以下に本橋の工事概要、主要材料、全体工程を示す。

工 事 名：常磐自動車道

* 川田建設 富山支店 工事部次長 ** 川田建設 工事本部 技術部 技術開発課 課長 *** 川田建設 富山支店 工事部 工事二課

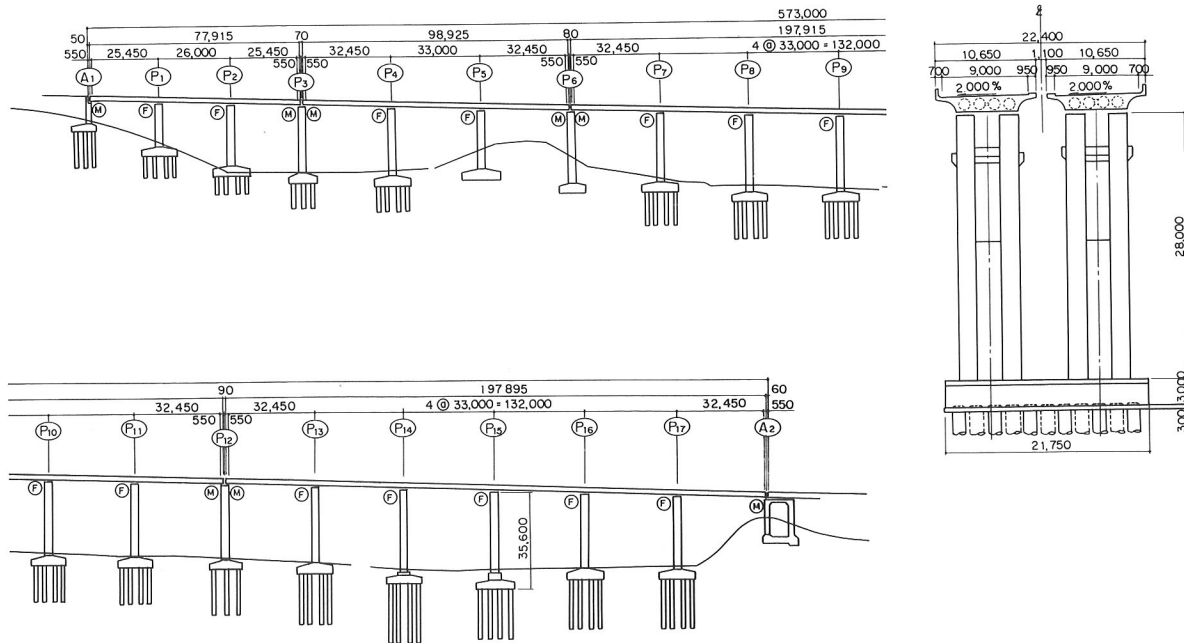


図-1 一般図

小木津高架橋他2橋（PC上部工）工事
 施 工：日本道路公団 東京第一建設局
 日立工事事務所
 工事場所：茨城県日立市滑川町～小木津町
 工事範囲：上部工一式（舗装を除く）
 工 期：昭和58年3月17日～昭和60年2月3日
 施 工 者：オリエンタルコンクリート㈱
 川 田 建 設 ㈱
 共 同 企 業 体
 橋 格：一等橋（道路規格第1種3級A）
 橋 種：プレストレストコンクリート道路橋
 構造形式：ポストテンション3径間及び6径間連続
 中空床版橋
 橋 長：573.000m
 版 長：77.915m, 98.925m, 197.915m,
 197.895m
 支 間：25.450m+26.000m+25.450m
 32.450m+33.000m+32.450m
 32.450m+4@33.000m+32.450m
 （2連）
 有効幅員：9.000m（1.500+7.000+0.500）

活 荷 重：TL-20, TT43
 斜 角：90°
 平面線形：R=2400.000m
 勾 配：縦断3%, 横断2%

表-1 主要材料

名 称	種 別	規 格	単 位	数 量	摘 要
主桁コンクリート	P3-2	$\sigma_{ck}=350 \text{ kg/cm}^2$	m ³	9,372	
地覆高欄 コンクリート	B0-1	$\sigma_{ck}=240 \text{ kg/cm}^2$	m ³	453	
鉄 筋	SD-30		t	1,196.8	高野 D13~D32
P C 関 係	P C 鋼 線	OSP A-150 A	t	326.9	SWPR 1
支 承	鋼 鉄 桁	BP (可) BP (固)	組	32 56	
内 型 枠	円 筒 枠	$\phi 1250$ $\phi 900$	m	3,402 423	

2-2 大型可動支保工による分割施工

施工は各径間毎に分割施工となり、鉄筋・ケーブル組立→円筒型枠組立→上床版鉄筋組立→荷重受装置据付→コンクリート打設→養生→緊張→支保工移動（支承据付）→型枠組立の各工程で1サイクルを構成している。工程毎の詳細は、以下のとおりである。

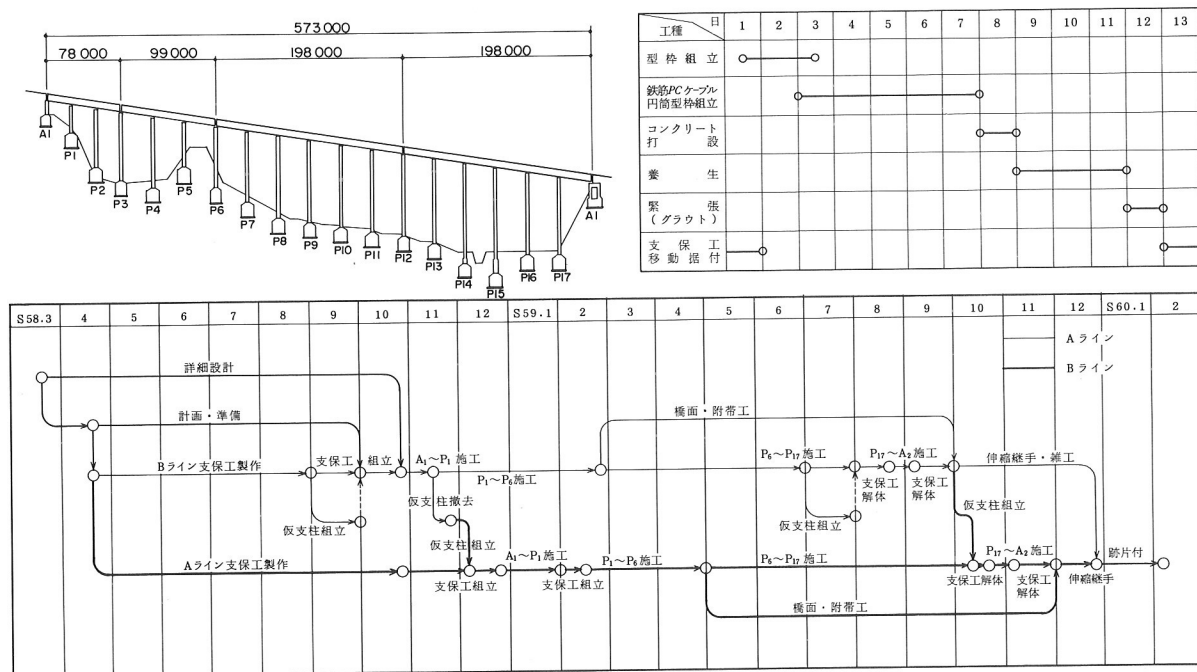


図-2 上部工工程

2-2-1 鉄筋・ケーブル組立工

この作業は、工程短縮の可否を最も左右するものであり、下床版鉄筋組立、スターラップ組立、各種補強筋組立、シース組立、ケーブル挿入、定着具セットに分かれている。

配筋において特に注目すべき点は、円筒型枠周囲を取り囲むように補強筋を入れていることである(図-3)。

また、シース組立時のタナ筋は鉄筋組立時に取付けるのではなく、あらかじめ別のスターラップ形状の加工筋にタナ筋を溶接しておき、それを、スターラップ組立と同時に組立っていく方法をとった。これにより、工程が短縮され、据付誤差も極端に小さくすることができた。また、ネジ式定着工法である OSPA 工法においては、あらかじめ端板にセットされたトランペットシースの外側より、小型ウインチにてケーブルを引き込んだのち、緊張側、固定側の順に定着具及び接続具をセットする方法をとった。

2-2-2 円筒型枠組立工

ここで使用している円筒型枠のサイズは、 $\phi 1250$ mm ($t = 1.2$ mm) のものである。使用にあたっては、各種

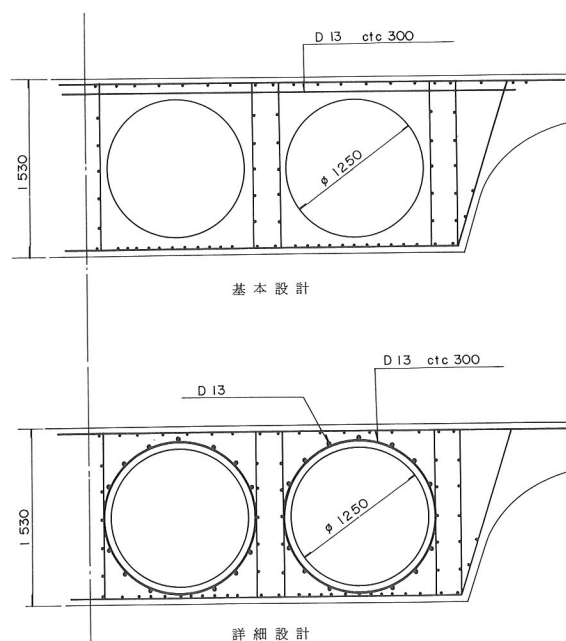


図-3 ポイド回りの配筋

工場検査、強度計算を行い、最大バンドピッチを 900 mm とした。また、コンクリート打設時の横移動を防止するため、約 2 m 毎に水平バンドを設けている(図-4)

参照)。製作は現場にて行い、1回の製作数量は、発錆防止及び品質管理の観点より2径間分のみとした。

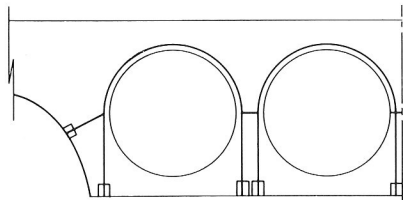


図-4 水平バンド

2-2-3 上床版鉄筋組立て

上床版主鉄筋の組立に際しては、床版かぶり厚を最重視し、コンクリート打設時の移動がないよう、十分に緊結している。

2-2-4 荷重受装置据付工

連続桁の打ち継ぎ部は、3.3m支間部では支保工の後方支点より6.5m張り出した位置にある。そのため、打ち継ぎ部では、コンクリート打設時に支持桁が変形するため、型枠と既設橋体が密着できなくなり、打継部に段差が生じることが予想された。

そこで、本橋では、後方に荷重受装置(図-5 参照)を設け、鉄筋組完了後、鋼棒(φ32×10本)で支保工の後方全体を吊り上げ、コンクリート荷重及び支保工荷重に対するガーダーのタワミを拘束し、打ち継ぎ段差に対処することとした。また、タワミ計算では、吊り上げ支点の橋体変位を考慮して上げ越しを計画した。

後方荷重受装置の負荷反力は、新ブロック緊張後に解放し、天井クレーン2台の相吊りにより、装置を前方へ移動させた。

この装置を用いることによって打継ぎ段差を少なくすることができた。

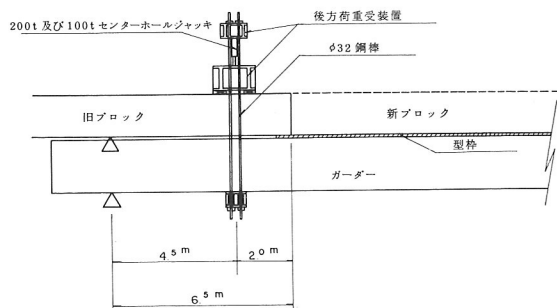


図-5 後方荷重受装置位置図

2-2-5 コンクリート打設工

コンクリート打設順序は、図-6 のとおりとし、円筒型枠裏面は棒状バイブレーターにて十分振動を与えている。なお、橋軸直角方向は、約4m毎に簡易コンクリートフィニッシャーにて表面仕上げを行っている。簡易コンクリートフィニッシャーによる仕上げは、全断面片押しで行った。

簡易フィニッシャーにおいて構造的に特筆すべき点は、前方均しゲージと後方仕上げゲージでの2面仕上げとした点と、それぞれのゲージを分割した点にある。

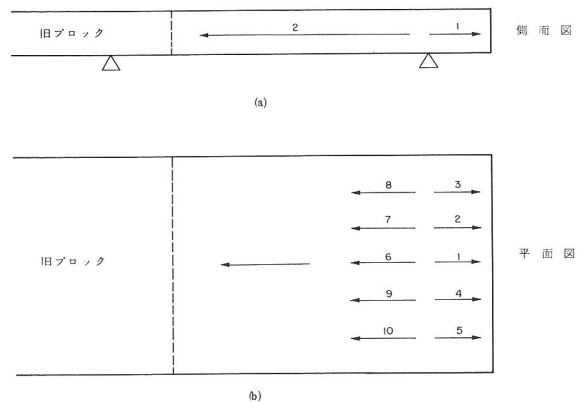


図-6 コンクリート打設順序図

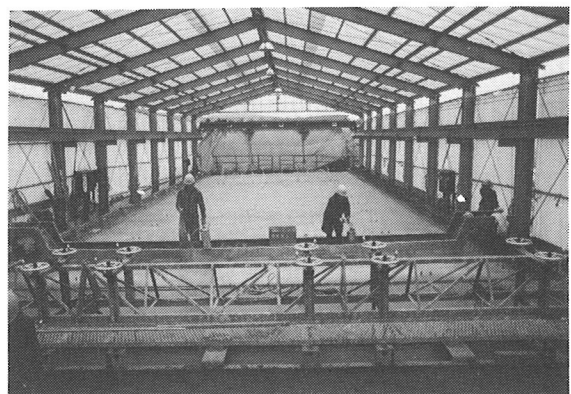


写真-2 フィニッシャーによる橋面仕上げ

2-2-6 養生工

夏期の養生は被膜湿潤養生とし、冬期は保温湿潤養生としている。養生期間は完全3日間とした。上屋で完全に覆っているため、冬期の保温効果もよく、また夏期には、直射日光や風による初期の乾燥収縮も防止できるの

で、効率のよい養生が可能であった。

2-2-7 緊張工

定着工法は OSPA 工法を採用している。この工法はネジ式定着工法であり、1 ケーブルあたり、33本のヘディング加工された $\phi 7\text{mm}$ の素線で構成されている。図-7 に定着・接続具を、図-8 に緊張手順を示す。緊張の詳細については別に述べることにする。

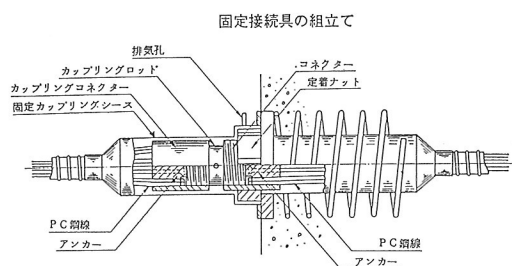


図-7 固定接続具の組立て

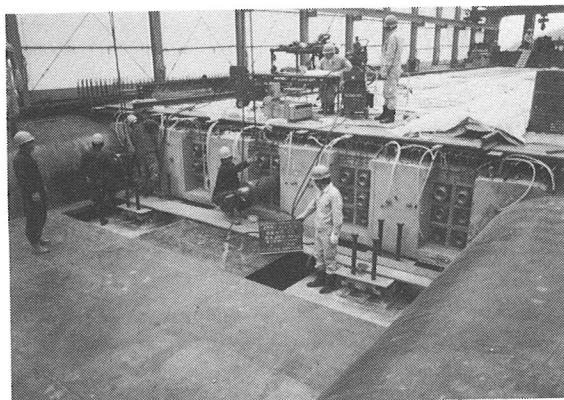


写真-3 緊張作業

2-2-8 グラウト工

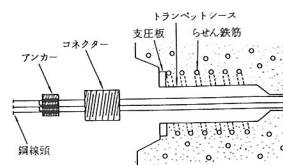
グラウトは、3 径間連続 2 回、6 径間連続 2 回の計 4 回施工する。グラウトホースには、内径 12mm 、耐圧 7kg/cm^2 のテロンブレードを用いた。詳細については、別に述べることにする。

2-2-9 支保工移動工

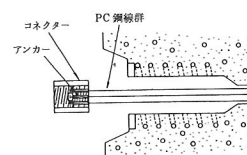
支保工の解体・移動・組立は、約 2 日間で完了する。標準施工サイクルは、1 スパン（支間長 33m 、総幅 10.65m ）あたり、11～14 日間の実績であった。支保工一般図を図-9 に作業内分けを図-10 に示す。

以下に移動作業の概略を手順に従って述べる。

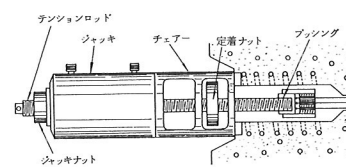
1. PC 鋼線束を支圧板の外に引き出し、鋼線束にコネクタを貫通させておき、アンカーの各導へ所定数の鋼線を納める。



2. アンカーにコネクタをネジ込んで図に示すセット状態にする。
次に反対側へ鋼線束を引き出し、同じ作業をくり返して定着具のセットを終る。



3. 定着具に図に示す緊張装置を取付け緊張を開始する。所定の緊張力に達した時、あらかじめ配置しておいた定着ナットをコネクタにネジ込み、ケーブルを部材に定着する。



4. 緊張装置を取外したのち、アンカーの中心孔を通してグラウチングを行い、後援めコンクリートを流して、作業は完了する。

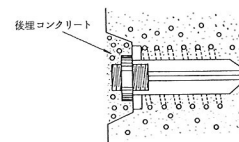


図-8 定着手順 (OSPA 工法カタログより)

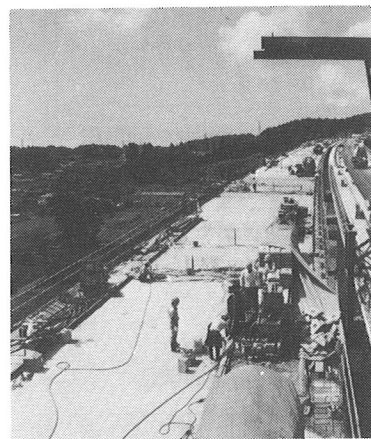


写真-4 グラウト作業

i) 底板開放

新ブロックの緊張が終了すると、直ちに、後方荷重受装置を解放し、脱枠作業へと入る。脱枠時には、各種取付けボルトの取りはずしの有無を確認したのち、支保工桁及び送り桁をジャッキダウン、側枠スライド、開閉底板の開放の順で行う。

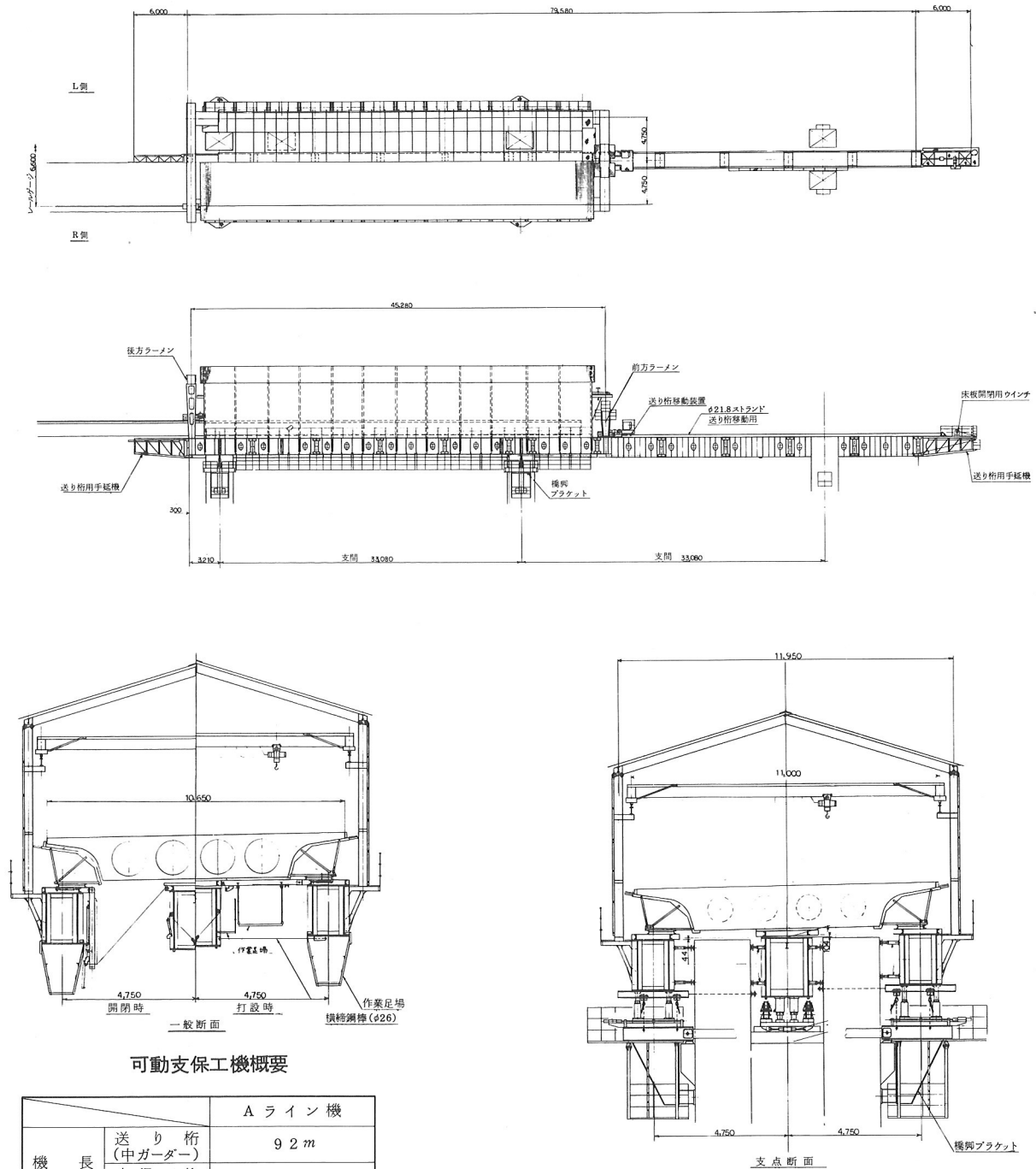


図-9 支保工図

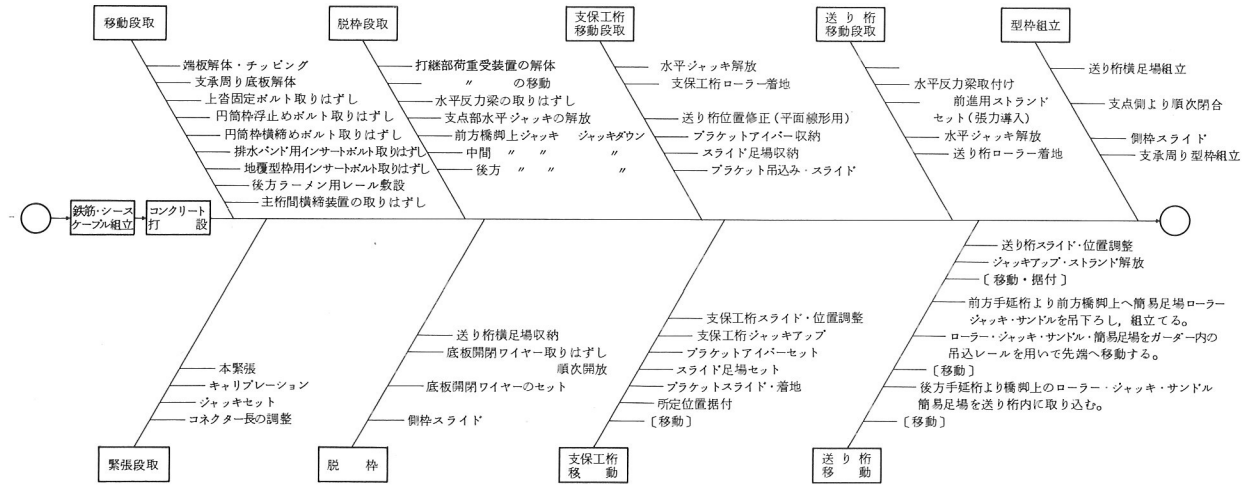


図-10 支保工移動施工フロー図

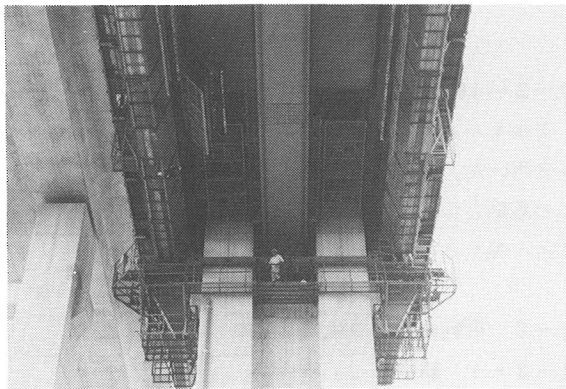


写真-5 底板開放

くる。これに対し、後方ラーメン台車の外輪のみの片走行を実施し、内外輪差を調整した。

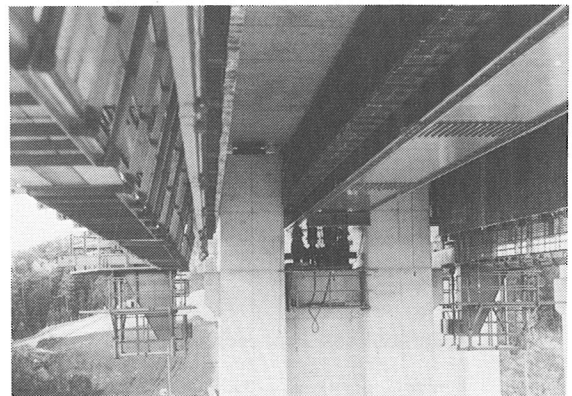


写真-6 鋼製ブラケット

ii) 移動準備

底板開放後、支保工桁（上屋は両側の支保工桁に取り付けられている）をジャッキダウンし、前方ラーメン台車を送り桁のレール上に、後方ラーメン台車を新ブロック上に敷設されたレール上にセットする。また、後方ブラケット及び前方ブラケットをレバールックを介して吊りビームに吊り上げ、トロリーにて横取りし、橋脚コンクリート突起をかわして、支保工桁及び上屋の移動段取りが完了したことになる。

iii) 移動

本橋の平面線形は、半径 2400m の単円であるため、
1 径間 33m の移動における後方ラーメン台車 ($LG, 6.6\text{m}$) の内輪と外輪との走行距離には、 94mm の差が出て

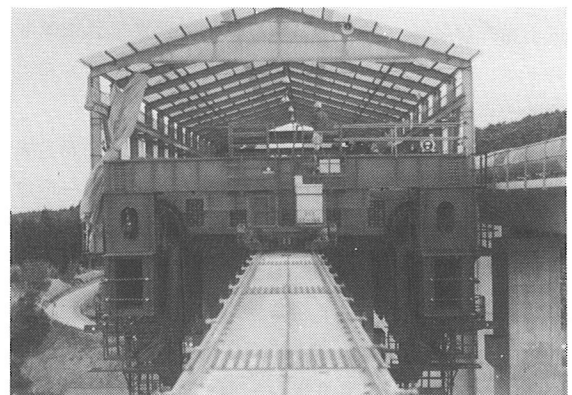


写真-7 移動開始(支保工桁)

iv) 支保工桁の据付け

支保工桁の径間移動が完了した後、前後方ブラケットの据付及び送り桁移動時の水平反力梁の取付作業に入る。ブラケットの据付けは、吊込み作業の逆の手順となり、横取、吊り下げ、スライド足場スライド、タイバースライドののち、定位置にセットする。その後、支保工桁をジャッキアップし、型枠標高及び型枠線形を決定する。

v) 送り桁移動準備

水平反力梁で橋脚と支保工桁を一体としたのち、つかみジャッキ用ストランド(φ21.8)を緊張する。送り桁は、つかみジャッキにて惜しみを取りながらジャッキダウンし、ローラー上にセットする。

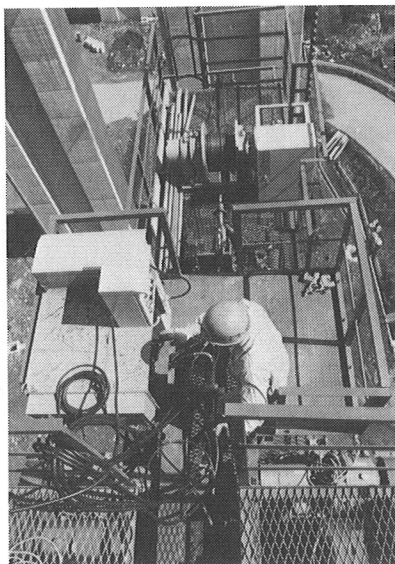


写真-9 つかみジャッキ装置

vi) 送り桁移動

送り桁の移動は、送り桁の前後に張りわたされたストランドを、前方ラーメンに固定されたつかみジャッキで引く方法にて行われる。

送り桁移動中に、後方ローラー、サンドル、簡易足場を後方手延機よりガーダー内に吊り込み、ガーダー内走行トロリーにより前方へ移動し、前方手延機が前方の橋脚に到達した時点で、簡易足場、サンドル・ローラー等を据付ける。その後、送り桁の先端は徐々に前進し、前方ローラーに着地する。送り桁が定位置にきた時点で、横移動ジャッキ及び200tジャッキ等を用いて、送り桁の標高及び線形を調整する。

vii) 底盤閉合

次に、送り桁先端に取り付けたウィンチにて開閉底板を引き上げ、閉合させ、最後に側枠を定位置までスライドして、支保工移動の1サイクルは完了する。

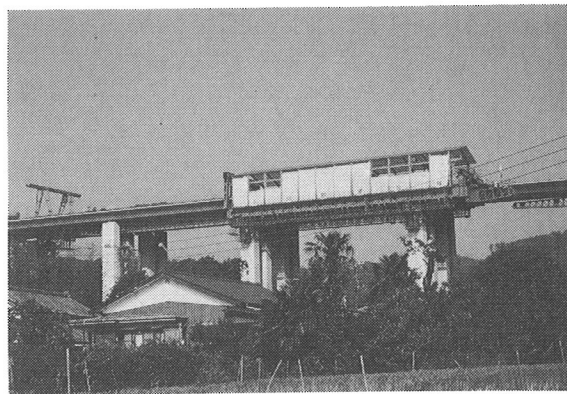


写真-8 移動全景

2-2-10 支承モルタルの施工

支承モルタルは、プレミックスタイプの無収縮モルタルを用いた。モルタル打設は、重力打設方式とし、約1mの落差とした。また、養生は、冬期は保温養生、夏期は散水養生とした。

2-3 可動支保工の組立て解体

2-3-1 組立て

当社施工に使用する可動支保工の架設方法は、すでに、下り線側の橋体が完成していることや、第一径間下の地形条件等を考慮し、各種検討を加えた結果決定された。

支持桁3基は、A₁橋台後方の取り付け道路上で地組みされた。組立てに際しては、架設機械の能力より判断し、可能なかぎりの備品を取り付け、架設後の高所での小作業をなくすよう配慮した。

主ガーダーの架設に先立って、A₁橋台後方に引出し用軌条、A₁P₁間に仮ベント、A₁P₁P₂上に引出し用ローラーを設置した。

送り桁の架設は、A₁P₁P₂上に設置されたローラー上を引き出し、200t及び150tクレーンの相吊にて横取り、定位置に設置した。

支保工桁の架設に際しては、橋脚ブラケットを取り付け、送り桁上面に設けられている前方ラーメン走行用のレールを使用し、送り桁上を台車を用いて引出し、150

t クレーン 2 台にて相吊りし横取り、ブラケット上に設置した。

主ガーダーの架設完了後、前方ラーメン及び上屋等を取り付け、第 1 径間施工のための組立ては終了する。

2 径間目以降の施工に対処するために、次径間への移動を行いながら後部ガーダー後方ラーメン等を取り付け、全ての支保工組立てが完了する。なお、架設に要した日数は、約 40 日程であった。

2-3-2 解体

解体に先立ち A_2 アバット前面にベンドを設置し、 A_2 後方に設置したトラッククレーンによって、上屋、型枠フレーム等々の備品を取りはずす。

切り離し部のガーダーをベンドで仮受けし、1 ブロック分を分離横取りし、トラッククレーンにて吊り上げ解体搬出する。

1 ブロックの撤去が終了すると、次の解体ブロックがベンド上にくるまで送り桁、支保工桁を前進させ解体をくり返す。この時に、支保工桁は後方ラーメンによって橋体から吊られているので問題ないが、送り桁は最後尾が脚より先進すると支持するものがない。従って、送り桁の後端支持方法を考えておく必要がある。

本橋においては、支保工桁下面に横梁を取り付け、この梁で送り桁を支持し、3本の桁を同時に前進させる方法により行った。

解体手順を図-11に示す。

3. 施工管理

3-1 たわみ管理

通常のとわみ管理においては、支保工のとわみ、橋体自重たわみ、プレストレス（二次を含む）、クリープ等を考慮して上げ越し量を決定する。

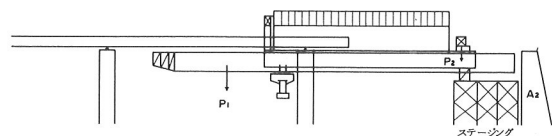
しかし、本橋のように施工目地付近（張出し部）に施工荷重反力を載荷する場合には、既設橋体の先端のとわみが、ガーダーの支点変位となり全体たわみに影響を与えるので、上げ越し計画において考慮しなければならない。

本橋における上げ越し計画をするに当たっては、以下のことを考慮した。

- 送り桁、支保工桁の荷重配分と剛性
- 各施工段階における、橋体、支保工桁の構造系
- クリープたわみの計算においては、既設橋体の材

A. 最終径間への移動

1. 前方ブラケットを橋面上のトラッククレーン 45t 吊を用いて橋下へ取りおろす。
2. 支保工桁を前進させ、ステージング前方で仮受けする。



3. 前方ラーメン台車に反力を取り送り桁を台車の駆動を利用して前進させ、順次切断していく。
（ただし、前方ラーメンには上屋・支保工桁の全反力のうちの約半分がかかっており、送り桁の転倒に対する反力としては十分である。）
4. 送り桁が正規位置にきた状態で転倒の心配がなくなる。その後前方ラーメンを解体し、支保工桁をステージング上のローラーで前進させ、順次解体し、正規位置にセットさせる。

B. 最終径間からの解体

1. 底板開放後、両側支保工桁の最後方に横梁を通し、送り桁後方を乗せる。
2. 後方ラーメンの駆動により、ガーダー3本を同時に前進させ、底板、上屋、ガーダー等を順次解体する。
3. ステージングを撤去する。

図-11 支保工解体手順

令差、回復クリープ

上げ越し計算の目的は、型枠セット時の高さを求めることであり、目標となる完成系の標高より、橋面死荷重、段階クリープ、プレストレス、橋体自重、打設コンクリートによる支保工の変位等を考慮し決定した。

特に施工管理において不確定要素になりやすいものにクリープ、プレストレスによる変形があるが、各施工段階の実測データを収集しているところでもあり、後日機会があれば報告したいと考えている。

図-12に $P_3 \sim P_6$ 3径間連続部の第2径間施工段階たわみ管理図を示す。

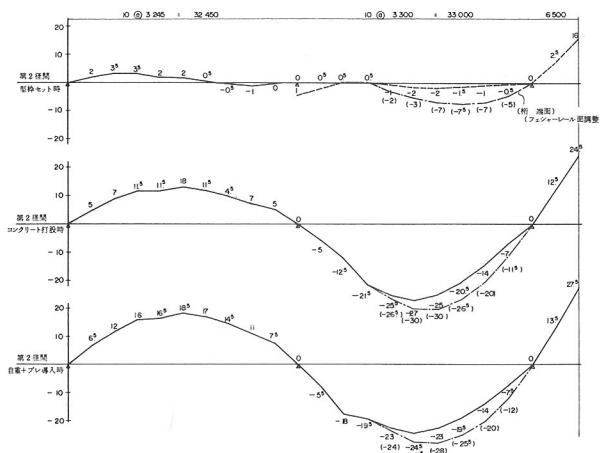


図-12 たわみ管理図

本橋で用いた可動支保工のたわみ調整は、ガーダーと型枠の間にウェッジラムジャッキを用い、鋼製ライナープレートを狭み込むことにより行った。

また、たわみ調整作業は鉄筋組立てと並行して行うことによって、工程上のクリティカルにならないよう配慮した。

3-2 緊張管理

従来の緊張管理手法では、不動点での導入力を基に端部緊張力を求めており、本橋のように設計的に最も余裕の少ない断面と不動点が一致していない場合においては、その断面に対する必要導入力の管理をすることがより適切であると考えられる。

従って従来より用いられている管理図上に、着目したい断面の許容プレストレスの範囲（最大・最小プレストレス）を同時に記入しておくことによって、目標プレストレスを導入した場合の各断面のコンクリート応力度の保有能力のうち、実際に導入したプレストレスにより発生するコンクリート応力度が、どの位置にあるのか、また、仮に何らかのトラブルが発生した場合にも、管理図上で即時に安全であるか否かを判断することが容易となる。なお、本橋においては、詳細設計段階に緊張管理を念頭においた鋼材応力等の検討を行っている。（緊張管理図作成のための計算に際して、「日本道路公団技術情報第64号・1982年10月」を参考とした。

図-13にケーブル1本毎の管理図を示す。

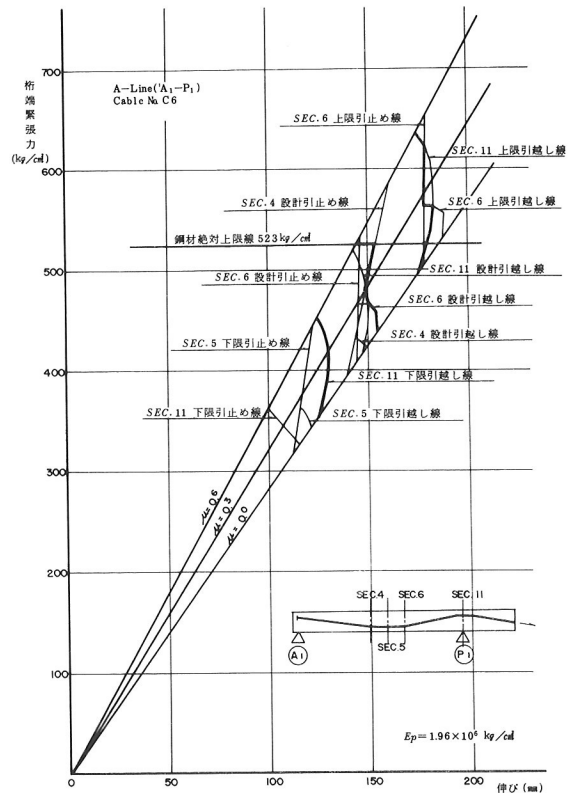


図-13 緊張管理図

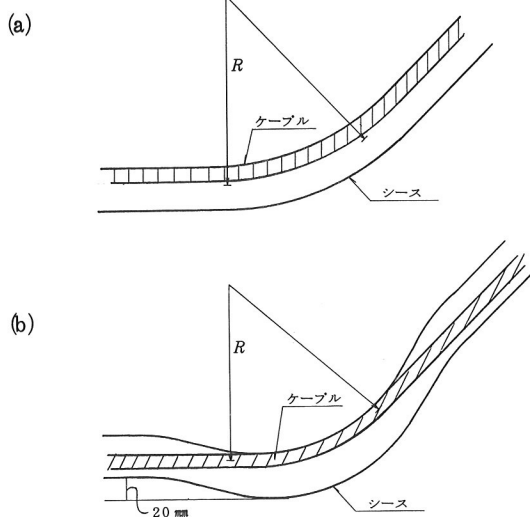


図-14 シース配置図

緊張時の管理とは別に、シースの配置の誤差を最小限にすること等についても次に述べるような配慮をしている。

緊張時のケーブル曲げ上げ部附近では、PC鋼材は図-14(a)のようにシース上面に張りついたような形状となる。この時、シース据付高さにケーブルの偏心量を考慮することによって（図-14(b)参照）、ケーブルとシースの摩擦を小さくすることができるとともに、ケーブル重心を設計高さにもっていくことができる。

実際の施工にあたっては、「緊張管理プログラム」（作成者：日本道路公団 安井昌幸 工事長）を用いて、ケーブル配置直線部での $\frac{\lambda}{n} = 0$ とした時の管理図と、従来通り $\frac{\lambda}{n} = 0.0133$ とした場合の管理図とを照合しながらケーブルとシースの摩擦係数の実態を把握し、導入プレストレスを管理した。

3-3 グラウト管理

連続ケーブルでは、グラウトの進行方向に対して下り勾配となったシース内に、逃げ場を失った空気が貯留されることが起り得る。この空気をダクト外へ排出するために逆方向からのグラウト注入を行うこととした（図－15参照）。

本橋で行った作業手順と機械、人員の配置を図-16に示す。

なお、本橋で使用したグラウトの品質を決定するに当
って、アルミ粉、添加材の有無や各種水セメント比につ
いて検討を加えた。

この結果、混和剤の使用により、低水セメント比、高流動化、低収縮、早期強度、無ブリージングという当初の目的をほぼ満足する配合が決定された。

施工に用いた配合，特性を図-17に示す。

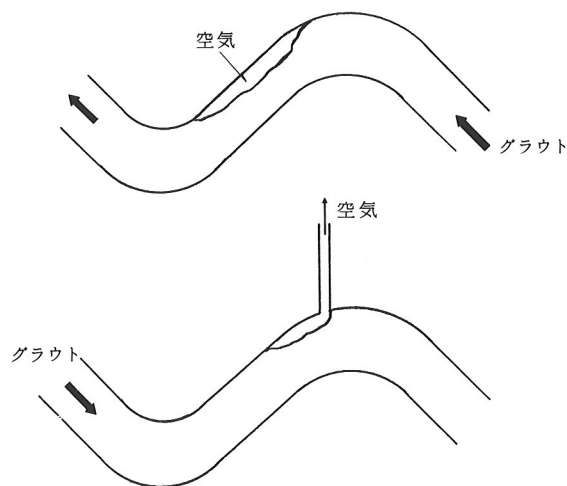


図-15 グラウト要領

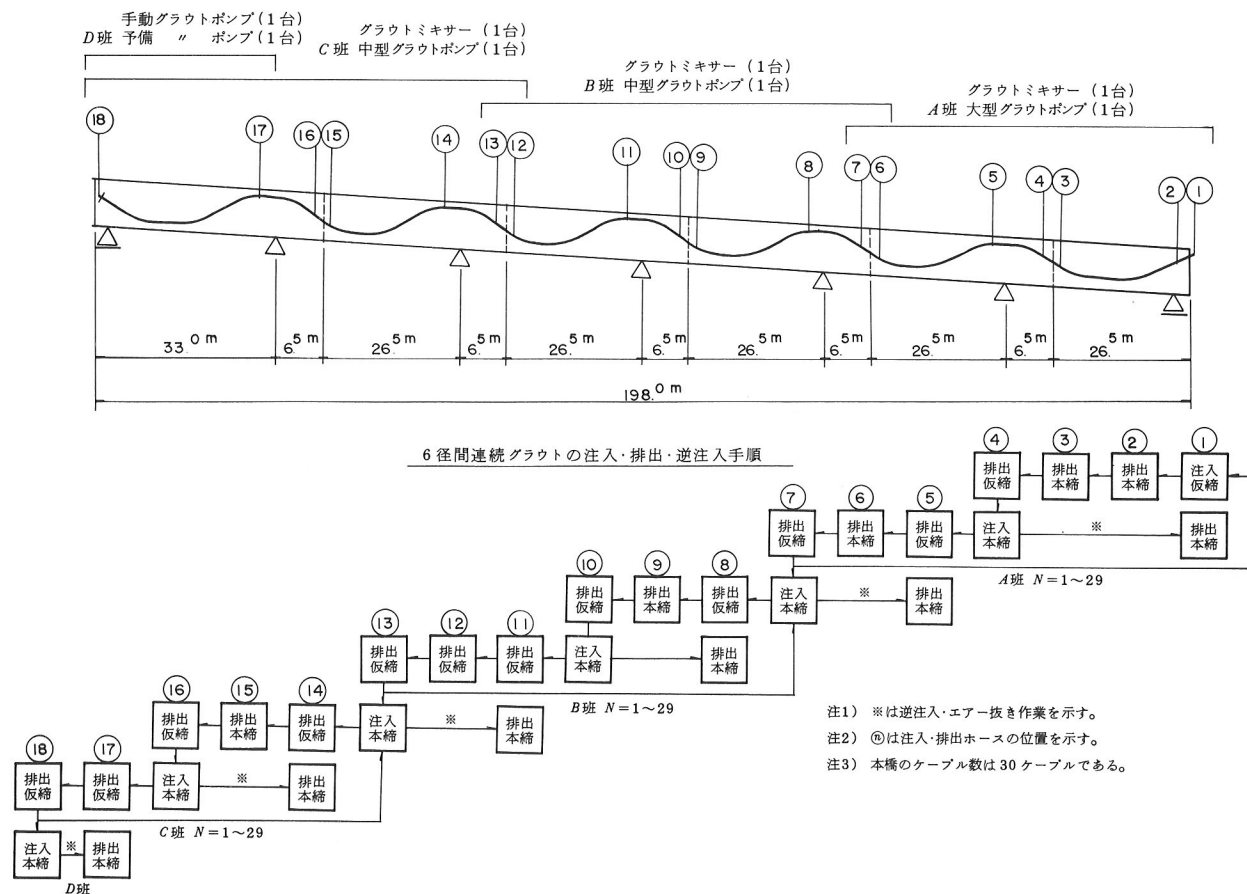


图-16 各班分担区分

水セメント比	アルミ粉セメント比	混和剤セメント比	混和材名	目標フロー値
34.0 %	0 %	1.0 %	マイティ 150	15 秒 (Jロート)

膨張率グラフ

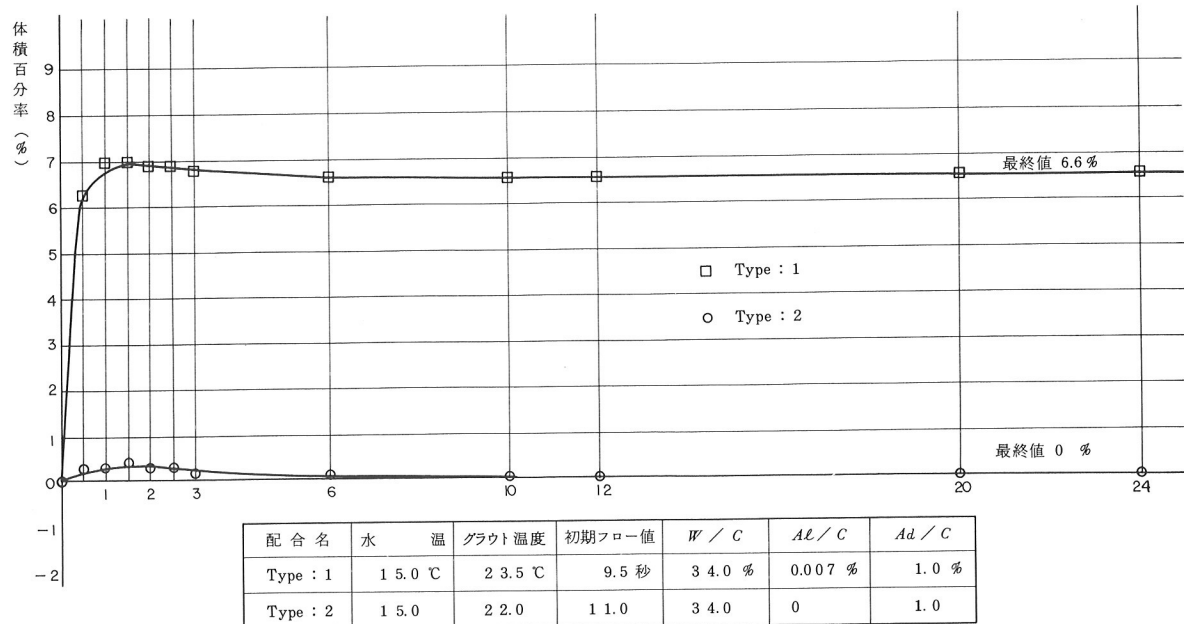


図-17 施工配合

4. おわりに

大型移動支保工の国内での実績はかなりの数にのぼっており、この工法の安全性、高品質管理に対する理解が定着している。しかし、一層の省力化、高精度に向っての改良等も望まれており、今後への課題もある。

本報告では、小木津高架橋の可動支保工による施工について、又特に我々が施工管理するうえで配慮すべき点のいくつかについて述べてきたが、これらが今後の工事の設計・施工の参考になれば幸いである。

最後に、本工事の設計・施工全般にわたって御指導をいただいた日立工事事務所構造工事長・安井昌幸氏、及び、担当各位ならびに施工に際し御協力いただいた隣接工事関係の方々に、感謝の意を表す次第である。