

高速道路OVのプレキャスト化

高橋 昭一*1・堀 明彦*2・樫福 浄*3・高木 隆一*4

1. はじめに

建設工事一般について、省力化・作業環境の改善など現場施工技術の合理化を促進することが急務となっている。プレストレストコンクリート(PC)橋梁では、プレキャスト工法の採用が重要な技術テーマの一つとなる。JH(日本道路公団)札幌建設局では、橋梁工事の中でも特に省力化の進んでいない、PC斜 π 橋形式の高速道路オーバーブリッジのプレキャスト化を図るために、(財)高速道路技術センターに、「跨高速道路橋のプレキャスト化に関する調査検討委員会」を設置し、帯広工事事務所のPC斜 π 形式橋10橋を対象に、プレテンション桁の型枠を使用した縦桁工法と、ショートラインマッチキャスト設備を用いたセグメント工法について、高速道路オーバーブリッジの問題点の抽出、試験施工、標準化の検討等を行っている。本稿は試験施工を踏まえた標準形式の選定までを取りまとめ発表するものである。

2. 高速道路オーバーブリッジの課題とプレキャスト化

高速道路オーバーブリッジは、橋梁建設工事の様々な課題が集約された形で顕在化している。そして、このプレキャスト化は、現場作業の省人化、実質的なコストダウン、および競合施工となる土工事との工程管理など多くの点で諸課題を解決する手段となる。

具体的には、

- ① 建設工事一般の課題として、
 - ・作業員の高齢化、不足、技能の低下
 - ・施工環境の改善
 - ・第二東名名神高速道路など今後の事業量増大への対応
 - ・施工に起因する将来維持管理費の節減、予防
- ② 北海道特有の課題として、

- ・冬期作業の困難さ
 - ・冬期の事業量減少による機材の非効率
 - ・冬期の雇用確保
- ③ 高速道路オーバーブリッジ固有の課題として、
- ・土工事との競合による工程管理の煩雑さ
 - ・道路交通、占有物など関連諸機関との調整
 - ・施工箇所の点在による現場経費の増大
 - ・すべての作業が小規模
 - ・省力化されていない橋面工の割合が大きい
 - ・斜材、曲面部材など型枠支保工の複雑さ
- 一方、

- ① プレキャスト化のメリットは、
 - ・冬期間の工場製作による事業の前倒し、平準化
 - ・安定した作業による品質の確保、耐久性の向上
 - ・現場作業の省人化による現場経費の節減
 - ・現場作業短縮による作業員の削減、平準化
 - ・資機材の転用によるスケールメリットの追求
- ② プレキャストオーバーブリッジのメリットは、
 - ・とりわけ煩雑な交差箇所での工事期間の短縮
 - ・冬期現場施工による土工事との錯綜解消
 - ・景観、経済性に優れる斜 π 形式の将来にわたる存続

3. プレキャスト橋形式選定

プレキャストPC斜 π 橋の工法として、新たな型枠を製作せずに桁が製作できるプレテンション桁の型枠を使用した縦桁工法と、ショートラインマッチキャスト設備を新たに製作するセグメント工法を対象工法として選定し、縦桁工法2橋、セグメント工法8橋の試験施工を実施した。

3.1 縦桁工法

縦桁工法の側面図、標準断面図を図-1に示す。構造的な特徴は以下のとおりである。

- ① 主桁断面は、「JIS A 5313 スラブ橋用プレストレストコンクリート橋げた」に準じた等桁高中空断面

*1 Syoichi TAKAHASHI：日本道路公団 札幌建設局構造技術課 課長代理

*2 Akihiko HORI：日本道路公団 札幌建設局帯広工事事務所 清水工事長

*3 Kiyoshi KASHIFUKU：日本高圧コンクリート(株) 工事本部設計部 副部長

*4 Ryuichi TAKAGI：(株)ピー・エス 札幌支店工務課 主任技師

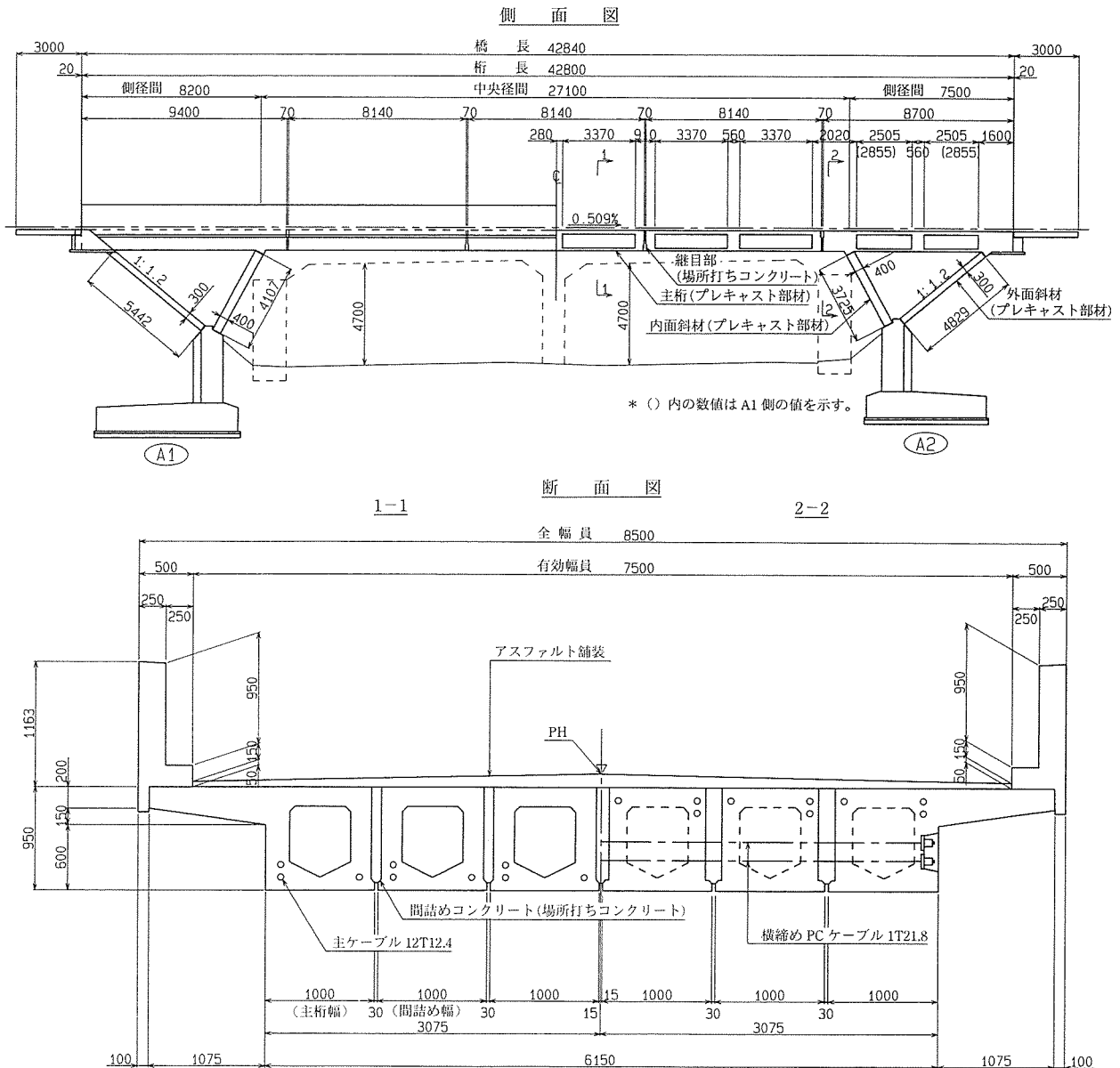


図-1 縦桁工法

- とし、耳桁には張出し床版を設ける。
- ② 主桁は橋軸方向に5分割し、桁内にはシースが曲線配置されている。
 - ③ 主桁ブロックの接続部はコンクリート目地とし、主ケーブルが通過する部分（支間部は主桁断面の下側、内面斜材上は上側となる）はシース接続時の作業性を考慮し幅150mm、その他の部分は70mmの目地幅とした。
 - ④ 主桁の応力度状態は、設計荷重時、桁上縁および主桁ブロック継目位置ではフルプレストレスとし、その他の断面はパーシャルプレストレスとして設計する。
 - ⑤ 外面・内面斜材ともプレキャスト部材とする。
 - ⑥ 内面斜材と主桁およびフーチング頭部はアンカーバーで連結され、部材接合部にはゴム支承を設け

- る。連結部の結合条件はピン構造とし、軸圧縮力は内面斜材が負担し、アンカーバーはせん断力のみを受け持つ。
- ⑦ 外面斜材と主桁およびフーチング頭部の継目部は無収縮モルタル目地としPC鋼棒にて接合され、設計上剛結として取り扱った。
 - ⑧ 横筋は平面格子構造により断面力を算出し、フルプレストレスとして設計を行う。

3.2 セグメント工法

セグメント工法の側面図、標準断面図を図-2に示す。構造的な特徴は以下のとおりである。

- ① 主桁断面形状は、等桁高の箱桁断面とする。
- ② セグメント継目部の接合方法は、施工実績の多い接着剤を用いる方式とする。
- ③ 閉合部の両側目地は、誤差調整を考慮し幅50

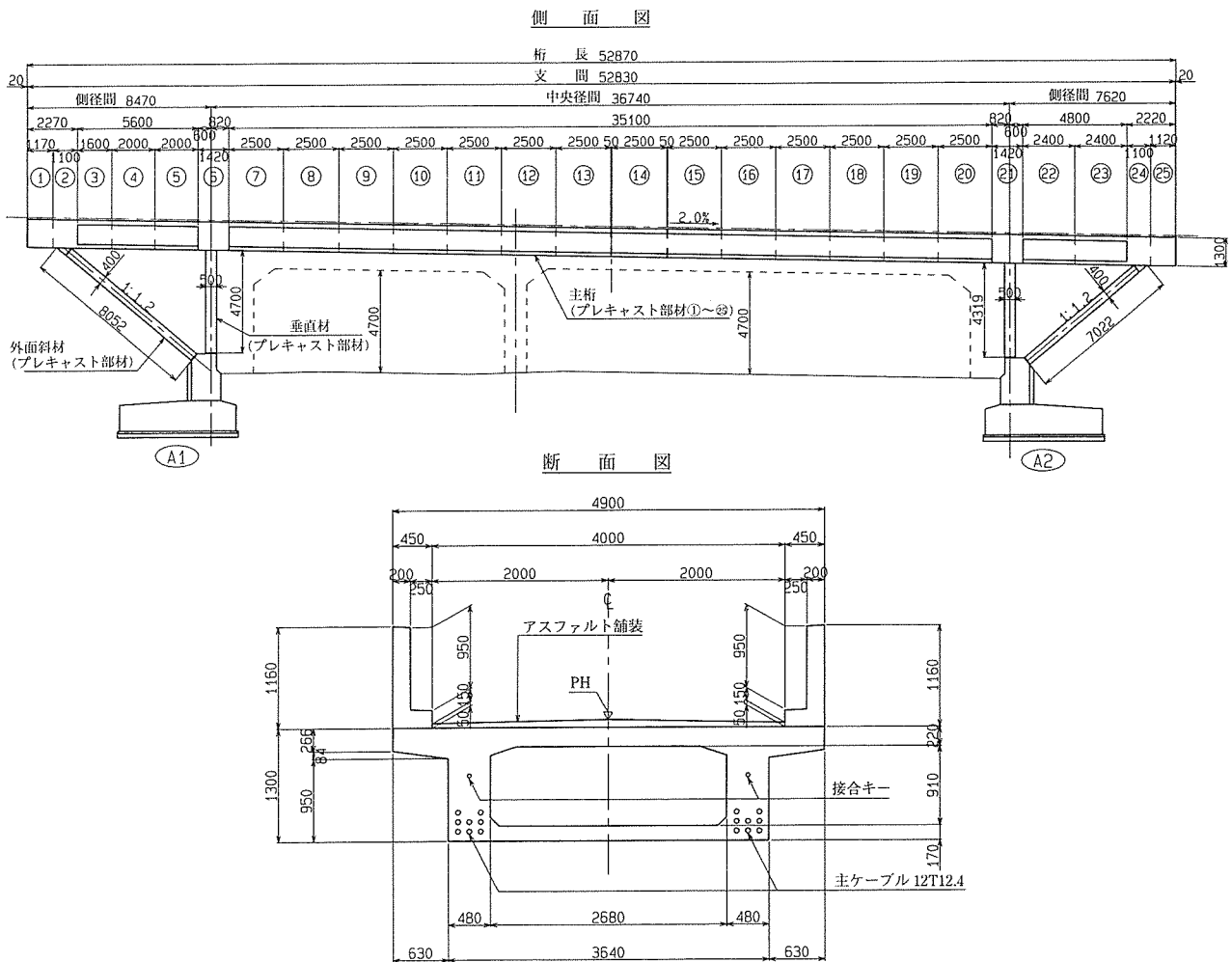


図-2 セグメント工法

mm のモルタル目地を設ける (後に、施工性の向上により、すべての目地が接着剤目地となった)。

- ④ 目地部には、セグメントの接合を容易にするためのガイドとしての機能を有する、鋼製接合キーを設ける。
- ⑤ 主桁の応力度状態、外面・内面斜材、各部材の連結構造は、縦桁工法と同じである。

4. セグメント部材の製作

4.1 製作方法

プレキャストブロック工法における部材の製作方法としては、主に以下の方式がある。

① セパレーター方式

桁長分の製作台および側型枠を設置し、目地部に仕切板を設けて各ブロックを製作する方式で、主に T 桁橋に採用されている。

② マッチキャスト方式

接合面の妻型枠として直前に製作したセグメントの端面を使用するもの。

接合面の密着性を確保することができるため、接着剤

によって接合される場合に採用されている。

また、マッチキャスト方式には、

1) ロングライン方式

一般に、橋長×1/2 の長さの製作台を設置し、1セグメント分の側型枠を順次移動させながら各セグメントを製作する方式。

2) ショートライン方式

1セグメント分の製作台と側型枠を使用して、コンクリートの打設と搬出を交互に繰り返して各セグメントを製作する方式

がある。

試験施工では、縦桁工法には、プレテンションホロー桁の型枠を使用し、コンクリート目地としたことから、セパレーター方式を採用した。一方、セグメント工法においては、箱桁で接着剤目地としたこと、および省力化を図るため、ショートラインマッチキャスト方式を採用した。

4.2 ショートラインマッチキャスト方式

ショートラインマッチキャスト方式の本格的な採用は、わが国で始めてであるので以下に概要を述べる。

◇設計報告◇

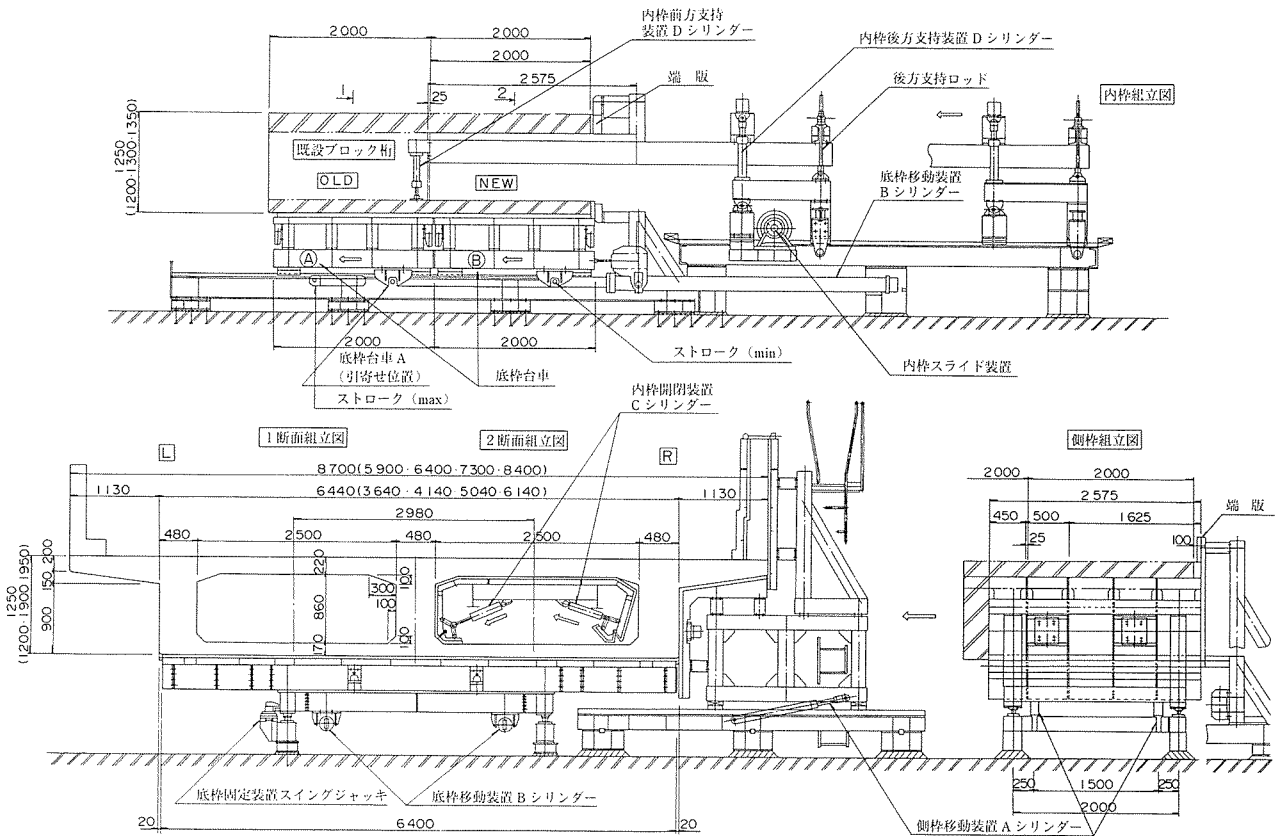


図-3 ショートライン型枠設備全体図

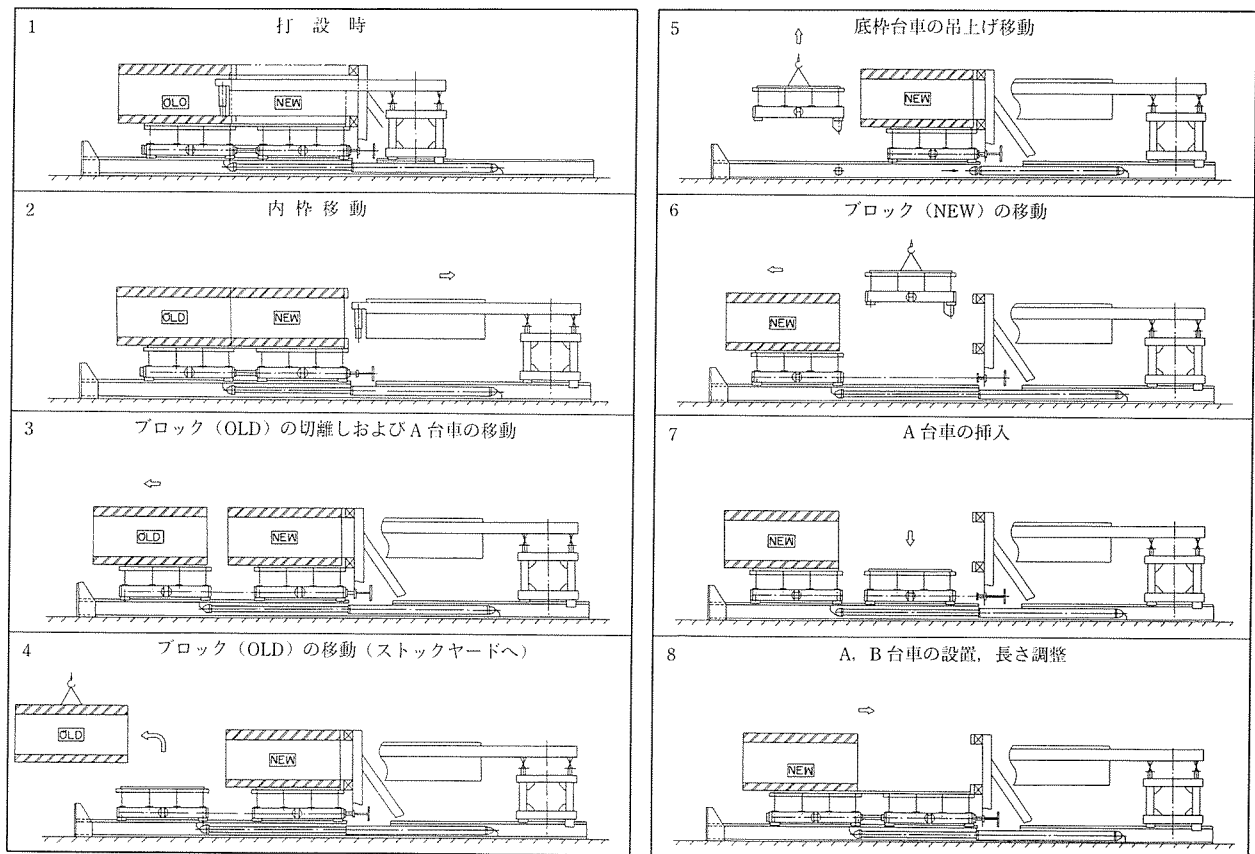


図-4 ショートライン工法サイクル図

ショートラインマッチキャスト方式は、4.1で記述したように1セグメント分の製作台と側型枠を使用して部材を製作するので、工場内等のせまいスペースで天候に左右されずにセグメントを製作することが可能である。また、一連の工程を繰り返すことにより製作を行うことで、より品質の高い部材を製作することができる。

しかし、全セグメント接合後の長さ・方向性が製作段階では確認できないため、セグメントごとの寸法誤差が積み重なり架設時に問題が起こることも考えられる。そこで試験施工では、型枠設備の剛性を高め、機械化することにより製作精度の向上と組立・脱枠作業時間の短縮および省人化を図り、ならびに作業の安全性を確保した。ショートラインマッチキャスト方式の型枠設備全体図を図-3、サイクル図を図-4に示す。

新旧セグメントの引離しや各型枠の組立・脱枠等は油圧シリンダーで行い、その作業のすべては自動制御盤の

ボタン操作で行うことができる。

5. 現場作業の施工実態

5.1 現場作業歩掛かり

現場作業の施工歩掛かりについて、別途実施した場所打ち橋と比較したものを、表-1に示す。

5.2 支保工

支保工は、ビティー支保工を組む場所打ち工法が、最も作業員を要している。また、同じプレキャスト工法でも、セグメント工法は縦桁工法の約2倍を要している。これは、縦桁工法が、ブロックを継ぐ位置（橋軸方向に4ヵ所）に鉛直方向支保工を設置すればよいのに対し、セグメント工法では橋軸方向全範囲について梁材を必要としていることによる。

5.3 橋体工

橋体工では、両プレキャスト工法は場所打ちの3割程

表-1 PC斜π橋現場作業歩掛かり調査

(延べ日数：人・日)

施 工 内 容		場所打ち工法		縦 桁 工 法		セグメント工法	
		延日数	m ² 当り	延日数	m ² 当り	延日数	m ² 当り
支保工	資材搬入・搬出	45.1	0.20	9.8	0.03	3.6	0.01
	組立・解体	48.9	0.22	38.1	0.11	96.7	0.29
	小 計	94.0	0.42	47.9	0.14	100.3	0.30
フーチング頭部工	型枠工	20.0	0.09	23.6	0.07	18.9	0.06
	鉄筋工	3.1	0.01	6.5	0.02	7.4	0.02
	PC工	3.9	0.02	3.3	0.01	3.6	0.01
	コンクリート打設	4.0	0.02	3.1	0.01	3.6	0.01
	小 計	31.0	0.14	36.6	0.11	33.5	0.10
橋体工	足場組立	7.2	0.03	-	-	-	-
	型枠工（主桁・斜材）	96.0	0.43	-	-	-	-
	鉄筋工（同上）	75.1	0.34	-	-	-	-
	コンクリート工（同上）	23.7	0.11	-	-	-	-
	架設・運搬	-	-	40.9	0.12	62.4	0.19
	PC工	31.2	0.14	66.6	0.21	52.1	0.15
	間詰め型枠・コンクリート工	-	-	27.2	0.08	-	-
小 計	233.2	1.06	134.7	0.40	114.5	0.34	
橋面工	足場組立（壁高欄・地覆）	-	-	8.6	0.03	-	-
	型枠工（同上）	38.4	0.17	55.6	0.16	-	-
	鉄筋工（同上）	12.8	0.06	13.0	0.04	-	-
	コンクリート工（同上）	23.8	0.10	27.8	0.08	-	-
	壁高欄目地工	-	-	-	-	8.4	0.02
	落下物防止柵取付け	16.0	0.05	15.6	0.05	18.9	0.06
小 計	91.0	0.39	120.7	0.36	27.3	0.08	
雑工	整地・清掃・片付け	39.0	0.18	14.7	0.04	25.6	0.08
	小 計	39.0	0.18	14.7	0.04	25.6	0.08
合 計		488.2	2.19	354.4	1.05	301.2	0.89

上記データは、下記の施工実績調査橋梁の場合。

場所打ち工法：泉の沢跨道橋、橋長=44.1 m、有効幅員=5.0 m

縦 桁 工 法：清水第五跨道橋、橋長=44.9 m、有効幅員=7.5 m、ブロック数=30個

セグメント工法：羽帯第四跨道橋、橋長=53.7 m、有効幅員=5.5 m、セグメント数=27個

◇設計報告◇

度となっている。プレキャスト工法を比較すると、セグメント工法の架設では、前作業として接着剤塗布、トラッククレーンによる架設の後作業として、引寄せケーブルによる仮緊張作業があり、シースの通りを合わせるだけの縦桁工法より複雑なものとなる。しかし、縦桁工法は桁架設の後、単純な作業とはいえ各桁間の間詰め作業が残り、橋体工の合計としてはセグメント工法の方が省力化されている。

5.4 橋面工

橋面工は、セグメント工法が他工法の約2割となっている。セグメント工法が壁高欄まで一体打ちで工場で作成するのにに対し、プレキャスト工法とはいえ縦桁工法は、なんら在来の現場打ち工法と変わらないためである。セグメント工法の壁高欄厚は、工場で十分な施工性が確保されているために、かぶりを道路公団旧設計の50mmに戻している。

5.5 評価

現場作業全体の歩掛かり調査では、プレキャスト工法は場所打ち工法に比べ半分以下の現場作業員数となる。プレキャスト工法、とりわけセグメント工法は、フーチング頭部工以外に、どうしても省力化できない小規模コンクリート作業がなく、支保工の構造改良やブロック化などによる合理化や、セグメントの架設手順の変更などによって、さらなる現場作業の省力化が可能な工法と思われる。

6. 現場工程

6.1 現場工程

縦桁工法、セグメント工法ともに、施工の改善が見られた最終架設橋梁の現場工程表を図-5に示す。縦桁工法は2橋目の施工、セグメント工法は8橋目に施工した橋梁である。

6.2 評価

場所打ち工法の斜π橋の施工には、通常約3ヵ月を要する。これに対し、プレキャスト工法は35~40日程度で施工が完了しており、工期短縮の効果が明らかである。詳細に見ると、縦桁工法は、全体工程の約2/3が在来の小規模コンクリート工となっている。これに対し、セグメント工法は約3/4が支保工の組立解体であり、さらなる急速施工にはこれら工種の抜本的な見直しが必要となることわかる。

7. 今後の方針

7.1 経済性

試験施工段階での、プレキャスト工法の経済性はほぼ同様なものとなった。

縦桁工法が、プレキャスト工法として標準化しているプレテンションホロー桁をベースにしており、今後大幅な合理化が見込めないのに対し、セグメント工法は高速道路オーバブリッジのプレキャスト工法として緒についたばかりで、様々な改善メニューが見いだされている。

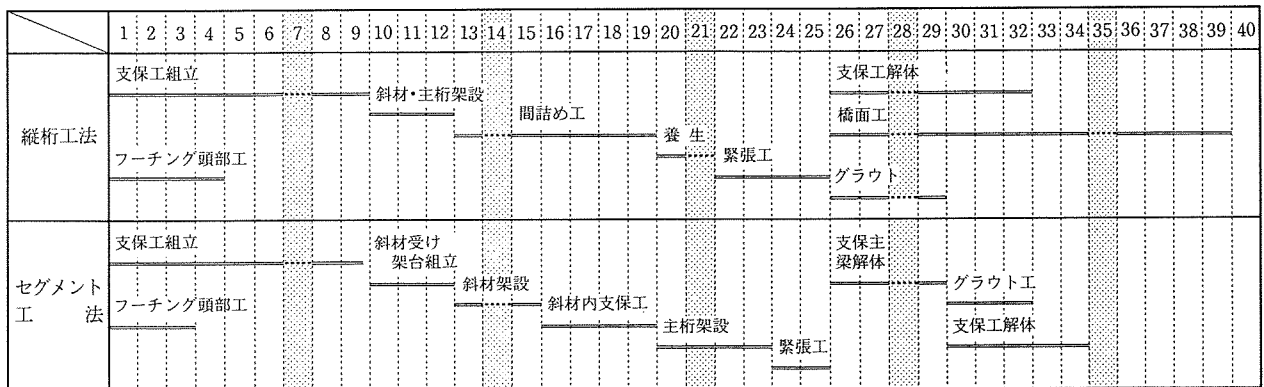
今後の展開を図っていくうえで、経済性の追求は不可欠となるが、セグメント工法の場合、省力化と経済性はリンクしており、さらなる省力化が経済性の追求となる。

7.2 今後の改善

省力化、経済性の追求を目指した今後の改善点として次のような項目があり、現在、検討、試験施工中である。

① セグメント工法

- ・配筋、かぶり、鋼材等の見直しによる断面の効率化
- ・隣接橋との断面の統一、断面諸元の標準化
- ・支保工組立作業の急速化簡素化



上記データは、下記橋梁の場合。

縦桁工法：清水第五跨道橋、橋長=44.9m、有効幅員=7.5m、ブロック数=30個

セグメント工法：清水第二跨道橋、橋長=47.4m、有効幅員=5.0m、セグメント数=24個

図-5 プレキャスト PC 斜π橋現場工程

- ・場所打ち閉合目地の廃止
- ・架設手順変更による架設日数の短縮
- ・現場での雑工事の省力化

② 縦桁工法

- ・桁ブロック分割数の削減
- ・壁高欄地覆施工の合理化

7.3 冬期現場施工

寒冷地北海道の固有の課題として、コンクリート工の冬期現場施工がある。セグメント工法では寒冷地仕様の接着剤の開発、適切な養生体制の構築が必須となる。

平成6年の冬、気温が夜間 -15°C にもなる北海道帯広の地で、新たに開発改良を加えた施工性が確保でき、かつ強度発現も十分な接着剤を用い、施工にあたっては場所打ちコンクリートと比べ非常に簡易な養生を行うだけで、グラウト作業を除く現場架設作業を実施している。

土木工事の止まる冬期には、広いヤードが使用でき、支保工基礎も強固なものとなっている。また、冬期に切回し道路ができ、春来とともに切土工が開始できるため、土工工事の協力も得られるものとなっている。厳寒期での屋外作業など解決困難な課題もあるが、今後のテーマとして引き続き検討していきたい。

7.4 今後の方針

今後の高速道路オーバブリッジの方針を示す。

- ① 「場所打ち工法と同程度の経済性を有するよう改善していくこと」を前提に、JH 札幌建設局管内の高速道路オーバブリッジはプレキャスト工法を第一義として計画する。
- ② 現場での省人化の度合いが大きく、冬期架設作業が可能で現場作業の短いセグメント工法を、標準工法と位置づけさらなる経済性の追求を行う。
- ③ セグメント工法の適用できない斜角橋や広幅員のオーバブリッジに対し、縦桁工法の適用性を検討する。

8. おわりに

本稿は(財)高速道路技術センターへの委託業務「跨高速道路橋のプレキャスト化に関する調査検討」報告書をもとにしています。平成6年は最終年度、とりまとめの時期となっており、プレキャストセグメント工法の標準図、設計指針、施工マニュアルの作成、審議を予定して

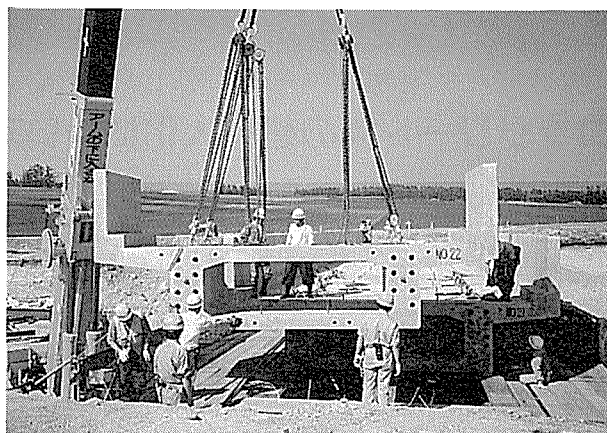


写真-1 架設状況

います。

今後の方針に示したとおり、JH 札幌建設局では高速道路オーバブリッジの標準工法を、ショートラインマッチキャスト設備を用いたセグメント工法とし、長万部、千歳、旭川と各地に延伸する高速道路を同工法で建設しようとしております。

同工法は21世紀を見据えたとき、日本道路公団の一大プロジェクトである第二東名名神高速道路にも、標準的に用いられる工法と思われませんが、JH 札幌建設局の事例はこれを定常的に稼働させる最初で、現在のところ唯一の事例となっています。

プレキャストには夢があります。

検討すれば検討するほど、目に見えるほど改善の効果が現れます。

プレストレストコンクリート橋に劇的な変革が引き起こせるのがプレキャストセグメント工法であると信じております。

「ツナギを着た技能工が、機械でセグメントを架設し、PC鋼線は緊張するだけ」となるよう、今後とも改良を重ねていきたいと考えています。

参考文献

- 1) (財)高速道路調査会：21世紀の橋梁技術検討小委員会報告書、1993. 10
- 2) (財)高速道路技術センター：跨高速道路橋のプレキャスト化に関する調査検討報告書(その1~2)、1993. 3、1994. 4

【1994年10月26日受付】