

KS スラブの開発報告

～ 上の川橋歩道拡幅工事 ～

事業開発本部 事業開発部 開発課 谷口 義則
技術本部 江津工場 技術管理課 伊藤 啓二
大阪支店 技術部 工事課 国田 義博

【キーワード】

KS スラブ、軽荷重、軽量スラブ

1. はじめに

KS スラブは軽荷重（群集荷重及び T-6 までの輪荷重）に特化させた超軽量複合構造スラブであり、これまでに幾つかの性能確認実験を行い、その製品化に努めてきた。その成果として設計手法の確立と仕様を確定して一応の標準化が完了、現在これを元に営業展開を行っている。これまでに、国土交通省を始め 4 件の実績を積み、それ以降も数件の物件で製作準備にかかっている。

本報告は、KS スラブの仕様及び設計の考え方を紹介し、実施工報告として、大阪府で受注した歩道拡幅工事での製造・施工について報告するものである。

2. KS スラブの特徴

KS スラブの基本構造は、上下に配する薄肉コンクリート板をトラス鉄筋でつなぎ、一体化した複合構造スラブである。対応する活荷重を群集荷重と T-6 までの軽荷重に限定することでコンクリートの部材厚を限りなく薄くすることが可能となった。

また、KS スラブに使用するコンクリートは薄い部材に対する充填性を確保するために、高流動化させたコンクリートを打設することが必須となる。そこで高流動コンクリートである EA-CRETE (PFBC 灰混入コンクリート) または、3H-CRETE を使用することで、環境負荷の低減に貢献している。

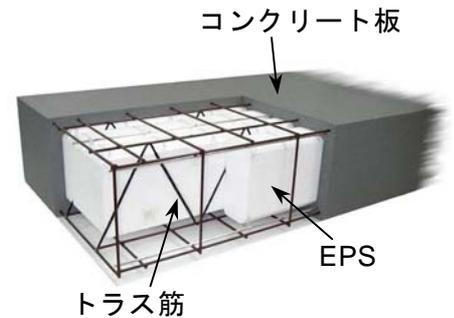


図-1 KS スラブの概念図

KS スラブの主な特徴は次のとおりである。

- 軽 量 LS 桁に対して 20～40%の軽量。(図-2)
- 経済性 軽量であることで運搬架設費を縮減。
- 作業性 高流動コンクリートの採用による打設作業の省力化
横組構造の簡素化
- 環 境 セメントの一部を産業副産物に置換することによる省資源化と CO₂ 排出量の削減

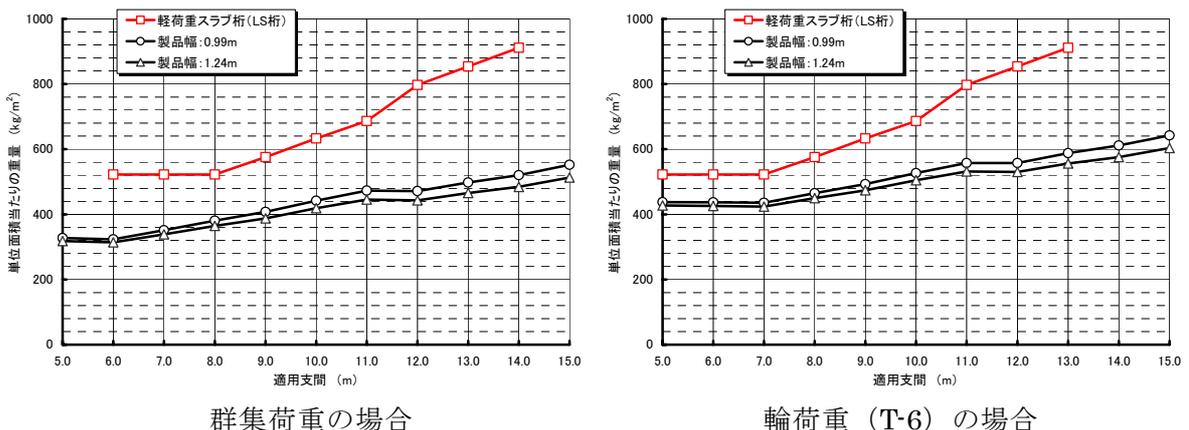


図-2 適用支間と重量の関係

3. KS スラブの設計

KS スラブの設計手順を図-3 に示す。

KS スラブの支間方向に関する設計手法は通常の PC 桁と同様の手法によっている。また、横方向の設計については KS スラブが独立版で設計されるため、横方向の分配は考慮しないこととしている。

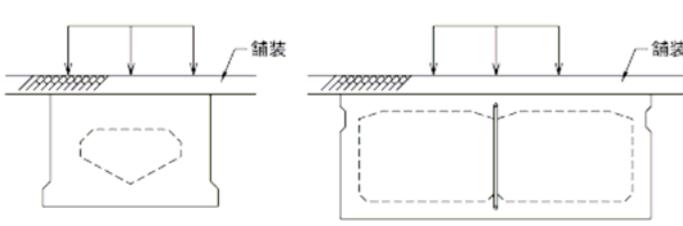
KS スラブの特徴のひとつであるトラス筋に関しては、計算が煩雑になる点や全体系としてトラス筋の影響が微少であるなどの観点から、構造計算上は考慮しないものとしている。すなわち、全体構造としての設計においては、中空部を有する躯体断面に対して曲げやせん断に対する検討を行うものであり、特別な手法を用いていないことが理解できる。

では、KS スラブの設計に特有の計算手法を用いる検討項目を以下に述べる。

○頂版の設計

頂版の設計では、コンクリートウェブからトラス筋までを支間として曲げに対する検討を行う。

ここで、頂版に輪荷重が作用する場合、PC 桁における設計では、輪荷重の幅に対して中空部の幅が小さいため、頂版に分布荷重が作用するものとして検討を行う。一方、KS スラブでは、輪荷重の幅に対して中空部の幅が大きいことから、スラブ橋げたと同様の検討手法を用いることは適切ではない。



そこで道路橋示方書に示される床版の設計曲げモーメント式 (1), (2) により算出される曲げモーメントを頂版に作用する設計断面力として取り扱い、コンクリートおよび鉄筋の応力が許容応力度以下となるように設計を行うこととした。

支間曲げモーメント

$$+ (0.12L + 0.07) P \times 0.8 \dots (1)$$

支点曲げモーメント

$$- (0.15L + 0.125) P \dots (2)$$

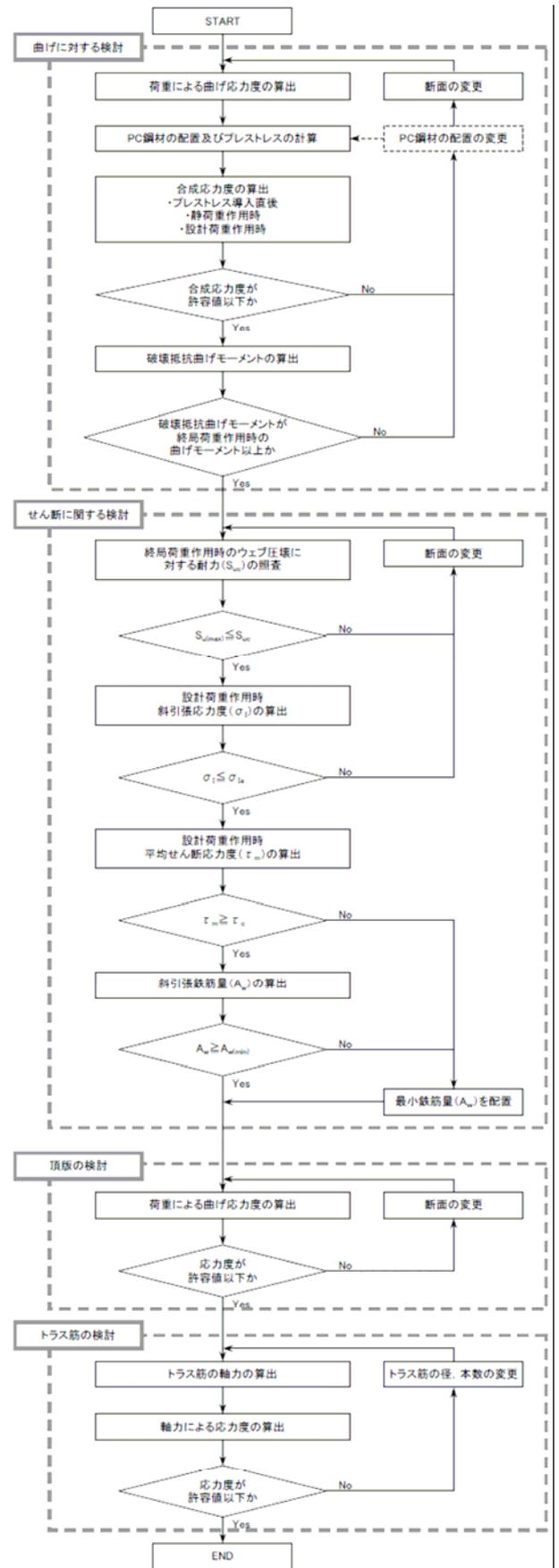


図-3 KS スラブの設計フロー

○トラス筋の設計

トラス筋の設計は1波長分のトラスを抜き出し、トラス筋の頂点に集中荷重を与えたときのトラスの軸力により検討を行うこととした。(図-4)

トラスの頂点に作用する集中荷重は群集荷重や舗装荷重のような等分布荷重では図-5に示す範囲の荷重を負担することとし、その合力がトラスの頂点に作用することとしている。一方で輪荷重が作用する場合には、前述の分布荷重に比べてトラス筋に作用する荷重が大きくなることは明らかである。

そこで、図-6に示すモデルに対してフレーム解析による検討を行った。その結果、 $P=24\text{kN}$ の輪荷重に対してトラス筋に作用する軸力は 9.2kN 、コンクリートのウェブがそれぞれ 7.4kN ずつ荷重を負担することとなった。即ち、輪荷重の載荷幅が 500mm の場合には設計輪荷重の約38%をトラス筋が負担することが確認できた。

以上の計算結果より安全側の設計を行うとともに計算を簡素化するため、KSスラブに輪荷重が載荷される場合のトラス筋の頂点に作用する集中荷重は設計輪荷重の50%としてトラス筋の応力を検討することとした。

4. 工事の概要

本工事は、大阪府の市街地に位置する上の川橋の歩道部分を拡幅する工事である。

大阪府では本件と同様に歩行者の安全確保さらには高齢者や車椅子を利用する人に対するバリアフリー化を実現するための歩道施設の充実を目指して、橋梁部における簡易的な歩道施設の技術基準作りを行われ、その成果として本工事が計画・実施された。

大阪府では従来コンサルタントに委託していた設計業務を出先事務所で行い、ドイツのマイスター制度を手本として、技術職員がレベルアップして事業の全般を取り仕切っていくという取り組みがなされている。本基準作りもそうした取り組みの一環として茨木土木事務所で行われ、極東工業から基準作りの技術協力を行い、大阪府の技術基準として「簡易歩道施設 標準化マニュアル」を作成した。

本基準では、簡易歩道施設の下部構造を簡易基礎とし、上部構造を工場製品の歩道用スラブとすることで、工期の短縮とコスト削減を行うことをテーマとしている。基準の内容も道路橋示方書など従来の示方書の内容によらず、簡素化して仕様を緩める事項も含まれており、大阪府独自の考え方を提唱するようなマイスター制度を意識した内容となっている。

本工事は、このようにして作成された「簡易歩道施設 標準化マニュアル」に沿って、計画された最初の工事である。

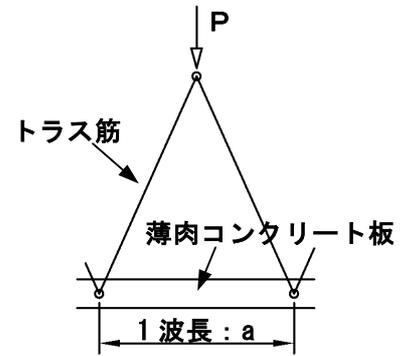


図-4 トラス筋の設計概念

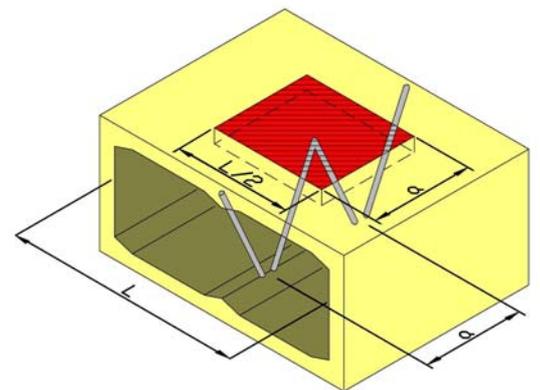


図-5 トラス筋が負担する荷重面積

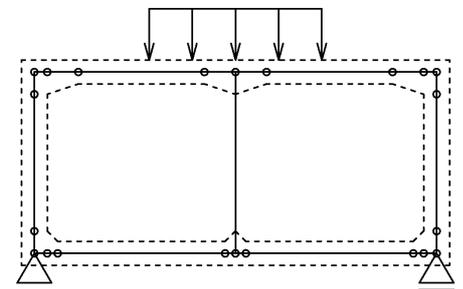


図-6 解析モデル

計画時における現地の状況を写真-1に、施工場所を図-7に示す。

上の川橋は、阪急北千里線豊津駅の駅前に当たり、昼夜を問わず車両、歩行者とも交通量の多い場所である。特に住宅地に近いため、朝夕の通勤時間帯は相当な混雑となる。

本工事では、函渠より張り出して作られた歩行者だまりを撤去し、写真-1に示す位置にKSスラブを設置して、歩道全体を拡幅するものである。

なお、既設構造物の撤去、橋台工及び舗装工など既設構造物に関する部分については、地元施工業者が行った。



写真-1 施工前の状況



図-7 施工位置図

工事名 : 一般府道 豊中吹田線 上の川橋歩道拡幅工事

工事場所 : 大阪府吹田市垂水町1丁目

工期 : 平成19年3月6日～平成19年6月29日

発注者 : 大阪府 茨木土木事務所

橋梁の諸元 : 橋長=8.715m、総幅員=2.400m、桁長=8.592m,8.758m (KSスラブ2枚)

工事内容 : 主桁製作、運搬架設工、支承工、横組工、地覆工、伸縮工、防護柵工

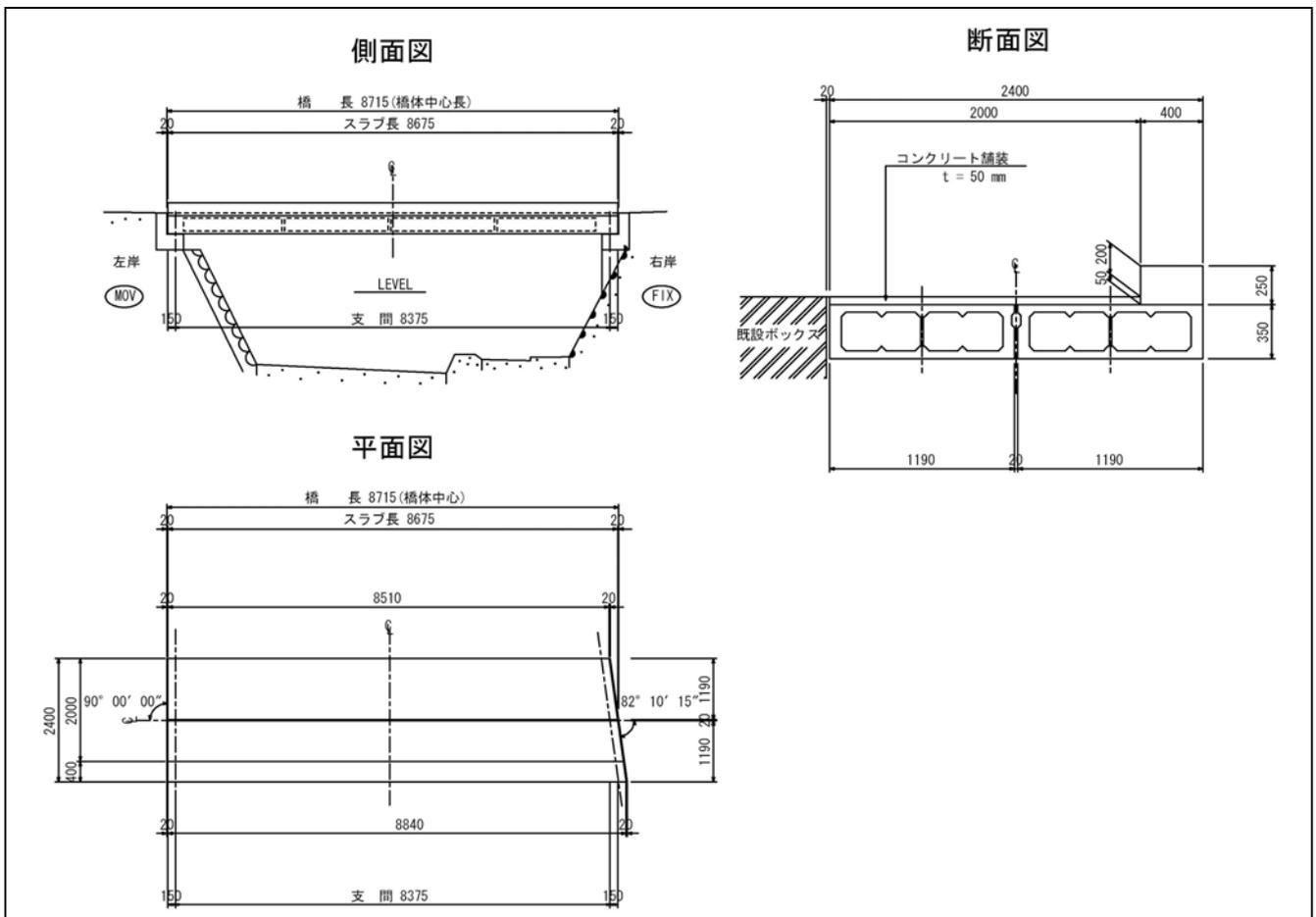


図-8 構造一般図



写真-4 鉄筋・EPS組立状況



写真-5 コンクリート打設状況



写真-6 スランプフロー測定

EA-CRETE は火力発電所から排出される石炭灰（PFBC 灰）を混入したコンクリートであり、セメントの一部を PFBC 灰に置換するため、環境負荷の低減に効果がある。さらに、PFBC 灰には通常のフライアッシュに比べて、自硬性と膨張性を有しているため、初期ひび割れの防止に効果がある。

現在、江津工場ではこれらの優位性に加えて、コストの観点からもメリットがあるため、EA-CRETE を通常の PC 桁にも活用すべく積極的に提案を行っている。

KS スラブの製作に関する注意点は、前述のようなコンクリートの充填性に加えて、中空枠の浮き上がりにも注意する必要がある。KS スラブは、コンクリート部材厚を薄くして断面内に大きな中空部を有する点にその特徴を持っている。そのため、中空枠に作用する浮力も中空枠の大きさに比例して大きくなる。そこで、事前に KS スラブの試験製作を行い、その結果を踏まえて約 1.0m 間隔で中空枠に浮き止めを配置することとした。

また、浮き止めを配置することで KS スラブ上面に多数の浮き止めの痕跡を残すことになる。これを防止するために、試験製作によりコンクリートの硬化時間を予測して、コンクリートが硬化する直前に浮き止めの取り外して表面を仕上げることにした。

本工事では、地覆に関しても江津工場で作成を行った。

本工事に限らず KS スラブが採用される橋梁は、その適用条件や荷重条件からも分かるように小規模橋梁となることがほとんどである。そのため、効果的な工程の短縮を行うには施工現場での型枠支保工や養生などを必要とする地覆工を排除することは大きな効果をもたらす。KS スラブは、設計の章でも述べたように独立版で設計されているため、横組工は間詰めモルタルを打設する簡易な構造としている。そのため、工場製作の段階で地覆の施工も併せて行うことが可能となった。



写真-7 コンクリート打設前の状況



写真-8 浮き止めの取り外し

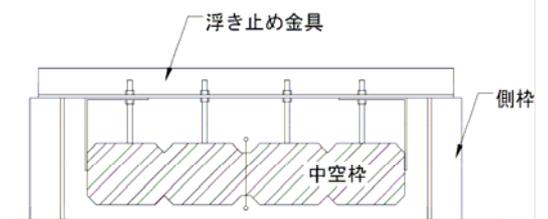


図-11 浮き止めの形状



写真-9 地覆の設置状況

6. 施工

本工事で行った施工現場での施工手順を図-12に示す。

今回、極東工業が行った施工は図-12の実線で囲んだ工種であり、既設構造物の撤去工から橋台工及び舗装工は地元の他業者により施工が行われた。

施工現場で特に問題として挙げられる点は、架設地点が市街地の駅前に位置しており、昼夜を問わず交通量が多い交差点に位置している。また、古くからの住宅地であるため、信号機や電柱、架空線が無数に張られたおり、架設方法が主要な問題点となった。

着工前の状況を写真-10に示す。



写真-10 着工前の状況

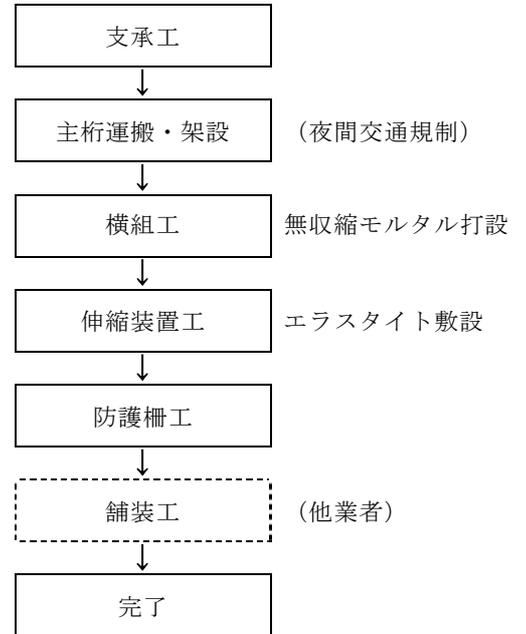


図-12 施工フロー



写真-11 架設状況

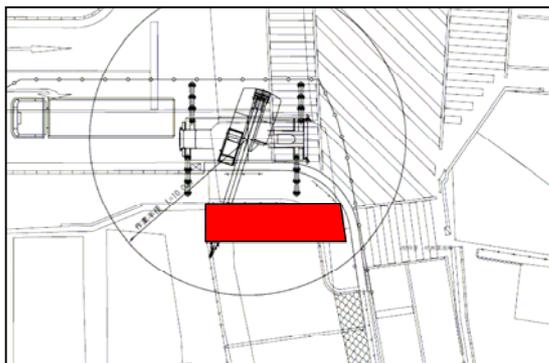


写真-12 架設状況

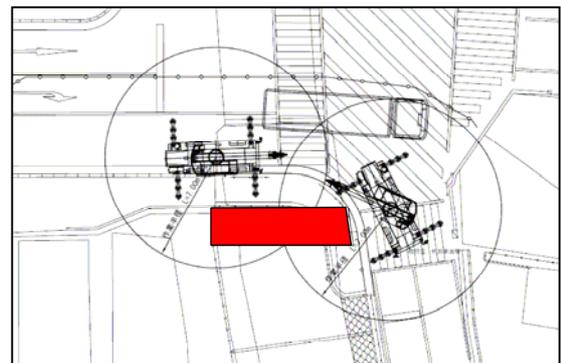
6. 1. 架設工

架設工は、当初 35t クレーン 1 台により KS スラブ 2 枚 (1 枚当たりの重量は約 4t、うち 1 枚は地覆 2.3t を有するため 6.3t) を架設する計画であった。しかし、前述のように架設地点は非常に交通量が多く、上空には電線などの障害物が多数あり、クレーン作業空間が非常に制限されるため、当初計画で架設を行うことは困難であると判断した。そこで、クレーンの旋回範囲を極力小さくするため、10t クレーン 2 台での相吊りによる架設に変更した。

また、架設のための交通規制では交通量が最も少ない時間帯を調査し、その結果により架設を行う時間帯を決定した。交通規制の時間は日曜日 23:00～月曜日 5:00 の 6 時間に設定して、架設作業を行った。



a) 当初の計画



b) 実施工

図-13 架設図

6. 2. 横組工

横組工の工程は、バックアップ材を設置し、無収縮モルタルを打設するという作業を行った。KS スラブでは、基本的にすべての作業が橋面上で行われる。そのため、流動性の高い無収縮モルタルを打設する際のバックアップ材の設置には特に注意して施工を行った。

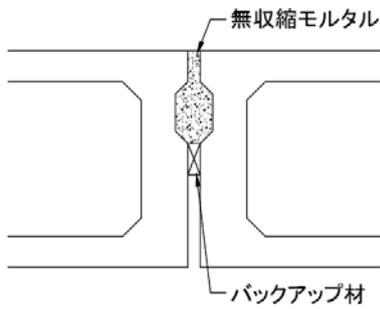


図-14 間詰め部の詳細



写真-13 バックアップ材設置



写真 14 無収縮モルタル打設

7. おわりに

KS スラブは、これまでの開発の成果を取りまとめ一応の標準化は完了した。施工実績は本報告で紹介した上の川橋を含めて4件となり、このほかにも今期中に数件の受注が見込まれている。ようやくKS スラブが世に出ることができた次第である。

今後の課題として、製作の効率化による製作コストの縮小、KS スラブに関連する資材（支承材料や間詰め材料など）の最適化が大きな課題といえる。特に短い支間で広幅員が見込まれる水路蓋等のように支承線方向に長くなると、このような資材の価格が全体工費に占めるウエイトが大きくなる。こうした資材も対応する条件、用途に合わせた最適な資材を選択する必要がある。

