

腹板孔明け工法による固定型枠支保工の駒瀬川橋床版工への適用

Application of a new fixed slab support system by using the holes at the webs to the concrete slabs of Komasegawa Bridge

梶 一*, 清水健介**, 庄司志津男***, 須藤 聡****, 松村達生*****, 石田照明*

Hajime Tomo, Kensuke Shimizu, Shizuo Shohji, Satoru Sudoh, Tatsuo Matsumura and Teruaki Ishida

* : JFEエンジニアリング(株) 橋梁設計部津橋梁設計室 (〒514-0301 津市雲津鋼管町1)

** : 日本鋼管工事(株) 橋梁・構造計画部開発室 (〒230-8611 横浜市鶴見区末広町2-1)

*** : JFEエンジニアリング(株) 建設部第一工事室 (〒230-8611 横浜市鶴見区末広町2-1)

**** : JFEエンジニアリング(株) 津製作所製造部生産技術室 (〒514-0301 津市雲津鋼管町1)

***** : JFEエンジニアリング(株) 橋梁設計部橋梁設計室 (〒230-8611 横浜市鶴見区末広町2-1)

A new fixed slab support system by using the holes opened at main girder webs is proposed for the concrete slabs of steel girder bridges in this report. It brings not only a reduction of cost by neglecting hanger pieces for support beams and scaffolding but also a better look after the bridge completion. Some analyses are made for making clear the influence of the holes on the web stress and the girder deflection by the horizontal force that is produced by the truss support system for the cantilever slab, for applying to Komasegawa Bridge. As the result, we supported the main girders by using rods with turnbuckle between those webs at some points to resist that horizontal force.

A silicon bolt is proposed to fill the holes because of higher clinging than HTB and of no painting for an adjustment. And vinyl chloride seals pasted at the edge of the upper flange plate are furthermore proposed to prevent cement-milk to draw on webs and to fill the gap between slabs and the flange plates that occasionally occurs by the weight of the barriers and the pre-stress force.

Key Word : concrete slabs, construction, slab forming, slab support system,

キーワード : コンクリート床版, 施工, 型枠, 型枠支保工

1 まえがき

鋼桁の現場打ちPCまたはRC床版に用いられる従来の支保工および作業足場は、主桁下フランジと、主桁腹板に溶接された吊金具、上フランジに溶接された型枠吊ボルト用金具などを利用して支持されている(図1)。しかし、腹板に溶接された吊金具は美観を損なうことが懸念され、共用後の使用頻度も数10年に1回程度でもあることから、施工後撤去する場合もある。また、型枠吊ボルトは、撤去後の穴埋め処理が適切でない場合、穴埋め材の落下や鉄筋腐食によるかぶりコンクリート落下の原因となりうる。

これに対して、型枠の支持に型枠吊ボルト用金具を用いず、また、腹板への吊金具の溶接を行わない方法として、日本鋼管工事(株)が新たに開発した「腹板孔明け工法」がある。この工法は、腹板上部(桁高が高い場合は中段部も)に明けた孔に型枠大引き材や足場を固定する金具をボルトで取付け、使用後の孔はシリコン製の化粧ボルトで埋めるものである。しかし、孔明けによる腹板の応力や変形については、床版の規模、腹板の形状や板厚

により個別に検討する必要がある。

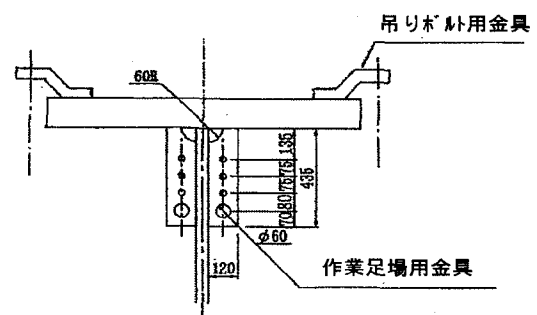


図1 従来の支保工支持方法例

駒瀬川橋の床版施工においては、腹板に吊金具を溶接で取り付ける場合は施工後撤去することが求められたため、「腹板孔明け工法」と経済比較を行い、孔明けによる腹板の応力、少主桁橋の主桁変形状を確認し、本法を採用することとした。また、床版打設時の上フランジと型枠からの「ノロ」止めと、プレストレス導入時に生じることのある床版と上フランジの剥離に対して防食効果が期待されるシール工を採用したので紹介する。

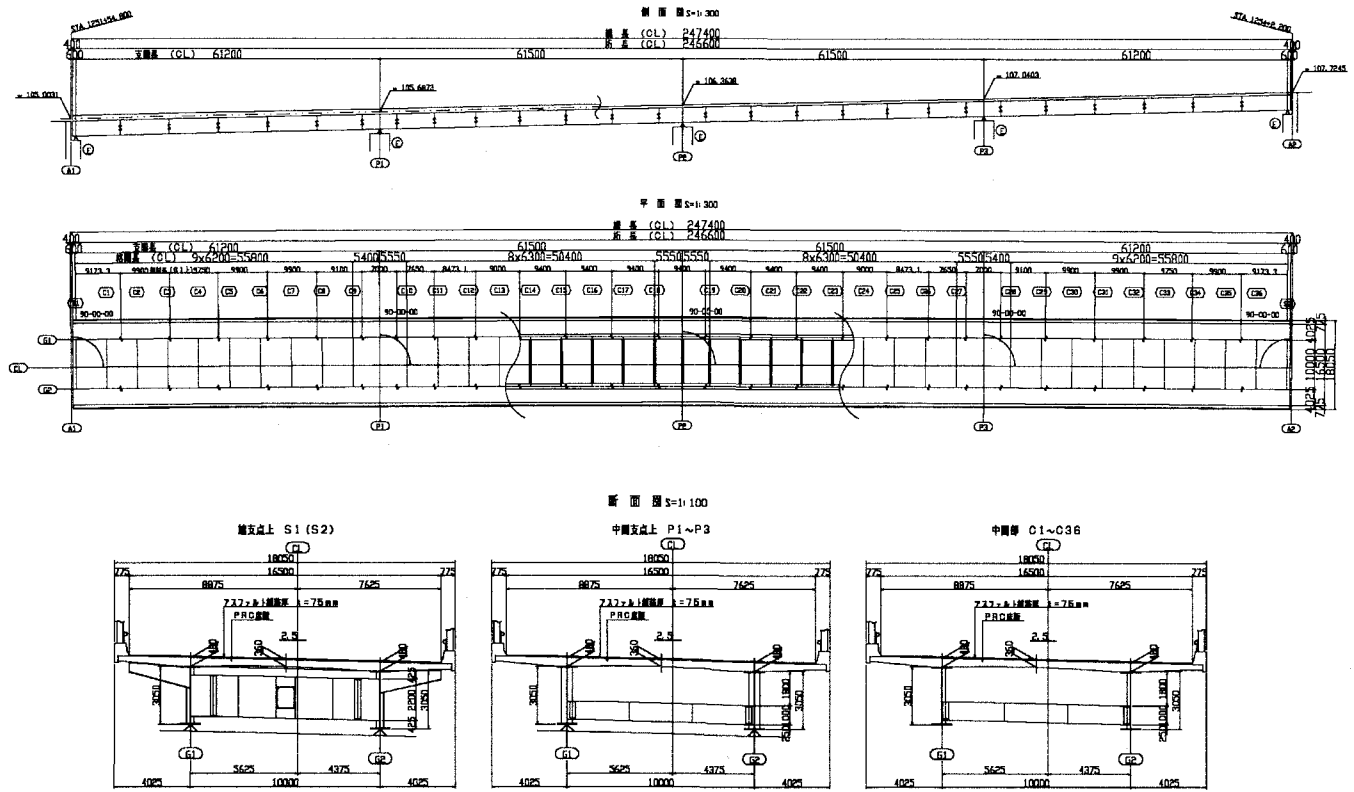


図 2 駒瀬川橋（上り線）構造一般図

2 駒瀬川橋の概要

第二東名高速道路 駒瀬川橋は、静岡県沼津市に位置し、橋長247.4m、幅員18.8mであり、広幅員PC床版2主I桁の上下線2連の橋梁である。上り線の一般図を図 2に示す。

本工事のPC床版は、当初移動型枠による施工が計

画されていたが、若齢期コンクリートの型枠移動に伴う性状や早強コンクリートの極厚床版における温度応力などに対する知見が十分でない判断されたため、固定型枠による施工に変更された。しかし、主桁間が10m、張出し部が4m近くあるため、図 3に示すような床版支保工を採用した。

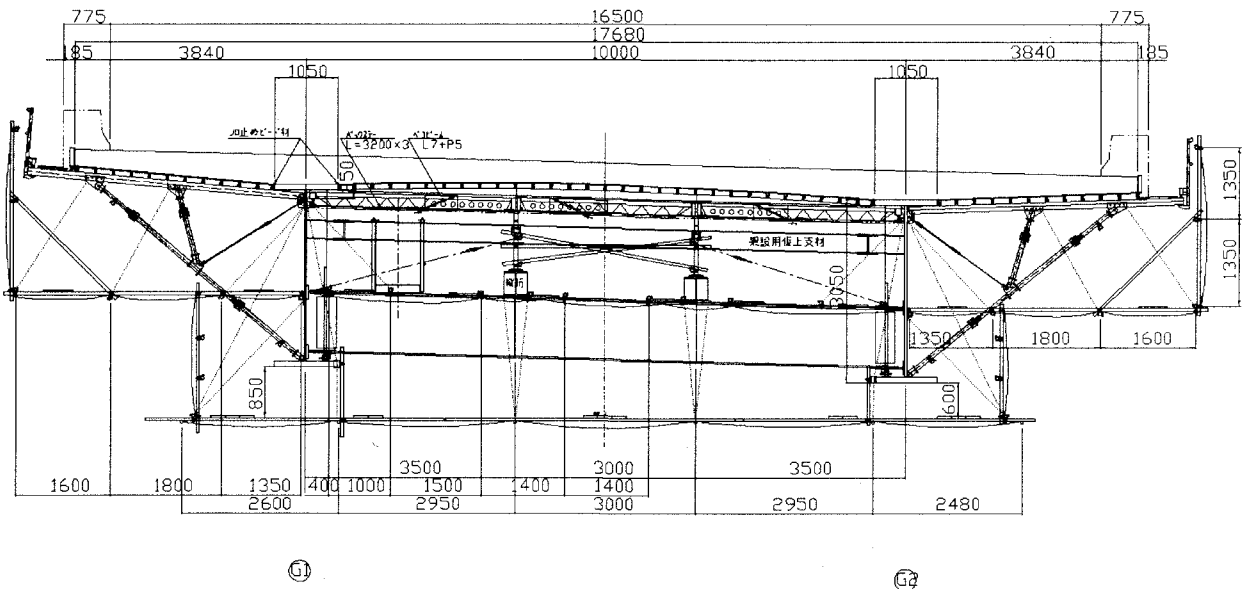
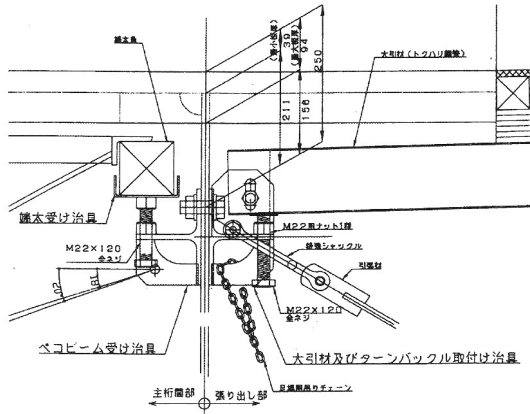


図 3 駒瀬川橋の床版支保工

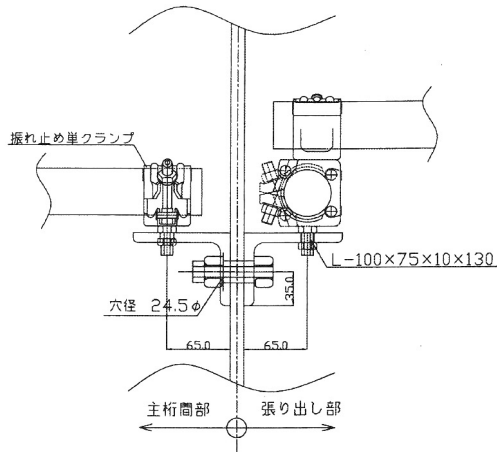
3 腹板孔明け工法

3.1 金具構造

駒瀬川橋で使用した腹板上部の型枠受け金具と中段の足場支持金具を図4に示す。金具は、予め腹板に明けられた孔(24.5φ)の両面に設け、HTB M22で綴じられている。



(a) 上段型枠受け金具



(b) 中段足場固定金具
図4 型枠受け金具

3.2 孔明けによる腹板応力

施工後の孔明け部はシリコン製の化粧ボルトにより埋めることとしたため、完成後における孔明けの有無による腹板応力への影響をFEM解析により調べた。解析上の孔径は25φ、ピッチは600mmとした。

解析は、応力状態の最も厳しい中間支点部の1パネル分(3m×3m)の主桁を図5に示すように片持ち梁にモデル化した。設計断面力M=-78,637kN・m, S=-6,919kNに対して、先端3m位置にM=-57,880kN・m, S=-6,919kNを作用させて等価とした。

FEMの応力勾配図を図6に、孔近傍の局部を除いた孔間の最大応力値を表1に示すが、孔の有無による影響はほとんど無く、応力の流れは同等であった。

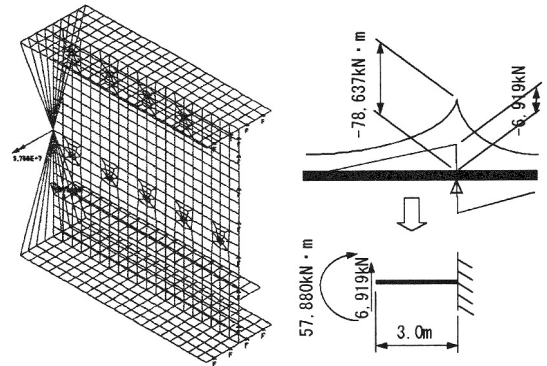
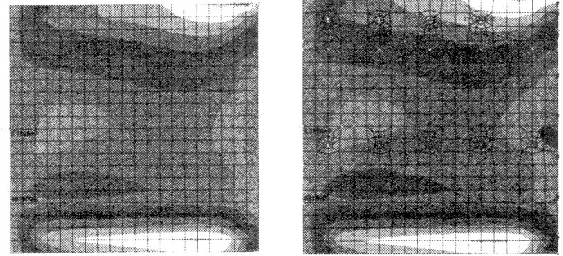


図5 腹板ボルト孔の解析モデル



(a) 孔無し (b) 孔有り

図6 応力勾配図

表1 ボルト孔の影響 (N/mm²)

	孔無し	孔有り	比率
最大直応力度	205.6	205.6	1.00
最大せん断応力度	131.0	133.4	1.02

3.3 腹板の面外曲げ

張り出し部支保工はトラス組であるため、上部金具部には面外力が作用する。床版荷重、支保工自重、作業荷重などを含め、水平力H=26.5kN(600mmピッチ)が作用する。

腹板をフランジと垂直補剛材で囲まれた4辺単純支持板(3m×3m)として、上部から250mmの位置に水平力が作用した場合のFEM結果を図7および表2に示す。

解析は4辺単純支持としたが、実際は回転ばね支持であり、値は小さくなるものと考えられたが、この結果を元に、5mm以上の変形が生じた腹板厚25mm以下の部位は、主桁間にターンバックルを設けて面外変形を抑えることとした。なお、最小腹板厚21mmのときの最大応力は112.3N/mm²であり、施工時の許容応力262.5N/mm²に対しては十分に小さい値であった。

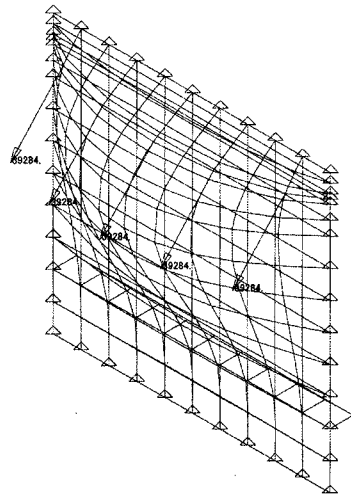


図 7 腹板の面外変形（腹板厚21mmの例）

表 2 面外力による腹板の変形解析結果

腹板厚 (mm)	21	25	29	35	39
最大面外変形量 (mm)	10.5	6.24	4.06	2.37	1.74

3.4 主桁の面外曲げ

面外水平力により、3.3の腹板パネルのはらみと同時に、横桁フレームの倒れ、主桁フランジの曲がりが生じることが考えられた。

最大腹板厚39mmの場合で、最大横桁間隔6.3mを用いて横桁フレームの変形を計算すると、12.4mmとなった。計算モデルを図 8に示す。

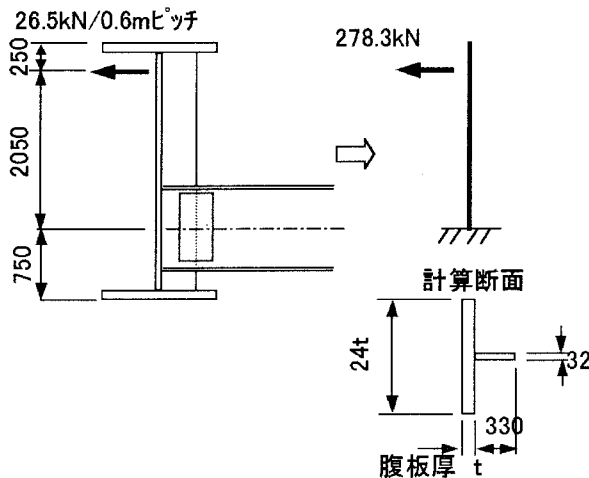


図 8 横桁フレームの変形計算モデル

横桁間6.3mのフランジの曲がりには、支持間隔を単純梁として計算し、最小フランジ断面1050×39に対しても1.2mm程度であった。

駒瀬川橋では、送り出し架設時の主桁の横倒れ防止

のために、横桁位置の上部に仮支材（図 3参照）を設けたため、床版型枠施工時も残置させ、変形防止とした。このような上支材がない場合は、腹板パネルの変形防止と同様に、横桁位置にターンバックルを設けることが必要となる。

3.5 シリコーン化粧ボルトの採用

一般的な鋼板孔明け部の修復方法としては、従来トルクシアー型HTBによる方法が多く使用されているが、挿入後の塗装の問題や、孔部への水の浸透などから発錆原因となる場合がある。これらの問題を解決するために、本体構造と同色に色付けできるシリコーン化粧ボルトを採用した。

採用に先立ち、構造物本体に明けられた孔をシリコーン化粧ボルトで塞いだ場合とHTBの場合の水密試験（JIS A 1517 建具の水密性試験方法を準拠）を行った。

1分間に4ℓ/m²（240mm/時間の降雨量に相当）の水を40分間噴霧し続け、10分刻みにボルト面への圧力を735Mpa、1470Mpa、2205Mpa、2700Mpaと変化させて水密性を調べた。従来のHTBは圧力150～500Mpaで約3分後に漏水したが、シリコーン化粧ボルトからの漏水はなかった。

なお、シリコーンの耐久性はカタログ値によると100～150年と言われている。

3.6 腹板孔明け工法の経済性

型枠支保工を従来の吊金具を使用し、施工後切断する場合と、腹板孔明け工法との経済比較を表 3に示す。

これより、腹板孔明け工法を採用するに十分なコスト削減効果があると判断した。

表 3 従来工法と腹板孔明け工法の概算工費
（駒瀬川橋の上り線1連分、単位：千円）

	従来工法	孔明け工法	備考	
製作	材料費	1,384	0	
	加工、取付費	5,192	2,513	
	塗装費	236	0	
	小計	6,812	2,513	
現地	切断、研掃費用	3,795	0	
	塗装費	1,260	0	
	吊りボルト孔処理	260	0	
	孔埋めボルト材工費	0	533	
	足場損料差	3,675	0	孔明け工法を0とする。
	小計	8,990	533	
	合計	15,802	3,046	

3.7 駒瀬川橋の床版施工

本支保工を用いて、上り線の床版工を2003.5～2003.11に行い、下り線の施工を2003.1～2003.6の予定で実施中である。張出し部足場工と、化粧ボルト取付け完了後の写真を写真 1, 2に示す。

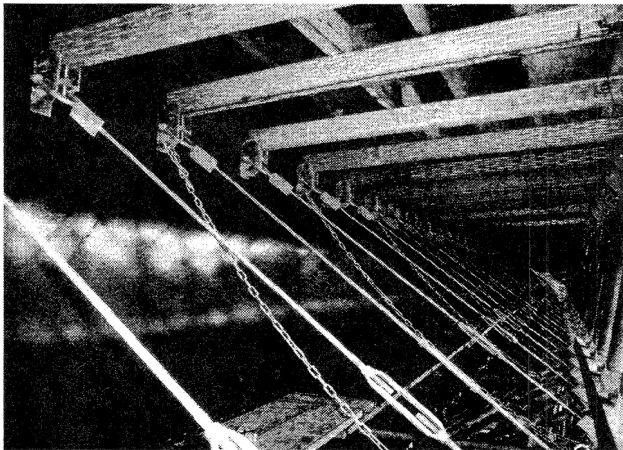


写真 1 張出し部足場工

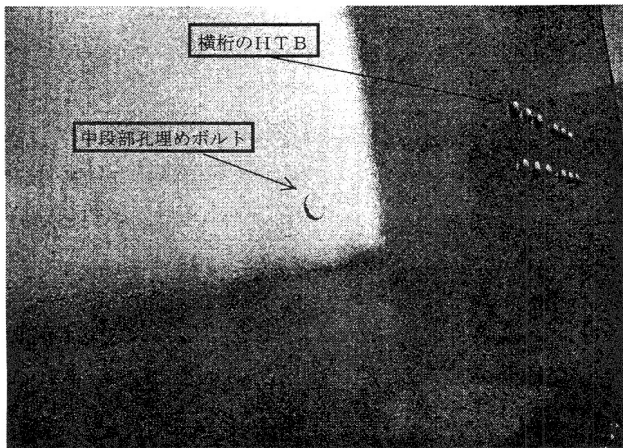
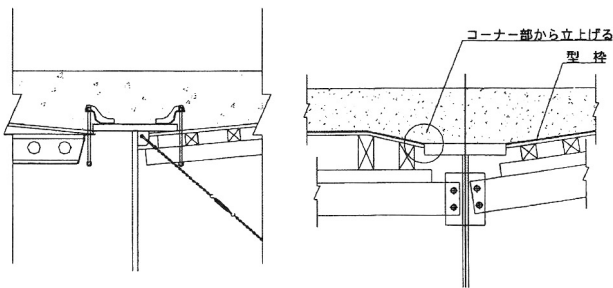


写真 2 化粧ボルト取付け状況

4 貼付け式ノロ止めシール材の適用

主桁上フランジ部のハンチの立ち上げは、図 9 に示すように、従来下面からがほとんどであったが、道路橋示方書・同解説の使用板厚範囲の拡大と主桁の少数化により、主桁上フランジの板厚が30~80mm程度となり、欠け落ちが懸念されるようになった。そこで、上フランジの板逃げを下方とし、ハンチの立ち上げを上面とすることが多くなっている。



(a)従来のフランジ下当て (b)フランジ上面立ち上げ

図9 ハンチの立ち上げ方法

しかし、上面立ち上げの問題としては、型枠とフランジのコバ同士を突き合わせるようになるため、密着が良くないとセメントミルク（以下、ノロ）が漏れ出し、主桁面の塗装を痛めることがある。今までノロ汁対策の工夫はされてきたが、駒瀬川橋では日本鋼管工事(株)が新たに開発した貼付け式ノロ止めシール材を採用した。これは、型枠施工前に主桁フランジのエッジに接着剤で図 10 に示す塩化ビニール製のノロ止めシールを貼り付け、型枠を押し付けることによりノロ汁の漏れを防ぐものである。これを用いることにより、張出し部先端の壁高欄荷重およびプレストレス力によって生じる場合がある横桁垂直補剛材位置でのフランジと床版の剥離¹⁾に対しても、ノロ止めシールがフランジを保護する2次的効果も期待できるとともに、型枠の施工性が向上する。

貼付け式ノロ止めシールの材質は、塩化ビニール製であるが、紫外線の届きにくい位置であること、塗装の塗り替え時に点検できる（状況によっては外部の切除が可能）ことなどより、耐久性の問題はほとんど無いと考えている。

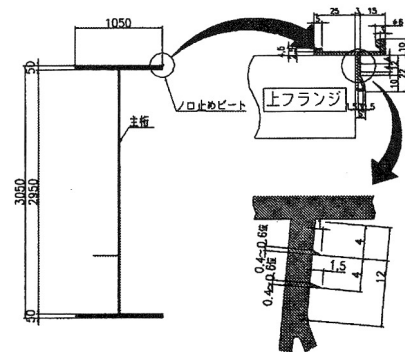


図 10 貼付け式ノロ止めシール

駒瀬川橋の上り線の施工においては、一部施工不良によるノロ汁の漏れが生じたが、下り線は順調に施工されている。また、横桁垂直補剛材部に隙間は観測されていない。駒瀬川橋の施工完了状況を写真 3 に示す。

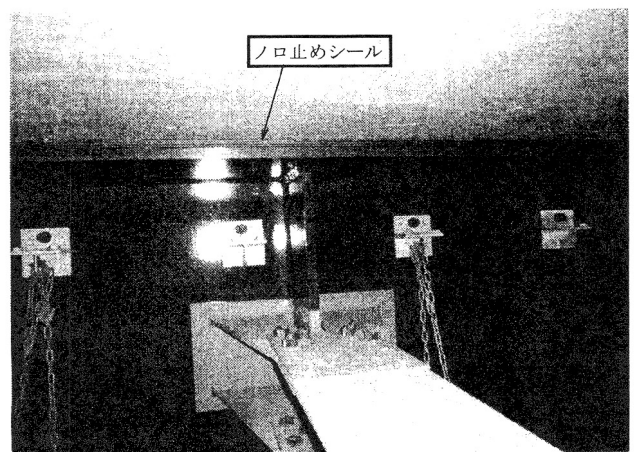


写真 3 脱型後の状況

5 まとめ

本報告は、駒瀬川橋の床版施工に適用した支保工の新技术として、

- (1) 腹板孔明け工法による型枠支持
- (2) 貼付け式ノロ止めシール材による型枠施工

を紹介し、採用における問題点の検討内容を示した。腹板孔明け工法については、以下の結果を得た。

- ①腹板に明けられた24.5φの孔による応力の流れへの影響は小さい。
- ②少主桁橋のような横桁フレーム構造の場合、張出し長が大きいと上載荷重によって発生する水平力により、主桁に無視できない変形が生じる。その変形を抑制するために、主桁間を拘束する治具が必要となる場合がある。
- ③シリコン化粧ボルトとHTBの水密試験結果より、シリコン製の方が十分な水密製を持っていることが分かった。

貼付け式ノロ止めシール材の使用により、駒瀬川橋

の床版工においては、適切な施工を行えば、主桁の汚れの原因となるノロ汁の漏れは生じないことが確認できた。また、横桁垂直補剛材部に隙間は生じていないことが確認できた。

ここで、紹介した新技术は、広幅員床版少主桁だけでなく、従来形式のPCまたはRC床版を有する桁橋にも適用できるものである。本報告が今後の床版工の施工性およびコスト縮減に役立てば幸いである。

なお、これらの新技术の採用にあたっては、日本道路公団静岡建設局構造技術課および沼津工事事務所より多大なご意見、ご理解を頂いた。また、支保工機材の設計には日建リース工業(株)の、また、各樹脂材の開発にはイワキ化成(株)のご協力を頂いた。ここに、関係諸兄に謝意を表する次第である。

参考文献

- 1)鹿島孝之、猪本真、大垣賀津雄、山本晃久、田村陽司、川尻克利、長井正嗣：PC床版合成2主桁橋の床版施工時における鋼桁-床版結合部応力測定、土木学会第54回年次学術講演会講演概要集、CS-181、1999年9月。