

# 夢前川橋プレパックドコンクリートの施工について

齋藤 二郎 豎川 孝生  
芳賀 孝成

## Quality Control of Prepacked Concrete for Yumesakigawa Bridge

Jiro Saito Takaiki Tatekawa  
Takashige Haga

### Abstract

Application of steel-framed prepacked concrete is one method of constructing a new foundation for a bridge in which case, it is extremely important to maintain uniformity of the quality of prepacked concrete mortar. For this reason, the authors studied about mix proportion, methods of production, and the quality of mortar during injection. Slag cement was used, mix proportion of mortar and quantity of admixture were determined for the temperature and travelling distance of the mortar. Flow time, bleeding rate, expansion rate, compressive strength, pressure of grouted mortar and temperature rise were measured, for investigation of quality of mortar during injection and after hardening. Through injecting mortar, the height of the mortar in the form was measured by an apparatus utilizing a phototube.

### 概 要

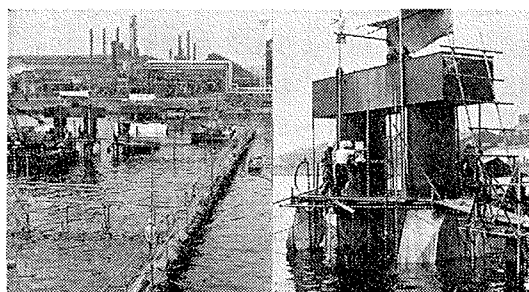
新しい橋梁基礎形式の一つに鉄骨プレパックドコンクリートを応用したものがあがるが、この工法におけるプレパックドコンクリートは品質の均一性が特に重要である。そこで夢前川橋プレパックド工事においてモルタル配合および施工方法に対して検討を加え、施工時のモルタル品質調査を行なった。モルタルには高炉セメントを使用することにしたが気温やモルタル圧送距離などの施工条件を考慮して配合と混和剤使用量を試験練りによって定めた。施工時および硬化後のモルタル品質調査としてフロー値、ブリージング率、膨張率、圧縮強度、打設モルタルの圧力および温度上昇などの測定を行なった。また打設時には光電管の原理を応用したモルタル上昇高さの検知を行ない検知装置の適用性を求めた。

### 1. まえがき

プレパックドコンクリートはこれまで比較的マッシュな海中コンクリートの施工に適用されてきた。これはプレパックドコンクリートの品質に信頼性が少ないためである。

近年橋梁基礎構造形式の多様化が進められ鉄骨プレパックドコンクリートを応用した工法が採用されるようになってきた。この場合プレパックドコンクリートの圧縮強度は考えず鉄骨の座屈防止の役割しか考えていない場合も多い。プレパックドコンクリートの品質の信頼性が向上し、圧縮強度もある程度考慮に入れることができれば基礎の寸法をかなり小さくすることが可能である。プレパックドコンクリートの信頼性を向

上させるためにはプレパックドコンクリートに関する研究をもっと行う必要がある。このため鉄骨プレパックドコンクリートによる新しい基礎形式が採用されている夢前川橋プレパックドコンクリート工事の施工方



写真一 夢前川橋モルタル注入工事

法の検討とモルタル注入施工の調査を行なった。

## 2. 夢前川橋プレパックドコンクリート工事の概要

### 2.1. 橋梁基礎形式

夢前川橋は姫路市夢前川河口に架設されたものでこの橋梁基礎はくい基礎上に鉄骨フーチングを沈設した後、粗骨材を投入してモルタル注入を行ないくいと鉄骨フーチングを一体化する新しい形式である。鉄骨プレパックドコンクリート工法が採用されたのは P<sub>3</sub> および P<sub>4</sub> の2基であるが新しい基礎を開発する意図から図-1に示すように異った形式で設計されている。

P<sub>3</sub> 橋脚の基礎ぐいは鋼管ぐい(812.8φ)が6本用いられている。フーチング部の寸法は7.0m(タテ)×8.5m(ヨコ)×2.3m(高サ)で鉄骨はC T型鋼と等辺山形鋼により高さ1.8mのトラスを形成し、このトラスを60~80cm間隔に配置した格子構造となっている。鋼管柱(φ1500)2本からなる橋脚は、フーチング部の鉄骨と1体となっている。

P<sub>4</sub> 橋脚の基礎は鋼管矢板(500φ)を16本用いた直径3.91mの矢板式基礎である。フーチングの寸法は5.86m(直径)×2.7m(高サ)で鉄骨はC T形鋼と等辺山形鋼によるリングトラスで構成されている。

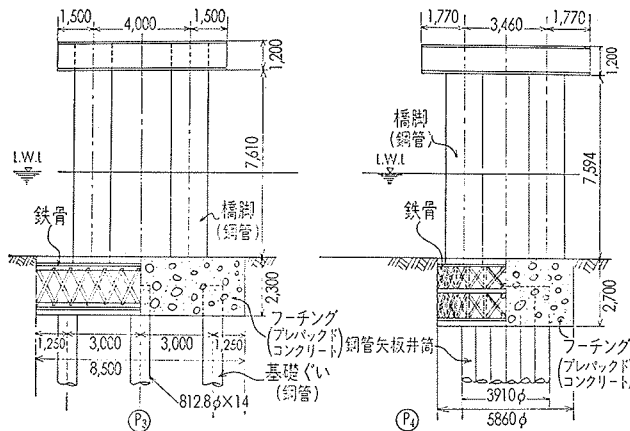


図-1 P<sub>3</sub>・P<sub>4</sub> 橋梁基礎形式

### 2.2. 注入施工方法

注入は図-2に示すようにP<sub>3</sub>橋脚まで約110m, P<sub>4</sub>橋脚まで約70mをφ3"のパイプでモルタルを圧送し、末端でφ1½"パイプ4~8本に分岐させる方式を採用した。

注入モルタルは現場近くの生コンプラントでプレーンのモルタルを練り、河川右岸まで生コン車で輸送しモルタルミキサにプレパックドコンクリート用混和剤とともに投入して十分に練りませた。

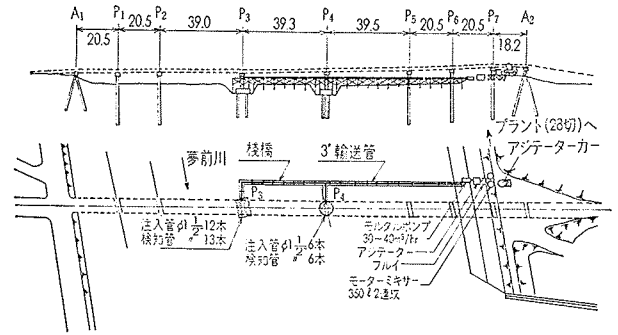


図-2 モルタル注入方法

モルタルミキサより排出された注入モルタルは大型アジテーターミキサに一度貯蔵し、プレパックドコンクリート用注入ポンプにより圧送した。

## 3. 配合

### 3.1. 配合設計

本工事に使用するモルタルの基本条件として、プレパックドコンクリート設計基準強度が180kg/cm<sup>2</sup>であるためセメント：砂=1：1とし、セメントは高炉セメントB種を使用することにした。またプレパックドコンクリート用混和剤としてKGAをセメント量に対し0.3%添加し、フロー値が17秒となるように試験練りを行なって単位水量を決定した。

水セメント比とフロー値との関係を図-3に示す。

使用したモルタルの示す配合を表-1に示す。なお粗骨材粒径は40~80mm細骨材粗粒率は1.95である。

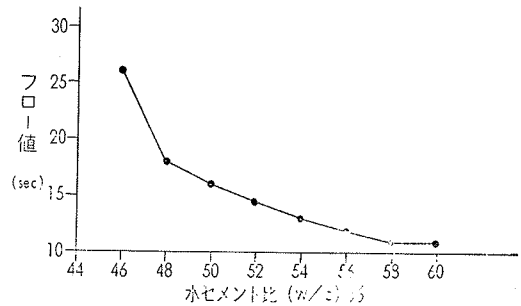


図-3 フロー値と水セメント比の関係

流下時間 の範囲(sec)	単 位 量 (kg)				W/C(%)
	W	C	S	KGA	
17±2	409	834	834	2.50	49

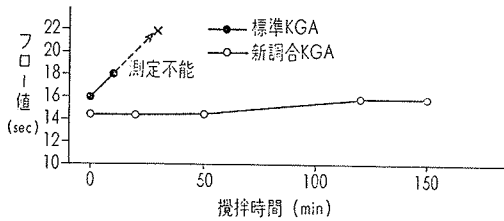
表-1 モルタル配合

### 3.2. 混和剤の検討

注入工事時期が夏場のためモルタル温度が高くなり、混和剤に含まれるアルミニウムが反応をおこして、フロー値が増大し輸送管の閉塞が起こったり、注入され

たモルタルの膨張量が少なくなって打設されたコンクリートの品質が低下すると懸念されたので高炉セメント用 KGA の配合を本工事に適するように試験練りを行なって調節した。

これまで一般に使用されてきた KGA のフロー値の経時変化および新しく配合を調節した KGA のフロー値の経時変化を図一 4 に示す。



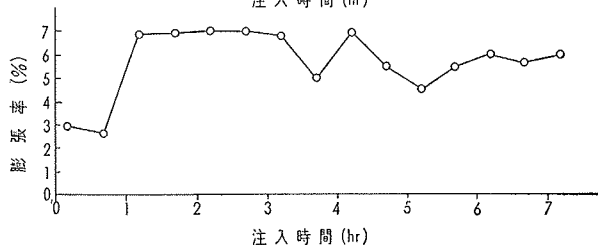
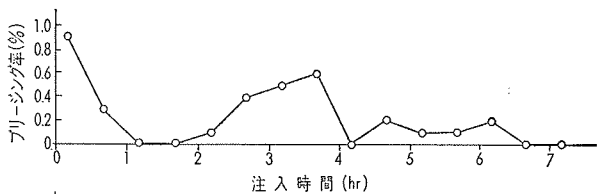
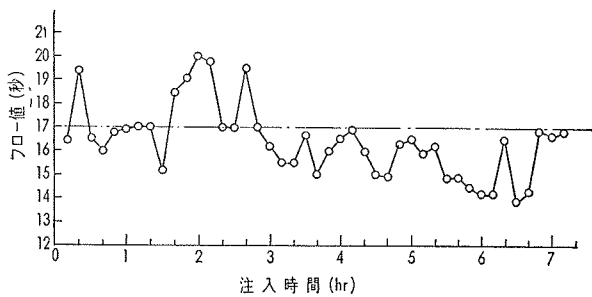
図一 4 フロー値の経時変化

#### 4. 注入管理

##### 4.1. 注入モルタルの性状管理（フロー値、膨張率、ブリージング率）

注入モルタルを生コン車 (4m<sup>3</sup>) で搬入し、現場のモルタルミキサに 300 l ずつ投入し、ビニール袋にあらかじめ計量して入れておいた KGA を一袋ずつ投入した。

注入モルタルのフロー値は10分おき、膨張率およびブリージング率は30分おきに測定した。測定結果の一例として P<sub>3</sub> 橋脚における注入モルタルのフロー値、



図一 5 注入モルタルの性状管理結果

膨張率およびブリージング率測定値を図一 5 に示す。フロー値および膨張率のバラツキが大きいのは生コン工場の管理が悪い上に注入管の閉塞、フルイの故障などにより注入作業が長びいて攪拌時間がかなり変動したためである。

##### 4.2. モルタル上昇高の検知

モルタル上昇高の検知には図一 9 に示す検出素子を内蔵した検出素子部とランプを内蔵したランプ部よりなる光電管検出装置を使用した。

この検出装置は検出素子部とランプ部との間の空間部にモルタルがはいると、ランプから検出素子への光量に変化するのをこの変化を電気抵抗の変化としてとらえモルタル自由界面が到達したのを検知できる構造になっている。注入施工に際しては以下に述べる 3 種の方法によりモルタル上昇高の検知を行なった。

###### (i) 手動検知方法 (図一 6 参照)

検出部を検知管内に挿入して検出部の上下移動を手で行ない、各検知管内のモルタル自由界面の高さを検知する方法である。

###### (ii) 自記記録検知方法 (図一 7 参照)

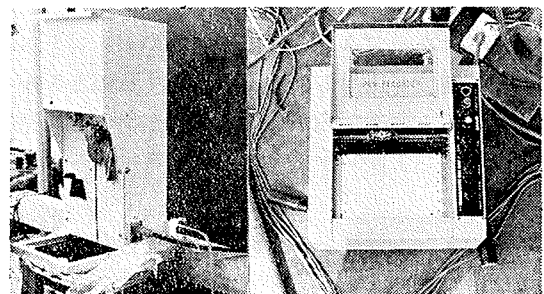
モータ制御装置に内蔵する可変抵抗器の動作点をランプの光量に応じて極性反転するように、モルタル自由界面の上下移動にしたがって自動的に検知部を追跡させ、この検知部の上下移動を自記記録計で記録するものである。

###### (iii) 同時多点検知方法 (図一 8 参照)

各検知管内に一定高さごとに検知部をあらかじめ設置しておきモルタルが上昇してくれば表示盤のランプが点灯するようになっており注入区域全体のモルタル打設高さを同時に集中的に管理することができる。

多点検知方法による P<sub>3</sub> 橋脚のモルタル上昇検知結果を図一 10 に示す。

現場での測定の結果、光電管検出装置のモルタル検出精度はきわめて高く、今後数点の改良を加えれば、この方法で精度よくモルタル自由界面の上昇検知を行なうことが可能であると認められた。



写真一 2 自記記録検知装置

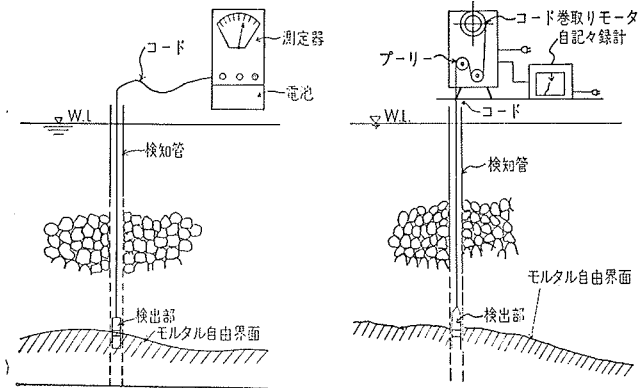


図-6 手動検知方法

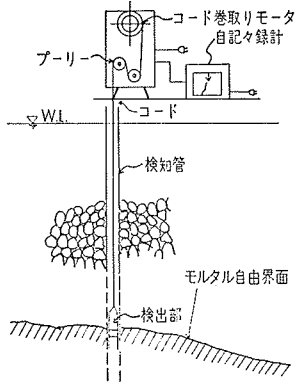


図-7 自記記録検知方法

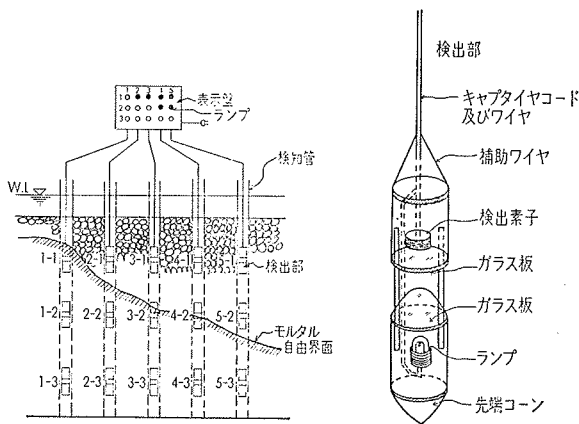


図-8 同時多点検知方法

図-9 検知部説明図

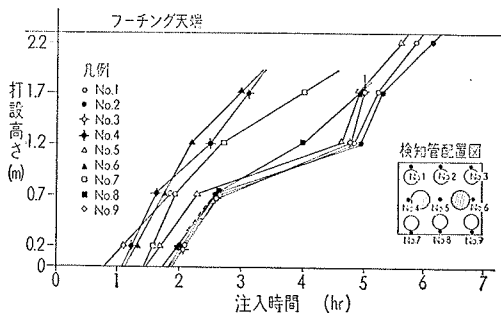


図-10 モルタル打設高さ検知結果

## 5. モルタル硬化状況の測定

### 5.1. 温度上昇

打設されたコンクリートは硬化時のセメント水和熱によって温度が上昇し、外部が冷却するにもなってコンクリート構造物内部に温度勾配が発生し、熱応力によってコンクリートにひびわれが発生するおそれがある。

高炉セメントは高炉スラグの混合割合が大きいため、普通セメントにくらべ水和熱が低く、マスコンクリートに適したセメントとされているが、一回の打設量が

多く、配合が富である場合には相当な温度上昇があるものと考えられる。今回の工事ではコンクリート厚が比較的小さいのでひびわれが発生する可能性はないと考えられたが今後増大すると思われる大型橋脚などのマスコンクリートの温度上昇の状態を知るため、P<sub>3</sub>橋脚の中央部に設置した熱電対により打設コンクリートの温度上昇を測定した。熱電対を上下方向に50cm間隔に5点設置し、自記記録計で温度上昇の記録を行った。測定結果を図-11に示す。図によると材令1日までは最大温度を示す点は最上部の点で71°Cにも達している。材令が進むにつれて温度が最大である点は徐々に下に移り材令10日ではほぼ中央部である。このときの中央部の温度は57°Cでありコンクリート表面の温度は27°Cであるので温度差は30°Cである。

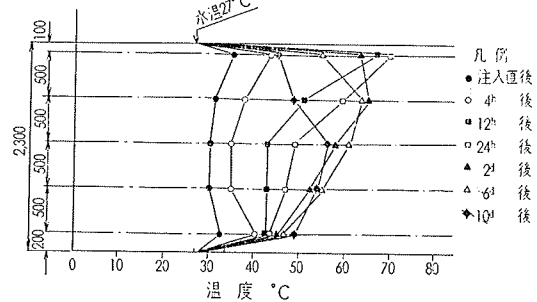


図-11 モルタル内部温度測定結果

### 5.2. 圧力上昇

プレパックドコンクリートに注入するモルタルは減水剤の他に膨張剤としてアルミニウム粉末が混入されており、アルミニウムがセメント中のアルカリ成分と反応をおこし、水素ガスが発生するためコンクリートは膨張する。そこで膨張による圧力を測定するため、土圧計を使用してコンクリートの膨張による圧力を計測した。

図-12にモルタル圧力の測定結果を示すが、骨材の投入後に圧力の上昇が認められるが、これは骨材の集中荷重が作用したためと考えられる。モルタル注入直後から1時間後にかけて圧力が低下しているが、モル

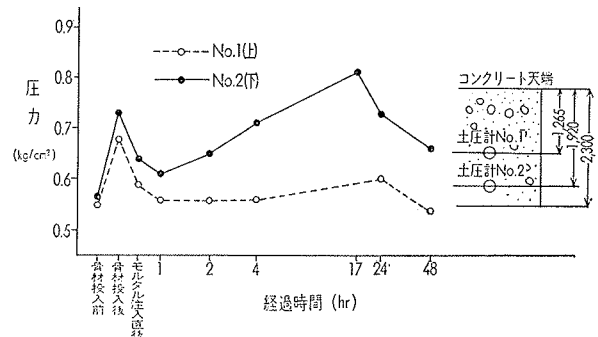


図-12 モルタル内部圧力測定結果

タルの圧力によって骨材の組織が多少ゆるんだためと思われる。その後コンクリートの硬化によってモルタル注入後17時間ごろまで圧力の上昇がみられる。モルタル打設直後からの圧力上昇の最大値はコンクリート天端より126.5cm下の土圧計で0.04kg/cm<sup>2</sup>、192cm下の土圧計では0.20kg/cm<sup>2</sup>である。

### 5.3. 鉄骨の応力

モルタルの膨張にともなうプレキャストコンクリート内部の圧力上昇によって鉄骨にどの程度の応力が発生するかを鉄骨に貼り付けたストレインゲージによって調べた。表-2に鉄骨のひずみを示すが上側のCT形鋼のひずみのバラツキが大きいのはモルタル硬化時の温度上昇が高かったことにも原因があると思われる。全般的に見ると上側の鉄骨は圧縮を受けているものが多く、下側の鉄骨は引張を受けているものが多い。これはモルタル硬化速度が下側の方が遅かったためと考えられる。下側の鉄骨の応力をひずみより換算すると約100kg/cm<sup>2</sup>である。

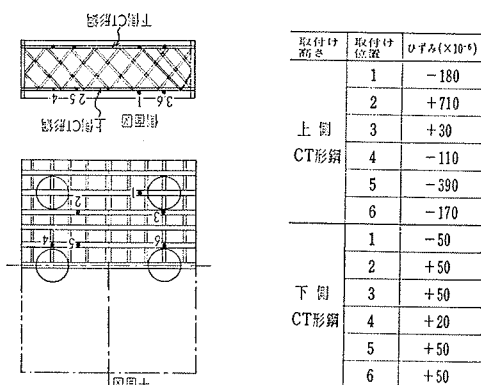


表-2 鉄骨応力測定結果

## 6. プレキャストコンクリートの強度

モルタル打設時に採取したモルタルの圧縮強度およびコンクリートモールドによって作成したプレキャストコンクリートの圧縮強度を表-3に示す。設計基準

供試体の種類	圧縮強度(kg/cm <sup>2</sup> )	
	σ <sub>7</sub>	σ <sub>28</sub>
φ5cmモルタル	211	243
φ15cmコンクリート	157	198

表-3 コンクリートの強度

強度は180kg/cm<sup>2</sup>であるが4週強度はこれより大きく、予定した強度が確保されている。

## 7. プレキャストコンクリートの施工上の問題点

今回のプレキャストコンクリート施工調査の結果から今後検討を要する問題点として次のような事項を列挙することができる。

(i) モルタルプラントが現場より遠い場合は混和剤

を混入しないモルタルを現場まで運搬して現場で混和剤を混合する方法が採用されることが多いがこの場合混和剤の混合状態を試験的に調査する必要がある。

(ii) 混和剤の一成分であるアルミ粉末が混合時に飛散するのは作業衛生上問題がある。

(iii) モルタルスクリーンはしっかりとした構造のものを製作しスクリーン上の砂利を自動的に除去する方法を採用した方がよい。

(iv) 混和剤の成分・混合率はモルタル打設時に想定される気温や注入圧送距離などの施工条件も考慮して決定する方が合理的である。

(v) 注入管側のバルブが詰まることが多いが、これはバルブを閉塞した時にモルタルが脱水圧密されるためである。閉塞した時に充分水密性が保持できるバルブであるか否かを注入前に検査しておく必要がある。

(vi) 不要モルタルの廃棄、注入機材の洗浄にともなう汚濁水の処理方法も今後は考える必要がある。

(vii) 光電管を利用したモルタル検知装置によるモルタル自由界面の測定精度は約1cmである。モルタル表面が凝結を開始すると検知装置はモルタル内の貫入が困難になるので注意を要する。

(viii) モルタル温度分布・圧力分布の測定結果、プレキャストコンクリートの硬化は部分的にかなり異なった条件で行なわれることが認められたが、これらの条件下における強度変動に関する研究をもっと進める必要がある。

## 8. あとがき

プレキャストコンクリートの信頼性が小さいのはモルタル注入の施工状態に強度が大きく影響を受けるためである。注入は長時間におよぶのでこの間にモルタル注入の中断や不良モルタルのミス注入などの不測の事態が起こり得ることもある。また気温が高くなればモルタル凝結時間は早まり、砂の含水量が多くなれば水セメント比が大きくなるなどモルタル性状も常に変動する。

プレキャストコンクリートの信頼性を向上させるためには絶えず変動する施工条件、施工状態をすばやくとらえ適切な対処を行うことが必要である。このためには種々の施工条件に対処するプレキャストコンクリートの品質調査と研究を数多く実施するとともに合理的な注入施工システムの開発を進めて行かねばならない。

最後に夢前川橋は安田喜吉所長以下の現場の方々と土木本部技術部設計課平田清美職員の努力によって完成したことを附記する。