

端版と蒸気養生の併用によるポストテンション 橋桁製造の合理化について

宮 崎 義 成*

1. はじめに

ポストテンションによるプレキャスト桁を架設して橋梁を建設しようとする場合、最も望ましいことは、架設のテンポとプレキャスト桁の製造テンポが見合っていることであろう。なぜならば、もしプレキャスト桁の製造テンポが架設テンポより遅いとすれば、架設テンポを維持するためには、前びろに桁製造に着手しなければならず、このことは工期の延長と経費の増大をもたらすのみならず、プレキャスト桁の貯蔵場としての用地も増加するためにはばく大な経済的損失をもたらす。

桁の架設スピードは架設設備の能力によってのみ支配される。1日数本の桁を架設することはたいした問題ではなく、一般には桁の製造スピードのほうが問題になる。桁製造においては、製造ベッドおよび型わくの数、鉄筋組立、養生方法、プレストレスを与える時期など多くの要素によって製造速度が決定される。桁製造速度向上のために製造ベッドおよび型わくを増加することは、従来行なわれている最も安易な考え方であるが、このために要する設備費と用地費の増加を考慮すると、経済的にならぬところがなくなくなってしまう恐れもあり、これだけでは完全な解決とはならない。そこで製造スピードを向上させるための最も肝要なことは、できるだけ製造ベッドを早くあげ、したがって、型わくの使用回転率を向上することである。このためにプレキャスト端版を用いて早期にプレストレスの導入を可能とし、さらに蒸気養生によるコンクリート早期強度の確保がポストテンション桁製造においては、きわめて有効な合理化の要素となりうる。そこで筆者はこの二つの手段が具体的にいかん利用され得るかについて以下に提案したい。

2. プレキャスト端版

ポストテンション桁の桁端部は、定着装置、これに伴う補強鉄筋、主鉄筋、スターラップ、その他横桁用PCケーブルのシースなどが入り組んでおり、コンクリート

の打設に最も困難な部分で、往々にしてコンクリートの締固めに失敗することがある。また、定着装置とこれに直結するシースの主軸の不一致のため、定着機能が害される例もある。そこで、この桁端部付近をプレキャスト端版として、高強度コンクリートによって入念な施工を行なうことにより工事の安全を期そうというのがプレキャスト端版の主目的であるが、この端版を用いることによって生ずるもう一つの大きな利点は、端版以外の部分のコンクリートの圧縮強度が比較的小さい間にプレストレスを与え、コンクリート躯体の収縮きれつを防止すると同時に、製造ベッドより躯体を早期に移動することができる点にある。

プレキャスト桁を製造ベッドより移動するためには、その前に桁の自重にたえるだけのプレストレスが与えられなければならない。このときのコンクリートの圧縮強度は、端版を用いる限りでは定着部支圧応力は問題にならず、桁中間部分の圧縮強度がプレストレス導入直後の圧縮応力度の1.7倍以上であればよい*。通常単純桁の場合、自重にたえるだけのプレストレスを導入した直後のコンクリートに生ずる最大圧縮応力度は40~50 kg/cm²程度であるから、移動時の安全を考え、プレストレス導入直後、コンクリートに生ずる最大圧縮応力度を100 kg/cm²とすると、プレストレス時のコンクリート圧縮強度は

$$100 \times 1.7 = 170 \text{ kg/cm}^2$$

となる。

プレキャスト端版を用いず、製造ベッド上で最終のプレストレスを与える場合のコンクリートの圧縮強度は、設計に用いたコンクリートの圧縮強度を450 kg/cm²とすると、これの0.7倍*、すなわち、315 kg/cm²となる。

これに対し、端版を用いたときのプレストレス導入時のコンクリート圧縮強度は170 kg/cm²以上であるから、普通の空中養生の場合でも養生時間が半減しうる事が予想される。

端版の構造は図-1に示すようもので、プレキャスト

* 極東鋼弦コンクリート振興(株)常務取締役

* 土木学会制定“プレストレスコンクリート設計施工指針”

図-1 端板の構造

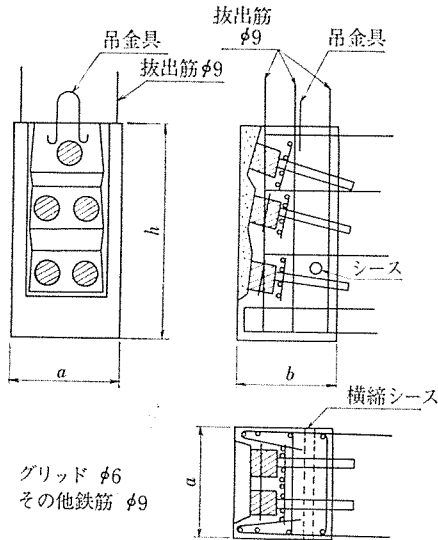
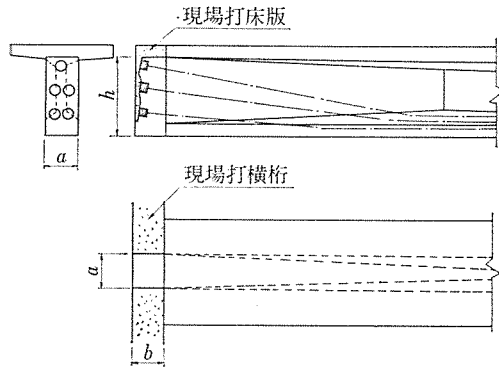


図-2 端板利用例



る場合は端面を下面として横にねかせて、コンクリート打設を行なう。図-2 にこの端板の利用例を示す。この場合、横桁はちょうど端板の位置にくるように配置されており、その寸法は

a: 桁端で拡張されたウェブ厚と同一とする。

b: 横桁の厚さと同一にする。

h: 桁端にとまる定着具を収容できる寸法とする。

横桁コンクリートは架設後現場打ちされるが、このためにもうひとつの利点を生じる、それは伸縮継手のアンカーボルトを横桁打設の際あらかじめ埋込んでおくことができるからである。

3. 蒸気養生

コンクリートの養生期間を短縮するための促進養生としては蒸気養生が最も簡便である。蒸気養生についてはすでに多くの研究者によって試験されており、また多くの企業、ことにプレカストコンクリート業界では、広く実用に供されているところである。

ここで筆者が問題とするのは、コンクリート打設後12~14 時間、すなわち、夜間の養生期間にコンクリー

ト圧縮強度 200~250 kg/cm²、すなわち、予備プレストレスを与える強度にすることである。コンクリートの蒸気養生期間と圧縮強度の関係は、養生設備の熱効率、コンクリートの配合、およびセメントの種類等多くの要素によって左右されるので、そのつど実験によって確かめなければならないが、ここでは、筆者の経験による二、三の実例をあげて、上記の目標が比較的容易に達成されることを示唆したい。

第1例

本例はフランスのある橋梁ポストテンション桁製作現場で使用されていた例で、養生温度曲線は図-3(a)のとおりで、普通ポルトランドセメントを用い、70°C 5時間の蒸気養生により、コンクリート圧縮強度、220 kg/cm²を得ていた。この場合、 Σ (温度 °C) × (時間 H) = 703 度時間

第2例

筆者等が興和コンクリート(株)工場で行なった試験

図-3(a) コンクリート蒸気養生例(1)

普通ポルトランドセメント 400kg/m³
W/C=40%
 $\sigma_{1,H}=220\text{kg/cm}^2$

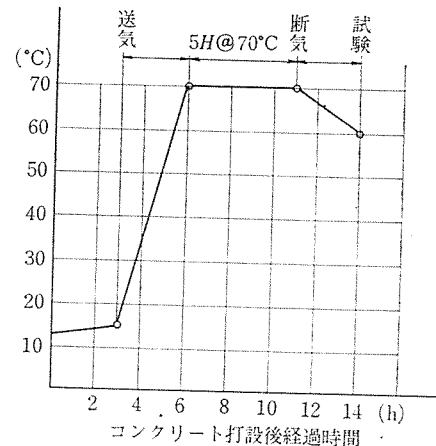
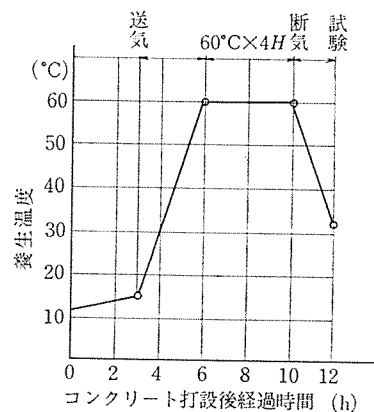


図-3(b) コンクリート蒸気養生例(2)

早強ポルトランドセメント 360kg/m³
W/C=36% $\sigma_{28} \geq 830\text{kg/cm}^2$
供試体100個の平均圧縮強度 $\sigma_{12,H}=604\text{kg/cm}^2$
変動係数 4.8%



記録で、37年3月毎日4個の供試体を作り、25日間計100個の供試体について蒸気養生を行なった結果で、コンクリートの養生温度は図-3(b)に示すとおりである。この例では12時間後に平均圧縮強度 604 kg/cm^2 を得ている。

標準養生を行なった供試体の圧縮強度はいずれも

$$\sigma_{28} > 850 \text{ kg/cm}^2$$

であった。

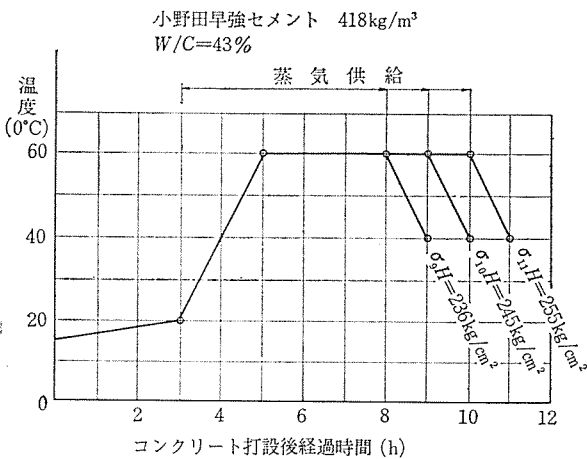
ただし、使用セメントはアサノベロセメント、供試体は $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}$ の立方体試験片。

この場合の Σ (温度 $^{\circ}\text{C}$) \times (時間 h) = 483 度時間

第3例

筆者等が興和コンクリート(株)神戸工場で行なった蒸気養生に関する試験であって、養生時間、温度曲線は図-3(c)に示すとおりである。

図-3(c) コンクリート蒸気養生例(3)



使用セメント 小野田早強セメント
配合 W/C 43% セメント 418 kg
水 180 kg 碎石 1 084 kg
砂 675 kg

供試体は各試験とも3個で、その平均圧縮強度は、表-1に示す。養生温度 60°C

表-1 (kg/cm²)

60°持続時間 (時間)	時間×温度 °C×h	脱型時強度 σ_c	脱型後 自然養生 σ_{28}	標準養生	
				σ_7	σ_{28}
5	362.5	255	457	386	462
4	422.5	245	450	383	454
3	482.5	236	464	371	465

蒸気養生を行なったものは標準養生を行なったものより σ_{28} の値がやや小さくなる傾向にあるが、その差はきわめてわずかである。

以上蒸気養生に関し、3例をあげたが、これによって通常行なわれているポストテンション用コンクリートの配合にあっては、最高温度 $60^{\circ}\sim 70^{\circ}\text{C}$ 3~5時間、すな

わち、コンクリート打設後 12~14 時間で予備プレストレスを導入しうる圧縮強度 $200\sim 250 \text{ kg/cm}^2$ をうることは比較的容易であることがわかる。また、養生時間を短縮するためには普通セメントより早強セメントのほうが有利であることもわかる。

4. ポストテンション桁の合理的製造実施例

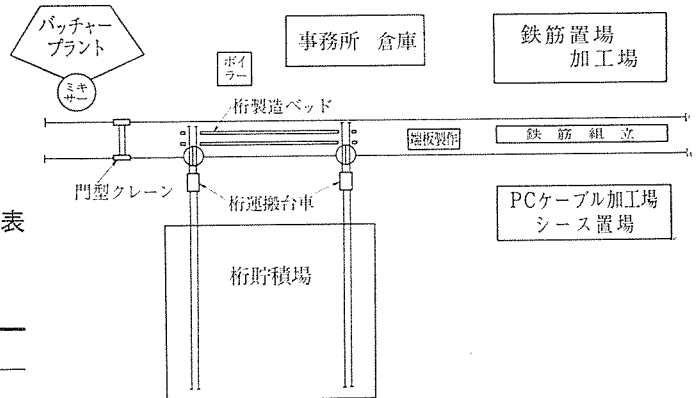
前述の端版使用と蒸気養生を併用して、ポストテンション桁を、1組の型わくおよび製造ベッドを用い、毎日1本ずつ能率的に製造しうる装置と方法を筆者の経験と見聞にもとづき、以下に提案する。

本案においてはベッド上での作業時間をできるだけ少なくするために全作業種別と作業場所を下記のように分割する。

- 端版製作
 - 鉄筋加工
 - PCケーブル加工
 - 鉄筋組立て
 - コンクリート打設
 - 養生
 - 予備緊張
 - 本緊張
 - グラウチングおよび仕上げ
- 鉄筋組立場で行なう。
- 製造ベッド場で行なう。
- 桁貯蔵場で行なう。

これらの作業を能率的に流動させるために、製造工場のレイアウトを図-4のごとく定めた。図-4において

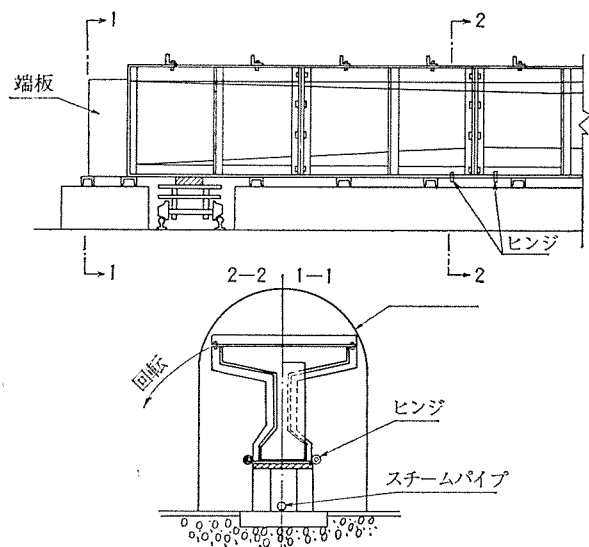
図-4 ポストテンション桁製造場レイアウト



門型クレーンは端版、コンクリートミックス、および鉄筋籠の運搬と型わく、養生カバー組立て・分解に用いるもので、これらの作業は時間的に競合しないので3~5tの能力のもの1台でよい。

型わくは、鋼板製のもので、その底版は製造ベッドのコンクリートに固定されている。また、図-5に示されたように型わく側版と底版は、ヒンジで連結されており、組立脱型作業が短時間でできるようにする。ただしコンクリート打ちの際桁端部は直接桁運搬台車で型わく

図-5 型わく配置図



を支えるようになっているので(図-5)、桁の搬出のため、この部分の型わくの側版と底板のみは取りはずし可能な構造とする。

この製造工程で問題となるのは、製造ベッド上での作業時間をどうして短縮し、十分な養生時間をとることができるかどうかである、養生時間を夜間とし、毎日の作業を脱型から始めることとし、この作業時間を下記のように構成する。ただし、この際製造する桁長を 25m のものと仮定した。

- 6.00～ 7.00 養生キャンバス取りはずし、脱型
- 7.00～ 8.00 予備緊張、ケーブル4本
- 8.00～ 9.00 桁の横移動
- 9.00～10.00 型わく掃除
- 10.00～12.00 端版立込み、筋鉄配置、型わく組立て、横縮ケーブル用シース点検
- 13.00～16.00 コンクリート打 14m³
- 16.00～19.00 蒸気養生準備およびセット待ち
- 19.00～ 3.00 蒸気養生8時間内5時間 70°C
- 3.00～ 6.00 保温

上記の計画にあっては、コンクリート打設完了後、プスストレス時までの養生時間は 16 時間あり、この間蒸気養生を行なうことができる時間としては、12時間は十分とれるので、養生温度を 70°C 位におさえても普通のポルトランドセメントを用いて、十分 200 kg/cm² 以上の圧縮強度をうるることができる。もし、早強セメントを用いるならば蒸気養生の時間と温度をさらに少なくしても所要の圧縮強度をうるることができる。

予備緊張を行なった桁は貯蔵場で自然養生のあと本緊張とグラウチングが行なわれるので、これらの作業は桁製作の余暇か、あるいは集中的に行なうことができる。このため緊張作業、グラウト作業に対する労力、機材の

運用効率を高めることも可能となる。

5. 経済効果

前例で述べた製造方法はいつの場合でも経済的であるとはいえない。すなわち、工期の制限がゆるやかな場合とかあるいは桁製造数が少ない場合には、もちろんこのような製造方法は経済的ではない。前例では鋼製型わくの使用を前提としているが、一般に型わく回転数が 20 回以内のときは、木製型わくが有利とされているので、桁の製造総数は最小限 20 本ということになる。また蒸気養生を行なうための費用を考えに入れると製造数、すなわち型わく回転数が非常に多くなる場合は型わく費の占める工費割合が小さくなり、蒸気養生が必ずしも経済的とはならない。これを調べるためにいま、

型わく原価	A
桁の製造数	N
桁のコンクリート容積	V
養生設備償却費	R
桁の蒸気養生費	c/m ³

蒸気養生を行なわない場合の型わく回転率 n/日回とする。

蒸気養生を行ない型わくを 1日1回転させる場合が有利となる条件は次のようになる。

$$\frac{(A+R)}{NV} + C < \frac{nA}{NV}$$

$$\therefore NVC < (n-1)A - R$$

$$\therefore N < \frac{(n-1)A - R}{CV}$$

いま仮に 25m のポストテンション桁を製造するにあたり次のように仮定する。

A=1 200 000円 鋼製型わく 1m² あたり 12 000円
 V=14 m³
 R=600 000 円 原価 1 800 000 円
 N=60 本
 n=3日/回
 C=430 円 (3. 第2例の実績によると燃料費 230 円 労働費 200 円)

$$N < \frac{(3-1) \times 1 200 000 - 1 800 000 \times 1/3}{430 \times 14}$$

$$\therefore N < 299$$

すなわち、この場合桁数が 299 本以下の場合には蒸気養生によって型わく 1日1回転とするのが有利となる。

次に前例において桁の数を 60 本としたとき、コンクリート 1m³ につき工費の差額を求めると、

$$\frac{nA}{NV} - \frac{A}{NV} - C - \frac{R}{NV}$$

$$= \frac{2 \times 1 200 000 - 600 000}{60 \times 14} - 430$$

報 告

$$=2140-430=1710 \text{ 円/m}^3$$

さらに蒸気養生の場合は早強セメントを使用せず普通ポルトランドセメントを使用することができる。コンクリートの単位セメント量を 400 kg/m^3 とすると、この場合蒸気養生による工費節減量は、

$$1710+0.4 \times 1000=2110 \text{ 円/m}^3$$

となる。

6. む す び

ポストテンション桁製造にあたって型わくおよび製造ベンチの費用は、全製造費に対し相当重要な比率を占める。上記の所論により、プレキャスト端版と蒸気養生の併用によって一般の場合は、この比率を大幅に減少することができる。また型わく回転数を増加しない場合は、し

たがって、工期を延長することとなり、用地費、現場経費の増大を招くことになる。

よって、ポストテンション桁製作にあたっては、一般の場合は必ず、端版と蒸気養生の利用を検討する必要があると考えられる。蒸気養生によるコンクリート強度の増進については、蒸気養生の設備、効率、コンクリートの配合、桁の大きさ等条件によって十分検討の必要があるだろうが、少なくとも端版の使用のみでも養生期間を半減することができ、そのほかにも桁製作上多くの利点を有するものであるから、プレキャストポストテンション桁製作のみならず、現場打ちコンクリートの場合でも、ぜひこれを利用することが望ましい。

1971.2.5・受付

御 寄 稿 の お 願 い

この雑誌は、プレストレストコンクリートのわが国でただ一つの総合技術雑誌です。会員諸兄の技術向上にいささかでも役立つよう苦心して編集にあたっておりますが、多くの問題を広くとりあげるのはこれでなかなか大変なことです。一方的になっても困りますし、とにかく皆様の素直な声をお聞かせ願えませんか。自由に気楽に意見を述べて頂く会員欄、疑問点を相談していただきたい質疑応答欄、工事の状況、施工の苦心点を現場から速報してほしい工事ニュース欄、口絵写真欄、その他報告、質問など、お気軽にどしどし原稿をお寄せ下さい。また、新設してほしい欄とか、もっと充実してほしい欄、雑誌に対する建設的な御意見なども募ります。少しでも多く皆様の声を反映した親しみやすい雑誌に育て上げたいと念じておりますのでご協力願います。以上の原稿、ご意見などはすべて下記へお送り下さい。

東京都中央区銀座2の12の4 銀鹿ビル3階

プレストレストコンクリート技術協会 会誌編集委員会

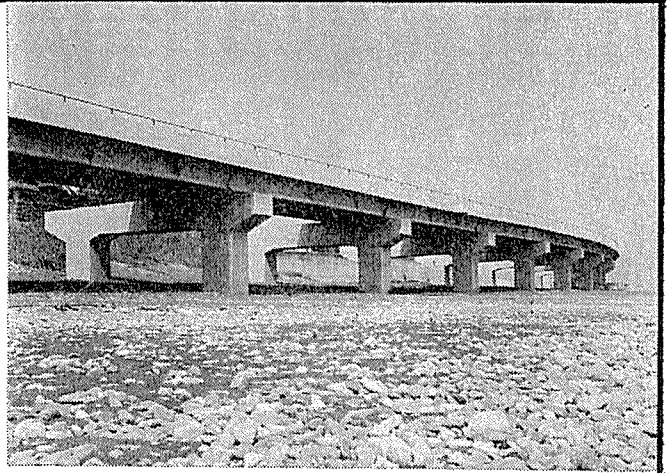
TEL (541) 3595

プレストレスト

コンクリート

建設工事 — 設計施工

製 品 — 製造販売



建設省 西湘バイパス道路



日本鋼弦コンクリート株式会社

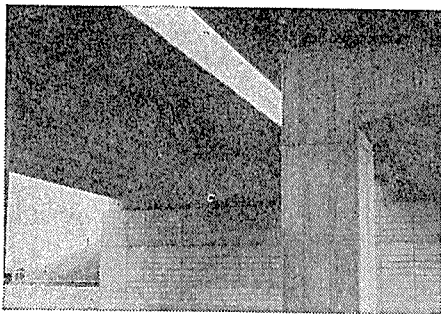
取締役社長 仙波 隆

本社	東京都新宿区西新宿1丁目21番1号	電話 (343) 5281 (代表)
営業所	東京 Tel 03(343)5271	工場 多摩工場 Tel 0423(64)2681~3
	大阪 Tel 06(371)7804~5	滋賀工場 Tel 07487(2)1212
	中部 Tel 07487(2)1212	相模原工場 Tel 0427(78)1351
	仙台 Tel 0222(23)3842	



最高の技術を誇る

鋼弦コンクリート用



PC

ワイヤ
インデントワイヤ
ストランド
2本ヨリ，7本ヨリ

是政第1橋

日本工業規格表示工場 B.B.R.V.工法用鋼線認定工場 P.C.I. (アメリカPC協会) 会員

興國鋼線索株式会社

本社	東京都中央区宝町2丁目3番地	電話 東京 (561) 代表 2171
工場	東京・大阪・新潟	