

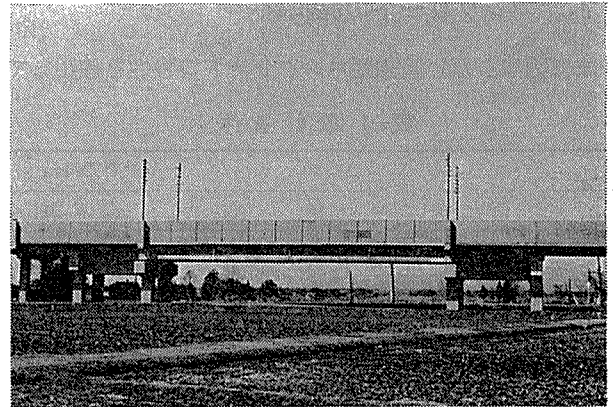
高強度コンクリートによるPC桁の現場施工について

田 中 齊*
小田 桐 清 一**

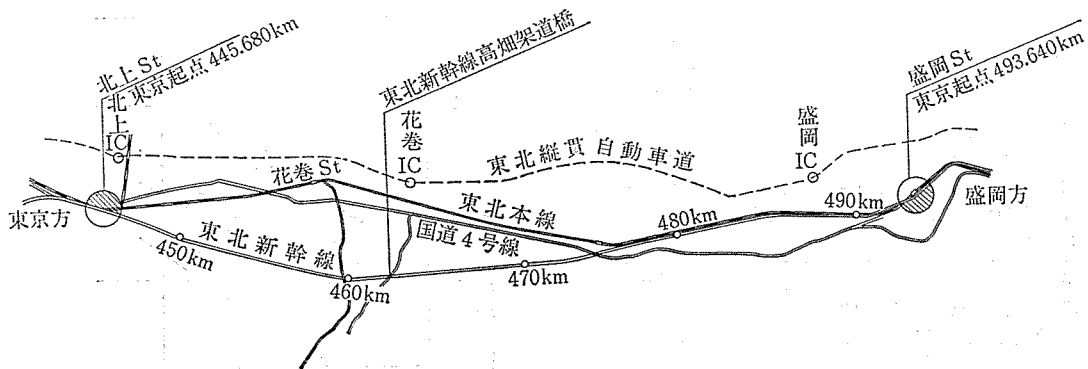
1. ま え が き

高強度コンクリートの活用は、PC 桁の軽量化、長大化、ならびに桁下空高の確保等、いく多の利点を有するが、現場における施工は普通コンクリートに比べ、高強度コンクリート特有の減水効果を有するため、とくに施工時期の選定も含めた施工管理が重要となってくる。

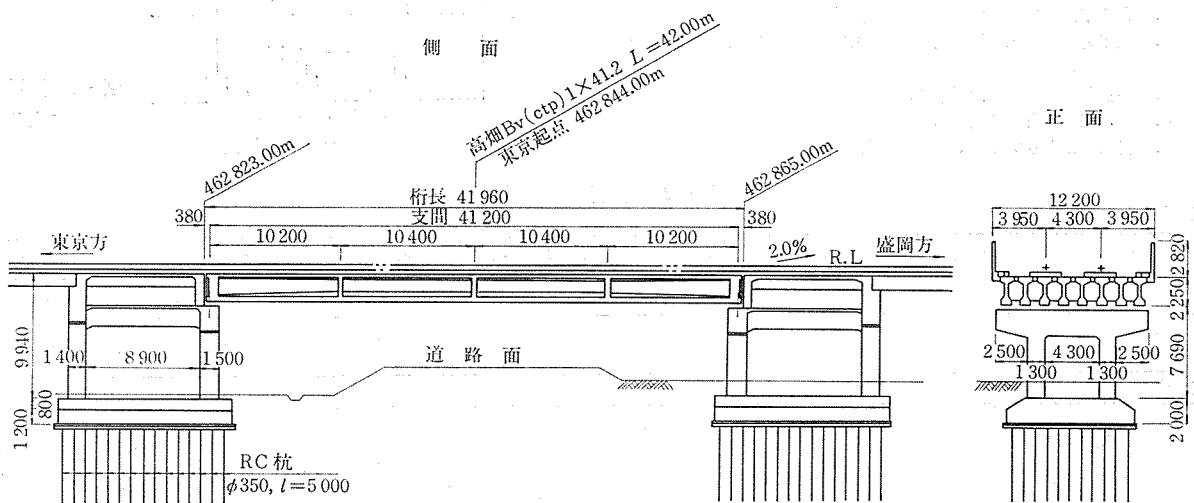
高強度コンクリートによる PC 桁の現場製作・架設は、山陽新幹線第2綾羅木川橋梁等で施工されているが、今回、高性能の減水剤を用いた PC 桁の現場製作・架設が、東北新幹線石鳥谷地区で実施されたので、その施工結果について報告する。



写真—1 高畑 Bv 全景



図—1 位置 図



図—2 高畑 Bv 全体 図

* 国鉄元盛岡工事局次長

** 国鉄盛岡工事局石鳥谷工事区技術掛

2. 工事概要

高畑 Bv は、東北新幹線（東京起点 462.844 km）と 県道矢沢二枚橋線が交差する架道橋で、上部工は桁長 42.0 m の I 形 8 主 PC 桁である。計画にあたり、桁高が 2.25 m に制限されたため、高強度コンクリートが採用された。

3. コンクリートの諸試験

まだ固まらない高強度コンクリートの特性を確認して

表—1 設計条件

スパン		41.200 m	
曲線半径		直線	
列車荷重		N-18 P-19	
衝撃係数		0.252	
コンクリート	強度	550 kg/cm ² プレストレス導入時 470 "	
	許容応力度	プレストレス導入直後（圧縮）	215 "
		（引張）	-19.5 "
		設計荷重作用時（圧縮）	160 "
		（最小圧縮）	0 "
		（斜め引張）	10.5(16.5)
破壊荷重時斜め引張（許容値）	26 (32.5)		
（最大値）	52 (65)		
PC鋼より線 12-T15.2 mm (SWPR 7A)	引張強度	167 kg/mm ²	
	降伏点応力度	142 "	
	定着位置における作業時許容応力度	128 "	
	設計断面における設計荷重作用時許容応力度 レラクセーション	100 " 5 %	
PC鋼より線 1-T21.8 mm	引張強度	187 kg/mm ²	
	降伏点応力度	161 "	
	設計荷重作用時許容応力度	112 "	
桁間部および張出し部コンクリート設計基準強度		400 kg/cm ²	
地覆、ダクト側壁コンクリート設計基準強度		240 "	

- (注) 1. () 内の数値はねじり考慮の場合である。
 2. 施工時の仮支承位置は桁端より 0.380 m 以上 2.250 m 以内とする。
 3. 高欄荷重重量は重逆 L₂(3 t) である。
 4. 電車線柱の支線荷重は考慮していない。
 5. 沓はネオトップ 205 t 標準沓を使用する。

表—2 骨材の試験

粗骨材		吸水量 (%)	洗い試験損失量 (%)	単位容積重量 (kg/m ³)	実績率 (%)	すりへり減量 (%)	粒度分布 (mm)					残留 (%)
種類	比重						25	20	15	10	5	
砕石 25 mm	2.91	1.0	0.21	1787	60.1	10.4	2	25	50	75	99	6.99
細骨材		吸水量 (%)	洗い試験損失量 (%)	単位容積重量 (kg/m ³)	実績率 (%)	粒度分布 (mm)						
種類	比重					5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	F.M
粗砂	2.53	2.53	1.63	1600	63.2	3	10	35	58	86	97	2.89
細砂	2.54	2.65	2.17	1620	63.8	2	14	29	53	77	98	2.73
混 合 粗7 細3	2.54	2.54	1.80	1610	63.3	3	11	33	57	83	97	2.84

施工計画をたてるためと、設計基準強度 550 kg/cm²(配合強度 630 kg/cm²) を確認するため、下記の試験が行われた。

(1) 骨材

圧縮強度 600 kg/cm² 程度以上では、骨材の品質によっては粗骨材よりの破壊が生ずるので、良質の骨材が必要とされる。選定の結果、粗骨材は都南村黒川産の砕石を、細骨材は北上川産と和賀川産の川砂をそれぞれ使用した。

(2) セメント

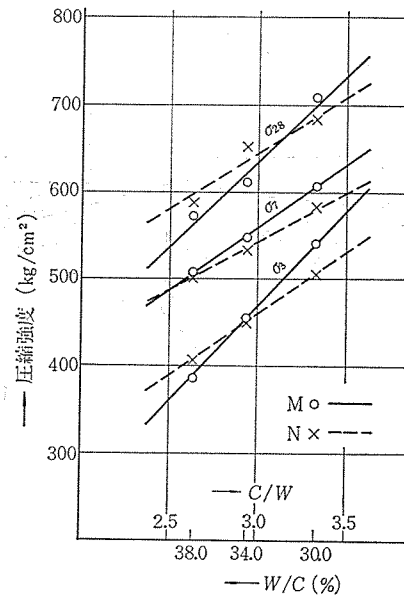
工事工程上、早強セメントを使用した。

(3) 減水剤

減水剤は高分子系の 2 種類の高性能減水剤を比較の結果、ポリアルキルアリルスルホン酸塩を主成分とする高性能減水剤を、今回は採用することとした。

(4) 試験練り

小型可傾式ミキサでは材料分離が生じ、良好なる練りまぜが期待できないため 100 l 強制練りミキサを使用した。比較試験の結果は 図—3 のとおりで、示方配合は



図—3 試験練りによる比較

表-3 示方配合

設計基準 強度 (kg/cm ²)	セメント の種類	粗骨材 最大寸法 (mm)	スラブ の 範 囲 (cm)	空気量の 範 囲 (%)	W/C (%)	S/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)					混 和 剤 混 入 率 (%)
							W	C	S	G	混和剤 M	
σ _{ck} -550	早, 強 ポルトランド	25	12±2.0	2.0±1.0	31.0	37.0	146	470	648	1263	6.58	C×1.4

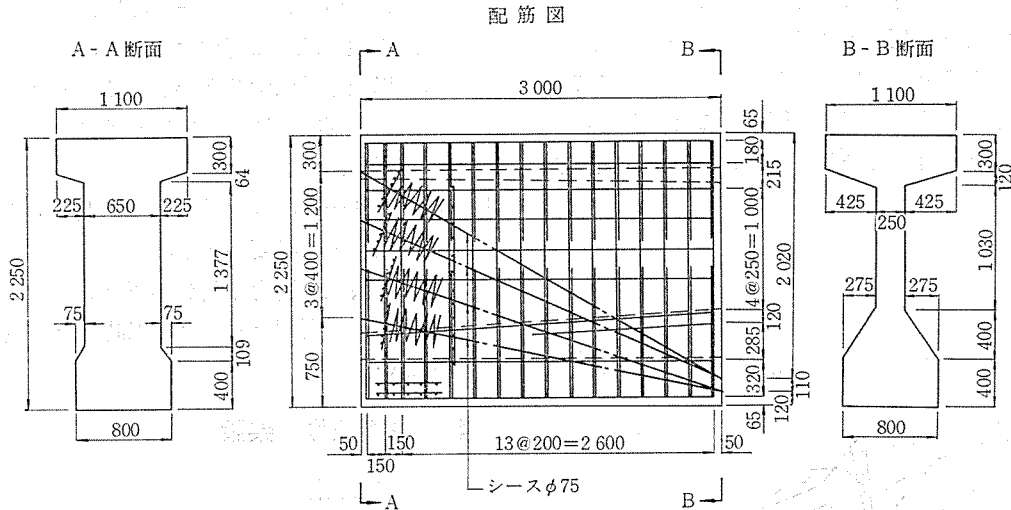


図-4 試験桁一般図

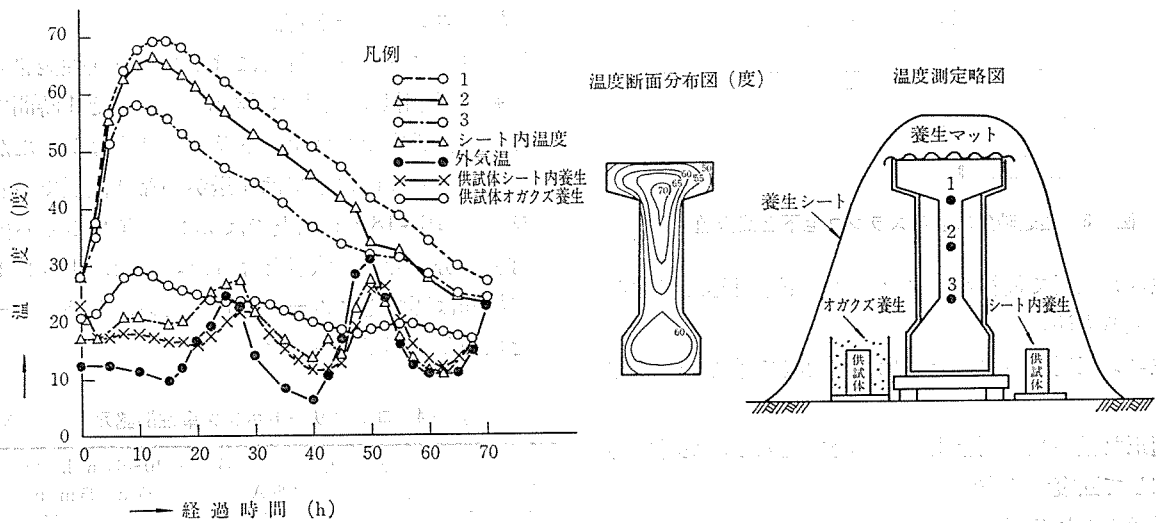


図-5 コンクリート内部温度の経時変化(一例)

表-3 とした。

(5) 模型実験

この種の高性能減水剤を用いた高強度コンクリートの施工は普通コンクリートに比べ、強い粘性や特殊な流動性状を示すので、施工性を検討するため、同一断面で長さ 3.0m の試験桁(図-4)を製作し、打込み順序、および流動状態を検討するための打込み試験を行った。試験体は 2 個製作し、バケットによる打込みとポンプ車使用による打込みとを行った。また同時にコンクリート内部に熱電対をセットし、自記温度記録計により温度測定を行った。各温度測定結果を 図-5 に示す。

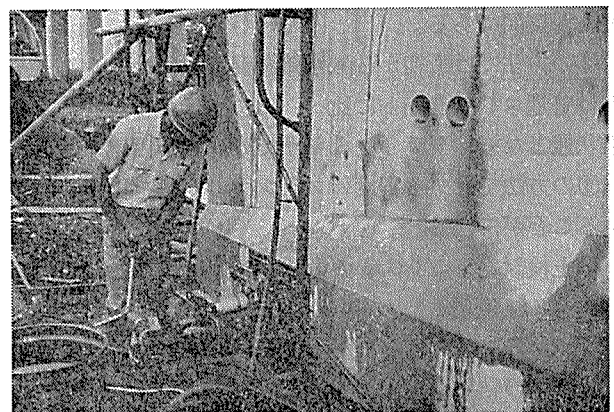


写真-2 試験桁からのコア採取

(6) 現場打設試験

生コン車の運搬によるコンクリートのスランプ変化等の性状変化をつかみ、さらにその対策を検討するため、生コン工場より当該現場と同距離の高架橋基礎部にコンクリートを運搬し、打込み試験を行った。生コン工場より現場まで約 6 km、運搬にして約 15 分である。そのため、スランプ低下は図-6 に示すように 5 cm 程度となり、現場で減水剤を再添加し、トラックミキサにて高速回転して目標のスランプ値に回復することとした。

高性能減水剤を使用した場合のスランプ値の回復方法としては、

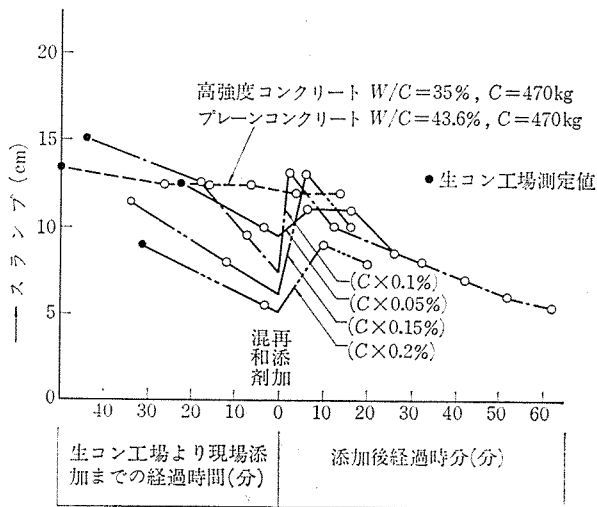


図-6 経過時分によるスランプ低下と回復値

- ① 生コン工場で最初からスランプ低下を見込んで柔らかく練る方法。
- ② 生コン工場で減水剤を添加せず現場で添加する方法。
- ③ 適正な量の減水剤を生コン工場に混入し、現場で再添加して回復する方法。

などが考えられるが、

①の方法では現場到着時のスランプ値が適正になるかどうか疑問である。

②の方法では最初から減水剤を混入しないコンクリートは普通コンクリートに比べ、単位水量が少ないので分離状態となり、トラックミキサでの運搬が困難である。

③の方法ではある程度スランプの変化を現場で調整することができる。

以上検討結果より、③の方法を採用することとした。

(7) 試験のまとめ

コンクリート打込みのための模型実験、ならびに現場打設試験の結果、

- 1) トラックミキサの運搬は、経過時分によるスランプ

低下を考えると、打設能力に見合う適正な配車計画が最も重要であるため、プラントを専用とし、トラックミキサも必要台数確保する必要がある。

- 2) コンクリートの打設は、バケット打設よりポンプ車打設の方が作業能率が優れている。
- 3) スランプがポンプ車ホース吐出口で 8 cm 以下になると流動性が急激に悪化するので、ホース吐出口では 10 cm 以上を確保する必要がある。また、コンクリートの振動、締固めについてはバイブレーターの適正配置が必要である。
- 4) コンクリート温度は 70°C まで上昇するので養生には十分注意する必要がある。
- 5) 生コン会社の協力体制が必要である。
- 6) 冬期および夏期を避けた施工時期を選定することが望ましい。

4. 主桁製作・架設

(1) 主桁製作

製作ヤードは、架設地点の終点方高架橋上に製作ベース 2 基を設け、標準 7 日サイクルで製作した。

(2) コンクリート打設

1) コンクリートの打設にはポンプ車(性能諸元表-4)を使用し、桁 1 本 59 m³ をおよそ 4 時間で打設した。打設中ポンプ車のトラブルは少なかったが、スランプ 10 cm 以下では圧送がかなり困難であり、スランプ 16~18 cm 以上ではポンプ車のホッパ内で、材料が分離寸前の状態となった。なお、生コン工場と現場間は運搬をスムーズに行うため、トランシーバーを使用して連絡を行った。

表-4 コンクリートポンプ車性能諸元 (M社製)

性能	最大吐出量 最大輸送距離垂直輸送管 125 A	65 m ³ /h(10~65 m ³ /hの範囲で可変) 95 m (25 m ³ /h)
ポンプ本体仕様	コンクリートシリンダー数	2 個
	シリンダー内径×最大ストローク長	180 mm×1 500 mm
	ホッパ容量	0.45 m ³
	アジテータ最高回転数	19 rpm
	ポンプ本体最高圧力×最大吐出量	125 kg/cm ² ×320 l/min
ブーム様	ブーム	全油圧垂直 3 段屈伸式
	最大地上高	19.3 m

2) 打設順序

3 層に分けて打ち込むモデル図を想定していたが、打ち込み後のコンクリートのこわばりが非常に早いため、端部よりの片押し打設で施工した。

3) 締固め

コンクリートの締固めには、棒状バイブレーター

(φ45 mm, 12000 rpm) 5台と、型わくバイブレーター (3/4 HP 2850 rpm) 28台を底版より0.90mの高さに取り付けて使用した。しかし、打込み時のスランプ12~15cmの割には流動性が予想以上に悪く、こわばりが早いため、打継ぎ用バイブレーターと打ち込んだコンクリートの締固め用バイブレーターに使いわけて作業した。打継ぎ用にバイブレーターを使用したのは、打ち込んだコンクリートに振動を与えておくことコンクリートのこわばりが生じ難く、打継ぎが良好に施工できるためである。

4) 養生

コンクリートの内部温度と外気温の差がはなはだしい時には全体をシートで覆ったが、通常の場合には桁上面を養生マットで湿潤養生した。

(3) プレストレッシング

プレストレスの導入は、コンクリートを打設して5日以上経過後に施工した。

(4) 架設

架設は引出し用台車に横取りして、エレクションガーダー2連により施工した。

(5) 品質管理

1) 材料管理

粗骨材は、強度の低い砕石や石粉があると所定の強度が出現しないため、トロンメルやバッチャープラン

トで骨材を水洗いし、コンクリート打設2日前には屋根つきストックヤードで管理した。またセメントの管理は入荷時のセメント温度が高いので、サイロ(40t)への貯蔵は使用する2日前までに入荷させて温度を下げてから使用した。

2) プラント設備、およびトラックミキサ

バッチャープラントは、コンクリートを練り始めてから終了までの約半日間は専用とした。ミキサは強制練り(1m³練り)を使用した。トラックミキサは1回の打設に最低5台を確保して運用した。また、トラックミキサには6m³積み用に5m³を積み込み、現場で減水剤再添加後高速回転が行いやすいようにした。トラックミキサの攪拌羽根は、2枚羽根よりも3枚羽根の方が排出能力が良かった。

3) スランプ値

イ) 生コン工場練り上がり直後

測定は練り終わるとすぐ工場前でトラックミキサ1

表-5

	ス ラ ン プ			運搬時分
	練り上がり直後	現場到着時	減水剤後	
総数 N	95 個	96 個	83 個	90 個
平均 \bar{X}	12.3 cm	7.6 cm	16.2 cm	21.2 分
標準偏差 σ	1.87 cm	2.91 cm	2.97 cm	8.88 分
変動係数 V	15.2%	38.3%	18.3%	41.9%

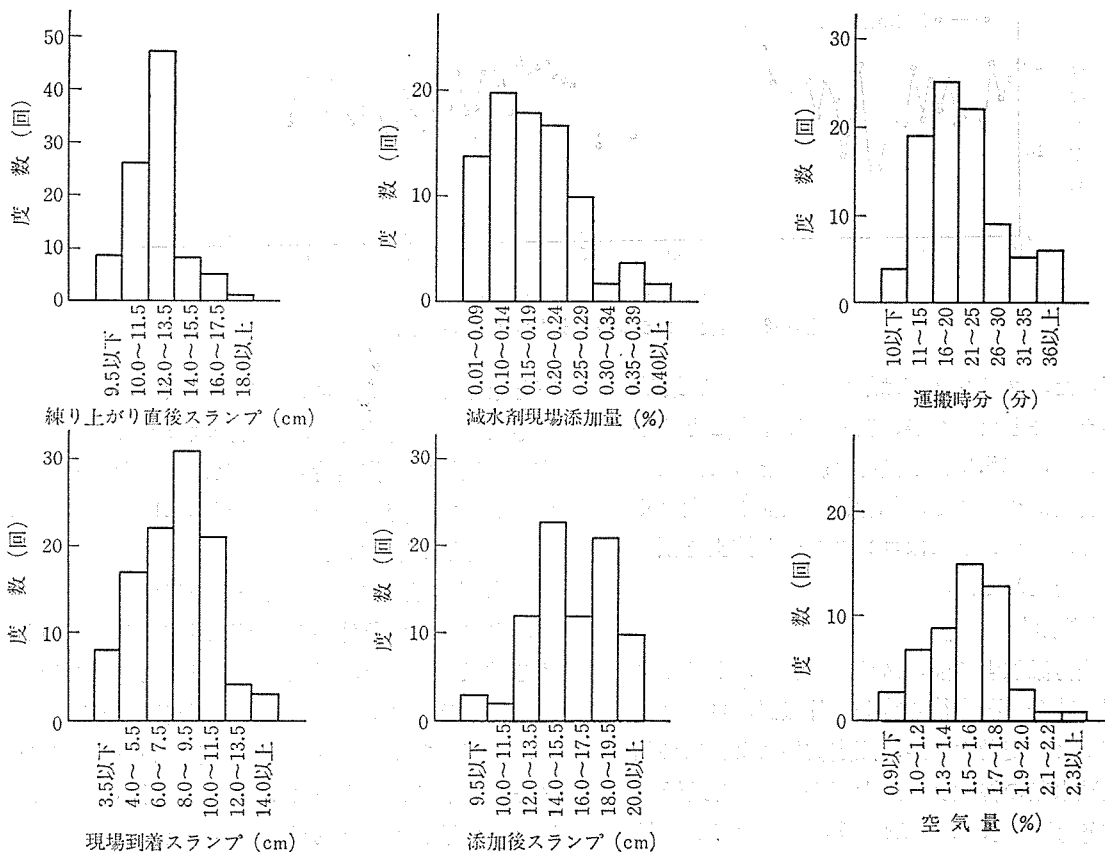


図-7

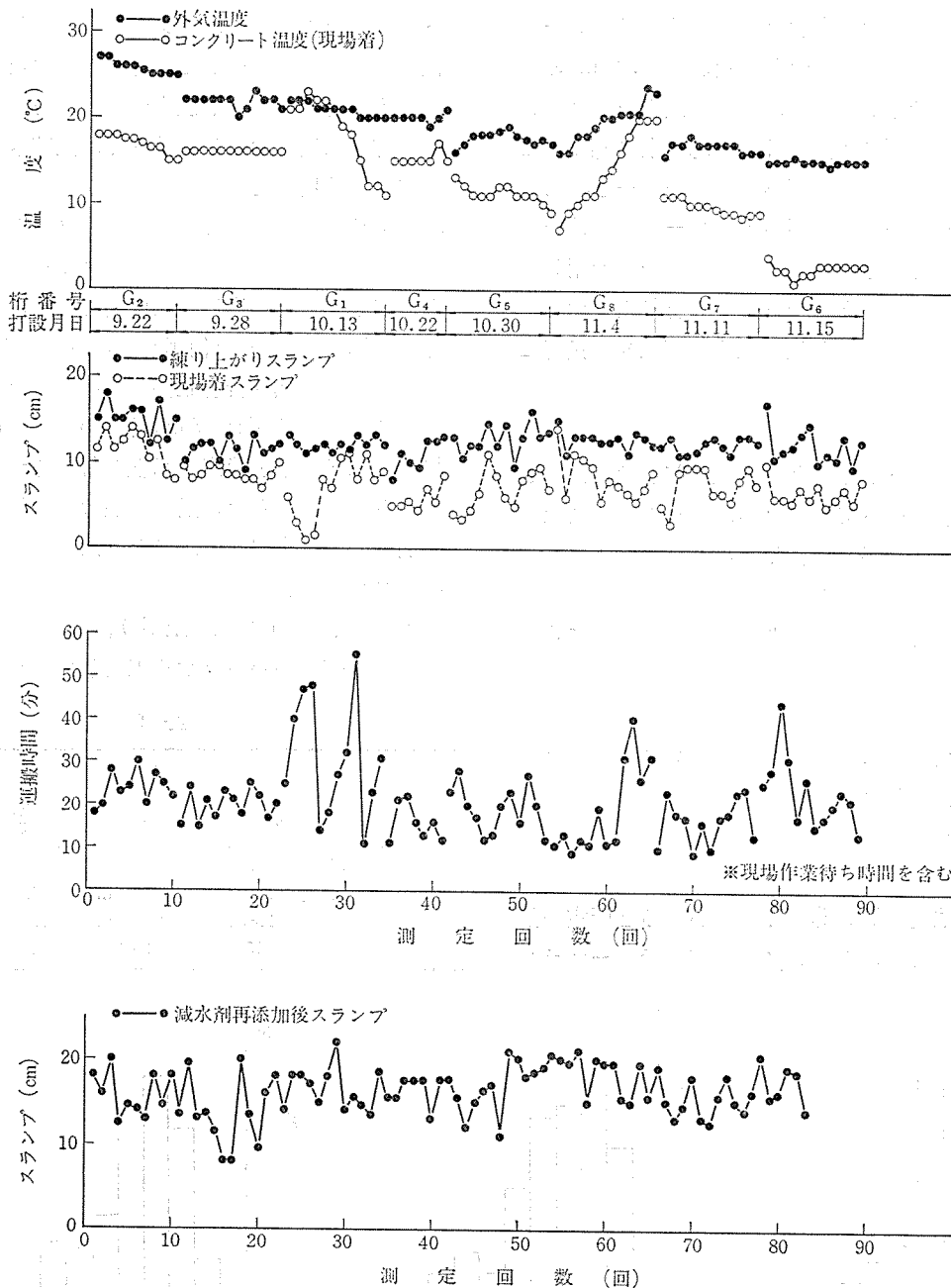


図-8 温度、スランプ、運搬時間測定一覧

台ごとに行った。スランプ値は最低 8 cm から最高 18 cm のバラツキとなったが、表-5 に示すごとく平均値 12.3 cm, $V=15.2\%$ と良好な結果を得た。練り上がり後の変動については、細骨材の表面水が大きく影響するので、プラントにはコンクリート技士を張り付け常時指導を行わせた。

ロ) 現場到着時

現場到着後再添加する前のスランプ値は、トラックミキサの運搬時分と現場待ち時分、外気温、コンクリート温度等により変動するが、測定結果によれば使用した高性能減水剤の特性より最大 10 cm から最低 1 cm までの変動幅を示し、平均 4.7 cm のスランプ低

下となった。また、コンクリート練り終わりから現場測定までの経過時分は、当初計画 15 分に対して交通事情や現場での作業待ち等のため、最大 40 分から最少 9 分までの変動幅を示し、平均 21 分となった。

ハ) 減水剤添加後

減水剤の再添加量は当初一定の基準で行っていたが、さまざまな条件から回復値が定まらず経験から決める結果となった。添加はA社で開発した計量機を使用し、トラックミキサを約3分間高速回転して行った。現場到着時のスランプ値の小さい時は、トラックミキサのドラムの中でモルタルと骨材が分離し、数回にわけて添加すると効果的であった。スランプ値の回

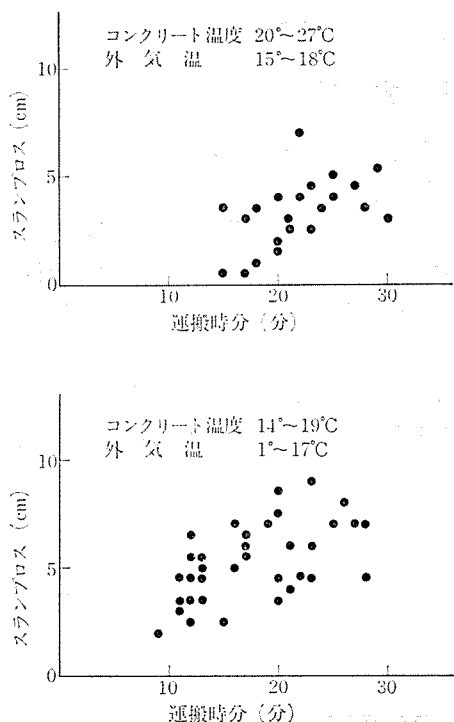


図-9 運搬時間とスランプロスの関係

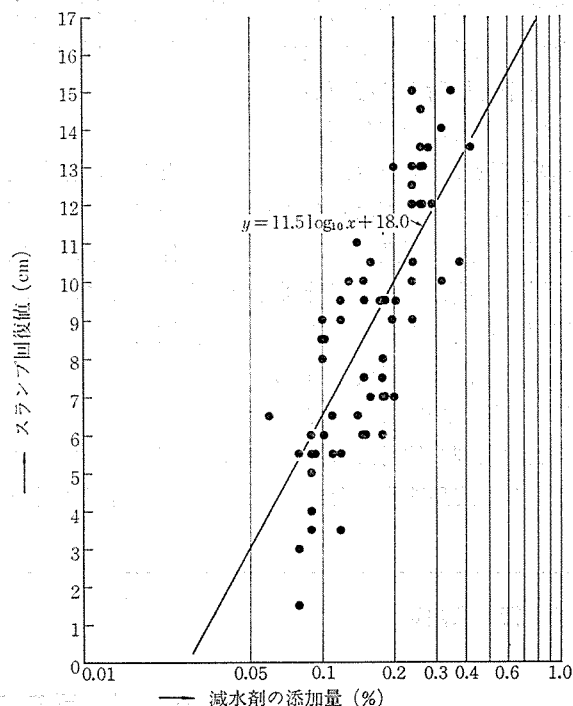


図-10 減水剤の現場添加量とスランプ回復値

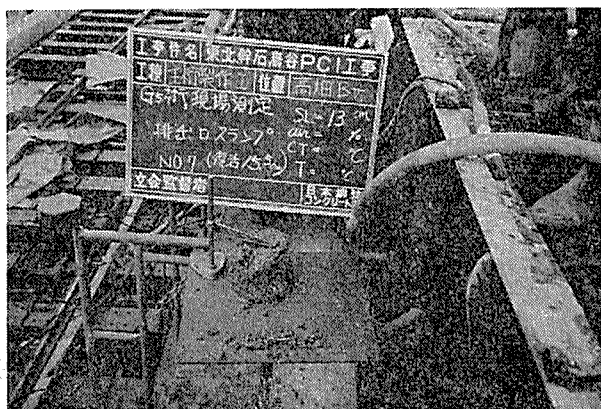


写真-3 ポンプ車ホース吐出口でのスランプ測定

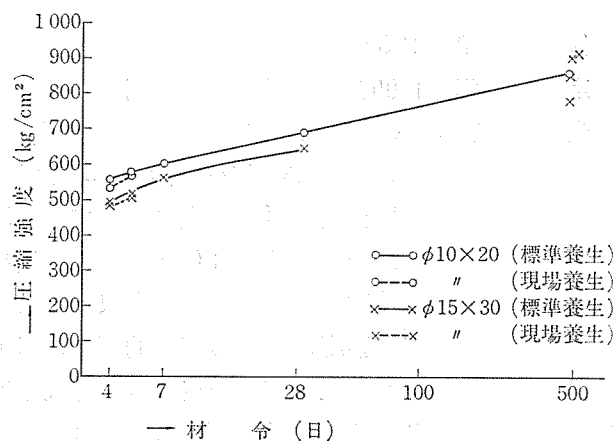


図-11 圧縮強度

復状況は実測の結果、セメント量に対し0.1%~0.3%の添加で十分回復した。本現場での平均値は0.189%で、回復後のスランプ値は平均16.2cmとなり、 $V=18.3\%$ となった。

4) 空気量

設計値 $2.0\% \pm 1.0\%$ に対して減水剤再添加後測定の結果、平均 1.52% となった。

5) 圧縮強度

桁1本打設ごとに $\phi 10 \times 20$ cm, $\phi 15 \times 30$ cm の供試体をそれぞれ18本(標準養生12本, 現場養生6本)ずつ採取した結果、材令28日における圧縮強度は標準養生の平均で 691 kg/cm^2 ($\phi 10 \times 20$ cm), ならびに 646 kg/cm^2 ($\phi 15 \times 30$ cm) と配合強度を上回った。また、減水剤を再添加しても圧縮強度は下回ら

ず、むしろ、添加前より若干増加の傾向を示した。なお圧縮強度試験のとき、テストピースのキャッピングや底版の平滑性により強度にかなりのばらつきがあり、試験の際、上下面を研磨すると良い結果を得た。

5. 現場施工の問題点

以上、高強度コンクリートの現場打設は、計画的に細心の注意を払って実施すれば施工は可能であるが、今後の問題点としては次のことがあげられる。

(1) 生コン会社の協力体制

高強度コンクリートの製造、運搬にあたっては、習熟した専任技術者の配置と骨材置場の整備を含めた管理が必要である。コンクリートの打設日にはトラブルを避けるために購入者への配給計画をたて、プラントおよびコ

報 告

ンクリートミキサの専用化、施工現場の連続打設に支障のない配車計画、および生コン工場と施工現場の連絡方法等を十分検討する必要がある。

(2) 現場の管理体制

連続打設に支障をきたす要因の一つとして、作業段取りの不備、ポンプ車ならびにバイブレーターの故障等使用機器類の整備不良があげられるが、作業の中断は生コン工場の製造工程と配車計画を変更することになり、施工管理にも大きく影響するので、専任技術員の適正な配置と事前の点検が必要である。

(3) 施工時期について

特殊減水剤の使用にあたっては、夏期と冬期ではコンクリートの流動性状が大きく変わるので、常温に近い時

期に施工するのが最も望ましい。

6. む す び

以上高強度コンクリートの現場施工について記述してきたが、本桁施工まで4か月間ぐらいの検討期間があったことも幸いして、現場製作・架設は予定どおり完了することができた。高強度コンクリートは、今後数多く使用されることと思われるが、この報告が現場施工の参考になれば幸いと存じます。

最後に、本工事施工に際し、御指導をいただいた構造物設計事務所をはじめ、関係各位に深く感謝の意を表します。

◀刊行物案内▶

第 18 回研究発表会講演概要

体 裁：B5判

定 価：1,000 円（送料：200 円）

内 容：(1)アンボンド PC 鋼材の耐食性試験、(2)アンボンド PC 部材の疲労試験、(3)アンボンド PC 部材の曲げ破壊耐力略算法について、(4)経年 PC 構造物の鋼材の腐食及び機械的性質の調査について、(5)PC 部材における鋼材のレラクセーションについて、(6)一体式 PC ラーメン構造のプレストレス導入時歪応力に関する研究、(7)PC 構造物のクリープ、乾燥収縮の実測、(8)PC 工事の施工管理の一考察、(9)PC ばりの疲労強度に関する実験的研究、(10)PC ラーメンの復元力特性に関する研究、(11)PC タンクの現場応力測定、(12)超高強度 PC くいの開発研究、(13)〔特別講演〕新しく制定される土木学会プレストレスコンクリート標準示方書の概要について、(14)PC 押し出し工法における接合構造の試験および考察、(15)版と柱とが合成された PC 連続中空版橋の設計について、(16)ノースゲート橋上部工報告、(17)移動式支保工施工による PC 橋の設計施工、(18)熊本交通センター前 PC 舗装工事について、(19)久慈線小本川橋梁の設計と施工について、(20)プレキャスト部材の接合について

◀刊行物案内▶

プレストレス コンクリート構造物の設計実技

体 裁：A4判 113 頁

定 価：2000 円 送 料 400 円

内 容：(A) PC 緊張材定着部材端区間の設計 (B) 建築構造物における設計例 (C) 道路橋における設計例 (D) 鉄道橋の設計例 (E) PC パイルベント橋脚の設計例
お申込みは代金を添えて、(社)プレストレスコンクリート技術協会へ