

稲里立体橋(上部工)下り線の施工 —夏期における大容量コンクリート打設について—

土屋 康弘*1・深山 清六*2・橋口 隆*3・攪上 政之*4

1. はじめに

一般国道19号長野南バイパスは、長野市街地の渋滞緩和を図るとともに将来の交通需要増大に対応するため長野市街地の環状道路を形成するように計画された新設道路であり、現在、長野冬季オリンピック関連事業として整備を進めている。

稲里立体橋は、その長野南バイパスの長野市川中島町上氷鉤に位置する(図-1)道路橋である。

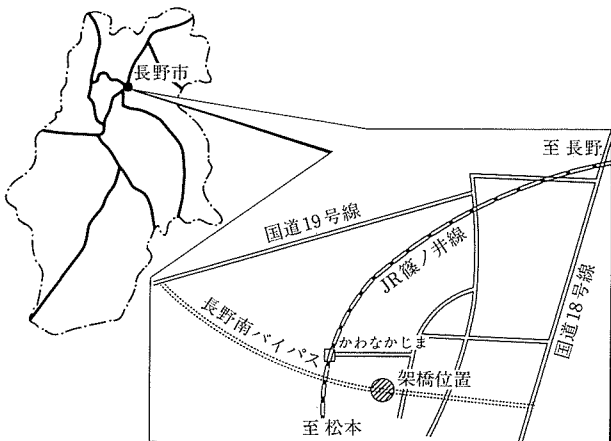


図-1 架橋位置図

上部工は橋長 $L=165.0\text{m}$ 、有効幅員 $W=9.984\text{m}\sim 15.000\text{m}$ を有する5径間連続中空床版橋であり、シフト(減速車線)により本橋上で幅員が変化しており、ランプ接続部で約5m拡幅している。

本橋の施工方法は全径間一体施工であり、夏期(8/2)の気温の高い時期にコンクリート量約 $1\,930\text{m}^3$ を一度に打設する必要があった。

このような条件下でのコンクリート打設に際して、綿密な打設計画を作成し、より高い品質管理を志向した。

さらに品質管理のための調査・計測を行うこととした。

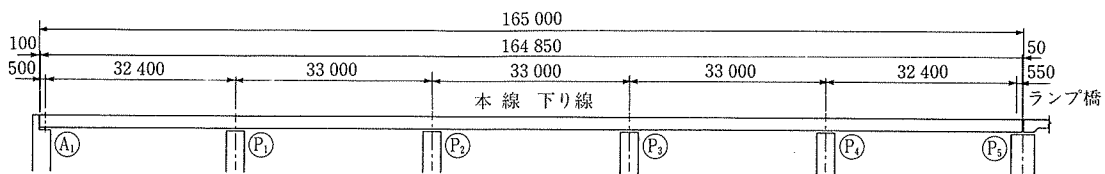
今回はそのコンクリートの打設計画および実橋における調査項目について報告するものである。

2. 工事概要

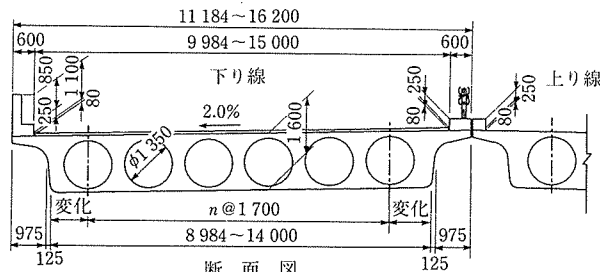
本工事の工事概要を以下に示す。また、構造一般図を図-2に、主要材料を表-1に示す。

表-1 主要材料 (発注数量)

項目	種別	単位	数量
コンクリート	$\sigma_{ck}=36\text{N/mm}^2$	m^3	1 991
型枠	主桁	m^2	2 722
円筒型枠	$\phi 1\,350$	m	865
	$\phi 1\,050\sim\phi 1\,350$	m	6.0
鉄筋	SD295	t	127
P C 鋼材	$12\phi 12.7\text{mm}$	kg	75 977



側面図



断面図
図-2 構造一般図

*1 Yasuhiro TUCHIYA: 建設省関東地建 長野国道工事(事) 建設監督官

*2 Kiyoroku FUKAYAMA: ピーシー橋梁(株) 取締役東京副支店長

*3 Takashi HASHIGUCHI: ピーシー橋梁(株) 稲里立体橋作業所 所長

*4 Masayuki KAKUAGE: ピーシー橋梁(株) 東京支店 技術部技術課 課長代理

路線名：一般国道19号長野南バイパス
 道路規格：第3種第1級
 構造形式：PC5径間連続中空床版
 橋長：165.000m
 有効幅員：32.400m～15.000m
 平面線形：R=1 000～∞
 荷重：B活荷重
 工期：平成9年3月25日～平成9年11月19日

3. 施 工

3.1 コンクリート打設計画

本橋のコンクリート打設量は約1 930m³であり、生コン工場の時間あたりのプラント能力を確認した結果、1社で供給することが不可能であるため3社に分けて供給することとした。

レディミクストコンクリートの配合設計および使用セメント・骨材等については、異なるプラントを使用するため事前に入念な協議を行い3社で統一した。表-2に配合設計表を示す。

また、試験練りにおいては各社それぞれの供試体に加えて3社のコンクリートを混合させた供試体を作成し、圧縮強度・スランプなどの試験を行い健全性を確認した。表-3に試験練り結果を、表-4に圧縮強度の比較結果を示す。

コンクリートの運搬に必要なコンクリートミキサー車（積載量4.3m³）は約450台となり、作業ヤードが狭いことから混雑が予想された。したがって搬入路・待機場所・退出路については十分な検討を行い、図-3に示す配置とした。

また、コンクリート打設はコンクリートポンプ車（打

表-2 配合設計

設計基準強度 (N/mm ²)	セメント種類	粗骨材最大寸法	スランプ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)
36	早強	25	8±2.5	4.5±1.5	45以下

表-3 試験練り結果

	A社	B社	C社	規格値
スランプ (cm)	9.5	9.0	9.0	8±2.5cm
空気量 (%)	4.9	4.7	4.3	4.5±1.5cm
コンクリート温度 (°C)	24.0	24.0	24.0	30°C以下
水セメント比 (%)	40.0	39.7	38.0	45%以下
塩化物量 (kgf/cm ³)	0.027	0.020	0.02	0.3kgf/cm ²
圧縮強度σ ₃ (N/mm ²)	33.0	32.9	32.8	29N/mm ²
圧縮強度σ ₇ (N/mm ²)	43.9	43.2	45.4	36N/mm ²

表-4 圧縮強度比較

	3日強度	7日強度	備考
3社混合	33.0	41.5	標準養生
A社	33.0	41.3	〃
B社	31.1	40.3	〃
C社	33.0	42.4	〃
3社平均	32.4	41.3	〃

設能力50m³/h) 4台を使用して行った。写真-1に設置状況を示す。

コンクリートの打設時間の設定は日中の高気温時を避け深夜0時より打設を開始し正午前に打設を完了するように計画した。



写真-1 ポンプ車設置状況

3.2 打設計画概要

コンクリート量：約1 930m³

ミキサー車：約450台

ポンプ車：4台 (打設能力50m³/h)

プラント能力：A社190m³/h (供給量：約930m³)

B社180m³/h (供給量：約500m³)

C社150m³/h (供給量：約500m³)

運搬時間 (工場から現場までの所要時間) :

A社約10分 (信号7ヶ所, 距離4.5Km)

B社約20分 (信号12ヶ所, 距離9.5Km)

C社約30分 (信号25ヶ所, 距離13.9Km)

打設順序：中央径間から打設し側径間に移動 (主版を3層に分けて打設・図-4参照)

人員配置(全体で約100名)：全体指導1名 (現場代理人)

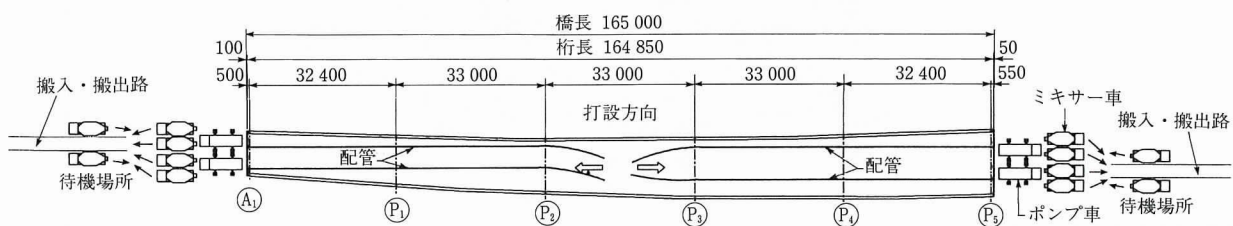


図-3 平面配置図

品質管理1名（品質管理者）
 生コン手配1名（主任技術者）
 現地試験2名
 打設地点6名
 支保工点検2名
 養生2名
 調査・測定4名
 労務その他70名

打 設 時 間：AM0：00~PM0：00（12時間）

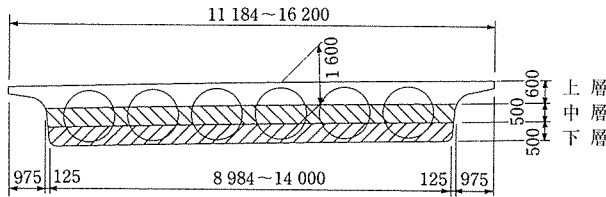


図-4 コンクリート打設順序

3.3 コンクリート打設時調査項目

本橋のコンクリート打設時の気温は、日中の高気温時は避けたものの平均で25℃を超えることが予想された。したがって、暑中コンクリートとしての品質管理を行うこととした。

コンクリート打設時の管理項目としては、通常の管理のほかに外気温・コンクリート温度・スランプの変化・運搬時間などの管理を行った。

(1) 温度測定

外気温は直射日光の影響を受ける場所、受けない場所の各々1ヶ所を1時間ごとに測定した。

コンクリート打設時の温度測定は、コンクリート打設量150m³ごとに棒温度計を用いて行った。

また、コンクリートの硬化に伴う温度上昇を確認するため、コンクリート打設後1時間ごとに12時間の温度測定もあわせて行った。硬化に伴う温度測定は、P₂脚橋よりP₃橋脚側に約20mの地点で主版上側と主版中心付近とで温度の上昇に差が見られるかを確認するため、深さを変えた

4ヶ所でデジタル温度計を用いて行った。

図-5に側定位置を、表-5に測定結果を、写真-2に測定状況を示す。

表-5 温度測定結果

時間 h	外気温 日向	外気温 日陰	コンクリート温度				天候
			1	2	3	4	
0	25.0	25.0	26.0	26.5	26.0	27.0	晴れ
1.0	25.0	25.0	26.5	27.5	27.0	27.0	〃
2.0	25.0	25.0	27.0	27.5	27.5	27.5	〃
3.0	25.0	25.0	31.0	30.0	32.0	30.5	〃
4.0	25.0	25.0	35.2	31.5	38.3	33.0	〃
5.0	25.0	25.0	38.1	33.5	43.1	34.5	〃
6.0	25.0	25.0	43.5	39.1	51.2	39.3	〃
7.0	25.0	25.0	48.1	44.1	55.1	42.0	〃
8.0	26.0	25.0	50.5	47.4	57.4	44.4	〃
9.0	27.0	25.5	59.6	59.1	60.5	58.7	〃
10.0	28.5	26.5	60.5	60.3	60.8	60.0	〃
11.0	30.0	28.0	60.6	60.8	61.3	60.2	〃
12.0	31.5	29.0	60.9	61.0	61.5	60.7	〃

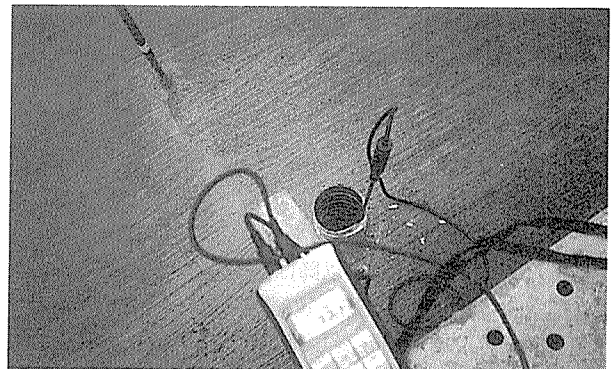


写真-2 温度測定状況

測定の結果、コンクリート打設後約3時間経過した段階から温度が上昇を始め、9時間経過後に温度の急激な上昇がなくなり以後はわずかな上昇であった。

また、深さによる差は主版中心に近い位置で主版上側

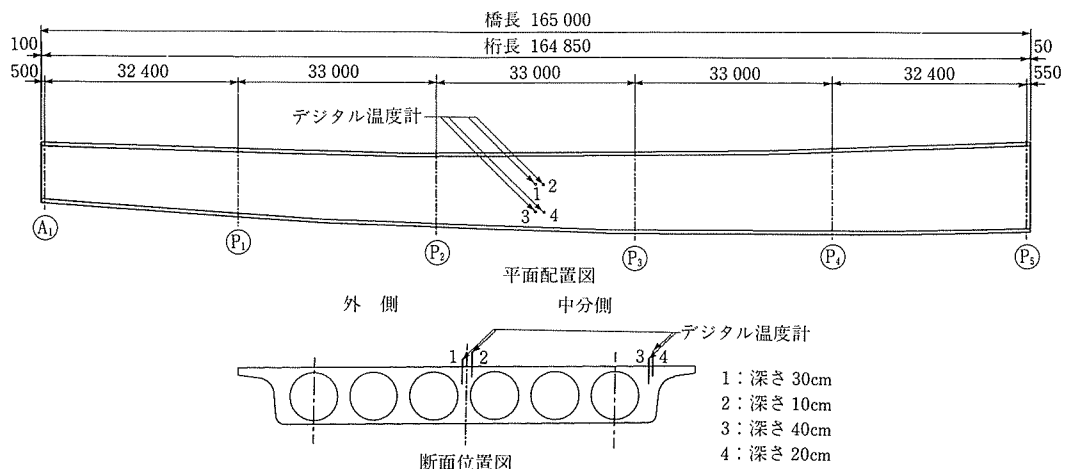


図-5 温度計設置位置

より約13℃高い温度となった。養生マットで全面を覆った後は養生効果が出て側定位置（深さ）による差は1℃以下となった。写真-3に養生状況を示す。



写真-3 養生状況

(2) 運搬時間、打設時間

コンクリート標準示方書によると暑中コンクリートの場合の運搬時間は、コンクリートのスランプの低下や品質の低下を考慮し、練上がりから打込みまで1時間30分以内と規定されている。

したがって、本工事ではコンクリートミキサー車全台数（約450台）について運搬時間の測定を実施した。深夜で交通量の少ない時間帯においては、運搬にかかる時間が短く、待ち時間・打込み時間を合わせても1時間以内で打込みを終了した。午前7時以降は、交通量の増加があったにもかかわらず、運搬経路・運搬時間・交通量等の事前の入念な調査・計画が功を奏し1時間30分の規定時間内にすべて収まった。表-6に運搬時間・打設時間の管理表を示す。また、図-6と図-7にコンクリートミキサー車全台数の運搬時間と全体時間（運搬時間+待機時間+打設時間）の集計結果を示す。写真-4はコンクリートの打設状況である。

(3) スランプ試験

コンクリート標準示方書によるとコンクリートの打込み時のスランプ値は8cm±2.5cmと規定されている。

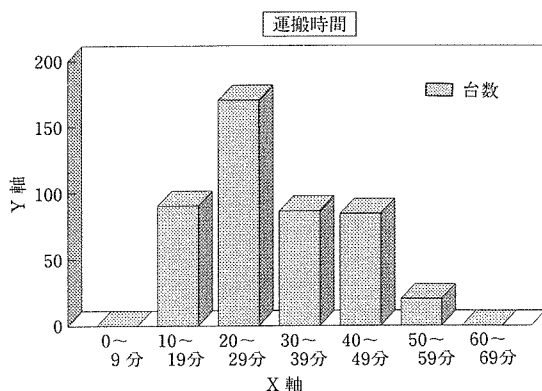


図-6 運搬時間

表-6 運搬時間・打設時間の管理表

No.	出荷時間	到着時間	Δt1	打設開始	Δt2	打設終了	Σ Δt	スランプ
1	00:23	00:55	32	01:00	05	01:10	47	9.5
2	00:30	01:00	30	01:10	10	01:17	47	
3	00:33	00:56	23	01:17	21	01:23	50	
4	00:35	01:00	25	01:23	23	01:33	58	
5	00:41	01:00	19	01:33	33	01:40	59	
6	00:47	01:10	23	01:40	30	01:46	59	
7	00:51	01:19	28	01:46	27	01:54	63	
8	00:57	01:28	31	01:54	26	02:01	64	
9	01:26	01:46	20	02:01	15	02:07	41	
10	01:29	01:48	19	02:07	19	02:14	45	
11	01:36	01:55	19	02:14	19	02:20	44	
12	01:45	02:10	25	02:20	10	02:27	42	9.0
13	01:53	02:20	27	02:27	07	02:33	40	
14	02:00	02:26	26	02:33	06	02:40	40	
15	02:07	02:30	13	02:40	10	02:48	41	
16	02:13	02:40	27	02:48	08	02:54	41	
17				02:54	16	03:00	42	
		02:43			17	03:06	45	
	02:23	02:45	22	03:13		03:13	50	
20	02:26	02:48	22	03:13			53	
21	02:28	03:00	32	03:19	19	03:32		
22	02:37	03:10	33	03:25	15	03:32		
23	02:43	03:10	27	03:32	22	03:38	55	9.0
24	02:47	03:10	23	03:38	28	03:45	58	
25	02:53	03:10	17	03:45	35	03:52	59	
26	03:00	03:22	22	03:52	30	03:59	59	
27	03:07	03:35	28	03:59	24	04:05	58	
28	03:13	03:36	23	04:05	29	04:12	59	
29	03:19	03:37	18	04:12	35	04:18	59	
30	03:22	03:40	18	04:18	38	04:25	63	
31	03:24	03:50	26	04:25	35	04:31	67	
32				04:31	41	04:37	67	
					41	04:43	67	
							70	
							70	9.0

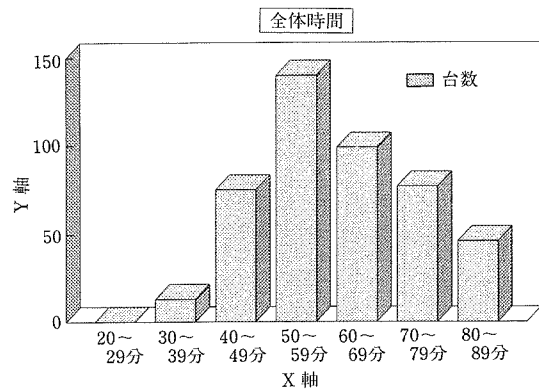


図-7 全体時間(運搬,待機,打設)

本橋ではコンクリート打設量50m³ごとにスランプ値の測定を行った。写真-5にスランプ測定状況を示す。測定の結果、すべてのミキサー車が規格値を満足した。

(4) スランプ変化試験

本橋のコンクリート打設は約70mを配管してコンクリートポンプ車で圧送しての施工であり、打設地点におけるスランプの低下が考えられた。スランプ値が小さすぎる場合には、ワーカビリティが悪くなり施工性や施工精度が下が

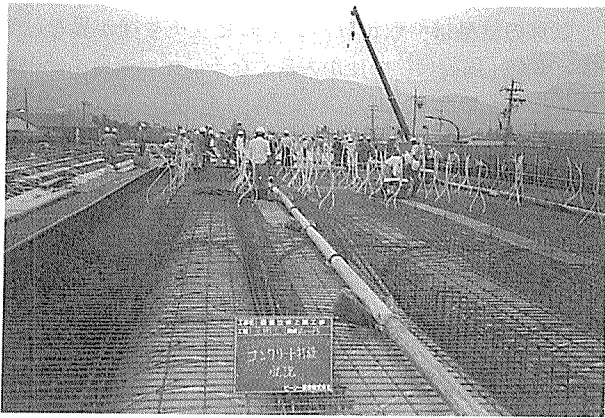


写真-4 コンクリート打設状況



写真-5 スランプ測定状況

本橋においては、スランプ低下後の値が最小で7cmであり施工に影響を及ぼすような問題とはならなかった。

3.4 円筒型枠

本橋は支間長 $L=33.000\text{m}$ 、桁高 $H=1.600\text{m}$ であり、中空床版形式としての適用支間のほぼ限界に達しているといえる。そのため、円筒型枠の直径は $\phi=1.350\text{m}$ となった。したがって円筒型枠の製作およびそれに作用する浮力に対する配慮など、事前に各種検討を行った。

(1) 製作

本橋での円筒型枠の製作は、型枠延長が $\Sigma \ell = \text{約}870\text{m}$ であり多量であること、直径が $\phi=1.350\text{m}$ と比較的大きいことなどから現地製作とした。写真-6に製作状況を示す。

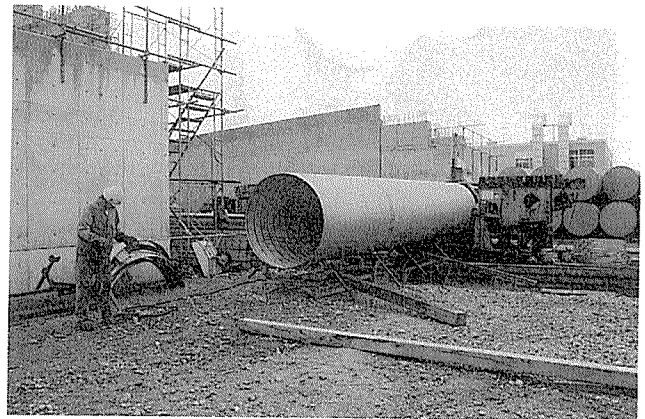


写真-6 円筒型枠製作状況

るといった問題が発生する。そこで、ポンプ車に投入する前のスランプ値と圧送され管内を通過して打設地点で吐出したコンクリートのスランプ値を比較して、スランプの変化についての計測を行った。なお、測定はコンクリート温度の測定と同時にコンクリート打設量 150m^3 ごとに行った。表-7に圧送前後のスランプ差を示す。

圧送前と圧送後でのスランプ差は、配管距離が $50\text{m} \sim 70\text{m}$ と長い状態で 1.0cm 、 $10\text{m} \sim 30\text{m}$ と短い状態で 0.5cm であり、管内通過によるスランプの低下が認められた。

表-7 圧送前後のスランプ差

打設量	投入前	吐出部	スランプ差	配管長
P5側 0m^3	10.0 cm	9.0 cm	1.0 cm	約 70.0 m
150	8.0	7.0	1.0	70.0
300	10.5	9.5	1.0	50.0
450	9.0	8.0	1.0	50.0
600	10.0	9.5	0.5	30.0
750	10.0	9.5	0.5	30.0
900	9.0	8.5	0.5	10.0
A1側 0	9.5 cm	9.0 cm	0.5 cm	約 70.0 m
150	9.5	8.5	1.0	70.0
300	10.5	10.0	0.5	50.0
450	10.0	9.5	0.5	50.0
600	10.0	9.5	0.5	30.0
750	9.5	9.0	0.5	30.0
890	9.5	9.0	0.5	10.0

(2) 設置

円筒型枠の取付けバンドの配置は、浮力に対する検討の結果、端部で 30cm 、中間部で 60cm 間隔とした。取付けバンドの締付けは浮力が円筒型枠に均一に作用するように調整した。

また、コンクリート打設時に作用する側圧に対抗するために円筒型枠の両端および中央部を鉄筋で連結した。図-8に円筒型枠止め図を示す。

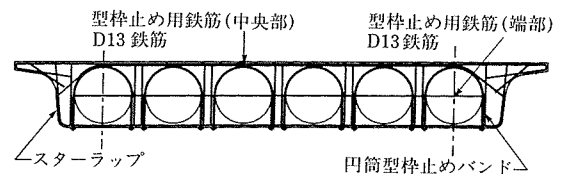


図-8 型枠止め図

(3) コンクリート打設時調査

円筒型枠がコンクリート打設時に鉛直方向および水平方向に移動することを想定し、初めにコンクリートを打設する $P_2 \sim P_3$ 径間の支間中央付近にて円筒型枠の変位量の測定を行った。写真-7に鉛直方向変位量の測定状況を、写真-8に水平方向変位量の測定状況を示す。

測定の結果、鉛直方向の変位は下層のコンクリート打設中で最大 $\delta = 3\text{mm}$ 浮上がりが生じたが、中層を打設し



写真-7 変位量測定状況(鉛直方向)



写真-8 変位量測定状況(水平方向)

ている段階で元の位置に戻った。

水平方向の変位は、各々の円筒型枠を鉄筋にて連結した効果があったと思われ発生しなかった。

(4) 取付けバンドの安全率

参考のために円筒型枠の取付けバンドの安全率について、某社の規格品で試算した結果を図-9に示す。

取付けバンドの抵抗力と円筒型枠に作用する浮力の比を円筒型枠の径別に算出したものである。

試算の仮定条件として、コンクリートが完全流体であること、取付けバンドの締付けが均一であること、円筒型枠下側のコンクリートの充填が完全であることとした。

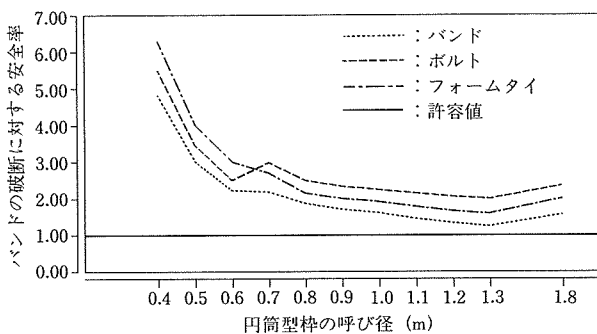


図-9 浮上がり防止の破断に対する安全率

試算の結果は、取付けバンドのピッチや径が異なっているが、円筒型枠の径が大きくなるに従い安全率が小さくなる傾向にある。

3.5 コンクリート強度

本橋の施工においては、プラント能力の都合により3社の生コンを使用する必要があった。

そのため試験練りにおいては、各社それぞれの供試体のほかに混合させた供試体を採用しコンクリート強度試験を行い健全性を確認したうえで実際に施工した。

またコンクリート打設の際は、打設量150m³ごとに供試体を採用し強度試験を行った。

試験の結果は、いずれも所定の強度を上回っていた。結果を表-8に示す。

表-8 圧縮強度

150m ³ ごとの圧縮強度		(N/mm ²)					
圧縮強度試験材	令	A社		B社		C社	
		3日	7日	3日	7日	3日	7日
コンクリート打設量 (m ³)	0	35.2	43.2	34.0	42.6	33.5	43.0
	150	33.1	42.0	31.8	40.9	31.2	41.1
	300	31.2	41.6	32.8	41.2	30.4	40.1
	450	33.6	39.7	31.7	40.2	31.3	41.5
	600	35.3	44.1	—	—	—	—
	750	31.0	42.2	—	—	—	—
	900	32.9	43.5	—	—	—	—

4. まとめ

今回の調査・計測で得られた成果として以下のことが挙げられる。

(1) 温度測定

コンクリート打設を深夜から行ったため、外気温およびコンクリート温度はともに30℃以下となりコンクリートの品質が低下することなく打設を完了した。

打設後のコンクリート温度の上昇が3時間後に始まり9時間後に約60℃となり以後の上昇はわずかであった。

主版の表面に比べて内部ほどコンクリート温度が高く約13℃の温度差であった。

(2) 運搬時間および打設時間

運搬時間については打設時間の設定（土曜日の早朝）がよかったためほぼ予定通り20分から40分で現場に到着した。打設時間も配管内の閉塞といった大きなトラブルもなく10分から20分で終了した。その結果すべてのミキサー車が所定の時間内で打設を完了した。

(3) スランプ試験

若干のバラつきがあったが測定したすべてのケースで規格値を満足した。

(4) スランプ変化試験

従来より配管距離が長い場合は圧送の前後で1cm程度のスランプの低下があることが認められていたが、本橋においても配管距離が70m程度で1cm、30m程度で0.5cmのスランプの低下があり、ポンプ施工におけるスランプロスにつ

いて確認できた。

(5) 円筒型枠の変位

取付けバンドの適正な配置を行ったこと、各々の円筒型枠を鉄筋を溶接して連結したこと、コンクリートの打設を3層に分けて慎重に行ったことにより円筒型枠の変位はほとんど生じなかった。

(6) コンクリート強度

レディミクストコンクリートの配合設計および使用するセメント・骨材を統一することにより複数のプラントのコンクリートを使用してもコンクリート強度に問題が生じないことがわかった。

5. おわりに

今後、適用支間の増大や工期の短縮等の理由から本橋以上の規模のコンクリート打設が予想されるが、事前の入念な調査・計画および検討を行うことにより施工が十分に可能である。本報告が今後同形式の橋梁を計画する際の参考になれば幸いである。写真-9に完成状況を示す。

最後に、本橋の施工および計測を実施するにあたり、多大なご指導・ご協力をいただきました関係各位に深く感謝の意を表します。

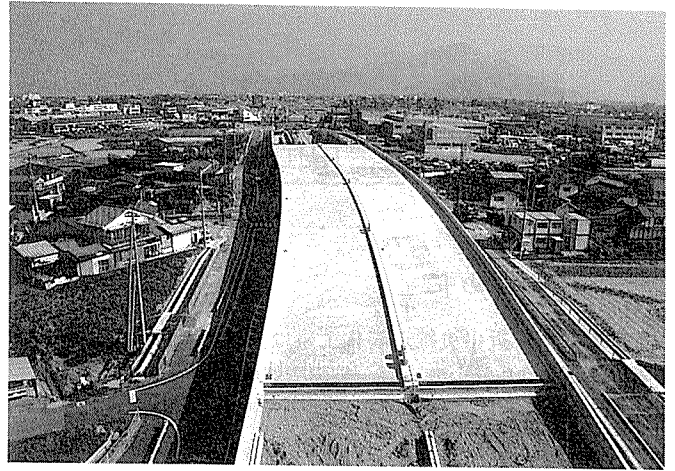


写真-9 完成状況(左側が下り線)

参考文献

- 1) コンクリートのポンプ施工指針(案)；土木学会，1985.11
- 2) 服部勇司・内藤龍夫：コンクリートポンプ工法の計画と管理；土木学会，1987.6

【1997年10月3日受付】