流動化コンクリートによる中国自動車道 宇佐川橋の施工

内田道雄*1・友保 宏*2・高井 攻*3

概要 中国自動車道宇佐川橋は、日本最大、世界でも有数のコンクリートアーチ橋である。前半はPC斜吊りによる片持ちばり工法、後半は鋼製ガーダーを使用したメラン工法で施工されている。後半のメラン工法部で鋼製ガーダー、PC鋼棒、鉄筋等が錯さうする部分では、コンクリートの収縮ひびわれ、ブリージングによる鋼材下面付着の減少等を防止し、かつワーカビリティをよくするため、流動化コンクリートを採用した。本稿は、この流動化コンクリートによるアーチ橋の施工について述べる。

キーワード：PC斜吊り片持ちばり工法、メラン工法、鉄筋コンクリートアーチ橋、流動化コンクリート、高性能減水剤（流動化剤）、あと添加方式、ポンプ打設

1. ま え が き

宇佐川橋は、山口県の北東部に位置する玖珂郡錦町にあり、中国自動車道が一般河川錦川支流の宇佐川を渡る位置（図-1 参照）に建設中の鉄筋コンクリート固定アーチ橋である。図-2 に本橋の構造概要を示す。

本橋に採用された架設工法は、PC斜吊り使用による片持ちばり工法と架設中に仮アーチを形成するために鋼製ガーダーを使用したメラン工法との併用工法である。このアーチリングの施工にあたり、とくにメラン工法部では、鋼製ガーダー、PC鋼棒、鉄筋等が複雑に配置されており、通常の硬練りコンクリート（ $\sigma_{ck}=400 \text{ kg/cm}^2$ 、スランプ 7 cm）では打設が困難であること、また、断面はウェブ幅 1.0 m、高さ 3.6 m であり、単位水量を増した高スランプのコンクリートでは打設後の温度上昇、乾燥収縮によるひびわれの発生、ブリージングによるメラン鋼材下面周辺の付着力の減少等による悪影響が懸念された。そこで、メラン工法部については、単位セメント量を少なくし、しかもワーカビリティのよい高流動性のコンクリートの採用を検討し、最近注目され始め、各所で施工実績の上がっているあと添加方式高性能減水剤（以下、流動化剤）を用いた流動化コンクリートを使用することとした。以下に、アーチリングメラン工

図-1 宇佐川橋の位置

法部に使用した流動化コンクリートの施工について報告する。

2. 工事概要

本橋のアーチリング架設手順は、図-3 に示すように、アーチスプリング部から左右両岸約 50 m ずつはエンドポストからPC鋼棒で斜吊りしながら特殊ワーゲン（移動架設作業車）によって順次片持ち施工をする。残りのアーチリング中央部約 100 m は、まず鋼製ガーダー（メラン鋼材）をエンドポスト上に架設されたピロンよりPC鋼棒で斜吊りしながらケーブルクレーンによって架設し、とりあえずアーチ形状を形成する。その後、片持ち施工時に使用した特殊ワーゲンを改良したものによって、メラン鋼材の周囲をコンクリートによって巻きながら鉄筋コンクリートアーチリングとして閉合す

*1 日本道路公団広島建設局六日市工務事務所工事長

*2 住友建設（株）宇佐川橋作業所副所長

*3 住友建設（株）宇佐川橋作業所

図-2 宇佐川橋一般図

る。

3. 流動化コンクリートの予備試験

3.1 スランプ選定および試験の種類

アーチリングメラン工法部に流動化コンクリートを使用するに先だち、各種の予備試験を実施した。予備試験に移る前に、まず流動化コンクリートの基本となるベースコンクリートのスランプを決定した。スランプの選定には、アジテータ車によって品質を維持し得る最小スラ

ンプ値として考えられる 5 cm を基準とし、管理許容範囲を ± 1.0 cm、運搬によるスランプロスを 1.0 cm と見込んで、練上り時目標スランプを 7 cm とした。次に、ベースコンクリートの最適配合と流動化コンクリートの諸物性を確認するための室内試験を経て、現地での実施工試験およびメラン工法部模型による打設試験を行った。これらの試験によって流動化コンクリートの品質および品質管理に関する調査を行い、メラン工法部の本施工に臨んだ。各試験の主な概要を図-4 に示す。

CONSTRUCTION OF USAGAWA BRIDGE, CHUGOKU EXPRESSWAY, BY USE OF SUPERPLASTICIZED CONCRETE

By Michio Uchida, Hiroshi Tomoyasu and Koh Takai

Concrete Journal, Vol. 20, No. 10, pp. 42~50, Oct. 1982

Synopsis : This paper reports construction of Usagawa Bridge, Chugoku Expressway by use of superplasticized concrete. The bridge is Japan's largest concrete arch with a main span of 204 m which few arches exceed in the world. It is built in a manner of suspended cantilever with temporary stays and in a way of arapping up a steel girder arch with concrete. A complicated arrangement of steel girders, reinforcement and prestressing tendons make it extremely difficult to place concrete in the web of the arch rib. Increase of the water content as well as cement to improve workability will cause excessive drying shrinkage and loss of bond under steel flanges due to bleeding. To avoid this, superplasticized concrete has been adopted.

Keywords : suspended cantilever with temporary stays, steel girder as temporary arch, reinforced concrete arch bridge, flowing concrete, superplasticizer, pumping

3.2 試験経過

室内試験の第1段階として、宇佐川橋で実際に使用するコンクリート材料を用いて所定の配合条件を満足する

図-3 架設要領

図-4 予備試験の概要

最適配合を選定し、流動化しない打設する場合の常法コンクリート、および流動化することを前提としたベースコンクリートの暫定配合を決定した。次に、その結果を基に、同一の材料を用いて、単位セメント量の異なるスランプ 7 cm のベースコンクリートに対し、それぞれについてスランプを 12 cm, 15 cm に流動化したコンクリートの諸物性について調査することにより、ベースコンクリートと流動化コンクリート、および流動化コンクリートと常法コンクリート(スランプ 12 cm)の比較試験を実施した。

室内試験で得られた結果に基づき、実際に生コンを納入する工場で試し練りを行いベースコンクリートの示方配合を決定した。その後、実施工に伴って起こり得る数々の問題点を把握するため、約 50 m³ の流動化コンクリートを基礎の一部に打設し、同時に流動化コンクリートの製造工程、打設場所での性状、およびポンプ圧送によるスランプロス等の資料を得る目的で打設試験を実施した。その結果をふまえて、実施工を想定した流動化コンクリートの製造工程、ベースコンクリートおよび流動化コンクリートの品質管理体制、また、これらに伴う人員配置等の確立、および使用予定のアジテータ全車の攪拌能力、流動化剤添加量の管理、打設箇所におけるコンクリートのスランプ上限値等の確認を主目的として、約 100 m³ の流動化コンクリート実施工試験を行った。これらの現地試験と併行して、メラン工法部の一部と同様な模型による打設実験、さらにメラン工法部打設ブロック長に相当する実物大模型による打設試験を実施した。実物大模型による試験では、常法コンクリートと流動化コンクリートを半々(約 40 m³)ずつ同一方法で打設し、両者の施工性、仕上り状態、各部への充填状況について比較・検討した。同時に、品質管理体制の確認と、担当者および現場関係者全員に流動化コンクリート使用に対する認識を周知徹底させるため、実施工時と同一の人員配置にして打設した。また、硬化後、メラン材を完全にはつり出すことにより、各部への充填状況を調査した。

本施工に移る前の最終段階として、以上の各試験で得られた結果を総括し、本施工時に予定している担当者によって、メラン工法部 1 ブロック打設量と同量の約 180 m³ の流動化コンクリートを下部工橋台基礎部へ打設し、各品質管理体制の最終確認試験を実施した。

3.3 試験結果および考察

(1) 室内試験

室内試験(I)において、配合強度 464 kg/cm²、打設時スランプ 12 cm を満足す

表一 同一セメント量における常法コンクリートと流動化コンクリートの比較

(1) フレッシュコンクリートの比較

No.	コンクリートの種類	目標スランブ (cm)	コンクリートの配合				スランブ (cm)			空気量 (%)			ブリージング量 (%) (ml/cm ²)	
			W/C (%)	s/a (%)	C (kg/m ³)	W (kg/m ³)	直後	ベース (10分後)	流動後	直後	ベース (10分後)	流動後	ベース	流動化後
1	常法コンクリート	12	44.7	37	430	192 (100)	14.0	11.5	—	46	4.3	—	1.77 0.083	—
2	流動化コンクリート (I)	7→12	40.7	37	430	175 (91)	—	7.5	13.0	—	4.2	4.6	1.39 0.057	1.50 0.064
3	流動化コンクリート (II)	7→15	40.7	37	430	175 (91)	—	8.0	16.5	—	4.2	—	—	1.73 0.072

(2) 硬化コンクリートの物性比較

No.	圧縮強度 (kg/cm ²)			引張強度 (kg/cm ²) 28 日	静弾性係数 ($\times 10^5$ kg/cm ²) 28 日	乾燥収縮 ($\times 10^{-4}$) 3 か月	耐久性指数 (%)
	3 日	7 日	28 日				
1	330 (100)	423 (100)	492 (100)	36.5 (100)	3.32 (100)	6.2 (100)	98
2	356 (108)	444 (105)	535 (109)	40.1 (110)	3.54 (107)	5.6 (90)	99
3	347 (105)	445 (105)	539 (110)	40.4 (111)	3.58 (108)	5.7 (92)	98

る配合は、単位セメント量 460 kg/m³、目標スランブ 12 cm、および単位セメント量 430 kg/m³、目標スランブ 7 cm であった。

室内試験(Ⅱ)における同一セメント量における常法コンクリートと流動化コンクリートの比較試験結果を表一に示す。これから明らかなように、スランブ 12 cm の場合、単位水量は流動化コンクリートの方が 17 kg/m³ 少なく、ブリージングは約 80% に減少した。硬化後のコンクリートでは、すべての物性に対して流動化コンクリートが常法コンクリートを上まわった。

流動化コンクリートの流動化前後での比較試験では、硬化後の諸物性は、ほぼ同等以上の結果が得られたが、フレッシュ性状において、空気量およびブリージングについては、流動化後の方がベースコンクリートに比べてやや増加する傾向となった。流動化剤の一般的性質として、空気量はベースコンクリートと同等か、やや減少す

図一6 流動化コンクリートのスランブ変化

るといわれているが、本試験結果では逆の傾向を示した。

流動化コンクリートの経時変化は、図一5に示ように、流動化後約 60 分経過後で、コンクリート温度 20℃以下では 3~4 cm、30℃になると 6 cm 以上のスランブダウンが認められた。

(2) 現場試験

ベースコンクリートの配合は、室内試験および現地プリントでの試し練りにより表一2のように決定した。流動化剤の添加量については、室内試験でほぼ目安をたて現場試験において決定した。流動化コンクリートのスランブ変化について、その流れを図一6に示す。生コン工場からの運搬距離は約 1 km であり、運搬時間にして約 5 分であるため、スランブロス は 0.5 cm 程度であった。現地での模型試験等の結果から、打設箇所 で 11 cm 程度のスランブであればワーカビリティも良好で、密実なコンクリートを得ることが可能であった。したがって、ポンプ筒先でのスランブを 11 cm とし、圧送によるロスを 2 cm 見込んで、流動化直後の目標スランブを 13 cm とした。流動化剤添加量は現場試験により 90 cc/セメント 100 kg という結果が得られている。したがって、図一6に示した 6.5 cm のスランブ増加に対する添加量を 2.5 l/m³ とした。また、流動化剤とベースコンクリートの AE 減水剤との併用について、異種メーカーのものを使用した場合、第 1 回現場試験において空気量の調整が困難であったため、以後、同一メーカーのものを使用することとした。

図一5 流動化コンクリートの経時変化

表—2 使用材料およびコンクリートの配合

	種 類	備 考
セメント	日本セメント(株)早強ポルトランド	比重 3.14
細骨材	岩 国 市 多 田 産 砕 砂	比重 2.63, FM 2.99
	愛媛県長浜沖産海砂	比重 2.56, FM 1.79 } 砕砂 7:海砂 3 にて混合, 比重 2.61, FM 2.64
粗骨材	大 竹 市 防 鹿 産 砕 石 1005	比重 2.63, FM 6.19 安山岩
	同 上 砕 石 2010	比重 2.63, FM 7.06 } 1005×4:2010×6 にて混合, 比重 2.63, FM 6.71
AE 減水剤	ポリス物産(株)ポリス No. 8	水溶液濃度 25%, 主成分: リグニンスルホン酸塩
流動化剤	同 上ポリス NP-20	あと添加流動化用高性能減水剤, 原液使用, メラミンスルホン酸塩系複合物

	粗骨材 最大寸法 (mm)	水セメント 比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位セメント量 C (kg)	単位水量 W (kg)	単位細骨材 材料 S (kg)	単位粗骨材 材料 G (kg)	混 和 剤 (No. 8) (kg)	流動化剤 (NP-20) (l)	目標スラン プ (cm)	目標空気 量 (%)
ベースコンクリート	20	40.9	36.4	430	176	624	1099	1.075	—	7±1.0	4±0.5
流動化コンクリート	20	40.9	36.4	430	176	624	1099	1.075	2.5	13±2.5	4±1.0

表—3 攪拌時間の確認試験

攪拌時間 (sec)	ベースコンクリート		流 動 化 コ ン ク リ ー ト								
	スラン プ (cm)	空 気 量 (%)	ス ラ ン プ (cm)			空 気 量 (%)			練 り ま ぜ 性 能		
			1/4	3/4	差	1/4	3/4	差	モルタル単重差	粗 骨 材 差	
60	8.5	4.0	15.3	18.0	2.7	4.2	3.8	-0.4	0.35 <0.8	0.55 <5.0	
90	8.5	4.2	16.0	16.0	0	3.9	3.9	0	0.3 <0.8	0.09 <5.0	
120	7.2	3.5	13.0	15.2	2.2	3.1	3.0	-0.1	0 <0.8	0.8 <5.0	

表—4 現場試験での測定結果

() 内添加後

		目標値	平均値	標準偏差	資料数
現場試験 (2)	スラン プ (cm)	7.0 (15.0)	7.5 (14.9)	0.7 (1.2)	16 (13)
	空 気 量 (%)	4.0 ()	3.6 (3.7)	0.4 (0.31)	14 (11)
	圧縮強度(kg/cm ²)	464 ()	443 (439)	—	2 (2)
現場試験 (3)	ス ラ ン プ	6.5 (13.0)	7.5 (13.8)	0.75 (0.95)	32 (32)
	空 気 量	4.0 ()	3.4 (3.8)	0.22 (0.20)	8 (8)
	圧 縮 強 度	464 ()	494 (474)	—	2 (2)
模 型 試 験	ス ラ ン プ	6.5 (13.0)	7.4 (13.9)	0.35 (0.80)	7 (7)
	空 気 量	4.0 ()	3.6 (3.8)	0.29 (0.22)	5 (5)
	圧 縮 強 度	464 ()	463 (457)	—	1 (1)

流動化剤添加後の攪拌時間について、アジテータ車による排出が 1/4, 3/4 点でのスランブおよび空気量を測定した結果を表—3 に示す。これにより、90 秒の攪拌で十分均一なコンクリートとなることを確認した。また、一連の現場試験における流動化後のスランブ測定値に、数回にわたり目標値を大幅に外れたものが見られたが、これは、アジテータ車の老朽化、あるいは攪拌ブレードの著しい摩耗によるものであり、本施工では、これらのアジテータ車は使用しないようにした。

現場試験におけるスランブ、空気量、および圧縮強度の結果を表—4 に示す。

4. 流動コンクリートの現場施工

4.1 流動化コンクリートの製造工程

ベースコンクリートの運搬に使用するアジテータ車は攪拌効果にもっとも影響のある攪拌ブレードを嚴重にチェックしたうえで選別、指定した。積載量は、アジテータ車で十分攪拌でき、排出を 30 分以内で完了する量として、4.5 m³ 積みとした。ベースコンクリートの供給は、生コンプラントが現場に近く、連絡車、生コン車とも全車に無線装置を取り付けていたので、手配、運搬ともに円滑に行うことができた。

流動化剤の添加場所は、図—7 に示すように右岸側および左岸側に各 1 箇所設置した。流動化剤の添加設備を図—8 に示す。アジテータ車 1 台当りの添加量は流量計を用いた自動計量器で行い、1 回ごとの添加量は、記録計によってプリントアウトして添加ミスを防いだ。計量装置のキャリブレーションは午前、午後 1 回ずつ行い、正確に計量されていることを確認した。

流動化剤の添加は、アジテータ車をポンプ車につける直前に行った。コンクリート排出中のアジテータ車が排出を完了する時期を見計らって流動化剤を投入し、流動後のコンクリートの待機時間をできるだけ少なくした。これにより、ベースコンクリートの練上りから流動化剤を添加するまでの時間は、ポンプ車のトラブル等を除いて 20~30 分であった。添加工程はできるだけ単純化し、ミスを防止するため、流動化剤の添加量は全施工期間を通して 1 台 (4.5 m³) 当り 11.3 l の一定量とした。投入は、ビニールホースをアジテータドラムの内部まで

図-7 現場配置およびポンプ配管

図-8 流動化剤添加設備

写真-1 流動化剤添加設備

挿入し、流動化剤がホッパー、ドラム等に付着せず完全にコンクリート上にふりかかるようにした。流量は、揚液ポンプのバイパスを調節することにより、管内流速を20～30 l/min程度とした。攪拌作業は添加を開始した直

後より開始し、添加が完了した時点から90秒間高速攪拌を行った。攪拌時間は、自動タイマーによりベルで合図を行った。なお、攪拌操作は、専従者を指名して管理させ、高速攪拌時のドラムの回転数は18～20 rpm程度とした。攪拌終了後は、全車について目視にて流動化が完了したことを確認した。また、均一なコンクリートとなるまでの時間は、個々のアジテータ車により多少の差があるが、目視により判断すると50～70秒の間であり、90秒の攪拌時

間は妥当であったと思われる。

再添加においては、現地試験により品質に影響はないという結果を得ているが、再添加量の設定、再添加の時期等により現場で混乱を招く恐れがあるため行わないこととし、ポンプトラブル等による待ち時間によりスランプの低下したものは、すべて廃棄処分とした。

4.2 コンクリートポンプ車および配管

コンクリートポンプ車は2台使用し、打設箇所はM1R、M2Rは右岸側から打設し、M3R～M1Lまでは左岸側から打設した。コンクリート輸送管は5インチ管を使用した。また、コンクリート圧送距離が水平換算約300mと長いので、ポンプ車に相当の負荷がかかり故障する可能性もあるので、予備として1台待機させた。

コンクリートの時間当り打設量は、ポンプ車1台当たり最大で約20 m³、平均で9 m³程度であった。

ポンプ配管内のコンクリートの滞留時間は最大60分程度であったが、今回の打設では、コンクリートの硬化またはスランプの戻りによるポンプの閉そくは起こらなかった。しかし、管内圧力の上昇によるポンプ車付け根付近の配管およびジョイント部の破損が目立った。ポンプ車付け根からの配管は高圧用管を使用し、ピストンの切替り時の振動を防ぐため配管をワイヤー等で固定することによって、ある程度この点は解消することができた。

表-5 コンクリートポンプ車仕様

形 式	ポンプ形式	最大吐出量 (m ³ /h)	最大輸送距離 水平×垂直 (m)	理論吐出圧力	適用最小 スランプ (cm)	適用輸送管径	ポンプ 駆動方式	コンクリート シリンダー 数	コンクリート シリンダー 口径
極東開発工業(株) PR 21-51	ピストン式	80(低圧高速) 55(高圧低速)	400×115 510×150	36.0 45.0	6	125 A	PTO, 油圧	2	200
三菱重工業(株) DC-S 120 B	"	80(Aシリンダー) 58(Bシリンダー)	550×110 650×140	45.0 65.0	5	100 A～150 A	"	"	215 180

昼食時の休憩時間は 30～45 分間とし、午前中のコンクリート打設が完了した時点で継ぎコンクリート 4.5 m³ を出荷し、配管内のコンクリートを 10～15 分間隔で新鮮なものに入れ替えるようにした。

配管の先端部には 5 インチ先端ホース（長さ 7 m）を使用したため、配管段取替えおよび先端ホースの差替えに多大な労力と時間を要する。これを円滑に行うために、ワーゲン天井に 5 基の電動ホイストを設置した。

左岸側から右岸側のブロックを打設するときには、配管が下りになるため、段取替えの際にコンクリートの自然流下によって配管途中に真空部を生じ、閉そくの原因となる。そこで、配管先端付近にストッパーを取り付けてこれを防止した。

打設後の配管内の残コンクリートの洗浄は、コンプレッサーによる空洗で行った。

4.3 コンクリート打設

アーチメラン工法部 1 ブロック当りのコンクリート打設量は約 170 m³ であり、片持ち施工される PC 箱げた橋等に比べ、ブロック当りの打設量はかなり多い。当工事の片持ち部での打設実績では、1 ブロック当りの打設所要時間は、打設量 100～120 m³ に対し 10～12 時間を要した。このため、当初、170 m³ の打設量に対して時間的な不安があった。とくに打設が夜間まで及んだ場合、騒音等により地区住民とのトラブルが生ずる恐れがあった。そこで、打設にかかわる各業者に協力を求め、打設の段取り、ポンプ配管、各種試験の準備等はすべて

図—9 メラン施工部コンクリート打設要領図

写真—2 打設状況

写真—3 コンクリート打設および型わく

前日に完了させ、当日は予定時刻に確実に打設が開始できるようにした。その結果、幸いに前述した問題もほとんど生じず、大部分のブロックは、ほぼ予定時間内に打設を完了することができた。

コンクリート打設は、下スラブ、ウェブ、上スラブの順に行い、ポンプ車 2 台で左右均等に打設した。

打設箇所における締固めは、高周波バイブレータ $\phi 60$ mm および $\phi 40$ mm を使用した。

ウェブ部には $\phi 60$ mm を使用したが、過剰振動による材料分離、あるいはコンクリートの横流しに十分に注意し、投光器によって充填状況を確認しながら打設した。

勾配が 7° 以上の M1R～M6R, M1L～M3L ブロックの上下スラブ部には上型わくを設置し、型わく内への充填は、 $\phi 60$ mm バイブレータを多用すると過剰振動となるため、 $\phi 40$ mm にて入念な締固めを行った。また、常法コンクリート打設部分（片持ち施工部）では、さらに型わく上から型わくバイブレータをかなりかけないと気泡や豆板を生じやすかったが、流動化コンクリート部では、補助的に使用する程度で型わく内への充填が確認された。また、充填の確認は、型わくに 30 cm 程度の間隔で明けた小穴からのモルタルの吹き出しにより行った。

表—6 流動化コンクリート管理試験

(2) 打設開始当初

検 査 項 目	プ ラ ン ト	添 加 前	添 加 後	箇 先
ワーカビリティ	—	全 車 目 視	同 左	—
ス ラ ン プ	最初の 5 台 1 回/台, 6 台 目以降 1 回/5 台	最初の 5 台 1 回/1 台, 6 台目~10 台 目 1 回/2 台, 11 台目以降 1 回/5 台	同 左	1 回/5 台
空気量, コンクリート温度	最初の 1 台, 以降 1 回 50 m ³	同 左	同 左	1 回/150 m ³
圧 縮 強 度	—	最初の 50 m ³ で 9 本, 以降 8 本/150 m ³	最初の 50 m ³ で 12 本, 以降 12 本/150 m ³	同 左

(2) 定常の施工

検 査 項 目	プ ラ ン ト	添 加 前	添 加 後	箇 先
ワーカビリティ	—	全 車 目 視	同 左	—
ス ラ ン プ	最初の 5 台 1 回/1 台, 6 台目以降 1 回/10 台	同 左	同 左	1 回/10 台
空気量, コンクリート温度	最 初 の 1 台	最初の 1 台, 以降 1 回/10 台	同 左	1 回/150 m ³
圧 縮 強 度	—	6 本/ブロック	12 本/150 m ³	—

打設にあたったポンプ圧送業者および打設作業員は、全員現場試験の経験者を指名し、全施工期間を通じて固定化したことにより、基本的なミスを未然に防ぐことができた。

4.4 流動化コンクリートの品質管理

品質管理試験項目および頻度を表—6 に示す。初打設より 2 回目までは打設開始当初の頻度で行い、その後、やや頻度を減少させ、コンクリートの品質が安定したと判断した段階で定常の施工時の頻度まで減少させた。ここでプラントでの試験頻度を添加前、添加後と同程度としたのは、流動化剤添加直前のベースコンクリートの品質は、運搬条件および練上りから添加までの時間がほぼ同一であれば、練上り直後の品質にもっとも左右され、また、同一条件で試験を行うので、品質変動の把握が的確にとらえられるからである。添加場所での試験は、流動化剤添加前と添加後の 2 工程で行い、添加前は生コン製造業者側、添加後は流動化剤メーカーの試験員が行うこととした。管理試験と併行して、添加前後のコンクリートの性状について、アジテータ車全車について、ドラム内のコンクリートを目視により検査した。打設当初の管理試験における多数のスランプ測定値は、目視によるスランプ判定値の正確さを確認するのにも役立った。流動化後のスランプ許容範囲は 13 ± 2.5 cm とし、現場試験で材料分離の傾向が認められたスランプ上限値 16 cm 以下におさえた。空気量と圧縮強度については、一般に

図—11 流動化前後の圧縮強度

ベースコンクリートと流動化コンクリートの間に有意な差は認められておらず、予備試験においてもそれと同様な結果が得られたので、通常のコンクリートと同一の許容範囲で管理した。

4.5 流動化コンクリート打設結果

アーチリングメラン部への流動化コンクリートの総打設量は約 3 500 m³ であった。

今回、打設時に測定されたスランプ、空気量、および圧縮強度結果を、表—7 および図—10, 11 に示す。

スランプの増加量は目標値 6.5 cm 増加に対して、実測平均値 6.0 cm と、ほぼ計画どおりの結果が得られた。

図—10 スランプ度数分布

た。空気量については流動化後やや高めとなり、予備試験における結果と同様な傾向となった。一般に、空気量はスランプが大きいほど増大し、通常、3~5 分

表—7 実施工の測定結果

	ス ラ ン プ (cm)			空 気 量 (%)			スランブ 増 大 量 (cm)	圧縮強度 (kg/cm ²)	
	出 荷 時	添 加 前	添 加 後	出 荷 時	添 加 前	添 加 後		添 加 前	添 加 後
測 定 数	159	162	162	72	81	86	162	23	33
平 均 値	7.9	7.5	13.5	3.8	3.7	4.0	6.0	501	491
標 準 偏 差	0.336	0.500	0.571	0.263	0.313	0.248	0.686	30.6	29.4
変 動 係 数	4.3	6.7	4.2	6.9	8.5	6.2	11.4	6.1	6.0
最 大 値	8.5	8.5	15.0	4.2	4.6	4.6	8.0	572	542
最 小 値	6.5	6.0	12.5	3.3	3.2	3.1	4.5	450	431

間の練りまぜで最大になるといわれている。今回の場合も、硬練りのコンクリートが攪拌状態で急激に軟練り状に流動化されることによって空気が連行されやすくなったためと思われる。圧縮強度については、流動化後の方が、ベースコンクリートを若干下まわったものの大部分は目標強度 ($\sigma_{28}=464 \text{ kg/cm}^2$) を大きく上まわり、設計基準強度を割ったものは見られなかった。

品質管理は、通常のコンクリートの管理に、さらに添加量の管理、添加前後のスランブおよび空気量の測定、ならびに強度管理が追加され、やや煩雑であった。しかし、事前に生コン製造業者、流動化剤メーカー、および現場担当者間で各作業分担とその責任範囲の綿密に打ち合せ、各社とも、その主旨を十分に理解したうえで、相互間の協力体制のもとで本施工に臨んだことから、たいした混乱もなく、各試験もスムーズに実施することができた。総体的には流動化コンクリート施工に対する指揮系統さえしっかりしていれば、通常のコンクリートの施工と同様に十分な管理を行うことができるものと思われる。

5. 施工上の留意点

今回の施工にあたってとくに留意した点と、当現場でとった対策を列記する。

- 1) 冬期における施工では、気温が 5°C 以下になる

と流動化剤の成分が析出し、添加の際支障をきたす恐れがあるため、タンクおよび添加装置全体を断熱材で覆い、タンク内にヒーターを設置してこれを防止した。

- 2) 排出完了後のミキサ車のドラムの洗浄は、通常以上に念入りに行う必要がある。また、洗浄水の排出は完全に行い、ドラム内に残水の無いことを確認してベースコンクリートの運搬にあたるよう、運転手全員に周知徹底させた。

- 3) コンクリート配管は打設前に必ず点検し、不良箇所は事前に取り替えた。また、不測の事態にすみやかに対処できるように、ポンプ車の消耗部品、配管、先端ホース等は常に予備を備えておいた。とくにポンプ車の故障は即打設中止につながるため、予備車を必ず事前に手配しておいた。

6. あとがき

宇佐川橋アーチリングへの流動化コンクリートの打設は、昭和 56 年 9 月に開始し、同 12 月には大きなトラブルもなく無事完了することができた。流動化コンクリートの使用は、とくに施工性改善という点で効果的であった。今回は季節的にほぼ安定した短期間での施工であったが、今後、一般構造物へも広く応用できるように、暑中、寒中施工を含めた諸基準および要領等が確立されることが望まれる。

《お 知 ら せ》

建 築 研 究 所 秋 期 講 演 会

日 時：昭和 57 年 11 月 16 日（火）、17 日（水）

場 所：安田生命ホール（東京・新宿西口）

内 容：都市防火対策手法の開発／省エネルギー住宅システムの開発／耐震規程その後／東海地震と超
高層建築物（講演数 21 件）

問 合 先：（社）建築研究振興協会

〒160 新宿区北新宿 1-8-1、電話（03）371-5951