

# 低収縮型超高強度コンクリートの施工実績 —秋葉原公共デッキへの適用—

## Results of Construction Using Ultra-High-Strength Concrete with Low-Autogenous-Shrinkage - Application to the Akihabara Pedestrian Bridge -

坂井 吾郎 日紫喜 剛 啓 大野 俊 夫  
一宮 利通 松本 信也 盛田 行彦

### 要 約

土木構造物への適用を目指して開発した、設計基準強度  $120\text{N/mm}^2$  の低収縮型超高強度コンクリートを初めて実構造物に適用した。対象構造物は、駅周辺再開発に伴い建設される歩道橋の上部工であり、このうち工場製作されるウェブと現場打設される支点横桁部、PC 鋼材偏向部及び上床版を超高強度コンクリートにて施工した。適用部位の違いから、コンクリートには2種類のフレッシュ性能が要求されたため、それぞれの要求性能を満足する配合について検討を行い、高流動自己充てん型と振動締固め併用型の2配合を選定して実施工に供した。また、プラント実機による製造性や構造体強度などを確認して実施工に臨んだ結果、構造物の品質において良好な結果が得られ、本コンクリートの有効性が確認された。

### 目 次

- I. はじめに
- II. 対象構造物の概要
- III. 事前検討
- IV. 施工実績
- V. おわりに

#### I. はじめに

近年、セメントや混和材、分散剤の高性能化などにより設計基準強度  $100\text{N/mm}^2$  以上の超高強度コンクリートが実現可能となり、建築分野を中心に実構造物への適用が進んでいる。土木分野においても、超高強度コンクリートの利用は構造部材の小断面化やそれに伴う軽量化の実現に寄与し、特にプレストレストコンクリート技術と組合せた場合にはこれまでにない合理的な構造を実現できるものと考えられる。しかし、その一方で、多量のセメントを使用することにより起因する自己収縮の増加が避けられないため、RC 部材のせん断耐力の低下やPC 部材のプレストレスの減少などが懸念される。

これに対し、著者らは人工軽量骨材のセルフキュアリング効果を利用し、比較的コストで自己収縮を低減した低収縮型超高強度コンクリートを開発し<sup>1)2)</sup>、実構造物への適用について検討を進めてきた。

今回、この低収縮型超高強度コンクリートの初の実構造物適用例となる橋梁上部工の施工が行われた。本文では、適用にあたって実施した事前検討の内容と、実施工時の打設状況や品質管理試験結果について報告する。

#### II. 対象構造物の概要

施工対象となった秋葉原公共デッキは、東京都秋葉原の駅周辺再開発に伴い建設されるビル群と駅とのアクセスを担う歩道橋である

キーワード：超高強度コンクリート、自己収縮、歩道橋、施工実績、品質管理

(Photo 1)。Fig.1 及び Fig.2 に示すように、有効幅員 8.0m、橋長 63.803m (支間割り：張出し部 4.087m+25.762m+33.205m) の2 径間連続プレストレストコンクリート橋で、主桁断面は上床版・ウェブ・ストラット部材からなるπ形断面で構成されている。道路を横断するための桁下空間の確保と接続するビルの階高制限を同時に満足するために桁高に制約を受けること、駅前広場に位置し、橋脚位置にも制約を受けること、I Tセンターとなるビル群へのアプローチとして最先端の技術を感じさせるデザインが求められたことなどから、スレンダーでスパン長の大きい上部工を実現する必要があり、構造部材の小断面化と軽量化を図るため超高強度コンクリートが採用された。

上部工の主構造部材のうち、ストラットを除く部分が設計基準強度  $120\text{N/mm}^2$  の超高強度コンクリートで設計され、ウェブはプレキャスト部材として工場製作にて、また、柱頭部、横桁部及び上床版は現場打ちコンクリートのバケット打設で計画された。



Photo 1 Pedestrian Bridge after Construction is Completed

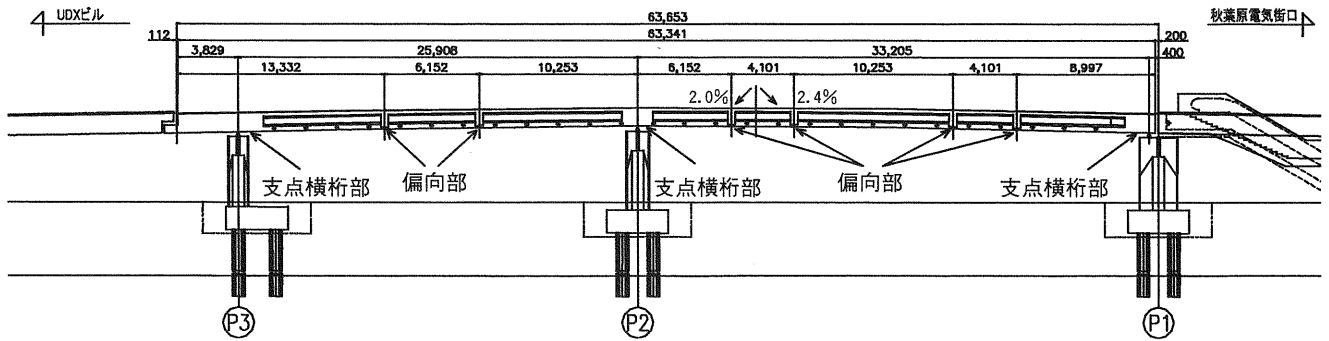


Fig.1 General Drawing of Pedestrian Bridge

III. 事前検討

1. コンクリートの配合

低収縮型超高強度コンクリートの使用材料を Table1 に示す。低収縮型超高強度コンクリートは、市販の低熱ポルトランドセメントベースのシリカフェームプレミックスセメントを使用し、低水セメント比 (W/C=17%程度) とすることで 150N/mm<sup>2</sup> 程度の実強度を実現するとともに、人工軽量骨材と少量の収縮低減剤の使用により自己収縮を 60~80 N/mm<sup>2</sup> レベルの超高強度コンクリートと同等程度に抑制したコンクリートであるが、今回の施工では、施工性の観点からフレッシュ性状の異なる2種類の配合が要求された。そこで、上記の材料の特徴を生かしつつ、要求品質を満足する配合について検討を行った。

(1) 高流動自己充てん型

プレキャストウェブの形状寸法並びに内部の鋼材配置状況を Fig.3 に示す。ウェブの内部鋼材量は約 460kg/m<sup>3</sup> であり、ウェブ上部には上床版との接合用に孔あき鋼板ジベルが設置されるため、内部振動機による十分な締固めが行えない状況にあった。また、現場打設となる部位のうち P1~P3 の支点横桁部及び6箇所 PC 鋼材偏向部についても同様に密な配筋状況であったことから、これらの部位に適用するコンクリートには自己充てん性を付与することとした。

必要となる自己充てん性のランクは、土木学会「高流動コンクリートの施工指針」<sup>3)</sup> に準拠して内部鋼材量からランク 1 に設定し、ボックス充てん性試験により評価を行った。超高強度コンクリートはセメント量が極めて多く、本質的に高流動コンクリートとしての要件を満たしていることから、ここではコンクリート中のモルタルの品質を一定 (水粉体容積比及び細骨材ペースト比を固定) として自己充てん性のランクを満足する単位粗骨材絶対容積 (Gvol: 碎石と人工軽量骨材の総量, 人工軽量骨材は 0.06 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> に固定) について検討を行うこととし、実験水準を 0.30 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>, 0.33 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>, 0.35 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> の3水準として配合試験を行った。なお、参考として自己充てん性ランク2とランク3に対応する障害ランク R2 及び R3 についても試験を行った。実験結果を Table 2 に示す。

単位粗骨材絶対容積の変化に対してスランプフローには明確な違いが生じなかったが、500mm フロー時間やVルート流下時間は単位粗骨材絶対容積が大きくなるほど長くなり、粗骨材相互の干渉やそれに伴う空隙通過性の低下が認められた。また、ボックス充てん性試験では充てん高さ 300mm 以上でそのランクを満足する充てん性を有すると判定されるが、ランク 1 を満足した単位粗骨材絶対容積

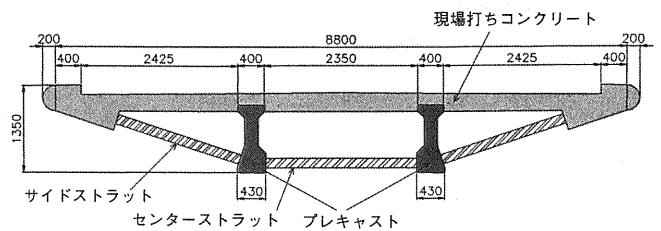


Fig.2 Cross Section of the Main Girder

Table 1 Materials Used

材料名	記号	種類・物性等
セメント	C	シリカフェームを混入したセメント, 密度: 3.08g/cm <sup>3</sup> 比表面積: 6,000cm <sup>2</sup> /g以上
細骨材	S	安山岩砕砂, 表乾密度: 2.64g/cm <sup>3</sup> 吸水率: 1.88%, 粗粒率: 2.86
粗骨材	G	安山岩碎石, 表乾密度: 2.67g/cm <sup>3</sup> 吸水率: 1.16%, 粗粒率: 6.76
	JL	人工軽量骨材 (石炭灰人工骨材) 表乾密度: 1.75g/cm <sup>3</sup> , 吸水率: 16.5%
混和剤	RA	収縮低減剤, 低級アルコール系
	SP	高性能減水剤, ポリカルボン酸系
	DA	消泡剤, アルコール系

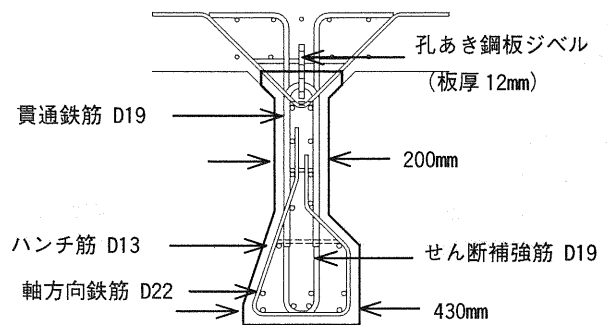


Fig.3 Cross Section of the Precast Web

は 0.30 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> のみであり、指針に示されるランク 1 に対応した単位粗骨材絶対容積の範囲 (0.28 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>~0.30 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>) と合致する結果であった。よって、高流動自己充てん型超高強度コンクリート (以下自己充てん型と略記) の配合は単位粗骨材絶対容積を 0.30 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> として配合設計を行った。選定した自己充てん型の配合を Table 3 に示す。

Table 2 Result of Box Filling Test

単位粗骨材容積 (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	スランプフロ- (mm)	500mmフロ-時間 (sec)	Vロ-ト流下時間 (sec)	充てん性試験の障害ランク		
				R1	R2	R3
0.30	675	13.2	28.5	○ (323)	○ (335)	○ (335)
0.33	695	14.1	32.4	× (281)	○ (335)	○ (未実施)
0.35	685	18.8	42.7	× (182)	× (272)	○ (336)

\* ( ) 内は充てん高さ mm を示す

Table 3 Mix Proportion (Self-compacting Type)

スランプフロ- (mm)	W/C (%)	Air (%)	Gvol (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )					RA (P×%)	SP (P×%)
				W	C	S	G	JL		
650±50	17.0	1.5	0.30	155	912	618	639	105	0.5	1.5
				155	296	234	239	60		

\* 単位量下段は容積 (liter/m<sup>3</sup>) を示す

(2) 振動締固め併用型

本橋の上床版には 2.0~2.4% の縦断勾配が設定されており、現場打設されるコンクリートの仕上面はこれを満足する必要があった。

一方、超高強度コンクリートでは 900kg/m<sup>3</sup> 前後の多量のセメントを高性能減水剤の強力な性能によって分散させることでワーカビリティを得ているため、必然的に流動性及び粘性が高くなる。このため、超高強度コンクリートのスランプフロ-は 600mm 以上である事例が多く<sup>4)</sup>、自己充てん性を付与することが比較的容易である反面、流動性を抑えて仕上り勾配を確保することは困難である。

そこで、一般のコンクリートと同様にバイブレ-タによる振動締固めを行うことを前提に流動性を低減し、仕上り勾配の確保を可能とした振動締固め併用型超高強度コンクリート (以下締固め併用型と略記) の配合について検討を行った。

締固め併用型とするためには、振動のエネルギーが効率的に作用するようにコンクリートの粘性を極力低減する必要があり、粘性を低減するには、セメントペーストの濃度、すなわち水セメント比 (W/C) を必要強度が得られる範囲でできるだけ大きくすることが有効であると考えられる。そこで、Table 3 に示した自己充てん型の配合をベースとして W/C を 16% から 20% まで 1% ずつ変化させた 5 種類のコンクリートを練混ぜ、W/C が硬化コンクリ-トの強度発現性状に及ぼす影響を確認した。なお、本実験では、単位セメント量を一定とし、単位水量を増減させることで W/C を増減させた。また、フレッシュコンクリートの性状については、スランプフロ-が 650mm 程度となるように高性能減水剤の添加率にて調整した。

セメント水比 (C/W) と圧縮強度の関係を Fig.4 に示す。今回実験を行った極めて W/C の低い領域においても C/W と圧縮強度には直線関係が認められた。実験結果では、材齢が進むほど C/W と圧縮強度の関係の相関係数は低くなる傾向にあるが、これは今回の材料系では 150N/mm<sup>2</sup> 程度が圧縮強度の上限であることを示唆するものと考えられる。必要強度の観点から材齢 56 日において 150N/mm<sup>2</sup> (設計基準強度 120 N/mm<sup>2</sup>, 割増係数 1.25 を想定した場合の配合強度) を満足する W/C を求めると 18.5% となり、ベースとした自己充てん

型よりも最大 1.5% 程度 W/C を大きくできる結果であった。この結果より、締固め併用型の W/C は 18% として配合設計を行うこととした。なお、自己充てん型の W/C については、ウェブの工場製作に適用する際の脱砕やその後の移動・運搬を考慮して、初期材齢からより高い強度を期待できる 17% をそのまま採用した。

また、コンクリートの粘性に影響するもう一つの配合要因として、細骨材量が挙げられる。セメントに次ぐ配合中の微粒子である細骨材を減じることにより、コンクリートの粘性を低減できるものと考えられる。そこで、細骨材モルタル容積比 (s/m) や細骨材率 (s/a) を変化させた数種類のコンクリートを練混ぜ、実際にバイブレ-タによる振動を与えてワーカビリティを確認した結果、最終的に単位水量 160kg/m<sup>3</sup>, 単位粗骨材絶対容積 0.35 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> (s/m=29.3%, s/a=34.7%) としての配合を基本配合として選定した。

次に、適切なコンクリートの流動性について検討を行った。流動性は高性能減水剤の添加率によって調整可能であり、施工性を考慮すれば流動性は大きい方が良いが、流動性が過大であると打設後の自己流動によって所定の勾配が確保できないばかりでなく、人工軽骨材の分離を助長することとなり、硬化後のコンクリートの品質にも影響を及ぼす。そこで、実橋と同様に配筋し、2% の勾配を与えた試験体に、流動性の異なる 3 種類のコンクリート (スランプフロ-: 400mm, 500mm, 600mm) を打設して状況を比較した。

いずれのコンクリートにおいても締固め作業の容易さについては明確な差異はなかったが、勾配の確保については、スランプフロ-を 500mm 以下とした 2 ケースでは問題がなく、600mm としたケースではコンクリートが自己流動によって勾配下端側へ移動し、勾配

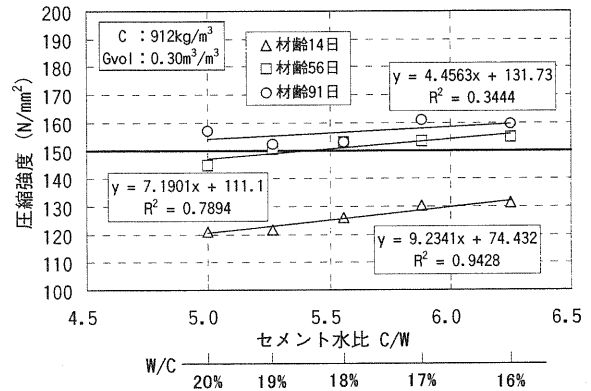


Fig.4 Cement-Water Ratio on Compressive Strength

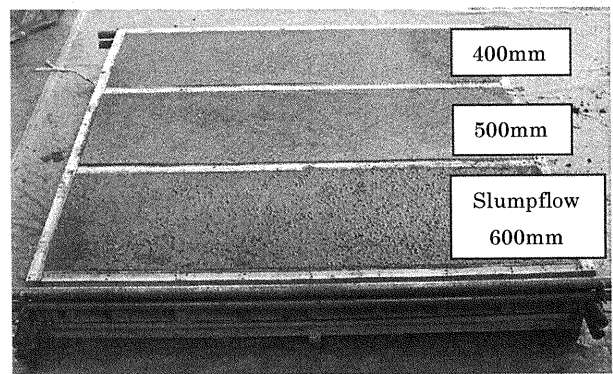


Photo 2 Finish Situation on Surface of the Specimen

を確保することができなかった。また、Photo 2 に示すように、600mm としたケースでは打設後の試験体表面に人工軽量骨材の浮きが認められ、表面仕上げを行うことが困難であった。さらに、コンクリートの硬化後、試験体を切断して試験体内部の状況を確認した結果、いずれのケースでも未充てん部などは生じていなかったが、500mm 以下のケースでは軽量骨材が均質に分布していることが確認されたのに対し、600mm のケースでは上方への偏りが見られた。

以上より、締固め併用型の流動性としては、スランプフローで400mm を目標値とすることとし、管理範囲として±100mm を設定した。最終的に選定した締固め併用型の配合を Table 4 に示す。

Table 4 Mix Proportion (Vibratory Compaction Type)

スランプフロー (mm)	W/C (%)	Air (%)	Gvol (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	単位置 (kg/m <sup>3</sup> )					RA (P×%)	SP (P×%)
				W	C	S	G	JL		
400±100	18.0	1.5	0.35	160	890	491	773	105	0.5	1.0
				160	289	187	290	60		

\* 単位置下段は容積 (Liter/m<sup>3</sup>) を示す

### 2. プラント実機ミキサによる製造性

実施工におけるコンクリートの供給能力 (1 バッチの製造可能量や練混ぜ時間)、製造されたコンクリートの品質及び運搬中の品質変化について検討することを目的に、プラント実機ミキサによる製造性の確認試験を実施した。

プレキャストウェブに用いる自己充てん型については二次製品工場 (以下製品工場と略記) の練混ぜ容量 1.5m<sup>3</sup> の強制 2 軸型ミキサを、現場打設する自己充てん型及び締固め併用型についてはレディミクストコンクリート工場 (以下生コン工場と略記) の練混ぜ容量 5.0m<sup>3</sup> の強制 2 軸型ミキサを用い、セメント計量器の容量の制約からそれぞれ 0.6m<sup>3</sup>、2.0m<sup>3</sup> を 1 バッチとして練混ぜた。練混ぜはモルタルを先行練りする方式とし、モルタルを 180 秒練混ぜた後、粗骨材 (碎石+人工軽量骨材) を投入してミキサの負荷電流値が安定したと判断されるまで練混ぜた。ミキサの負荷電流値の推移を Fig.5 に示す。なお、製品工場と生コン工場では使用するミキサと 1 バッチの練混ぜ量が異なるため、Fig.5 ではそれぞれの負荷電流値の最大値を 100 として同一グラフ上に表記している。

製造されたコンクリートは、いずれも所定のフレッシュ並びに硬化コンクリートの品質を満足するものであった。また、実際の施工時と同じ運搬方法 (製品工場: 打設用バケット+フォークリフト、生コン工場: アジテータ車) でコンクリートの経時変化を測定した

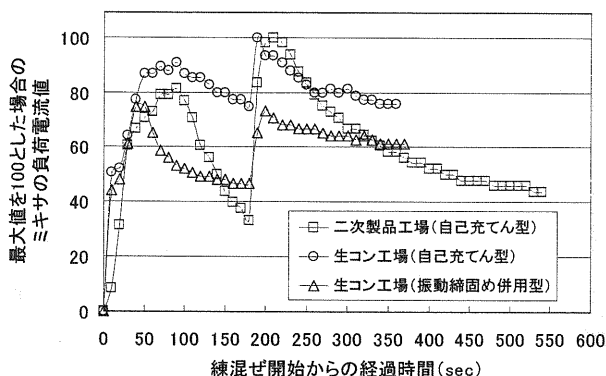


Fig.5 Transition of Load Current Value of Mixer

結果、それぞれ想定される可使用時間内 (製品工場: 60 分, 生コン工場: 90 分) で顕著な品質変化がないことを確認した。

練混ぜ時間は、生コン工場の 360 秒に対して製品工場では 540 秒を要し、ミキサの能力が製造サイクルに大きな影響を及ぼす結果となった。いずれの工場のミキサも普通強度のコンクリートであれば 60 秒程度で練混ぜることができる能力を有するが、W/C が極端に低い超高強度コンクリートでは、ミキサに作用する負荷が極めて大きいため、練混ぜ時間が長くなったものと考えられる。生コン工場における自己充てん型と締固め併用型の比較では、特にモルタルの練混ぜ時に差異が認められ、締固め併用型の方が負荷値のピークが低く、その後の負荷値の低下も早い結果であった。これも水セメント比や単位水量が大きく、単位細骨材量の少ない締固め併用型の方がミキサに与える負荷が小さいためであると考えられる。

### 3. マス養生下での発熱特性と強度発現

超高強度コンクリートでは、単位セメント量が極めて多いことからマス養生下における内部温度は非常に高くなり、これに伴う体積変化も大きくなるものと考えられる。また、長期材齢において構造体強度が標準養生供試体の強度よりも低くなった実験例<sup>9)</sup>も報告されている。そこで、マス養生下での超高強度コンクリートの水和発熱特性及び強度の発現性を把握するため、プラント実機ミキサで製造した自己充てん型のコンクリートを用い、簡易断熱温度上昇試験を実施した。試験体は、一辺が 1,000mm の立方体とし、その周囲を厚さ 500mm の断熱材 (発泡スチロール) で覆って断熱に近い状態を再現して熱電対により温度履歴を材齢 28 日まで測定した。

試験体中心部の温度履歴を Fig.6 に示す。コンクリートの打込み温度は 33℃であったが、中心温度は材齢 2 日で最高温度 95℃程度に達し、その後緩やかに下降して材齢 28 日で 50℃程度となった。同図に示すように、この測定結果を基に 3 次元 FEM により逆解析を行って断熱温度上昇量の推定式を求めた結果、本配合 (単位セメント量 912kg/m<sup>3</sup>) の終局温度上昇量は 66.5℃となり、セメントメーカーが別途行った簡易断熱試験の結果 (単位セメント量 800kg/m<sup>3</sup> で 63℃, 1,100kg/m<sup>3</sup> で 77℃) と比較しても妥当と考えられる発熱特性であることが確認できた。

また、材齢 28 日経過時点で断熱材を取り除き、Fig.7 に示す位置でコアを採取して圧縮強度試験を行った。試験結果を標準養生供試体と比較して Fig.8 に示す。標準養生供試体の圧縮強度が材齢 28 日で 144.1N/mm<sup>2</sup>、56 日で 145.6N/mm<sup>2</sup>、91 日で 157.1N/mm<sup>2</sup>であったのに対し、コア試験体の圧縮強度 (上中下の平均) は材齢 28 日で

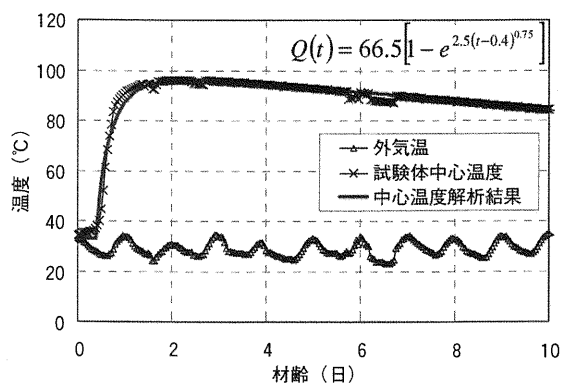


Fig.6 Temperature History of Center Part of Specimen

158N/mm<sup>2</sup>程度、56日、91日で168N/mm<sup>2</sup>程度といずれの材齢でも標準養生供試体に対して大きくなる結果であり、マス養生下で高温履歴を受けた場合においても標準養生と同等以上の強度を発現することが確認された。

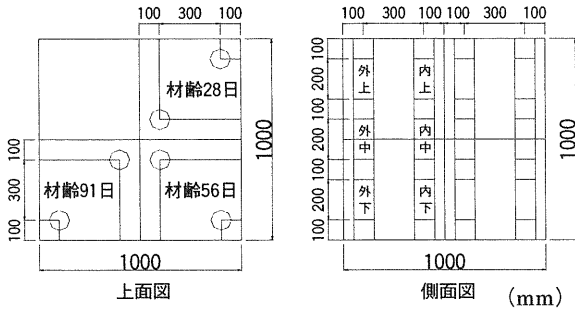


Fig.7 Core Sampling Position

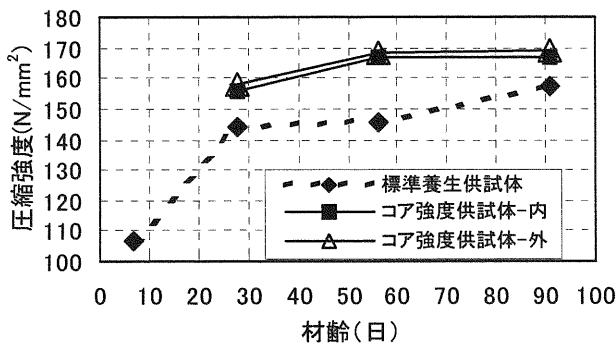


Fig.8 Results of Compressive Strength of Core Samples

#### IV. 施工実績

##### 1. プレキャストウェブ

###### (1) 製作状況

プレキャストウェブは、横桁部及び偏向部の位置の関係から橋軸方向に8分割とし、左右合わせて計16本を製作した。本橋が平面線形R=170mを有し左右のウェブで円弧が異なることや、製作工期・費用を勘案して左右1組ずつの型枠を用意し、製作のサイクルを2日（第1日目の午前に打設、第2日目の午前に脱枠、午後養生、型枠清掃・組立）として、1サイクル2本のウェブを製作した。

1サイクルのコンクリートの打設量は4.0m<sup>3</sup>程度であったが、前述のとおり製品工場における1バッチの練混ぜ量は0.6m<sup>3</sup>、練混ぜ時間は9分（540秒）であったため、所要のコンクリート量を製造するまでに1時間以上を要した。超高強度コンクリートは粘性が高く、静置すると擬似的に流動性が低下する傾向があること、また、表面のこわばりが早いこと、打込みはできるだけ連続的に行う必要があることから、製造したコンクリートは一旦アジテータ車に受け、ウェブ1本分以上を製造し終えた後に打設用バケットを備えたフォークリフトに受け換えてコンクリートの打設を行った。

コンクリートはエア溜りを生じないように、型枠の端部から反対側の端部に向けて一方方向に流し込むとともに、表面に空気あばたが生じ易いハンチ部分については木製ハンマーによる打撃を行った。ウェブ上端の現場打ちコンクリートとの接合面には打設完了後に打継面処理剤（凝結遅延剤）を散布し、脱枠直前に高圧水洗浄による洗い出しを行った。脱枠後の製品は、7日間湿潤養生を行った後に工場内で屋外保管し、寸法検査を経て現場に搬入、架設した。

###### (2) 品質管理試験結果

品質管理試験としては、フレッシュコンクリートの品質についてスランブフローと空気量を各ウェブ毎に、硬化コンクリートの品質について圧縮強度試験を製作日毎に実施した。

フレッシュコンクリートの試験結果をFig.9に示す。コンクリート温度は平均30.3℃（27.0～34.0℃）、スランブフローの平均値は677mm、空気量の平均値は1.0%であり、いずれも所定の品質を満足するものであった。スランブフローについては、管理の中心値である650mmよりも全体に大きい結果となっているが、これは施工性を考慮して高性能減水剤の添加率により調整した結果である。

圧縮強度試験結果をFig.10に示す。図中には示していないが、脱枠時の強度（材齢1日）は平均で57.9N/mm<sup>2</sup>であり、設計基準強度である120N/mm<sup>2</sup>は材齢28日時点でほぼ満足される結果が得られた。強度の保証材齢である56日における試験結果は、129.6～149.9N/mm<sup>2</sup>、平均140.3N/mm<sup>2</sup>、標準偏差7.10N/mm<sup>2</sup>、変動係数5.06%であり、安定した品質を有する製品を製造することができた。

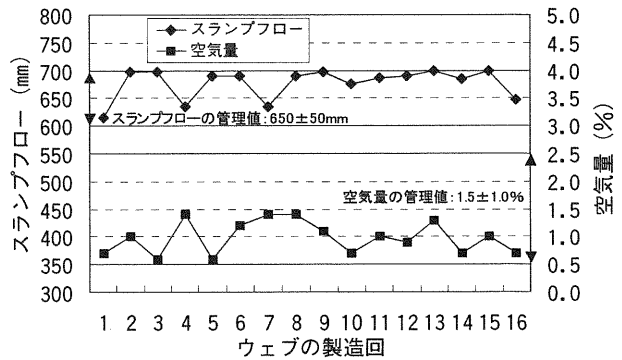


Fig.9 Results of Quality Control Test (Precast Web)

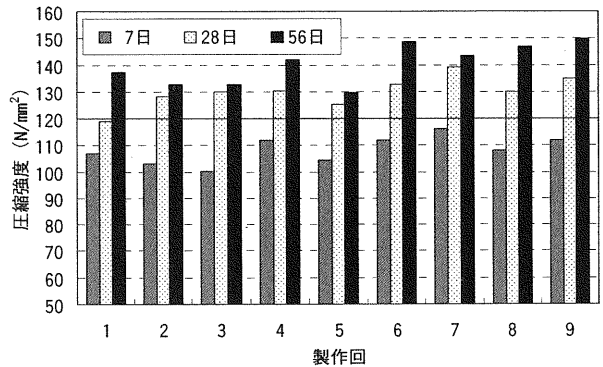


Fig.10 Results of Compressive Strength (Precast Web)

##### 2. 現場打ちコンクリート

###### (1) 打設状況

現場打ちコンクリートの打設数量をTable 5に示す。打設は5回に分けて行い、総打設数量は228m<sup>3</sup>、日最大打設量は98m<sup>3</sup>であった。コンクリートの製造は、前述のとおり自己充てん型については2.0m<sup>3</sup>を1バッチとして練混ぜ、2バッチ4.0m<sup>3</sup>をアジテータ車に積載して約40分で施工現場まで運搬した。製造能力としては、1バッチ6分（360秒）を要する練混ぜ時間の関係から12～15m<sup>3</sup>/h程度であった。ただし、締固め併用型については自己充てん型よりも単位セメント量が少ないことから1バッチを4.0m<sup>3</sup>として製造することができたため、24m<sup>3</sup>/h程度での出荷が可能であった。

打設は 25t ラフテレーンクレーンと容量 1.0m<sup>3</sup>のコンクリートバケットの組合せにて行い、打設サイクルは平均 5 分程度であった。

自己充てん型は、流動距離が 5m 程度以内となるように、また、打ち重ねの間隔ができるだけ短くなるように打込み位置を調節して打設した。打ち込まれたコンクリートは、材料分離を生じることなく、鋼材間の狭隘な部位にも十分に充てんすることが確認できた。

締固め併用型の打設状況を Photo 3 に示す。打設は勾配の下端側より開始し、高周波バイブレータ 3 台を用いて締固めるとともに概ね所定の版厚になるように高さを調節しながら打ち込んだ。締固めが終了した部分には、表面のこわばりや乾燥を防止し、コテ仕上げを容易にするためにパラフィンワックスを主成分とする養生剤を直ちに散布し、表面仕上げを行った。仕上げ後の表面は、軽量骨材の浮きなども認められず、所定の勾配を確保することができた。

(2) 品質管理試験結果

スランプフロー試験の結果を Fig.11 に示す。打込み時のコンクリート温度は平均 23.3℃ (20.0~31.0℃)、スランプフローの平均値は自己充てん型で 664mm (630~695mm)、締固め併用型で 420mm (335~488mm)、空気量の平均値はそれぞれ 1.6%、1.8%であり、いずれも所定の品質を満足するものであった。運搬前後におけるスランプフロー値の変化については、運搬後に増加したものと減少したものの両方が認められたが、概ね自己充てん型で±20mm、締固め併用型で±25mm 程度の変化であり、差異は小さい結果であった。

圧縮強度試験結果を Fig.12 に示す。自己充てん型、締固め併用型ともに設計基準強度である 120N/mm<sup>2</sup>は材齢 28 日時点で満足される結果が得られた。強度の保証材齢である 56 日における試験結果は、自己充てん型 144.0~148.0 N/mm<sup>2</sup> (平均 146.5N/mm<sup>2</sup>)、締固め併用型 138.3~150.0 N/mm<sup>2</sup> (平均 145.3N/mm<sup>2</sup>) であった。今回の施工では、打設数量が少なく統計的にばらつきを論じるには至らないが、安定した品質を確保することができたものと考えられる。

(3) 施工後の状況

構造物の出来形を確認するため、施工後に外観の調査を実施した。

調査の結果、床版下面及び床版張出し部先端の下面に数本の表面ひび割れが確認されたが、いずれも極めて微細で、進展性も無いと判断されるものであり、本コンクリートの特徴である低収縮性は十分に発揮されたと考えられる結果であった。

V. おわりに

低収縮性を付与した設計基準強度 120N/mm<sup>2</sup>の超高強度コンクリートを実橋梁の施工に適用し、良好な結果を得た。今後は、更なる品質の安定化、コストダウンなどについて検討していく予定である。今回の施工実績を足掛かりに、本コンクリートが多くの構造物に展開され、機能・品質に優れた構造物の構築に資することを期待する。

参考文献

- 1) 高田和法, 日紫喜剛啓, 大野俊夫, 一宮利通, 渡部貴裕, 盛田行彦; 自己収縮を低減した超高強度コンクリート (150N/mm<sup>2</sup>級) の開発, 鹿島技術研究所年報, 第 51 号, (2003), pp.79-86.
- 2) 一宮利通, 日紫喜剛啓, 大野俊夫, 高田和法, 平陽兵, 盛田行彦; 自己収縮を低減した超高強度コンクリート部材の構造性能, 鹿島技術研究所年報, 第 52 号, (2004), pp.49-56.

Table 5 Results of Concrete Placing Amount

打設回数	打設部位	コンクリートの打設数量 (m <sup>3</sup> )		計
		自己充てん型	振動締固め併用型	
1	横桁部	14	-	14
2	横桁部, 床版部	8	90	98
3	横桁部, 床版部	24	24	48
4	床版部	-	20	20
5	床版部	-	48	48
計		46	182	228



Photo 3 Placing Situation (Vibratory Compaction Type)

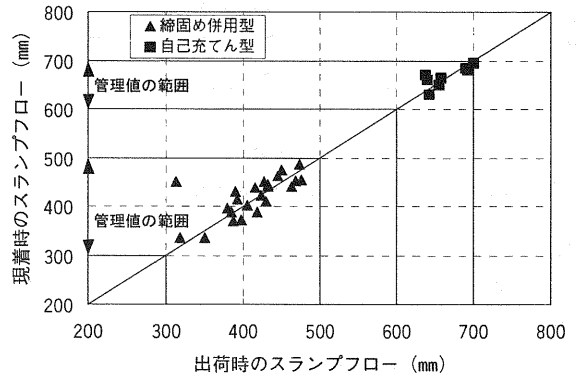


Fig. 11 Change of Slumpflow when Transported

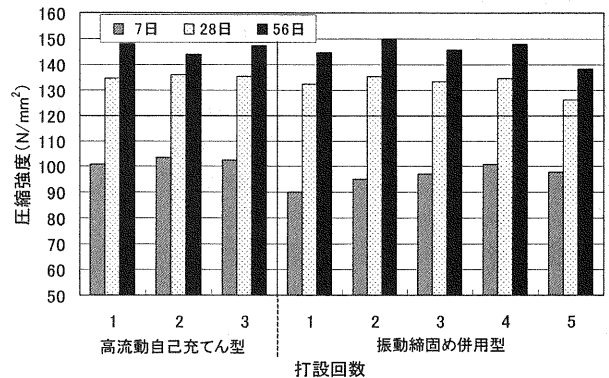


Fig. 12 Results of Compressive Strength (Site Placing)

- 3) 土木学会高流動コンクリート指針作成小委員会; 高流動コンクリート施工指針, 土木学会, 1998.
- 4) 陣内浩, 早川光敬, 黒岩秀介; 実用化を迎えた 150N/mm<sup>2</sup>級超高強度コンクリートの性能, セメント・コンクリート, No.678, (2003), pp.10-16.
- 5) 蓮尾孝一, 西本好克, 松田拓, 小川学, 米倉宏之; 超高強度コンクリートの実用化に関する研究, 三井住友建設技術研究所報告, 第 1 号, (2004), pp.69-74.