

## 報 告

## [1170] 現場打設における高強度コンクリートの性状について

正会員○大庭光商（J R 東日本 東北工事事務所）

正会員 竹内研一（J R 東日本 建設工事部）

正会員 石橋忠良（J R 東日本 東北工事事務所）

## 1. はじめに

青森大橋（仮称）は、J R 東日本の青森駅構内および青森港を跨ぐ 3 径間連続 P C 斜張橋である。主塔形状は逆 Y 字形で自重低減および美観を考慮し、設計基準強度  $600\text{kg}/\text{cm}^2$  の高強度コンクリートを使用している。

主塔コンクリートの最大打設高は、地上約 80m でコンクリートポンプ車による高所圧送となる。このため、コンクリートの製造は、品質および施工性の向上を目的として現場から 2 km 離れた生コンプラントにて高性能 A E 減水剤を添加することにより行っている。現在、先行する P 1 0 主塔が 1 1 ロット、P 9 主塔が 3 ロットまでコンクリートの打設を終了している。

本報告は、現場打設における高強度コンクリートの性状について述べるものである。

## 2. 高強度コンクリートの配合選定

本橋の主塔形状を図-1 に示す。

過去に高性能 A E 減水剤を  $600\text{kg}/\text{cm}^2$  レベルの高強度コンクリートに使用した実績は少なく、配合・施工上の十分なデータは得られていない。このため、主塔の実施工に先立ち数多くの試験練り、ならびに現場施工試験<sup>1)</sup>を行いその配合を決定した。

試験練りは傾胴式ミキサーを使用し、1 バッチの練り量は  $40\text{t}$  である。

## (1) 材料

①骨材 高強度コンクリートでは骨材の岩質がコンクリートの品質に及ぼす影響が大きい。このため、本橋では青森市内の生コンプラントへ供給されている骨材の品質を調査し、比重が大きく吸水率の小さい滝沢産の安山岩を選定した。使用骨材の品質を表-1 に示す。 図-1 主塔形状

②セメント セメントは普通ポルトランドセメント（比重 3.16、比表面積  $3340\text{cm}^2/\text{g}$ ）を使用した。

③混和剤 コンクリート用混和剤は、表-2 に示す 2 種類の高性能 A E 減水剤を使用した。本橋で使用した高性能 A E 減水剤は、2

表-1 骨材の品質

種類ともコンクリートの流動性を確保する高性能減水剤と空気を連行する A E 補助剤から構成される。

## (2) 配合

①単位水量 過去に施工された高強

度コンクリートでは、単位水量が  $150\text{kg}/\text{m}^3$  以上使用されている<sup>2, 3)</sup>。また、過去に行われたポンプ圧送試験では単位水量が  $160\text{kg}/\text{m}^3$  以上のコンクリートについて報告されている<sup>4)</sup>。本橋では高性能 A E 減水剤の使用により単位水量をさらに低減し、試験練りは  $W=130 \sim 140\text{kg}/\text{m}^3$  の範囲で

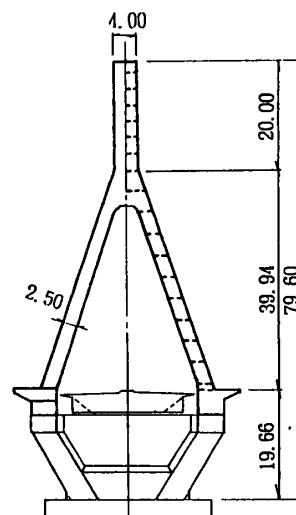


表-2 混和剤

②単位セメント量 本橋では温度ひびわれ等を考慮し、単位セメント量を低減した。このため、試験練りは $C=386 \sim 452\text{kg/m}^3$  ( $W/C=28.9 \sim 35.0\%$ ) の範囲で行った。

| 高性能A E減水剤種類 | 主成分                               | 比重(20 °C)  | 塩素イオン量 | アルカリ量 |
|-------------|-----------------------------------|------------|--------|-------|
| A           | アニオン型特殊減水剤<br>/反応性高分子             | 1.18 ~1.22 | 0.01%  | 0.3 % |
| B           | 変性リグニンアルカリ系スルホン族<br>及び活性特殊リグニン複合物 | 1.16 ~1.20 | 0.01%  | 0.2 % |

③細骨材率 高性能A E減水剤の使用による粘性や粗骨材分離の傾向は、細骨材率の調整にて行う。一般に、35~40%程度の若干高めの細骨材率が良いとされており、試験練りでは $s/a=36 \sim 41\%$ の範囲で行った。

④高性能A E減水剤の添加量 高性能A E減水剤の添加量は、コンクリートの品質、および施工性を考慮し、その添加量を決定した。

### (3) 試験練りの結果

試験練りによるフレッシュコンクリートの性状、ならびに硬化コンクリートの品質は次のとおりであった。

①低水セメント比、かつ単位水量の少ない配合の高強度コンクリートでは、配合、材料、混和剤の添加率が同一でも試験日によりコンクリートのスランプ、空気量の値に再現性が得られない場合があった。この理由としては、材料温度や骨材表面水の僅かな変動等が考えられる。

②供試体による圧縮強度試験では、水セメント比30~35%の範囲で設計基準強度 $600\text{kg/cm}^2$ を十分確保できた。

③凍結融解試験の結果、2%程度の空気量でも300 サイクルまで相対動弾性係数の低下は見られず、凍害に対する抵抗性は十分であると思われる。 表-3 配合の変遷

### 3. 実施工の結果

実施工での高性能A E減水剤の添加量は、打設当日の第1バッチ ( $1.25\text{m}^3$ ) で20分後までの品質の経時変化を確認してから決定することとした。また、施工中もコンクリートの品質に留意し、高性能A E減水剤の添加量の調整を行った。

| 配合 | 粗骨材の<br>最大寸法<br>(mm) | W/C<br>(%) | S/a<br>(%) | 単位量 (kg/m <sup>3</sup> ) |     |      |     | 混和剤<br>の種類 | 主塔<br>(ロット) |
|----|----------------------|------------|------------|--------------------------|-----|------|-----|------------|-------------|
|    |                      |            |            | W                        | C   | G    | S   |            |             |
| ①  | 25                   | 31.4       | 39.0       | 430                      | 135 | 1105 | 693 | A          | P10<br>1~5  |
| ②  | 25                   | 35.0       | 40.3       | 386                      | 135 | 1105 | 729 | A          | "<br>6~8    |
| ③  | 25                   | 33.8       | 39.9       | 400                      | 135 | 1105 | 718 | A'         | "<br>9~10   |
| ④  | 25                   | 35.0       | 42.6       | 386                      | 135 | 1063 | 771 | B          | P9<br>1     |

注) 図中A' は高性能A E減水剤 (A) の改良型である。

実施工時の当初配合は、単位セメント量 $430\text{kg/m}^3$ 、単位水量 $135\text{kg/m}^3$  ( $W/C=31.4\%$ ) とした。その後、圧縮強度に十分高い値が得られたために外気温の変化等を考慮しながらセメント量を変更した。実施工時の配合の変遷を表-3に示す。

### (1) 品質試験結果

高性能A E減水剤を使用した高強度コンクリートは、流動性は良く見えるが粘性が高い。この粘性を適切に評価するために実施工の品質管理は、目視観察結果と一致するスランプフローを採用した。品質管理の目標値は、主塔第1ロットのコンクリート打設後に施工性、材料分離抵抗性、およびポンプ圧送性を確認し、スランプフロー $40 \sim 55\text{cm}$ 、空気量 $4.5 \pm 2\%$ とした。主塔第1ロットでは生コン車1台毎に現場到着時、荷卸し終了時のスランプ、スランプフロー、空気量の品質試験を行った。

#### (a) フレッシュコンクリートの性状

スランプフロー試験では、コーンを抜いてからコンクリートが静止するまでには $40 \sim 90$ 秒程度

の時間を要する。スランプフローが40～55cm程度の場合、コンクリートの充填性は良好で高周波バイブレータ（φ50mm）をかけると良く締まる。しかし、スランプフローが小さくなると高周波バイブレータ（φ60mm）を使用しても効きが悪く、締め固めに時間を要した。

### （b）スランプフロー・空気量

#### ①スランプフロー

主塔第1ロットのスランプフローの経時変化を図-2に示す。また、実施工で得られた現場到着時のスランプフローの変化と高性能AE減水剤の添加量の推移を図-3に示す。練り上がり直後のスランプフローの

平均値は40.5cm、15～25分

経過時点でのスランプフロー

の平均値は48.6cmとなり、

練り上がり直後に比べて幾

分大きくなるとともに60分

程度はほぼ一定となった。

本報告のデータは7～12

月までのものであるが、目

標とするスランプフローを

確保するための高性能AE減水剤の添加量が6ロット以降増加しているのがわかる。これは、コンクリートの練り上がり温度の低下にともない、高性能AE減水剤の効き方が鈍くなったためと思われる。このため、コンクリートの練り上がり温度とスランプの経時変化の関係を試験練りにより確認した（図-4）。なお、単位セメント量は386 kg/m<sup>3</sup>と400kg/m<sup>3</sup>の2種類とし、コンクリート温度は水温を調整することにより行った。また、高性能AE減水剤は水と混合した後に投入した。試験練りの結果、高性能AE減水剤のスランプロス低減効果は、コンクリートの練り上がり温度と練り混ぜ水の影響が大きいことがわかった。

図-5にP9側主塔第1ロットのスランプフローの変化と高性能AE減水剤の添加量の推移を示す。第1ロットのコンクリートは、12月下旬に2日間に別けて打設した。1日目は日中の気温が3～5℃程度であり、終日練り混ぜ水に40～50℃の温水を使用することにより9～12℃程度のコンクリート練り上がり温度を維持した。また、2日目は日中の気温が10℃程度まで上昇したので、温度ひびわれの制御上、後半（48台目）から温水の使用を中止し10℃前後の地下水を使用した。コンクリートの練り上

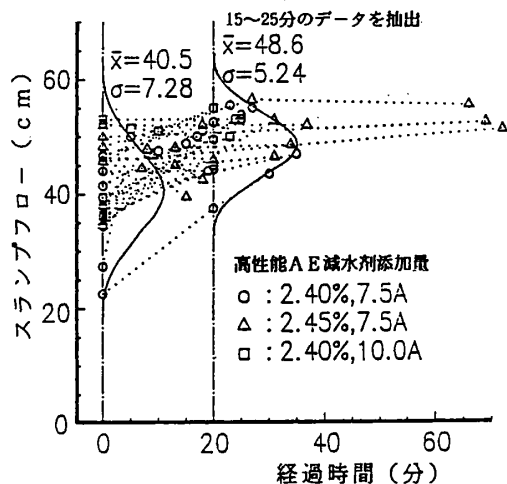


図-2 経過時間とスランプフロー

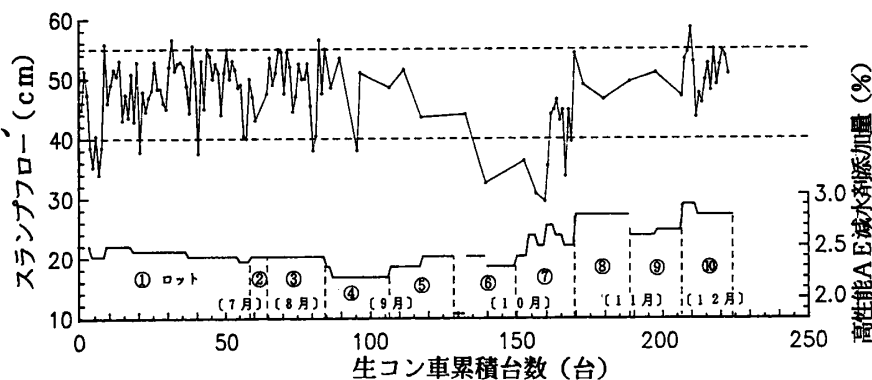


図-3 高性能AE減水剤の添加量とスランプフロー

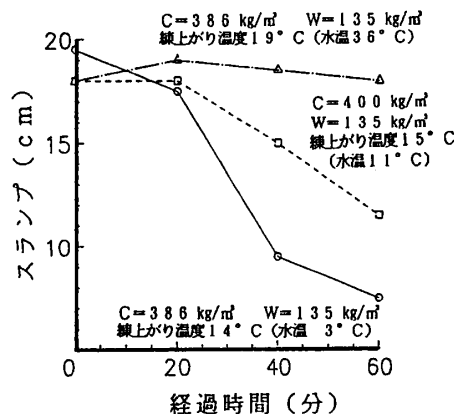


図-4 温度とスランプの関係

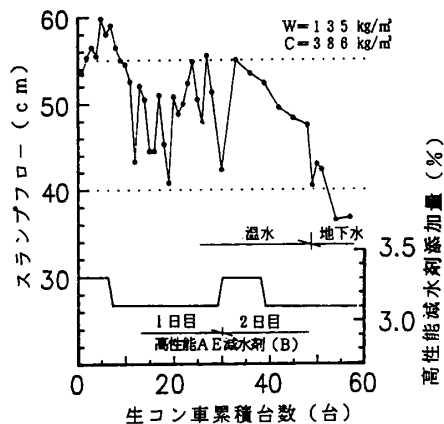


図-5 現場到着時スランプフロー

がり温度は15° C程度となった。図-5より2日目後半はコンクリートの練り上がり温度が1日目より高いにも係わらず、スランプフローが小さくなっているのがわかる。両日の高性能A E減水剤の添加量は同じであり、その違いは温水使用の有無である。したがって、高性能A E減水剤の減水効果は、骨材やセメントの温度よりも練り混ぜ水の影響が大きいものと思われる。

## ②空気量

同一配合での空気量の経時変化を図-6に示す。練り上がり直後の空気量は、平均的にA E補助剤添加量にほぼ対応した値となっているがばらつきが大きい。しかし、15～25分経過後には3.5±1%程度まで減少するが、比較的安定している。

表-4 圧縮強度試験

| 配合<br>W/C(%) | 供試体数 | $\sigma_{28}$<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | 変動係数<br>(%) |
|--------------|------|----------------------------------------|-------------|
| 31.4         | 48   | 812                                    | 4.2         |
| 35.0         | 21   | 756                                    | 4.1         |

実施工で得られた現場到着時の空気量とA E補助剤の添加量の関係を図-7に示す。空気量は、ほぼA E補助剤の添加量に対応しているのがわかる。なお、9ロット以降A E補助剤の添加量が少ないのは、高性能A E減水剤(主剤)の改良により連行空気量の安定性が改善されたためである。

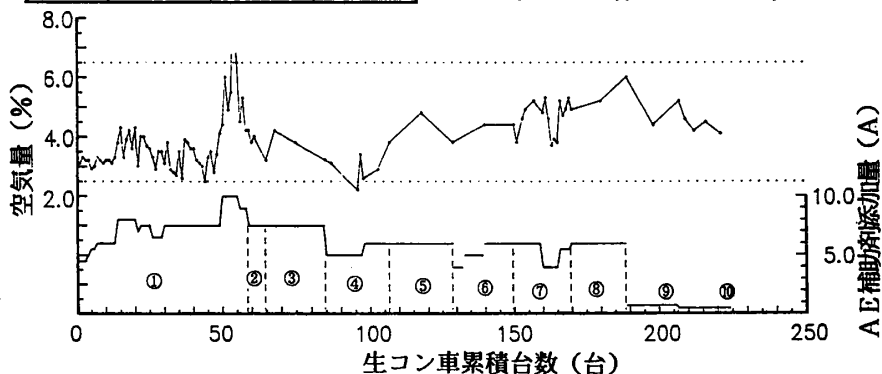


図-7 A E補助剤添加量と空気量

## (C) 圧縮強度

圧縮強度試験結果を表-4に示す。いずれの配合も設計基準強度600kg/cm<sup>2</sup>を十分満足している。

## 4. まとめ

高性能A E減水剤の使用により単位水量135kg/m<sup>3</sup>でポンプ圧送の可能な高強度コンクリートを生コンプラントで製造することができた。しかし、その品質は骨材の表面水の僅かな変動、およびコンクリートの練り上がり温度(練り混ぜ水の温度)等により変化する。このため、安定した品質を得るには、骨材表面水の管理、および混和剤添加量のきめ細かな調整が必要である。

## 【参考文献】

- 1) 石橋、田中、吉田：現場施工を目的とした $\sigma_{ck} = 600\text{kg/cm}^2$ の高強度コンクリートの性状について、セメント技術年報, N043, 1989
- 2) 町田、山本、末統、福本：岩鼻PCトラスの設計と施工(2)、プレストレストコンクリート, Vol. 17, No4, 1975
- 3) 町田、広瀬、宮坂、橘田、中原、久門、石川：高強度コンクリートを用いたPC桁の設計施工、プレストレストコンクリート, Vol16, No5, 1974
- 4) 坂本、田沢、松岡：流動化した高強度コンクリートのポンプ圧送性と品質に関する研究、土木学会年講35V, 1980

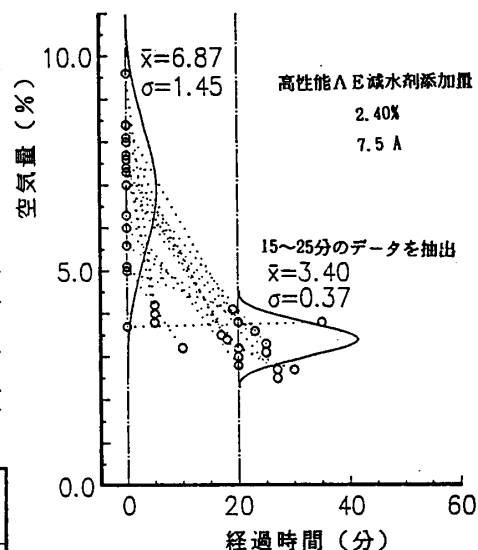


図-6 空気量の経時変化  
(P10主塔・1ロット)