

水中不分離性コンクリート打設工事報告

(株) 大本組 正会員 ○金友 孝弘

(株) 大本組 田野 修司

1. まえがき

従来よりコンクリートを水中に打設する際には、打設水深、流動距離、水質汚濁、コンクリートの品質などの施工条件に制約を受ける場合が多い。この度、橋脚補修工事として、従来は極めて困難とされていた流速を伴う河川中へのコンクリートの直接打設を、水中施工においても分離抵抗性と流動性に優れ、かつ締固めを行わなくても平坦に仕上がるセルフベリング性も兼ね備えた水中不分離性コンクリートの使用によって無事完了した。このコンクリートは、水中不分離性混和剤（以後混和剤と呼称）を添加する事により、表-1の様な性質を持つようになる。今回は、表-1の特性の中から水質汚濁関係（材料分離抵抗性）について述べる。

表-1 水中不分離性コンクリートの主な性質

項 目	水中不分離性コンクリートの特性
材料分離抵抗性	・ 混和剤の増粘効果によって材料分離性が増大し施工の際の水質汚濁がほとんど生じない。 ・ 混和剤を2.5kg/ml程度以上添加すれば濁度を50ppm以下にできる。
流動性及びセルフベリング性	・ 優れた流動性とセルフベリング性を有しており1箇所から大量に打設しても平滑に仕上げることができる。
充填性	・ 優れた充填性を有しており、鉄筋、埋設金物のまわりや小さな空隙等にくまなく充填することができる。
ブリージング及びレイタンス	・ 保水性が高いため、ブリージングやレイタンスはほとんど発生しない。
凝結特性	・ 凝結は普通コンクリートに比べ数～十数時間程度遅延する。その程度は混和剤の添加量が大きくなるほど大きい。 ・ 硬化促進剤、遅延剤の使用により凝結時間の調整が可能である。
ポンプ圧送性	・ 粘糊性に富むため普通コンクリートに比べて圧送抵抗は大きい。 ・ 材料分離抵抗性が高いため、配管内の閉塞は生じにくい。

2. 試し練り

配合計算は、既往の実績等からおおよその配合を定めたものである。したがって、一般の設計条件を満足するかどうかの確認と、混和剤の違い（2.3kg/ml、2.5kg/ml）によるコンクリートの水中分離度を見るために、試し練りを行い練上がり状態の目視観察や水素イオン指数（以後pHと呼称）測定、懸濁物質試験を行った。また、水中不分離性コンクリートが打設周辺水域のpHにどの程度の影響を与えるかを予測した。

水中分離度試験は、試料を水中自由落下させた場合の懸濁物質とpHで水中分離度を評価するものであり、JIS K 0102「工業排水試験方法」に従って行った。試料水採取した後直ちにpHメーターでpHを測定した。また、孔径1μmのガラス繊維濾紙で濾過し、濾紙に付着した物質の乾燥質量を測定し懸濁物質（SS）とした。混和剤添加量が異なる配合での試験結果を表-2に示す。

水中分離度試験では、混和剤の添加量が多い場合の方が水中分離抵抗性が高いという結果が得られた。pHはNo.1、No.2ともに規定値（12.0以下）を満足したが、懸濁物質量はNo.2が規定値（50ppm以下）を越える結果となった。したがって、流水中に打設し周辺の水質汚濁を抑制する必要がある当工事には、混和剤添加量が2.5kg/mlであるNo.1の配合が適していると判断された。

周辺水域に与える影響の予測は、あるpHを持つコンクリートを打設した後の河川水のpHがどのように変化するかを近似計算により求めた。その結果を表-3に示す。ただし、ここでいうコンクリートのpHは、コンクリート自体のpHではなく周辺の水質に変化を与えうるコンクリートのpHである。

表-2 水中分離度試験結果

配合 番号	混和剤	水中分離度試験	
		pH	懸濁物質 量(ppm)
No. 1	2.5	10.1	13
No. 2	2.3	10.8	63

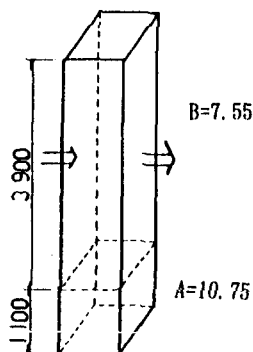


表-3 周辺水のpH計算結果一覧表 (単位: ml/ml)

河川水の流速	水中不分離性 コンクリート	河川水 pH=7.55	pHの 計算結果
流速 ゼロ	1.1	3.9	10.09
基準流速		7.8	9.84
" の 100倍		393.9	9.16

pHは1000ml中に含まれる水素イオンの数で表される。また、水中には水酸化物イオンも含まれており、この2つのイオンの積は常に 1×10^{-14} であることから、コンクリートのpHをA、河川水のpHをB、打設後の周辺水域のpHをXとすると次式で表される。

$$\frac{10^{A-14}}{1000} \times 1.1 + \frac{10^{B-14}}{1000} \times 3.9 = \frac{10^{X-14}}{1000} \times 5.0$$

$$X = 14 + \log \left\{ (1.1 \times 10^{-3.25} + 3.9 \times 10^{-6.45}) / 5.0 \right\} = 10.09$$

表-4 打設箇所の水質汚濁測定結果一覧表

	採取 時間	河川水 のpH	懸濁 物質	備考
1 日 目	7:00	7.18	30	打設前、原水
	8:30	7.43	13	打設中
	10:00	7.37	27	"
	11:30	7.37	7	"
	13:30	7.40	13	"、筒先移動直後
	15:30	7.15	30	"、流速やや速い
	17:00	7.32	7	"、流速遅い
	18:00	7.26	18	打設終了後
2 日 目	7:00	7.14	10	打設前、原水
	9:00	7.53	3	筒先移動中
	10:30	7.50	10	打設中、流速やや速い
	11:30	7.52	13	"、"
	13:00	7.97	20	"、流速無し
	15:00	7.78	17	打設終了後
	16:00	7.25	13	打設終了後1時間後
	7:00	6.97	23	打設前、原水
3 日 目	9:00	7.11	7	打設中
	11:00	7.28	3	"
	13:00	7.55	7	"
	15:00	7.88	10	"、筒先移動直後
	17:00	7.71	13	"、流速やや速い
	19:00	7.65	13	"、流速やや遅い
	20:00	7.29	17	打設終了後、流速遅い

3. コンクリートの打ち込み

打設中は、ポンプ車のホッパーにアジテーター車を2台並列に配置し、1台目の供給が終わると直ちに2台目が供給するようにして、空気の吸い込み防止と作業効率向上に努めた。さらに、吐出口の移動は、このコンクリートの特性であるセルフレベリング性に期待し最小限にとどめた。このため、水中で空気が抜けて気泡が水面に現れたり、周辺の水質を汚濁させるようなことは目視観察において殆どなかった。また、吐出口下流で河川水を採取し直ちにpHを測定した。懸濁物質質量(SS)は試験室に試料水を持ち帰り行った。測定結果を表-4にまとめる。

4. まとめ

測定されたpH、SSは、3日間を通じていずれも岡山県の規制基準以内であり、当初予測より小さな値であった。この理由については、以下の3点が考えられる。

- ①材料分離をおこすことなく空隙の隅々まで充填できる混和剤量を選定したため、コンクリートを攪拌することなく施工することができた。
- ②水中不分離性コンクリートに接触した河川水は自然に流下しているため拡散した。
- ③試し練りの際行った試験では、試料を水面から落下させたが、実施工においては連続して打設したため、水中不分離性コンクリートが乱されることがなかった。

また、打設中の水質汚濁に備えて、容量20mlの水槽と希硫酸による自動中和設備を運転し、筒先の直下流から毎分1ml程度の河川水を揚水したが、中和処理開始点としてセットしたpH=8.0以上になることはなく、中和処理を必要とするほどの水質汚濁はなかった。