

水中不分離性コンクリートの流動性評価に関する実験的研究

立 命 館 大 学 正会員 児島孝之
明石工業高等専門学校 正会員 角田 忍
大阪セメント(株) ○ 正会員 浅野文男

1. まがえき 水中コンクリートは、水中での締固め作業が困難であるため、自重による締固め及び充填性能が要求される。近年使用量が増大しつつある水中不分離性コンクリートにおいても、その評価方法が施工するには問題となる。水中不分離性コンクリートは、高い粘性を示すため、従来のコンシステンシー試験のみでは、十分な品質管理が行い難い。また、現実問題として基準化された試験方法はまだない。本研究は、回転翼型レオメーターを用い、水中不分離性コンクリートの流動特性を、物理的意味のある数値で表現し定量化することの可能性について検討を行ったものである。

2. 実験概要 使用材料及び配合を表1、2に示す。

配合は、W/C=55%、s/a=40%一定とし、コンシステンシーを変化させる目的で単位水量を、3水準に変化させた。同系列の水中不分離性混和剤であっても、銘柄により特性値が異なる場合があるので、2銘柄のセルローズ系混和剤を使用した。水中不分離性混和剤の添加量は3水準である。実験装置を図1に示す。測定は、低回転数から上げていき、高回転数から再び下げていく方法により行った。

表1 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント 比重 3.16 三種混合ポルトランドセメント 比重 3.16
細骨材	野州川産砂 比重 2.61 吸水率 1.65% F.M.=2.71
粗骨材	高視産硬質砕岩砕石 比重 2.67 吸水率 0.82% F.M.=6.54 最大骨材寸法 20mm 重量比 20~10mm : 10~5mm = 1 : 1
水中不分離性混和剤	水溶性高分子セルローズエーテル系
流動化剤	高縮合トリアジン系化合物
A E減水剤	リグニルスルホン酸カルシウム

3. 実験結果及び考察

図2は、水中不分離性コンクリートの流動曲線のヒステリシスループを表した一例であり、せん断速度チクソトロピーの傾向を示している。

表2 水中不分離性コンクリートの配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	スラブ 70- (cm)	空気量の範囲 (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単 位 量 (kg/m³)				混 和 材 料 (kg/m³)		
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	特殊混和剤	流動化剤	A E減水剤
20	35±5	3±1	55	40	190	345	710	1090	※	6.91	0.86
	45±5				200	364	694	1065		7.27	0.91
	50±5				210	382	678	1040		7.64	0.95

(注) ※: 2.0, 2.2, 2.4 (kg/m³)

図2は、水中不分離性コンクリートの流動曲線のヒステリシスループを表した一例であり、せん断速度チクソトロピーの傾向を示している。回転数を上げていくと、試料内に構造破壊が生じ、回転数を下げていくと、それ以上の破壊が生じず、また破壊された構造の回復も起こらないため、上昇曲線と下降曲線の間にループができる。従って上昇曲線は、練混ぜの程度や容器の詰め込み条件などの攪拌履歴に影響を受けるものと考えられる。下降曲線は、試料が均質な状態での流動曲線を表しているといえることから、下降曲線のみで評価するのが妥当であると思われる。また、ループの面積は、コンクリートを均質にするための攪拌に要したエネルギーを表すものと考えられる。面積を測定した結果を表3に示す。練混ぜ条件が一定であれば、単位水量が減少するにつれて、攪拌に要したエネルギーが約2～5倍必要となる。水中不分離性混和剤の種類が異なると、同配合であっても、攪拌に要するエネルギーは異なる。これは、セルローズ系を主成分とするものでも、各メーカーによって化学構造上若干の違いがあること、また実験では、水中不分離性混和剤の種類ごとにセメントの種類を変化させたことも原因の一つと考えられる。水中不分離性コンクリートが、一定の流動性を示すためには、固体粒子が均質に分散されていなければならない。従って、練混ぜ計画において、プラントにおける練混ぜ時間やミキサー容量に対する練混

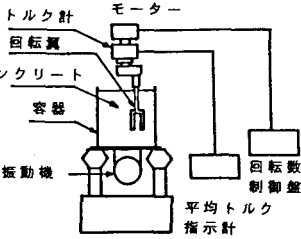


図1 実験装置

ぜ量など、予め攪拌に要するエネルギーを考慮に入れておく必要があるといえる。図3に水中不分離性コンクリートの流動曲線の一例を示す。この図から分かるように、水中不分離性コンクリートは擬塑性流体を示す。これは、水中不分離性混和剤の水溶液が擬塑性流体の挙動を示すことに起因する。十分に練混ぜられた水中不分離性コンクリートはマトリックスの粘度が大きく、セメント粒子や固体粒子の沈降が妨げられ、固体粒子が液体中に浮かんだ状態で保持されるため、降伏値のない非ニュートン流体の挙動を示すものと考えられる。また、降伏値がほぼ存在しないことで、自重のみによる流動性に優れていることもこの図から明かである。トルク T と回転数 N の関係は、指数曲線をしており $T = p N^q$ により近似できる。表4は、各配合のコンクリートについて p 及び q を求めた結果である。また、擬塑性流体の構成式 $\tau = r \dot{\gamma}^s$ と相似関係にあり、本研究では、Bloomerの方法によれば¹⁾、非ニュートン粘性係数 r および非ニュートン粘性指数 s に変換も可能である。単位水量の増加に伴ない、見かけの粘度が減少し流動性が良くなる。また、水中不分離性混和剤の相違による比較を行うと、同一単位水量でも各々異なった粘性を持つと考えられる。今回の実験の範囲では、水中不分離性混和剤Aを用いたコンクリートは、Bを用いたコンクリートより粘稠性に富んでいるといえる。粘稠性が高いほどセメント粒子の沈降、水溶性ポリマーの保水性によって自由水の上昇は抑えられ、ブリージング現象が起こりにくくなり、均質なコンクリートが得られ易く、圧縮強度特性への影響が少なくなると考えられる。以上のことから、水中不分離性コンクリートは、配合要因の違いにより流動特性がそれぞれ特徴を有しているので、今後使用に当たっては、その流動特性を把握しておく必要であると考えられる。

表3 配合要因による攪拌エネルギー

水中不分離性 混和剤の 添加量 (kg/m ³)	単位水量 (kg/m ³)	攪拌エネルギー(N・m・r.p.s)	
		水中不分離性 混和剤A	水中不分離性 混和剤B
2.0	190	72.0	76.0
	200	34.9	47.9
	210	23.4	16.2
2.2	190	56.5	70.9
	200	44.6	49.7
	210	27.7	27.7
2.4	190	56.5	86.4
	200	44.3	58.3
	210	23.4	33.1

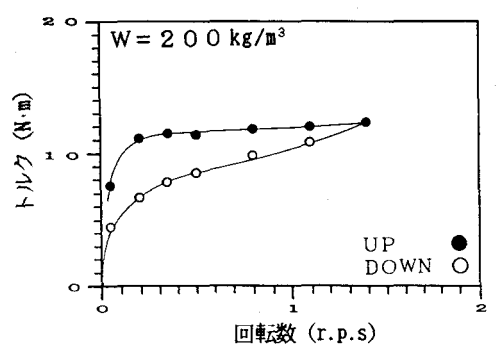


図2 水中不分離性混和剤Aを用いたコンクリートのヒステリシスループ

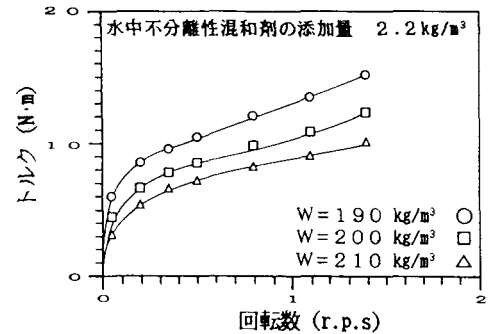


図3 水中不分離性混和剤Aを用いたコンクリートの流動曲線

表4 見かけ非ニュートン粘性係数 p 及び見かけ非ニュートン粘性指数 q

主剤の 添加量 (kg/m ³)	単位水量 (kg/m ³)	水中不分離性コンクリート $T = p N^q$					
		水中不分離性混和剤A			水中不分離性混和剤B		
		p	q	r	p	q	r
2.0	190	13.064	0.319	1.000	10.150	0.308	1.000
	200	9.291	0.352	1.000	8.154	0.354	1.000
	210	8.637	0.355	1.000	6.722	0.369	1.000
2.2	190	13.100	0.268	1.000	10.736	0.299	1.000
	200	10.694	0.299	1.000	8.343	0.330	1.000
	210	8.995	0.345	1.000	6.561	0.363	1.000
2.4	190	13.683	0.280	1.000	14.264	0.246	1.000
	200	11.520	0.301	1.000	9.157	0.306	1.000
	210	8.915	0.324	1.000	7.254	0.354	1.000

4. 結論

本研究の範囲内で、明らかになったことを以下に示す。

- (1) 攪拌履歴を明らかにすることは、均一な水中不分離性コンクリートの流動性を得る一つの指標となる。
- (2) 水中不分離性コンクリートの流動特性は、擬塑性流体の挙動を示す。また単位水量、水中不分離性混和剤の添加量や種類などの配合要因により、流動特性が各々異なるので、使用に当たっては、各配合における流動特性を把握しておく必要がある。

参考文献 1) Tattersall and Banfill: The Rheology of Fresh Concrete, Pitman A.P.P., 1983; (pp.93-135)