

V-159

コンクリートの流動性能に関する基礎的研究

北海道開発局 開発土木研究所 正会員 内藤 勲

北海道開発局 開発土木研究所 正会員 堺 孝司

1. まえがき 近年、施工性の改善を目的として、高流動コンクリートの開発が進んでいる。このようなコンクリートのコンシステンシーは、配合および用いられる混和材料などによって大きく異なる。また、この種のコンクリートの流動性能は、コンクリートの流動性、材料分離抵抗性および粘性の3つの特性が相互に複雑に影響すると考えられる。したがって、従来のようなスランプ試験だけでコンクリートのコンシステンシーを評価することは難しい。

以上のことを背景に、本研究では、ツーポイント法およびL型ボックスフロー試験を用いて、様々な配合のコンクリートの流動性、材料分離抵抗性および粘性に関する検討を行った。

2. 実験概要

セメントは、中庸熟ポルトランドセメントを用いた。混和材は、高炉スラグ微粉末（以下、スラグ）を用いた。粗骨材は小樽見晴産の碎石を、細骨材は苫小牧樽前産の海砂を使用した。粗骨材の最大寸法は20mmである。骨材の物理特性を表-1に示す。また、混和剤は、ポリカルボン酸エーテル系の高性能A E減水剤を使用した。

表-2に、コンクリートの配合およびスランプフローを示す。単位結合材量は、300、400および550kg/m³とした。細骨材率(s/a)は、単位結合材量300kg/m³で48%、400および550kg/m³で45%とした。スラグの置換率は60%とし、粉末度は4000、6000および8000cm²/gと変化させた。

試験は、ツーポイント法およびL型ボックスフロー試験により行った。ツーポイント法は、回転翼型粘度計から得られるトルク(T)と回転数(N)の関係からコンクリートのコンシステンシーを評価するものである。TとNは、一般に直線関係で表すことができ、その関係から塑性粘度および降伏値が求められる。試験では、回転翼をコンクリートの入った容器(φ25×30cm)の中で回転させ、各回転数におけるトルクを測定した。回転数は10、20、30、40、50、60、70、80r.p.mの8段階に変化させた。L型ボックスフロー試験は、図-1に示すようなL型ボックスフロー試験装置を用いて、流動時間、流動距離、所定の位置におけるコンクリートの重量および粗骨材量を測定した。これらに基づいて、粗骨材重量比(粗骨材重量/コンクリート重量)を算定し、コンクリートの材料分離抵抗性をも評価した。試験は、メッシュ(鉄筋障害)がない場合およびメッシュがある場合の2パターンについて行った。なお、メッシュを用いた場合は、パイプレーターを60秒かけてから測定を行った。

3. 実験結果および考察

図-2に、トルクと回転数の関係に及ぼすスラグの粉末度の影響を示す。スラグの粉末度を大きくするにしたがって塑性粘度は小さ

表-1 骨材の物理特性

	比重	単位容積重量 kg/m ³	吸水率 %	実積率 %	洗い 損失率 %	安定性 損失率 %	すりへり 損失率 %	FM
細骨材	2.69	1.814	1.37	68.2	0.20	1.10	—	6.61
粗骨材 5-15mm 15-20mm	2.68	1.619	1.65	67.3	0.90	0.40	12.0	—
	2.69	1.619	1.29	67.3	0.90	0.40	11.0	—

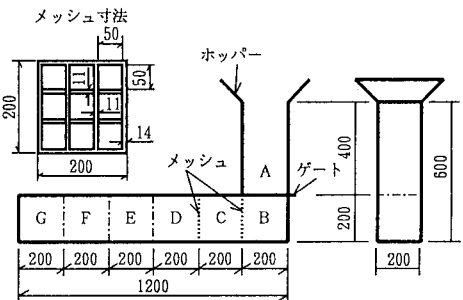


図-1 L型ボックスフロー試験装置

表-2 コンクリートの配合

配合 番号	W/C %	s/a %	単 位 量					ス ラ グ 粉 末 度 c m ² /g	ス ラ ン プ フ ロ ー c m
			k g / m ³				C × %		
			C	W	S	G	S P		
1	31.3	45.0	400	125	838	1,022	0.8	4,000	54
2	31.3			125	838	1,022	0.8	6,000	46
3	31.3			125	838	1,022	0.8	8,000	42
4	24.5		550	135	766	934	0.8	6,000	54
5	43.3	48.0	300	130	929	1,006	0.8	6,000	37

※C：セメント＋スラグ、SP：高性能A E減水剤

くなる。これは、スラグの粉末度を大きくすることによって、スラグ粒子間の水量が相対的に少なくなり、結果として高性能A E 減水剤による粘性効果が小さくなったためと考えられる。図-3に、トルクと回転数の関係に及ぼす単位結合材量の影響を示す。単位結合材量を大きくすることによって、塑性粘度が大きくなることがわかる。また、単位結合材量 550kg/m^3 の配合の場合、トルクと回転数の関係は直線関係で表すことができないことが明らかである。

図-4および図-5に、それぞれメッシュのない場合のL型ボックスフロー試験におけるスランブフローと塑性粘度の関係およびコンクリートの流動速度と塑性粘度の関係を示す。図-4から、スランブフローが大きくなるにしたがって塑性粘度も大きくなる傾向がある。また、図-5から、コンクリートの流動速度が速くなるにしたがって塑性粘度は小さくなる傾向が見られる。このことは、図-3に示す単位結合材量と塑性粘度の関係も考慮に入れると、材料分離を起こさずにコンクリートの流動性を向上させるには、ある程度の塑性粘度が必要であることを意味する。

図-6および図-7に、L型ボックスフロー試験におけるコンクリート採取位置別の粗骨材重量比を示す。図-6から、メッシュがない場合、スラグの粉末度は粗骨材重量比に影響しないことがわかる。すなわち、コンクリートの材料分離にスラグの粉末度が影響しないことを示す。これに対し、メッシュ

がある場合、図-7に示すように、粗骨材重量比は採取位置によって大きく変化している。スラグの粉末度が $4000\text{cm}^2/\text{g}$ の配合は、BからCの間で粗骨材重量比が大きく減少するが、C以降大きな変化は見られない。スラグの粉末度が $6000\text{cm}^2/\text{g}$ および $8000\text{cm}^2/\text{g}$ の配合では、BからCで粗骨材重量比が大きく減少した後増大する傾向が見られる。粗骨材重量比のB、C間での低下は、最初のメッシュの通過後、コンクリートに材料分離が起きたことを意味する。また、C以降の粗骨材重量比の増加は、材料分離前にメッシュを通過したコンクリートと材料分離後に流れ出たモルタル分が、徐々に混ざり合いながら流動したためと考えられる。

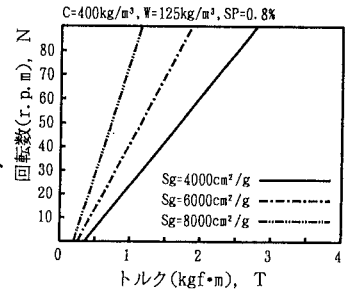


図-2 トルクと回転数に及ぼすスラグ粉末度の影響

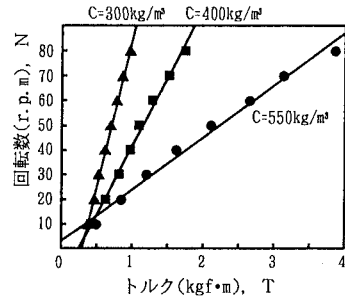


図-3 トルクと回転数に及ぼす単位結合材量の影響

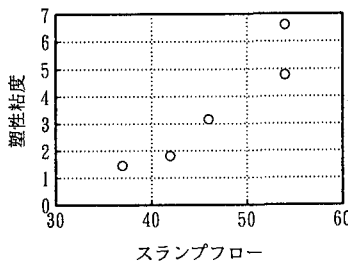


図-4 スランブフローと塑性粘度

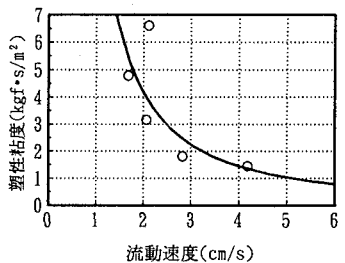


図-5 流動速度と塑性粘度

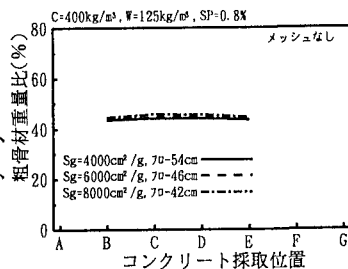


図-6 コンクリート採取位置別粗骨材重量比（メッシュなし）

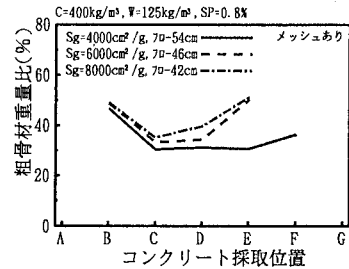


図-7 コンクリート採取位置別粗骨材重量比（メッシュあり）