

浮遊体を用いたコンクリートの締固め判定方法に関する検討

金沢工業大学 学生会員 ○山本 昌史
 金沢工業大学 正会員 宮里 心一
 安藤ハザマ 正会員 林 俊斉
 安藤ハザマ 正会員 齋藤 淳

表-1 実験ケース

スランブ (cm)		スランブ (cm)		
直径 (mm)	浮力 (N)	10	13	16
20.00	0.04		○	
28.956	0.12		○	
35.56	0.23		○	
40.00	0.33	○	○	○

表-2 コンクリートの配合

スランブ (cm)	AIR (%)	G max (mm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
					W	C	S	G	Ad
10.0±1.0	4.5±1.0	20.0	55.0	45.0	169	307	800	1001	3.07
13.0±1.0					174	316	789	990	3.16
16.0±1.0					178	324	782	979	3.24

1. はじめに

コンクリートの施工時において、締固めの程度は、現状では熟練技術者や技能者の経験に基づいた目視や感覚によって行われている。しかしながら今後、高齢化による彼らの減少に伴い、充填不良あるいは豆板といった施工不良が生じ易くなり、硬化コンクリートの品質低下が懸念される。その為、従来の定性的な締固め完了の判断ではなく、定量的に判定することが求められている。

前述の背景から、コンクリートの締固めを定量的に判定するための研究がいくつか実施されている。例えば、バイブレータの負荷トルクに着目した油圧の経時変化¹⁾、コンクリート内部の振動波形²⁾等がある。ただしこれらでは、加速度計などの高価な計測器を用いる必要がある。一方、気泡に見たてた浮遊体が浮上する事によって締固めを判定する本方法では、簡易かつ低コストで判定出来る可能性がある。

そこで本研究では、異なるスランブのコンクリート中に浮力の異なる浮遊体を埋設して、締固めを行い、浮遊体がコンクリート表面に浮上するまでの時間を計測する事で、適正な締固め時間を判定できるか否かの検討を行った。

2. 実験手順

2.1 実験ケースとコンクリート配合

表-1 に実験ケースを示す。浮遊体には直径 40.00 mm のピンポン玉及び直径 20.00~35.56 mm の 3 種類のポリプロピレン製中空ボールを用いた。すなわち、粗骨材の最大寸法の 1~2 倍程度の直径の浮遊体を用いた。なお、浮遊体の水中における浮力は次式で求めた。ここで、 F は浮遊体の浮力 [N]、 V は浮遊体の体積 [m³]、 ρ は水の密度 [kg/m³]、 g は重力加速度 [m/s²]を示す。

$$F \text{ [N]} = V \text{ [m}^3\text{]} \times \rho \text{ [kg/m}^3\text{]} \times g \text{ [m/s}^2\text{]}$$

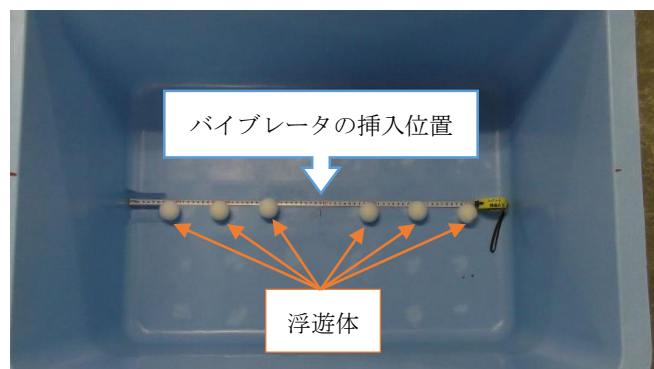


図-1 容器に浮遊体を配置した様子

表-2 にコンクリートの配合を示す。コンクリートのスランブは、単位水量で調整した。

2.2 実験方法

図-1 のように、内寸 縦 50×横 70×高 50 cm の容器の底面に中心から 10 cm 間隔で左右 30 cm まで浮遊体を配置し、コンクリートを高さ 20 cm まで投入した。容器の中心にバイブレータを挿入し、全ての浮遊体がコンクリート表面に浮上するまで振動を与え続けた。バイブレータからの距離 10, 20 及び 30 cm における浮遊体の浮上時間は、左右の浮上時間の平均値を用いた。締固めには、直径 28 mm、振動数 13000~15000 rpm の棒状バイブレータを用いた。

3. 実験結果

3.1 浮力が浮上時間に及ぼす影響

スランプ 13 cm のコンクリートを締め固める際の、浮遊体の浮力と、浮上時間の関係を図-2 に示す。実験結果より、直径が小さい、すなわち浮力の小さい浮遊体ほど浮上時間が増加し、 $\Phi 20.00$ mm ではパイプレータからの距離 10 cm でも浮上に 40 秒を要した。また、コンクリート標準示方書に示される締め固め時間の標準の範囲である 5~15 秒程度³⁾で浮上する浮遊体の浮力は、距離 10 cm では 0.19~0.33 N, 距離 20 cm では 0.33 N 程度であると考えられる。

3.2 スランプが浮上時間に及ぼす影響

スランプ 10, 13 及び 16 cm のコンクリートに浮力 0.33 N (直径 40.00 mm) の浮遊体を埋設し、締め固めを実施した。その際のスランプと浮上時間の関係を図-3 に示す。なおここで、コンクリート標準示方書³⁾には施工標準として、パイプレータの挿入間隔は 50 cm 以下で、締め固め時間は 5~15 秒程度と示されている。したがって、5~15 秒間で、パイプレータからの距離 25 cm までを締め固めるための判定方法を検討する。図-3 によれば、スランプ 13, 16 cm において、パイプレータからの距離 10, 20 cm までは、示方書に示されている締め固め時間の標準の範囲内³⁾で浮上し、目視判定と合わせて適切な締め固めを実施出来ていると判断した。すなわち、標準的な締め固め方法で、浮遊体は浮上した。一方スランプ 10 cm では、パイプレータからの距離 20, 30 cm と遠くなるに伴い、標準的な時間を超えてからの浮上が見られた。このことからスランプ 10 cm 程度の場合、50 cm の挿入間隔では、適切な締め固めを行えないと考えられる。

4. まとめ

本検討の範囲内ではあるが、以下に示す事が分かった。

- 1) 図-2 より、標準的な締め固め時間³⁾で浮上する浮遊体の浮力は、パイプレータの挿入位置からの距離が 10 cm では 0.19~0.33 N (直径 33~40 mm) で、距離が 20 cm では 0.33 N (直径 40 mm) 程度であると考えられる。
- 2) 1)で述べたような、適正な浮力を有する浮遊体よりも直径が小さい場合、適切な締め固め状態になっても浮遊体は浮上しない。

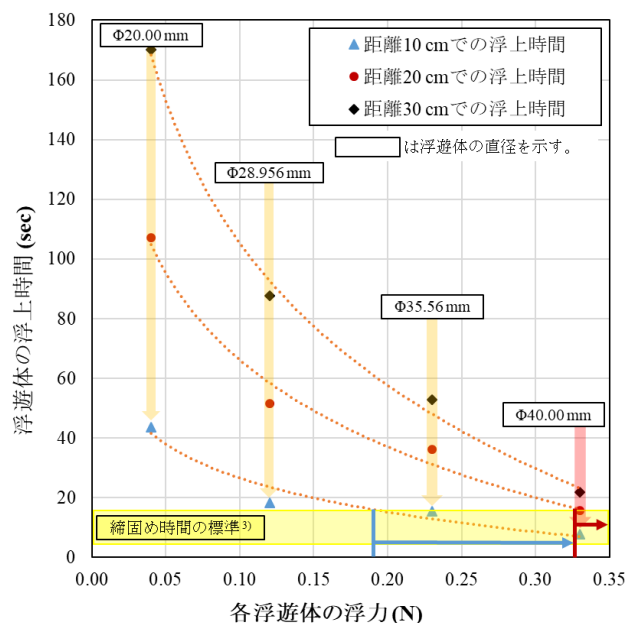


図-2 スランプ 13 cm における浮力と浮上時間の関係

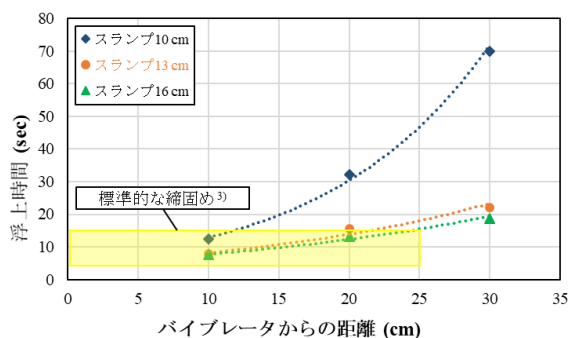


図-3 スランプの違いと浮上時間の関係
(浮力 0.33 N, 直径 40.00 mm)

- 3) 図-3 より浮力 0.33 N (直径 40.00 mm) の浮遊体を用いた場合、スランプ 13, 16 cm では、コンクリート標準示方書の施工標準の締め固め時間及び挿入間隔を適正に判定出来る事が分かった。また、スランプ 10 cm の場合、直径 50 cm の挿入間隔では適切な締め固めが行えないことから挿入間隔を狭くする必要があることが分かった。

参考文献

- 1) 天明敏行, 齋藤淳, 寺田幸男 : ダムコンクリートのバイバックによる締め固め評価システム, コンクリート工学年次論文集, Vol.36, No.1, pp.1618-1623, 2014
- 2) 古屋弘, 上高克弘, 久保貴士 : ダム用コンクリート締め固め判定手法の開発, 大林組技術研究所報, No.78, pp.1-8, 2014
- 3) 土木学会 : コンクリート標準示方書 [施工編] 2017 年制定, pp.120-122, 2018