

締固め要因が表面気泡に与える影響に関する一考察

鹿島建設(株)土木管理本部 フェロー ○坂田 昇
鹿島技術研究所 正会員 村田和也 正会員 渡邊賢三 正会員 坂井吾郎
東京大学工学系研究科 正会員 石田哲也

1. 背景および目的

土木学会コンクリート標準示方書施工編〔2012 年度版〕では、打込みに関して「1 層の高さが 40~50cm 程度以下であれば棒状バイブレータの振動部分の長さよりも小さく、（中略）、その範囲を標準とした。」と記述されている。さらに、締固めに関しては「棒状バイブレータの間隔は（中略）一般に 50cm 以下にするとよい。（中略）締固め時間の目安は一般には 5~15 秒程度である。」と示されている。しかし、コンクリート表層部は振動が伝わりにくく、表面気泡が残り易いことから、一般に後追いバイブレータによる締固め等が行われ、より長時間締め固められている。ただし、その締固め時間については感覚的に行われており、明確な締固め時間が定かでないのが現状である。そこで、本論文では、棒状バイブレータによる締固め時間がコンクリートの表面気泡に及ぼす影響を明らかにするための実験を行い、その結果を報告する。

2. 実験の概要

2.1 型枠およびコンクリート

図-1 に供試体の概要を示す。図示するように、供試体は、縦横 400mm×高さ 800mm の柱状とした。型枠は通常の合板で作製した。コンクリートは表-1 に示すレディーミクストコンクリート(27-8-20BB)を使用し、ピストン式のコンクリートポンプ車で打ち込み、φ 50mm の棒状バイブレータで締固めを行った。

2.2 実験ケース

表-2 に実験ケースを示す。打込み 1 層の高さは上述したように 400mm を標準として、400mm に対し過大、過小のケースを設定した。棒状バイブレータの挿入箇所は、一般的な間隔とされる 50cm 以下と供試体形状を考慮して 1、4、8 か所とし、挿入位置は表-2 中に示すように、1 か所のケースは供試体中心、4 および 8 か所のケースは型枠から 100mm 離れた位置とした。1 か所当たりの締固め時間は、上述したように目安とされる 15 秒を標準として、15 秒に対し過大、過小のケースを設定した。なお、棒状バイブレータ挿入箇所、締固め時間をパラメータとした場合、供試体 1 本当たりの総締固め時間は表-2 に示すとおりとなる。供試体は、材齢 7 日で脱型し、表面気泡面積率は図-1 に示すように、側面 400×800mm の中心の A4 サイズ

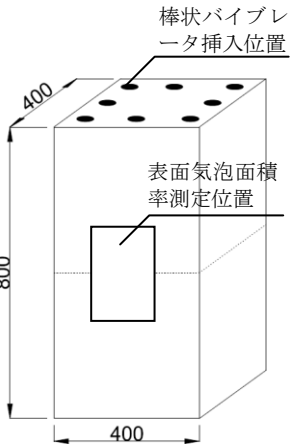


図-1 供試体概要

表-2 実験ケース

ケース No.	1 層の高 さ(mm) [層数]	棒状バイ ブレータ 挿入箇所	1 か所当たりの 締固め時 間(秒)	総締固め 時間(秒)
1	800 [1 層]	1 か所 	5	5
2			10	10
3			15	15
4			30	30
5	400 [2 層]	4 か所 	15	120
6	60		480	
7	267 [3 層]		60	720
8	400 [2 層]	8 か所 	15	240
9	30		480	
10	15		360	
11	267 [3 層]		30	720

表-1 コンクリートの配合

W/C (%)	目標スランプ (cm)	目標空気量 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m³)				
				水 W	セメント N	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤 AD
55.0	8.0	4.5	48.6	165	300	889	950	3.60

キーワード：締固め、バイブレータ、表面気泡

連絡先 〒107-8348 東京都港区赤坂 6-5-11 TEL 03-5544-1111

の透明シートに転写し、これを画像処理することで算出した。

3. 実験結果

実験に供したコンクリートのスランプは 8.0cm, 空気量は 4.3%, コンクリート温度は 13.5℃であった。

図-2 に表面状態の一例としてケース 1, 5, 11 における表面気泡の測定結果を示す。図示するように、ケース 1 では表面気泡面積率が約 2.3%と非常に大きく、さらに、深さ 15mm, 直径 20mm 程度の極めて大きな気泡が形成された。これは、1 層の高さが 800mm と大きく、さらに総締固め時間が 5 秒と短いことから、気泡が合泡して上昇する途中で締固め作業を終了したためと考えられる。一方、ケース 5, 11 については、表面気泡面積率が 0.1%程度以下と小さく、示方書に準じて 1 層の高さを小さくし、十分に締め固めた効果と考えられた。

ケース 1	ケース 5	ケース 11
表面気泡面積率 : 2.31%	表面気泡面積率 : 0.14%	表面気泡面積率 : 0.01%

図-2 表面気泡面積率の測定結果の一例

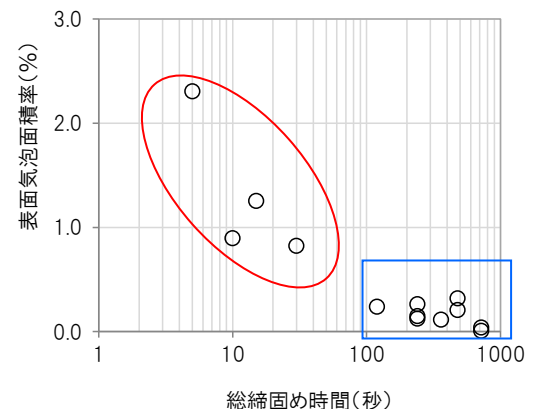


図-3 総締固め時間と表面気泡面積率の関係

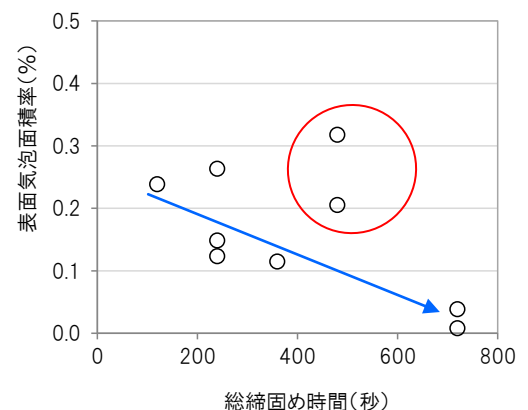


図-4 総締固め時間と表面気泡面積率の関係

図-3 に総締固め時間と表面気泡面積率の関係を示す。締固め時間の延長に伴い、表面気泡面積率が指数関数的に減少した。ここで、図中に丸で囲ったケースは、1 層の高さが 800mm と大きいケースであり、層厚が大きく、かつ締固め時間が不足していたために、表面気泡面積率が大きくなったものと推測された。さらに、図中に四角で囲ったケースを図-4 に拡大して示す。図-4 に示すように、供試体 1 本当たりの総締固め時間を長くすることによって 100~400 秒の範囲で表面気泡面積率が小さくなった。これはエントラップドエアが合泡して表面近傍に現れた気泡が更なる振動によって上部に逸散したためと考えられる。総締固め時間を 400 秒以上にした場合、表面気泡面積率が大きくなっているが、これは更なる振動によりエントレインドエアまでもが合泡し、表面に気泡として現れたものと考えられる。さらに、締固め時間を 600 秒以上とすることで表面気泡はほとんど消失する結果となっており、コンクリート中のほぼ全ての空気が逸散したものと考えられる。ただし、ここまで長時間の締固めを行うことによって著しい材料分離を生じるものと推察される。

4. まとめ

図-3, 図-4 を総括すると図-5 のようになり、コンクリート表面部の締固めに関しては、表面気泡をなくす上で最適な締固め時間が存在し、その締固め時間は示方書で示されている標準的な時間よりも長くする必要があることが分かった。

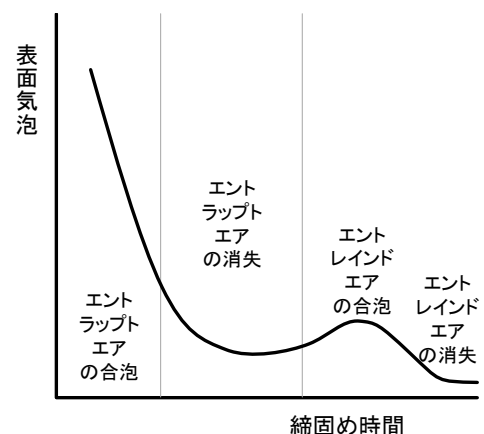


図-5 締固め時間と表面気泡の関係の概念図