

## 締固め時間が表面気泡ならびに表層品質に及ぼす影響

鹿島建設(株) 正会員 ○水野浩平 橋本 学 渡邊賢三 柳井修司

### 1. はじめに

コンクリート構造物の耐久性は、コンクリートの表層品質が重要であることが明らかになっており<sup>1)</sup>、近年、目視調査結果に基づいてコンクリート施工の PDCA サイクルを回して品質を向上させていく手法（目視評価法）<sup>2)</sup>が運用されている。しかし、施工要因が目視評価法による評価結果に及ぼす影響については、統一的な見解が得られておらず、Action（改善）に関する知見は技術者の経験や勘所に因る部分が多い。本稿では、ボックスカルバートを構築する現場において、締固め時間が側壁部の表面気泡に及ぼす影響ならびに、その表面気泡がテストハンマーによる推定圧縮強度に及ぼす影響について検討した。

### 2. 締固め時間データの取得方法と目視評価法による表面気泡の評価結果

対象構造物は、掘割構造のボックスカルバートのうち、図-1に示す側壁1ブロックとした。コンクリートの配合および使用材料を表-1に示す。コンクリートの打込み時に、φ50mm、振動数200Hzのバイブレータを2本使用して締め固めた後、φ40mm、振動数200Hzのバイブレータ2本を使用して後追いで締め固めた。締固め時間は、現場に記録員を配置することで図-1に示す区画毎に取得した。区画は、長さ方向を1.5m毎に10分割し、高さ方向を1層から8層は0.5m、9層および10層は0.3mに10分割し、両者を掛け合わせ合計100区画とした。本稿では、後追いバイブレータ2本を対象に、締固め時間の累積値を取得した。目視評価法<sup>2)</sup>は、コンクリートの耐久性および見栄えに影響を及ぼすと考えられる、打重ね線、表面の色つや、表面気泡、沈みひび割れ、型枠継ぎ目ののろ漏れおよび砂すじの6項目に対し4点満点で点数化する手法であるが、表面気泡以外の5項目については、概ね3.5以上の高い評価点が得られたため、本稿では表面気泡のみに着目した。層毎に分類した評価点の度数分布を図-2に示す。なお、9層目は仮設の土留め材が干渉したため、目視評価は未実施である。度数分布の結果より、3層目および10層目において、2.0および2.5と他の層と比較して低い評価点であることが確認された。

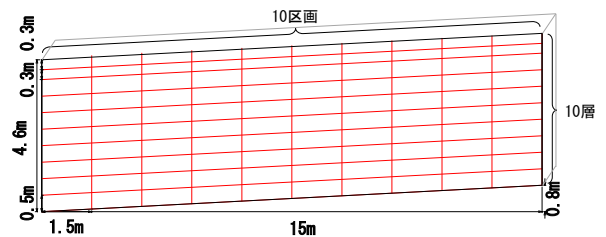


図-1 対象構造物の基本形状と目視評価の区画

表-1 コンクリートの配合および使用材料

W/C (%)	s/a (%)	スラブ (cm)	空量 (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				
				W	C	S	G	Ad
53.0	46.7	12.0	4.5	172	325	810	978	3.09

・W:地下水 ・C:低発熱・収縮抑制型高炉セメント,密度:2.98 g/cm<sup>3</sup>  
 ・S:砕砂,表乾密度:2.63 g/cm<sup>3</sup>,粗粒率:2.15  
 ・G1:砕石 2005,表乾密度:2.67 g/cm<sup>3</sup>,実積率:61.0%  
 ・Ad:AE 減水剤,リグニンスルホン酸化合物とポリカルボキシル酸エーテルの複合体

### 3. 締固め時間と表面気泡との関係

前項で評価点の低い傾向にあった3層目および10層目における、1区画あたりの後追いバイブレータによる締固め時間の累計と表面気泡評価点との関係を図-3に示す。3層目は、1区画あたりの締固め時間が30秒程度から120秒程度まで分布し、締固め時間が長いほど評価点が低い傾向が認められる。10層目については、締固め時間が0秒のケースが多く、かつ評価点が2から4まで分布している。これは、先行で実施したφ50のバイブレータ2本の締固めにより、表面気泡が消失した区画と、消失しなかった区画に

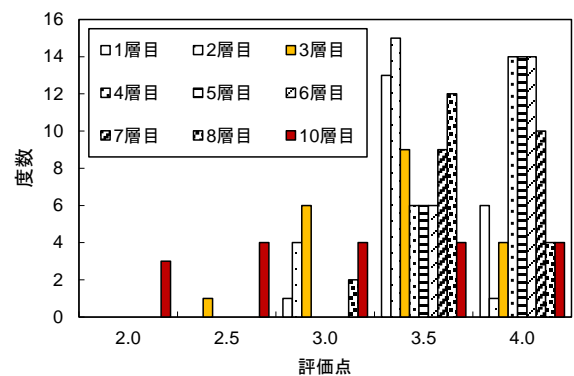


図-2 表面気泡の評価点の度数分布

キーワード 表層品質, 目視評価法, 締固め, 表面気泡

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL: 042-485-1111

分けられるものと考えられる。また、締固め時間が 80 秒程度から 120 秒程度のプロットでは、3 層目のプロットと重なるように分布した。

表面気泡の定量化を目的に、図-3 のうち (※) のプロット (10 層目\_後追いなしと表記、3 層目\_後追い 52 秒、3 層目\_後追い 119 秒) を対象に、画像解析による表面気泡分析を行った。画像解析では既往の文献<sup>2)</sup>を参考に、対象区画のコンクリート表面より 1 m 離れた位置より撮影した画像に対して、画像上で表面気泡を抽出することで、その画素数により面積に換算した。また、取得した表面気泡面積に対し円換算で気泡径を算出するとともに、幅 1500 mm、高さ 300 mm の分析対象面積で除し、表面気泡面積率を算出した。気泡直径 10 mm、5 mm、1 mm を閾とし、画像解析による表面気泡面積率を整理した結果を図-4 に示す。10 層目\_後追いなしのケースでは、気泡面積率の合計 0.56% のうち、5 mm 以上の比較的大きな気泡が半分程度を占めた。既往の文献<sup>2)</sup>では、締固め時間が短いときに 5 mm 以上の気泡の占める割合が高いことが報告されており、今回の施工においても締固めが不足したために表面気泡が顕在化したものと考えられる。3 層目\_後追い 52 秒のケースは、5 mm 未満の気泡のみが観察され、気泡面積率の合計 0.06% と、表面気泡の少ない品質であった。3 層目\_後追い 119 秒のケースは、気泡面積率の合計 0.42% であり、3 層目\_後追い 52 秒のケースと比較すると、直径 5 mm 未満の気泡が増加していることが確認された。これは、後追いで締固めが過剰となり、コンクリート内部から発生した気泡が表面部に留まり顕在化したものと推察された<sup>2)</sup>。

#### 4. 表面気泡と推定圧縮強度との関係

気泡分析を実施した 3 区画を対象に、1 区画あたり 8 測点にてテストハンマーによる強度推定を実施した。推定圧縮強度を図-5 に示す。推定圧縮強度は、いずれの区画においても 32 N/mm<sup>2</sup> 程度の値が得られ、最大・最小値についても同程度であった。対象の 3 区画は、表面気泡以外の 5 項目で 3.5 以上の高い評価点であり、表層品質としては表面気泡の評価点および前述の表面気泡面積率に差が現れているが、今回の検討の範囲においては、表面気泡の多少および大小が推定圧縮強度に及ぼす影響は小さいものであった。

#### 5. まとめ

本稿では、表面気泡に着目し、締固め時間が目視評価法による評価点およびテストハンマーによる推定圧縮強度に及ぼす影響について検討した。後追いバイブレータによる締固めが不足および過剰となった場合に、表面気泡の評価点が小さくなる傾向が認められた。また、表面気泡の問題点は、鉄筋までの劣化因子の侵入経路が短くなることにあるが、今回、強度との関係を確認したところ表面気泡の影響は小さいものであった。

#### 参考文献

- 1) 坂田ら：コンクリート構造物の品質向上と表層品質評価手法，コンクリート工学，Vol.50，No.7，pp.601-606，2012。
- 2) 前田ら：デジタルカラー画像解析による締固め過程のコンクリート表面気泡の評価，日本材料学会，Vol.66，No.3，pp.205-210，2017。

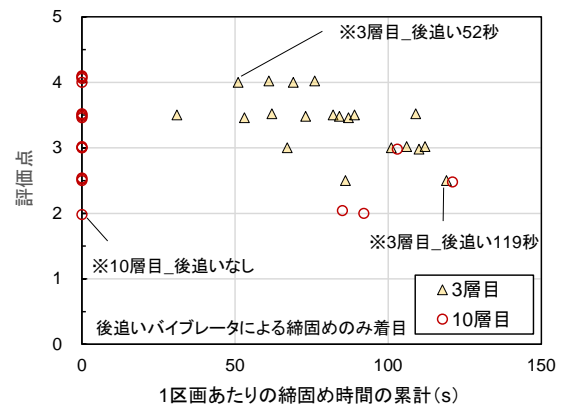


図-3 締固め時間と表面気泡評価点との関係

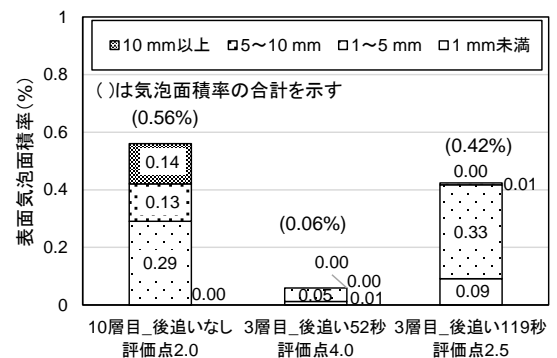


図-4 画像解析による表面気泡面積率

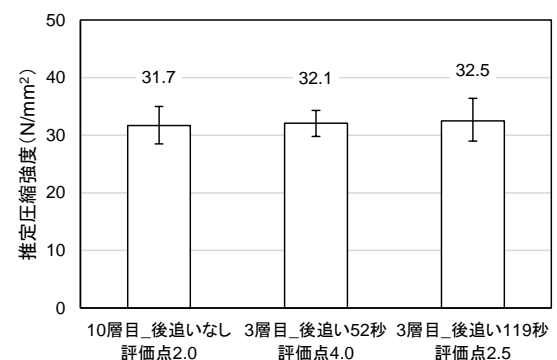


図-5 テストハンマーによる推定圧縮強度