

実構造物を対象とした熱可塑性樹脂シートの表面気泡低減メカニズムに関する一考察

鹿島建設(株) 正会員 ○吉田祐麻 藤岡彩永佳 芦澤良一 渡邊賢三 坂井吾郎  
東京大学大学院工学系研究科 フェロー会員 石田哲也  
積水成型工業(株) 正会員 渋谷能成

1. はじめに

コンクリートの表面気泡は、構造物の美観を損ねるとともに、微小領域で見ればかぶりの減少と同義であることから、コンクリート構造物の表層品質に関する評価指標の一つと考えられる<sup>1)</sup>。表面気泡は、せき板表面に存在する空気やブリーディング水の上昇によって発生すると考えられ、実構造物では天端近傍に生じやすい(写真-1)。一方、筆者らは撥水性を有する熱可塑性樹脂シート(以下、シート)をせき板表面に貼付することで表面気泡の低減が可能となることを確認しており<sup>2)</sup>、シートによる表面気泡の低減メカニズムの解明を目的としている。しかし、小型の供試体では実構造物の天端近傍で見られるような状態を再現しにくく、実験的検討が難しいという課題があった。本報文では、高さ2.5mの実構造物を対象として、表面気泡面積率や表面気泡深さ等の定量的な評価を実施した結果を示す。



写真-1 天端近傍の表面気泡

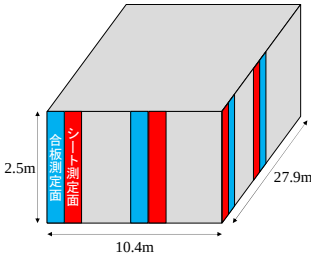


図-1 シート貼付位置

2. 検討概要

本検討で対象とした構造物は、寸法が10.4×27.9×2.5mの橋梁下部工のフーチングである。図-1に示すように、ブリーディング水が滞留しやすい隅角部を含む4箇所のせき板に、表-1に示す約90°の接触角を有するシートを貼付した。

表-2にコンクリート配合を示す。市中のレディミクストコンクリート工場で製造し、約30分かけて運搬した。セメントには低熱ポルトランドセメントを使用し、打込み直前のスランブの実測値は11.5~13.5cm、空気量の実測値は3.6~5.3%であった。また、φ150mmの円柱容器を用いた簡易ブリーディング試験<sup>3)</sup>によるブリーディング量は0.070cm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>であった。

打込みは1層の高さを0.5mとし、5層に分けて行った。締固めは、φ50mmのフレキシブルパイプレータで約15秒間行うとともに、かぶり部分にはφ30mmのマルチインナーパイプレータを挿入して、約10秒間締め固めた。

本検討における評価項目を表-3に示す。コンクリート硬化後、図-1に示したシート貼付位置およびそれに隣接する化粧合板位置の表面気泡を測定した。測定は表-3に示す方法で行い、表面気泡をトレースした透明シートからは、表面気泡面積率、および表面気泡の径を算出した。これらの評価を、図-2に示すような構造物下端から2.5m、1.3m、1.0mの3点を上端とした高さ210mmの3領域(上、中、下)で実施した。ここで、「上」、「下」は各々の打込み層(0.5m)の上端部分、「中」は打込み層の中心部分である。

表-1 せき板表面の接触角

| せき板表面       | 接触角(°) |
|-------------|--------|
| 熱可塑性樹脂シート   | 90.4   |
| 化粧合板(離型剤なし) | 約70.0  |

表-2 コンクリート配合

| W/C (%) | 目標スランブ (cm) | 空気量 (%) | 単位量(kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |     |      |
|---------|-------------|---------|-------------------------|-----|-----|-----|------|
|         |             |         | W                       | C   | S   | G   | Ad   |
| 50.0    | 12.0±2.5    | 4.5±1.5 | 171                     | 342 | 824 | 982 | 3.42 |

C: 低熱ポルトランドセメント S: 細骨材(山砂砕砂混合)  
G: 粗骨材(砕石) Ad: ポリカルボン酸系 AE 減水剤

表-3 評価項目

| 測定項目                   | 方法                                              |
|------------------------|-------------------------------------------------|
| 表面気泡トレース<br>(面積率・気泡の径) | 透明シートを用いて、径が1mm以上の表面気泡をトレースし、画像の二値化処理によって、各値を算出 |
| 表面気泡深さ                 | デプスゲージを用いて、径が1.2mm以上の表面気泡の深さを測定                 |

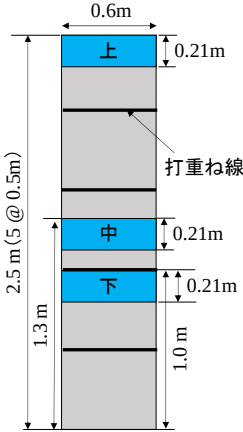


図-2 気泡測定位置

キーワード: 表面気泡, 熱可塑性樹脂シート, 表面気泡径, 表面気泡深さ, 接触角

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 042-489-6733

### 3. 検討結果および考察

図-3 に表面気泡面積率の平均値および各測定位置で得られたデータの範囲を示す。既往の報告<sup>2)</sup>と同様、表面気泡面積率および測定値のばらつきは、シートの方が化粧合板より小さくなった。また、上中下の位置関係に着目すると、シートと化粧合板どちらについても、中と比較して上と下の方が表面気泡面積率およびばらつきは大きくなった。これは、中が打込み層の中心であるのに対し、上・下が打込み層の上端であることから、上・下では層間の気泡が上昇して集中したことによるものと考えられる。

次に、図-4 に表面気泡面積の総和に対する、各径の気泡が占める面積の割合（以下、構成比と称す）の累計を示す。構成比は、0.05mm 毎に算出した。例えば2mm 以下の気泡は、化粧合板では全体の0.52～0.55 程度の面積であるのに対し、シートを用いた場合は全体の0.60～0.63 程度の面積であった。図に示すように、概ねすべての表面気泡の径において、化粧合板に比べシートの構成比は高くなった。このことから、シートを用いた場合、表面気泡の径が全体的に小さくなったといえる。また、表面気泡の径1mm の範囲ごとに表面気泡面積の低減率を式(1)で算出した。

$$R = \frac{A_c^{x \leftrightarrow y} - A_s^{x \leftrightarrow y}}{A_c^{x \leftrightarrow y}} \times 100 \quad (1)$$

ここに、 $R$ ：表面気泡面積の低減率(%),  $A_c^{x \leftrightarrow y}$ ：化粧合板の径が  $x$  mm から  $y$  mm の気泡すべての面積の総和( $\text{cm}^2$ ),  $A_s^{x \leftrightarrow y}$ ：シートの径が  $x$  mm から  $y$  mm の気泡すべての面積の総和( $\text{cm}^2$ )を表す。

図-5 に算出した表面気泡面積の低減率を示す。図に示すように、表面気泡面積率の低減率は気泡径が大きくなるほど高くなった。このことから、シートによる表面気泡の低減効果は、粗大な気泡に対してより顕著になっていると考えられる。

図-6 にデプスゲージを用いて実測した表面気泡深さと表面気泡個数の構成比の累計の関係を示す。表面気泡深さの構成比は化粧合板とシートで大きな差異はなかった。せき板表面の接触角によって、表面気泡の深さに変化が生じる可能性が考えられた<sup>4)</sup>が、本検討の範囲ではこの現象は確認されず、表面気泡面積率やせき板表面の性状にあまり影響を受けないことが示唆された。

### 4. まとめ

せき板表面にシートを貼付することで、表面気泡を低減し、表面品質を均質化できた。さらに、気泡径を定量的に分析した結果、シートを用いることで表面気泡の径が小さくなり、シートが粗大な空隙をより顕著に低減することが確認された。以上から、シートによる表面気泡面積率の低減は、大きい径の気泡の選択的な減少に由来したものと考えられる。また本検討の範囲では、表面気泡の深さはシートの有無による変化は確認されなかった。

### 参考文献

- 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.30，No.7，pp.601-606，2012
- 石井ら：熱可塑性樹脂シートの有無が表面気泡に与える影響に関する一考察，土木学会第69回年次学術講演会講演概要集，99.131-132，2014
- 日本コンクリート工学会，構造物の耐久性向上のためのブリーディング制御に関する研究委員会報告書，2017
- 園山ら：濡れ性の悪い平面壁に衝突する単一気泡の挙動，鉄と鋼，Vol.86，No.4，pp.203-209，2000

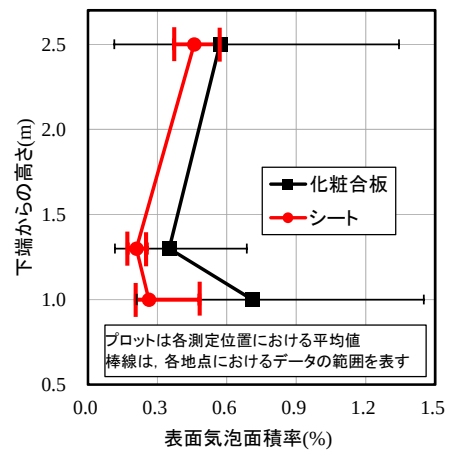


図-3 表面気泡面積率の算出結果

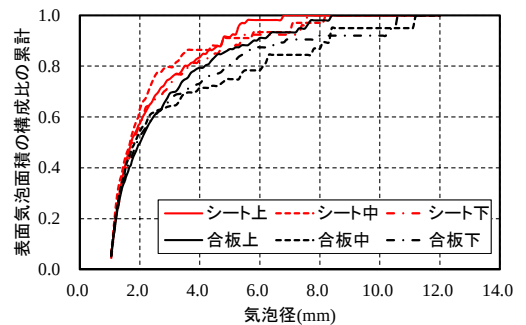


図-4 表面気泡面積の構成比の累計

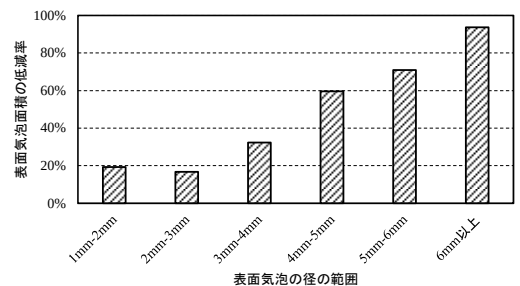


図-5 表面気泡径ごとの表面気泡低減率

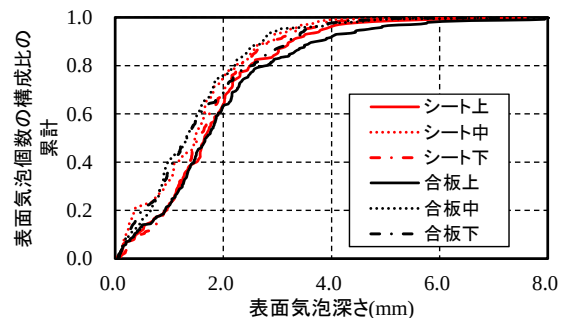


図-6 表面気泡深さと気泡個数の構成比の累計の関係