

ソイルセメントの品質管理方法と強度品質の標準偏差

株式会社インボックス ○小林瑞穂 秋山祥克 松村和樹
橋木貞則 織田哲暢 門分良太

1 はじめに

国土交通省砂防部による施設効果事例「砂防堰堤の分類」によると，設計基準強度 3.0N/mm^2 以上を満足している砂防ソイルセメントは，コンクリートと同様の分類に含まれるとされている。しかし，これまでのソイルセメントはコンクリートのように統計学的な強度管理や検証はされていなかった。そこで，昨年ソイルセメント強度のバラツキ傾向を検証したところ，圧縮強度の品質管理における検証データに収束傾向が確認された¹⁾ため，今回は更に検証データを増やし，ソイルセメントの圧縮強度のバラツキを検証した結果を第2報として報告する。

2 ソイルセメントの品質管理方法

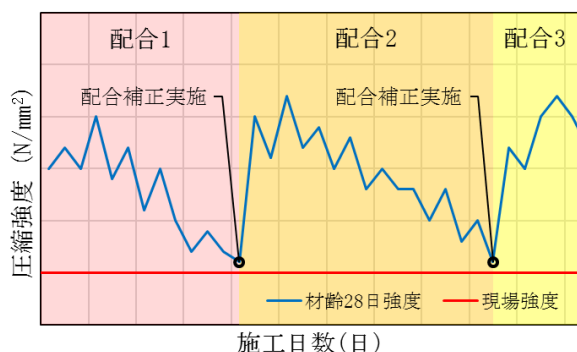


図-1 ソイルセメントの配合補正概念図

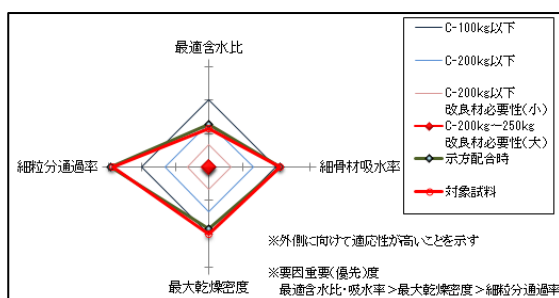


図-2 INSEM 材適応性指標チャート

筆者らは，図-1 に示すように，多くの配合実績に基づき「現地発生土砂のバラツキに対応して適時，適切な配合に補正する」という考え方を基本とした品質管理手法を用いている。具体的には，SBウォール工法研究会の「現地土砂のINSEM材適応性判断指標分類（図-2）」²⁾や事前確認試験によって，土砂のバラツキを事前に把握することで適時適切な配合に補正し，ソ

イルセメントの品質向上を行っている。本予稿の検証データは，上記のような品質管理手法によって得られたデータを用いて検証した結果である。

3 ソイルセメントの品質管理データ

今回，新たに23事例の品質管理データを追加し，全32事例について検証した。図-3は，各事例の品質管理データから求められた，材齢28日圧縮強度の平均値 (μ) 及び，標準偏差 (σ) を用いて描いた正規分布曲線である。

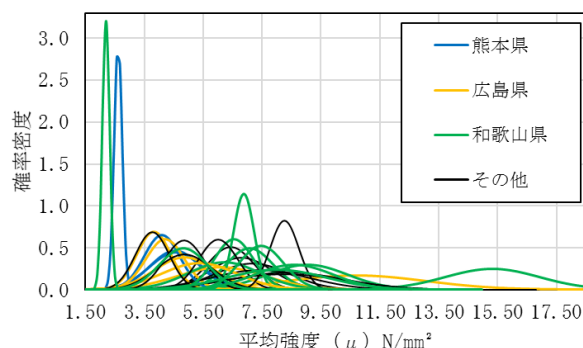


図-3 正規分布曲線

図-3を見ると，正規分布の山はグラフの右側に行くほど，おおそ高さが低く，なだらかになっている。これは昨年の検証と同様の傾向である。すなわち，ソイルセメントの強度品質はコンクリートと同様に，強度の平均値が高くなればなるほど，発現強度がばらつくと考えられる。また，母数が増加しても，傾向に変化は見られなかったため，圧縮強度と発現強度のバラツキ，つまり標準偏差の間には深い相関があることが示唆された。

4 平均強度と標準偏差

3にて，圧縮強度と標準偏差の間に深い相関があることが示唆された。そこで，圧縮強度と標準偏差の関係を明確にするためグラフに示した（図-4）。図-4の関係について相関分析を行うと，相関係数は $R=0.670$ ，説明変数 0.144 の有意確率は $P=0.00278\%$ であった。有意水準 5% とすると P は有意水準以下となるため，相関があると認められる。

一方，施工場所別に図-4のデータを振り分けると，各施工場所において相関係数と説明変数の有意確率は熊本県； $R=0.991$ ($P=0.899\%$)，

広島県； $R=0.974$ ($P=0.0210\%$)，和歌山県； $R=0.717$ ($P=1.29\%$) となった。前述の3つの施工場所のうち一番相関係数の小さい和歌山県の各事例は、主材料である土砂は河床堆積土砂と地山土砂に大別され、それぞれ粒度の異なる材料であるためバラツキが大きくなったと考えられる。反対に、相関係数から高い相関があると判断される広島県、熊本県の各事例では、主材料はそれぞれ、ほぼ花崗岩質の真砂土、ほぼ黒ボク土（熊本県の事例は全て阿蘇地区であるため）である。それぞれ性状が類似した傾向の土砂を使用したことが相関係数を大きくしたと考えられる。

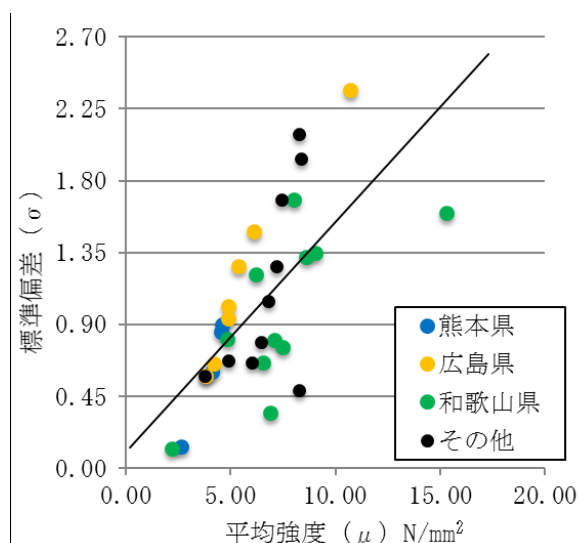


図-4 圧縮強度と標準偏差

5 検証結果の標準偏差による強度管理

4にて、圧縮強度と標準偏差の関係について検証したが、検証データ全体において相関があると認められた ($R=0.670$, $P=0.00278\%$)。この検証データの圧縮強度と標準偏差の関係は以下の式で表される。

$$\sigma = 0.144 \mu + 0.0978 \quad \dots (1)$$

また、コンクリート標準示方書³⁾によると、「コンクリートの配合強度は、一般の場合、現場におけるコンクリートの圧縮強度の試験値が、設計基準強度を下回る確率が5%以下となるよう

に定める」とある。このとき、圧縮強度が正規分布しているとする、基準値を95%満足するときの係数(k)は1.645であり、配合強度(F)は、以下の式で表される。

$$F = \mu - k\sigma \quad \dots (2)$$

(2) 式をソイルセメントに適用すると、Fは現場強度、 μ は配合強度、 σ は標準偏差となる。ここで、現場強度 3.0 N/mm^2 のときの配合強度を(1)式及び、(2)式を用いて求めると、 4.2 N/mm^2 となる。なお、この現場強度 3.0 N/mm^2 は砂防ソイルセメント施工便覧⁴⁾より、「一般的な砂防堰堤の現場強度の目安となる目安」とされている。また、現場強度が 3.0 N/mm^2 のときの目安は 4.5 N/mm^2 とされている。しかし、今回の検証データを適用すると配合強度は 4.2 N/mm^2 で現場強度 3.0 N/mm^2 を満足できるということになる。

6 おわりに

本検証は昨年時から事例を増加させて、精度を高めたが、推論と異なる傾向は出てこなかった。つまり、「圧縮強度と標準偏差には明確な相関がある」と判明した。しかし、本検証データは2に示すような品質管理手法を用いたデータである。土砂のバラツキに応じて補正を行い、一定の品質に保たれたソイルセメントであれば、今後コンクリートのような統計学的な品質管理ができる可能性は非常に高いと考えられる。今後も更に圧縮強度の品質管理データを増やし、より詳細な検証を実施したい。

7 参考文献

- 1) INSEM 品質のバラツキについて：小林他，砂防学会研究発表会，2017
- 2) SB ウォール工法 施工管理要領：SB ウォール工法研究会，2015
- 3) コンクリート標準示方書 [施工編：施工基準]：土木学会，2012
- 4) 砂防ソイルセメント施工便覧：(一財)砂防・地すべり技術センター，2016

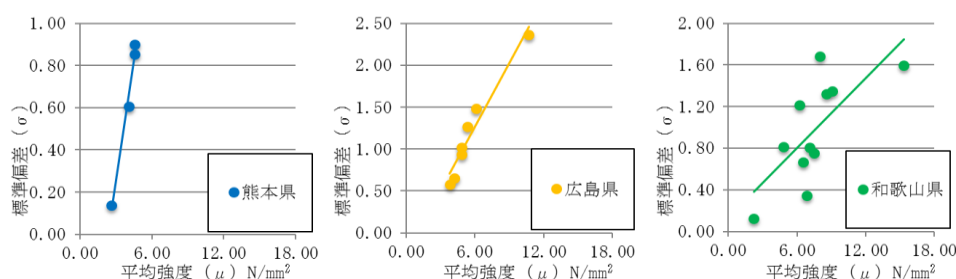


図-5 圧縮強度と標準偏差（施工場所別）