

(Ⅲ-14) ボーリング試験結果による玉石径の推定

鹿島 関東支店 正会員 ○清水 光
正会員 山下 亮
正会員 古市耕輔

1. はじめに

礫混じり層には、礫径が50cmから1m以上にも及ぶ玉石が存在することがしばしば見受けられる。この玉石の有無は、多くの工事において工種・工法の選定等において重要なファクターとなる。

現在の玉石径の推定は、経験的に地山のボーリング調査結果により得られた礫の最大粒径の3倍程度として推定する手法が一般的である。しかしながら前回の報文集¹⁾において我々は、計画段階におけるボーリング調査結果と実際の施工時に出現した玉石径の比較を行ない、現在の推定法が必ずしも妥当でない事を示した。そこで今回我々は、ボーリング調査で得られた土層の粒径分布をもとに、確率論的手法により玉石径を推定することを試みた。

2. 現状の問題点

現在の玉石径の推定法の問題点は、以下のようなものがあげられる。

①小口径のボーリング調査(φ86mm)では、玉石径の有無は確認できても、その直径を正確に測定することは困難である。②地山に存在する礫の径は、地域や地形・地質学的成因など多くのファクターに影響され、それぞれの地層ごとに大きく異なる。このため簡単な場合分けによる指標作りが困難である。③掘削時における玉石の発生は、工程・工費に大きく影響し、特にシールド工事においては計画段階において玉石径を推定し、マシンの仕様を決定する必要がある。このため、ある程度精度の高い推定が必要となる。

従って、より精度の高い推定を必要とする場合には、φ1000mm程度の大口径掘削調査を行なう場合もあるが、これはごく限られた場合であり、多くは小口径のボーリング調査結果と現地踏査や過去の実績から経験的に判断するのが一般的である。そこで今回は、基礎データを小口径ボーリング調査結果に限定し、確率論的手法を用いて玉石径の推定を行ない、施工時の実績と比較してその精度を検証する。

3. ボーリング調査結果

ボーリング調査で得られるデータのうち、今回は粒度試験結果に着目する。この解析の実例として、実際にシールド工事を施工したA工事およびB工事の粒度試験結果を表-1に示す。

表-1. 粒度試験結果

粒径(mm)	通過質量百分率(%)	
	A工事	B工事
50.8	100.0	
38.1		
25.4	62.3	
19.1	50.7	100.0
9.52	37.1	80.8
4.76	27.4	59.9
2.00	19.8	41.3
0.84	15.5	30.0
0.42	12.1	22.1
0.25	9.9	17.0
0.105	6.7	11.2
0.074	5.8	9.0

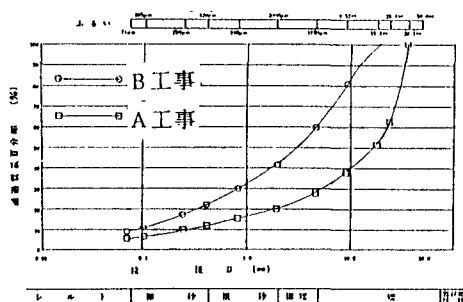


図-1. 粒径加積曲線

4. 解析手順

従来の土質試験においては、表-1の結果をもとに粒径Dの常用対数 $\log_{10} D$ と、ふるいの通過質量百分率をグラフに示し、粒径加積曲線とするのが一般的である。しかし今回は各粒径の自然対数 $\ln D_i$ と重

量比率 w_i をヒストグラムに示した。これが図-2および図-3である。この図を見ても明らかな通り、礫まじり層の室内実験においては粒径の大きい礫を取り除いてふるい分けを行なうため、かなり偏った分布を示す。今回対象とする玉石の存在範囲は、この分布範囲よりも大きい部分であり、何らかの方法で全体の粒径分布を推定する必要がある。そこで今回は $\ln D$ の分布が正規分布に従うものと仮定して、粒径の存在範囲を推定することにする。このためまずこのヒストグラムの平均値 μ 及び標準偏差 σ を求める。

$$\mu = \sum \ln D_i \times w_i \quad : \text{平均値}$$

$$\sigma^2 = \sum (\ln D_i)^2 \times w_i - \mu^2 \quad : \text{分散}$$

このとき正規分布 $N(\mu, \sigma)$ の確率密度関数 f_x が、粒径分布を近似する関数と考えることができる。

$$f_x(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right] \quad -\infty < x < \infty \quad : \text{但し } x = \ln D$$

この f_x の分布も図-2・3に併せて示した。この $f_x \neq 0$ となる値を粒径が取り得る最大値 $x_{\max}$ とし、

$$D_{\max} = e^{x_{\max}} : \text{玉石径の最大値}$$

として、玉石径の推定を行なう。

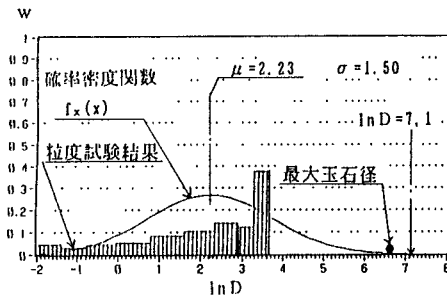


図-2. A工事粒径分布

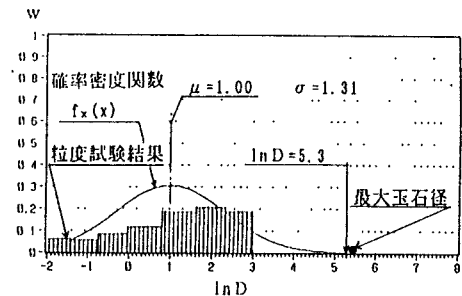


図-3. B工事粒径分布

5. 計算結果

以上の解析手順に基づいて求めた玉石径の推定値及び、従来のボーリング時の最大径の3倍での推定値、施工時に得られた実測値を表-2に併せて示す。この結果を比較すると、従来の推定値がボーリング径の制約から常に同程度の値であるのに対して、今回の推定値が地層の特性を把握した妥当な解を導いている事がわかる。

表-2. 推定値と実測値の比較

	今回の推定値		従来の推定値		出現した最大玉石径 $D_{\max}$ (mm)
	$x_{\max} = \ln D_{\max}$ (mm)	$D_{\max}$ (mm)	ボーリング時の最大径 $\phi_{\max}$ (mm)	$D_{\max} = 3\phi$ (mm)	
A工事	7.1	1,211	80	240	900×700
B工事	5.3	200	100	300	400×200×200

6. 考察

今回の解析においては、粒度試験から得られる $\phi = 50.8\text{mm}$ 以下の粒径分布のみを用いて、直径1m以上にも及ぶ玉石径の推定を行なった。このため図2・3を見ても分かるように、ヒストグラムはかなりの偏りを生じており、厳密な確率論的には正規分布に乗らない。しかしながらこれはボーリング径の制約があるためであり、玉石径の範囲まで含めた土層全体の粒度構成は $\ln D$ について正規分布に従うと予想される。このため表-2に示すように、僅かなデータからかなり実用性のある推定値を導くことができ、このままでも十分使用に耐え得るものといえる。今後はより多くのデータ解析を行ない、ヒストグラムの平均値 μ をより実際の値にシフトさせる等の操作を加えることにより、玉石の粒径ごとの発生確率といったさらに汎用性の高い推定法を確立していきたい。

(参考文献) *1) 加藤・山下 第18回関東支部技術研究発表会講演概要集(pp.184-185)