

## III-365 生石灰杭工法による地盤改良効果と土留め壁に及ぼす影響について

戸田建設(株)技術研究所 正会員 窪田敬昭 正会員 多田幸司

## 1. まえがき

軟弱粘性土地盤における掘削工事では、ヒービングの防止、土留め壁の安定性向上、施工能率の向上などを目的として、しばしば、生石灰杭工法による地盤改良が行われる。生石灰杭工法は、施工実績も豊富で、比較的短期間に改良効果が発現するなどの利点を有している。反面、生石灰杭の施工時には、施工位置周辺の土留め壁にかなり大きな応力と変形が生じており、施工管理上の問題点となっている。

本報告は、生石灰杭施工現場での実測結果に基づいて、生石灰杭による地盤改良効果と、その施工時に周辺土留め壁へ及ぼす影響について、考察を加えたものである。

## 2. 生石灰杭による地盤改良効果

生石灰杭による地盤改良効果は、一般に、生石灰杭周辺地盤の含水比低下および強度増加として評価される。前者については、生石灰の土中での作用原理に基づく理論的な含水比低下量 $\Delta\omega_{cal}$ が、次式によって算定できる<sup>1) 3)</sup>（小数表示）。

$$\Delta\omega_{cal} = \frac{1+\omega_0}{\gamma_t} \cdot \frac{1+(2+\beta) \cdot e' \cdot Sr'}{(1+e)(1+\beta)} \cdot \gamma_\omega \cdot a_v \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 $\omega_0$ 、 $\gamma_t$  は原地盤の含水比、単位体積重量であり、 $e$ 、 $e'$  および  $Sr'$  は生石灰杭の消化反応前後における間隙比および消化反応後の飽和度であり、 $\beta$  は生石灰杭材料中の添加材の割合、 $a_v$  は原地盤に対する生石灰杭の体積比（打設面積比）である。生石灰杭の現場調査結果によれば、概略の物理定数の値は  $e \approx 1.7$ 、 $e' = 1.0 \sim 1.5$ 、 $Sr' \approx 0.85$  となっている。これらの値を(1)式に代入して得られる含水比低下量の計算値と現場における実測値の関係は、図-1に示す通りで、表層改良の場合を除いて、両者はよく一致している。また、実測含水比低下量から逆算して求めた脱水量係数 $\lambda$ は図-2に示す通りで、 $a_v$  に対する $\lambda$ の勾配は $\alpha \approx 1.0$  となることから、設計時に概略の含水比低下量を推測する場合には次式を用いることができよう。

$$\Delta\omega_{cal} \approx \frac{1+\omega_0}{\gamma_t} \gamma_\omega \cdot a_v \quad \dots\dots\dots (2)$$

一方、飽和状態の正規圧密粘土を考えると、含水比低下量に対応する有効応力とせん断強さの増加が期待できる。このときの改良強度 $C_{cal}$ は、原地盤のせん断強さ、土粒子比重、圧縮指数を $C_0$ 、 $G_s$ 、 $C_c$ とすれば

$$C_{cal} = C_0 \cdot 10^{\Delta\omega \frac{C_c}{C_c}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

として計算される<sup>3)</sup>。(3)式による計算値と現場での実測強度との関係を図-3に示す。生石灰杭によって強制的に脱水された改良地盤は不飽和の状態になりやすく、強度の大きな範囲では実測値が計算値を下回る例が多い。したがって、地盤強度については、ある程度の余裕をもった設計検討が必要となろう。

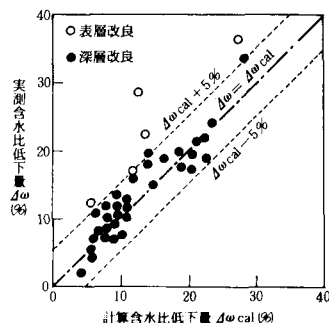


図-1 含水比低下量の予測と実際

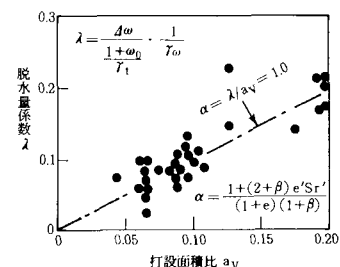


図-2 打設面積比と脱水量の関係

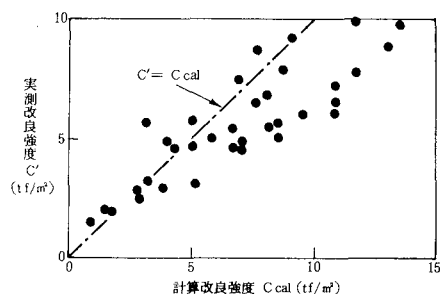


図-3 改良強度の予測と実際

### 3. 生石灰杭施工時の土留め壁に及ぼす影響

最近の掘削土留め工事における生石灰杭施工例によれば、生石灰杭打設時にかなり大きな応力と変形を土留め壁に与えることが実測されている（図-4参照）<sup>2)</sup>。この現象は、主として、ケーシングの圧入と杭材料の投入による地盤体積の増加に起因するものと考えられ<sup>3)</sup>、砂杭や混合系の地盤改良工事、既製杭打設工事においてもみられるものである。図-5に、これらの地盤改良工事・杭打ち工事の施工時に生じた土留め壁・周辺地盤の水平変位量を示す。既製杭の打ち込み時に比べてその影響は小さいようであるが、地盤改良施工時においても打設量（注入量）に比例して変位量が増加する傾向がみられる。また、生石灰杭による影響が、他の地盤改良工法に比べて、特に大きいわけではないようである。

次に、測定点の施工位置からの距離  $d$  とこれらの水平変位量との関係を図-6に示す。 $d \leq 2$  mの近接施工ではかなり大きな影響を受け、10cm前後の地盤水平変位や壁変形の実測例も少なくない。なお、地盤改良施工時に変位吸収のための緩衝溝を設置したり、排土翼によって原地盤の土砂を排土した場合には、無排土方式で施工した場合に比べて、周辺地盤に及ぼす影響が減少するとの報告例もある<sup>4) 5)</sup>。したがって、生石灰杭打設時の土留め壁に及ぼす影響の軽減対策としても、排土方式による施工方法が有効となり得る。この場合、排出土砂の処理、施工能率の低下などの問題とともに、改良効果の発現状況の確認について事前に検討する必要がある。

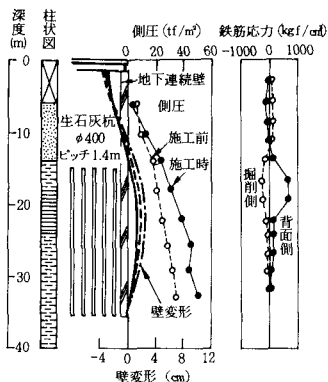
### 4. まとめ

生石灰杭工法による地盤改良効果と土留め壁に及ぼす影響についての現場調査結果から、結論的には次のことが言えよう。

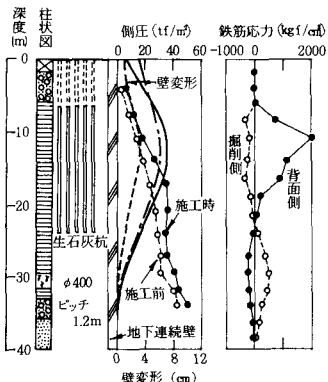
- ①提案式による含水比低下量の計算値は現場での実測含水比低下量によく一致しており、設計時にはその略算式を用いて概略の含水比低下量を推測することができる。
- ②改良後の地盤強度については、ばらつきの中で実測値は計算値より小さ目であり、余裕のある設計検討が必要である。
- ③圧入方式で生石灰杭を打設すると、地盤体積の増加によって土留め壁にはかなり大きな応力と変形が生じることがあり、対策を含めた施工方法の事前検討を行う必要がある。

#### 〔参考文献〕

- 1) 安藤・窪田：軟弱粘性土地盤における生石灰パイルの改良効果について、土木学会第35回年次学術講演会，1980。
- 2) 岡部・窪田ほか：生石灰杭の施工による土留め壁への影響（その1，その2），第20回土質工学研究発表会，1985。
- 3) 岡部・窪田：生石灰杭工法による地盤改良効果と土留め壁に与える影響について，戸田建設技術研究報告第13号，1987。
- 4) 黒崎・山崎・弘埜：地盤改良に伴う地盤の側方変位吸収対策工，土木学会第38回年次学術講演会，1983。
- 5) 八幡・花井・連下：高圧噴射攪拌工法における周辺変位の軽減対策，第19回土質工学研究発表会，1984。



(1) A 現場での実測例



(2) B 現場での実測例

図-4 土留め壁への影響

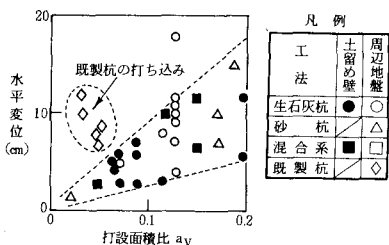


図-5 近接施工による周辺への影響

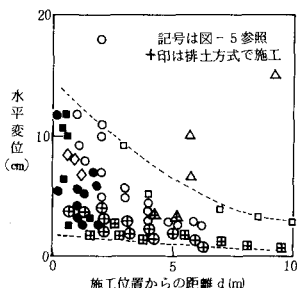


図-6 水平変位と距離の関係