

戸田建設株式会社 正員 安藤忠夫
 戸田建設株式会社 正員 窪田敬昭

1. まえがき 本文は、軟弱な粘性土地盤を掘削するに当たってヒービング等に対する安全性の確保と山止め壁前面土の受働抵抗の増加を目的として行った生石灰パイル工法による地盤改良の効果について報告するものである。当該敷地は石狩川下流の低湿地帯にあり、土質調査結果より原地盤の表層にある高含水泥炭層と設計G.L.-7m付近から存在する厚さ4~8mの軟弱粘土層が問題であると判断された(図-1参照)。前者については着工前に切土して作業環境の改善を図ったが、後者についてはP C杭などの打設によって乱されており、かなりの強度低下がみられた(図-1(d)参照)。そこで、一軸圧縮強さで 6 t/m^2 以上が確保されるように、直径40cm、ピッチ80cmの正方形配置で実長9.5~10.5mの生石灰パイルを図-1(a)の斜線で示した範囲(約1000 m^2)にケーシングを地中に回転圧入させるドライバ方式にて打設した。

2. 改良効果の実測結果 生石灰パイルによる地盤改良の効果は、施工管理試験として実施したオランダ式コーン貫入試験と掘削時に採取した改良土及びパイル試料の調査によって確認した。コーン支持力 q_c は5ヶ所において、パイル打設後1・2・3・4週経過時点で測定した。図-1(e)はその一例を示したもので改良前は $q_c = 2 \sim 5\text{ kg/cm}^2$ であったが、2週後で $4 \sim 10\text{ kg/cm}^2$ 、4週後には 6 kg/cm^2 以上に増加している。なお、当該粘土層においては一軸圧縮強さ q_u に対して $q_c \approx 10 \cdot q_u$ の関係が事前に確認されていることから、4週間の養生期間をおけば改良目標を十分上回る強度が得られるものと考えられる。

設計条件を満足する施工範囲において採取した改良土試料(材令60~80日)の含水比は $w' = 32 \sim 64\%$ で改良前に比べて平均的に約20%の含水比低下量がみられ、一軸圧縮強さも $q_u \geq 7\text{ t/m}^2$ が得られており目標強度を十分満足している(図-1(c), (d)参照)。一般に、生石灰パイル工法ではパイルからの距離によってその効果が異なることはよく知られて

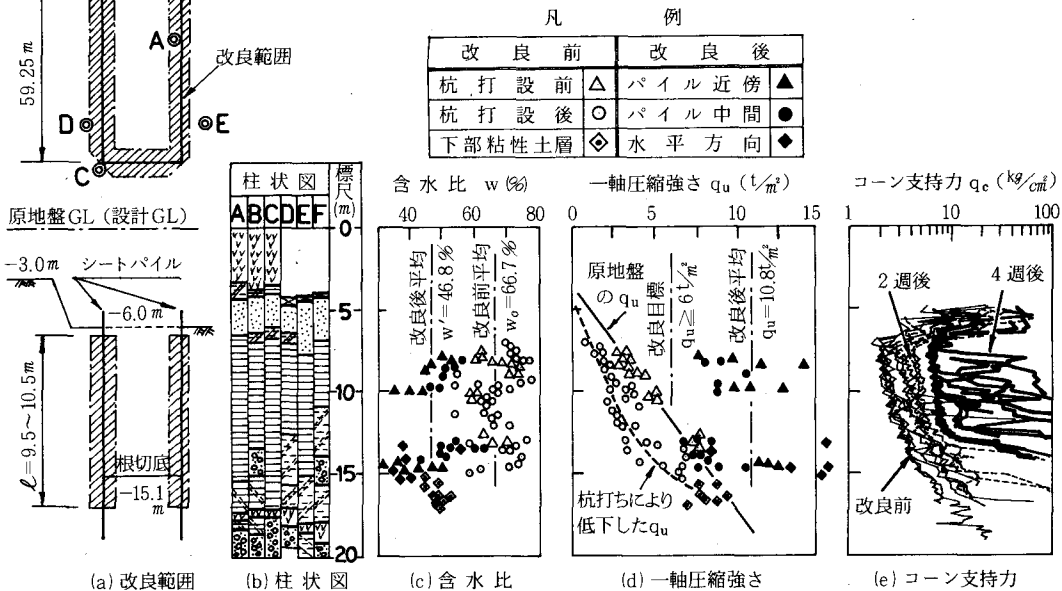


図-1 改良範囲・柱状図と改良前後の含水比・一軸圧縮強さ及びコーン支持力

1) おり、本例においても表-1に示したように、パイル近傍では改良効果が大きいことがわかる。

また、一軸圧縮試験における変形係数 E_{50} も q_u の増加につれて大きくなっており(図-2参照)、山止め壁の変形に対する前面土の受働抵抗もかなり期待できそうである。とくに、改良土の水平方向試料の $q_u \cdot E_{50}$ はともに鉛直方向より大きく、生石灰パイルの作用原理がよく把握されている。

3. 改良効果の検討 生石灰パイルによる改良効果の予測については種々の方法が提案されているが、ここでは生石灰の消化吸水量と消化後パイルの毛細管吸水・圧密脱水等の脱水量から周辺地盤の平均的な含水比低下量 Δw を次式で求めた。

$$\Delta w = \frac{1 + w_0}{r_t} \cdot \frac{1 + (2 + \beta) e' \cdot S_r}{(1 + e)(1 + \beta)} a_s \cdot r_w \quad (1)$$

ここに、 $w_0 \cdot r_t$ は原地盤の含水比・湿潤密度、 e は打設時パイルの間ゲキ比、 $e' \cdot S_r$ は消化後パイルの間ゲキ比・飽和度、 $a_s \cdot \beta$ はパイル打設面積比及びパイル材料中の生石灰に対する添加材の重量比である。本例の場合、改良前の土質調査結果から平均的に $w_0 = 66.7\%$ 、 $r_t = 1.61 \text{ t/m}^3$ であり、設計条件から $a_s = 0.196$ 、 $e = 1.6$ 、 $\beta = 0.15$ が得られ、パイル試料の調査結果から $e' = 1.0$ 、 $S_r = 85\%$ であるから、(1)式より平均的な含水比低下量としては $\Delta w = 19.2\%$ となる。この値は実測された平均値 $\overline{\Delta w} = 19.9\%$ とほぼ等しいことから、生石灰パイルによる改良効果を(1)式のような周辺地盤の平均的な含水比低下量として評価できるものと考えられる。^{2), 3), 4)}

一方、改良後の地盤強度については、生石灰の膨張によって地盤内に生ずる有効応力の増分から推定する方法もあるが、設計に当っては工法的にみて原地盤がパイル打設時に乱されることを考慮する必要がある。本例ではPC杭などの打設による強度低下を考慮して設計用の $w \sim \log q_u$ 関係を設定した(図-3参照)が、改良強度の実測値は杭打ちの影響が少ないところで採取されたものが多いため、計算値 ($q_u \approx 7 \text{ t/m}^2$) をかなり上回っている。また、生石灰パイル打設時の影響については q_c の測定結果から原地盤の強度が回復するには1~2週程度の養生期間を要するという手応えを得ているが、施工時の練り返しが最終強度に与える影響については今後の研究課題である。

[参考文献]

- 1) 安蒜・光成・加藤・松好：生石灰パイルによる地盤改良の一例，土と基礎 17-4，1969
- 2) 生石灰パイル工法に対する現場試験報告書，戸田建設協技術研究所報告 第45号，1969
- 3) 加藤・渡辺：ケミコライムによる地盤改良工法，土木施工 16-5，1975
- 4) 奥村樹郎：生石灰杭の設計法について，第11回土質工学研究発表会，1976

表-1 採取位置の相違による改良効果の差

採取位置	パイル近傍	パイル中間	水平方向
含水比 (%)	31.6 ~ 53.1 平均 44.5	40.5 ~ 64.1 平均 50.8	36.1 ~ 58.6 平均 43.7
含水比低下量 (%)	平均 22.2	平均 15.9	平均 23.0
一軸圧縮強さ (t/m^2)	7.1 ~ 14.4 平均 11.1	6.9 ~ 10.7 平均 8.4	8.4 ~ 22.2 平均 15.7

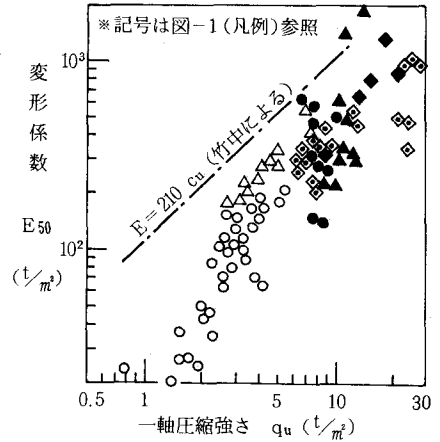


図-2 一軸圧縮強さと変形係数

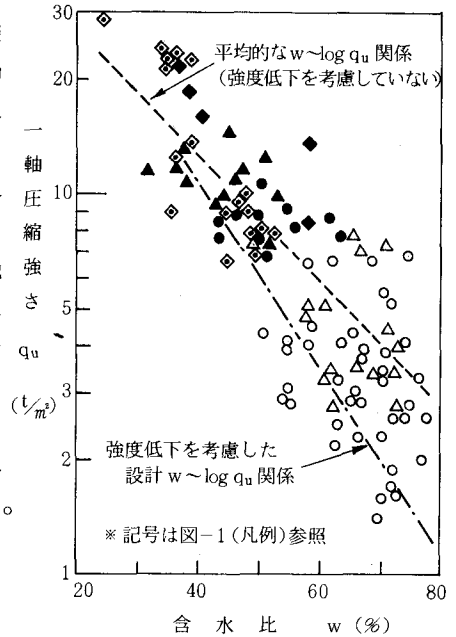


図-3 含水比と一軸圧縮強さ