

小野田セメント(株)中央研究所(正) 高橋 秀雄

岡田 能彦

(正) 大森 啓至

1 はじめに

生石灰杭工法が恒久構造物の基礎に適用されるにあたって、その長期安定性を保持することは必要不可欠の条件である。筆者らは、泥炭地盤における生石灰杭工法の試験工事を実施し、施工直後から約5年経過時まで材令を追った現位置調査および採取試料による室内試験を行い、その安定性を調査してきた。

本報告は、特に泥炭地盤用に開発した水硬性生石灰杭（以下QL-Sと略記）および従来から使用されている生石灰杭（以下QL-Dと略記）の二者について、酸性で、ほとんど有機物からなり、自然地盤としては過酷な条件をもつ泥炭地盤中での5年材令の生石灰杭試料を採取し、その安定性把握のため力学的、化学的諸試験を行い、長期安定性について検討したものである。

2 施工時の状況

2.1 地盤概要

今回の試験工事は、札幌市白石区厚別山本地区の石狩低位泥炭地盤にて実施した。当該地盤の地層断面の概要をFig-1に示す。

2.2 施工概要

生石灰杭の施工に先立ち、施工機械類のトラフィカビリティーの確保を目的として、地表面に約1mのサンドマットを敷設した。（但し翌朝にはサンドマット面は周辺部と同一レベルとなっていた。）また、特に重量の大きい杭打機にあっては、施工時の安全性を考慮して厚さ約10mmの鉄板を敷いて作業を行った。

生石灰杭の配置は、杭径200mmの場合は杭間隔800mm、杭径400mmの場合は杭間隔1400mmとし、それぞれ正方形配置で杭長6.0mにて砂質シルト層まで打設した。なお、本文および図表中に示すQL-S200, QL-S400, とは、杭径200ないし400mmで打設したQL-S杭を、またQL-D400とは杭径400mmで打設したQL-D杭を表示するものである。

3. 5年材令時の掘り起し状況

5年材令時の調査は、主として生石灰杭の長期安定性を把握するために実施したものであり、掘削による杭の目視観察、杭径測定を行い、また力学的、化学的調査などの室内試験に供するため杭体を採取した。

現位置調査の結果、QL-S400, QL-D400ともに約550~560mm, QL-S200は約270mmの杭径を保持していた。また、杭体の状態観察によれば、QL-Sの材令初期（施工後3週~3ヶ月）にみられた放射状の亀裂は大巾に減少し、QL-Dも含めて泥炭地盤の極めて厳しい環境条件の下でも杭の劣化は全くみられなかった。なお、掘削時杭間のアルカリ拡散の調査のためpH測定試験を実施した結果、Fig-2に示すように

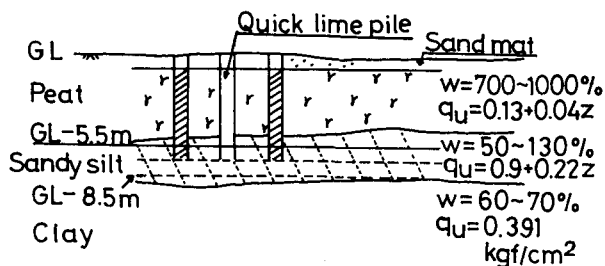


Fig.1 Geologic section

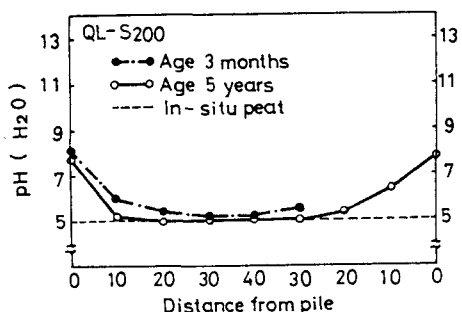


Fig.2 pH of surrounding peat

杭周辺部は若干アルカリ領域に変化しているが、中間地盤は原地盤とはほとんど変わらない値を示した。

4. 力学特性からみた長期安定性

掘削時採取した試料について、直径100～200mm、高さ150～400mmに成形したものおよびQL-S200の杭体の一部はそのまま上下端面をキャッピングしたものについて一軸圧縮強さを測定した。またQL-S400、QL-D400の杭体については、直径300mm、高さ150mmの供試体に成形し、大型一面せん断試験機を用いてせん断試験を実施した。この結果を3ヶ月材令時の結果と合わせTable-1に示す。

Table-1 Physical characteristics of QL piles

Item \ Kinds of piles \ Age	QL-S200		QL-S400		QL-D 400	
	3months	5years	3months	5years	3 months	5years
Unconfined compressive strength (kgf/cm ²)	8.9	18.1	14.2	18.0	4.3	8.8
Modulus of deformation (kgf/cm ²)	1300	4000	1460	5200	450	1760
Shear strength (kgf/cm ²) appearance cohesion	—	—	2.5	6.3	1.3	—
Coefficient of permeability (cm/s)	—	—	—	6.9x10 ⁻⁶	—	4.2x10 ⁻⁵

有機物が主で、自然含水比1000%以上の泥炭地盤中であっても、ほぼ期待通りの杭径で、且つ材令初期の強度特性も十分確保できた生石灰杭であったが、一軸圧縮試験、大型一面せん断試験などの結果からTable-1に示すように3ヶ月材令と比べていずれの生石灰杭も5年材令で強度が大きく、酸性雰囲気でも長期的にみて強度増進が認められ、順調に硬化反応が進行していると考えて良い。

また、透水試験結果から考えても、 $k=10^{-2} \sim 10^{-6}$ cm/s という透水係数が得られており、初期にみられた亀裂も反応生成物などによって充填され、非常に密実な組織が形成されていることを示唆している。

5. 化学特性からみた長期安定性

化学的な安定性を検討する目的で、化学分析による材料組成の変化、X線回折、電子顕微鏡観察による反応生成物の観察を行った。一例として化学分析試験結果をTable-2に示す。

Table-2では、消石灰を生石灰量に換算して示したが、QL-S、QL-Dとも打設前後の化学組成に大きな変化はなく、材料の溶出した形跡は認められない。これはFig-2の中間地盤のpH測定結果からも実証されるところである。

また、主な反応生成物は消石灰および空隙に生成したエトリンガイトであるが、これらは良く絡み合い、材令による変化も認められず、5年経過時でも極めて安定した状態で保持されているものと考えて良い。

Table-2 Analytical results

	QL-S				QL-D			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	SO ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	SO ₃
Before driving	13.9	5.3	71.3	1.6	7.8	1.5	82.9	0.8
3 months	13.0	5.5	71.2	2.5	5.3	1.0	85.9	0.7
1 year	13.5	5.6	70.7	1.5	8.0	1.5	81.6	0.7
5 years	13.2	5.2	71.0	2.0	7.2	1.9	84.0	0.8

6. おわりに

生石灰杭工法の長期安定性に関し、主として生石灰杭の安定性について力学的、化学的の面から検討した。従来からとかく指摘されているところであるが、対象地盤が泥炭であることから考えて安定性について特に危惧する必要のないことが確認された。また、QL-Sはもちろん、QL-Dにあっては直径40cmで施工すれば高含水比泥炭地盤中でも十分安定性が確保されることが判った。今後も継続して調査を実施していく所存であり、中間地盤の長期安定性と合わせ別の機会に報告したい。