잠재성 특이산성토중 강관말뚝의 부식

Steel Pile Corrosion in Potential Acid Sulfate Soil

이 승 헌* · 박 미 현 · 윤 경 섭 (농업기반공사, 농어촌연구원)
Lee, Seung-Heon* · Park, Mi-Hyeun · Yoon, Kyung-Sup

Abstract

The results and discussions of surveyed case site at constructed steel pile in potential acid sulfate soil were as follows. Topography at surveyed site was local alluvial valley and that site soils was classified as BanGog and YuGye series as detailed soil surveyed results in RDA and soil texture was Clay/Clay Loam. Soils pH was neutral, which was average 7.5 but much decreased to average 4.2 after H_2O_2 treatment. Organic matter and sulfate ions contents were very rich. The corrosion was severe at ground water fluctuation depth. Deposits colored black were attached to steel pile surface, which because of violent reaction in treatment HCl solution, were guessed as corrosion products(FeS) reduced by sulfate reducing bacteria(SRB). Consequently, main cause was thought microbiologically induced corrosion at this site where there is ground water fluctuation occurring oxidation and reduction reactions in turn and the soil is potential acid sulfate soil.

Ⅰ. 서론

우리가 활동하고 있는 지표면의 아래에는 매우 다양한 구조물들이 매설되어 있다. 강관의 부식은 다양한 지중에서 이루어지는 부식환경, 즉 pH, 이온의 농도, 온도, 함수량, 비저항, 용존산소 및 미생물 등에 좌우된다.

특이산성토는 하해혼성평탄지, 융기해성토가 생성되는 지역 또는 내륙 곡간 등 다양한 지대에 분포하며 대부분이 충적층(alluvial soils)에 속한다. 또한 특이산성토에 속하지 않으나 전국적으로 하해혼성충적토, 융기해성토 및 내륙곡간 토양 등 다양한 지역에 기층 2m 이하에서 특이산성토와 유사한 특성을 갖는 유황함유토층이 있어 경지정리 및 용배수로 개설 등으로 인하여 지표면에 노출되어 문제를 일으키는 토양이 많다. 이러한 토양을 잠재성 특이산성토양(Potential acid sulphate soils)이라 한다.

본고에서는 잠재성 특이산성토양에 매설된 강관말뚝을 기초로 하여 시공된 건축물의 철거중 발견된 강관말뚝의 부식 사례에 대해 소개하고 그 원인을 고찰해보고자 한다.

Ⅱ. 재료 및 방법

현장조사는 지중 5m정도까지는 소형굴삭기($0.2m^3$)를 동원하여 굴착하면서 토양 단면과 강관말뚝의 부식상태를 점검하였고 크레인과 바이브로 해머(120마력)를 이용하여 1개 말뚝은 인발하여 세부 정밀조사를 시행하였다.

2003년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (2003년 11월 1일)

조사 중 일부 토층에서 부식상태를 고려하여 실내분석용 토양시료를 채취하였다. 토양분석법은 농업과학기술원 토양 및 식물체 분석법(2000) 및 미농무성 토양화학분석법(1986)에 준하여 분석하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 현장조사 결과

건물은 곡간충적지에 위치하고 있었으며 지하수위는 약 2m정도 유지하고 있었다. 육안조사에서 부식은 지하수가 머무르는 지점이 매우 심하게 나타났다. 굴착하여 강관말뚝의 표면상태를 조사한 결과 표면에 부식이 심하였고 황산환원박테리아의 부식생성물(FeS)로 추정되는 검은색 부식생성물이 표면에 다량 부착되어 있었다. 부식생성물에 염산(10%)수용액을 반응시켰을 때 격렬한 반응과 함께 황화수소 악취가 심하게 발생하였다.

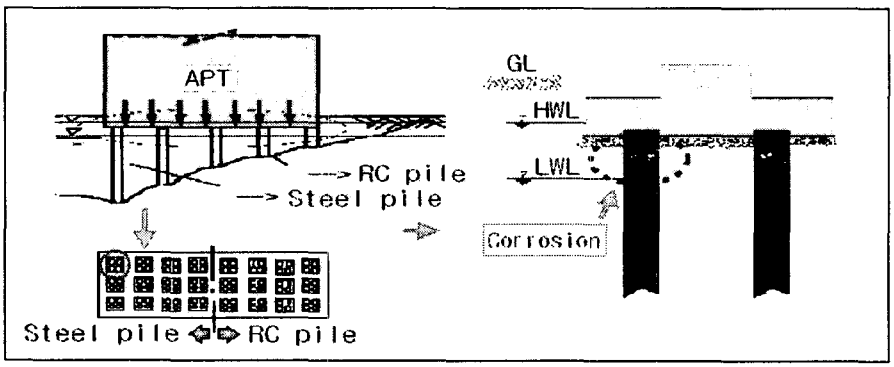
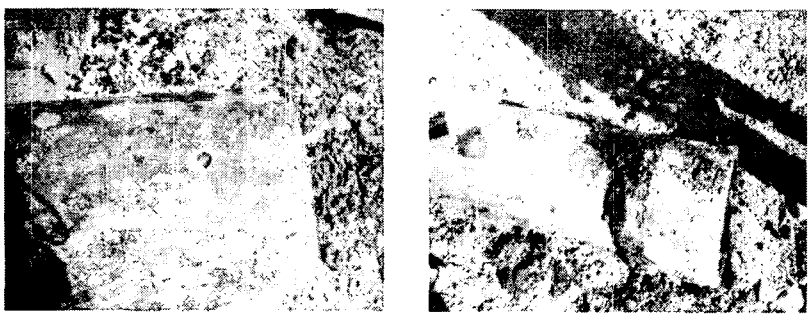


Fig. 1 Schematic diagram of surveyed site.



(a) (b)

Fig. 2 Photographs of steel pile pulled out at surveyed site.

2. 조사대상 지역 토양의 일반 특성

조사지구의 토성은 미사질양토 내지 식양토, 토색은 짙은 암회색 내지 흑색을 나타내고 있었다. 농촌진흥청 정밀토양도상의 토양통은 반곡통과 유계통으로 조사되어 있었다. 현장조사와 정밀토양도상의 자료를 종합하면 토성은 점토함량이 높고, 지하수위는 높으며, 지하수위 상층의 pH는 산성을 띠고, 유기물 함량이 높은 특징을 보이는데 이는 일반적으로 강관의 부식이 일어나기 쉬운 환경이다.

Table 1은 금회 조사에서 토심이 2m에서 13m까지 정밀토양도에서 구할 수 없는 토심에서 채취한 토양 시료 14점에 대한 평균 입도조성 분석결과이다. 지구 자체가 융기해안지역에 분포하고 있어 기층까지도 반곡통과 유계통의 기층 토성과 유사하였다. 평균 미사함량이 35.5%, 점토함량이 43.9%를 가지는 식토 내지 식양토로 분류되었다.

Table 1 Particle size distribution of surveyed site soils

Division	Sand	Silt	Clay	Texture
	(---------- % ----------)			
Avg. (Min.-Max.)	20.6 (5.0 - 45.0)	35.4 (26.0 - 43.0)	43.9 (23.0 - 63.0)	C/CL

3. 사례지구 토양의 화학적 특징

Table 2는 Table 1의 입도분석자료와 동일한 시료를 가지고 부식성평가를 위한 기초적인 화학성을 분석한 자료의 평균과 범위이다. 토양의 pH는 평균 7.5로 나타나고 있으나 잠재성 특이산성토를 확인하기 위한 과산화수소(H_2O_2)처리에 의한 토양 pH는 평균 4.2로 3.3이나 하강하는 것으로 나타나 지면 노출이나 지하수를 통한 용존산소가 공급되는 조건에서는 국부적인 부식의 원인이 될 것으로 판단되었다. 또한 유기물 함량이 높고 황산이온의 함량이 높으며 강관말뚝표면의 검은 침적물 생성과 염산처리에 의한 강한 반응성은 황산환원균에 의한 미생물부식으로 판단되었다.

Table 2 Chemical properties of surveyed site soils

Division	pH [H_2O]	pH [H_2O_2]	WC (%)	TOC (%)	Cl^- (mg/kg)	SO_4^{2-} (mg/kg)	ECe (dS/m)	R ($\Omega \cdot$ cm)
Avg.	7.5	4.2	36.4	2.1	64.1	446.5	1.66	717
Min.	5.5	2.5	23.0	0.1	27.6	242.3	0.85	303
Max.	8.6	5.3	50.2	3.6	174.8	1,051.4	3.30	1,176

2003년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (2003년 11월 1일)

Table 3은 1개의 강관말뚝을 인발하여 외관의 부식상태와 토층별 시료에 대한 토양의 화학적 성질을 조사한 결과이다. 외관의 부식상태는 지상 3m전후에서 가장 심한 부식상태를 보였고 10m까지 부식의 흔적이 보였으며 10m이하에서는 부식의 흔적이 없었다. 외관 부식의 흔적과 토양의 이화학성간의 관계는 명확하지 않았으나 10m이하에서 수용성 황산이온의 함량이 급격히 감소하고 염소이온이 증가하였다.

Table 3 Chemical properties as soil depth of surveyed site soils

Depth (m)	Texture	pH [H_2O]	pH [H_2O_2]	WC (%)	TOC (%)	Cl^- (mg/kg)	SO_4^{2-} (mg/kg)	ECe (dS/m)	R ($\Omega \cdot cm$)
4.9	C/CL	8.1	4.7	33.3	3.18	38	427	1.48	676
6.3	C/CL	8.1	3.3	32.9	3.47	47	391	1.47	680
7.5	C	8.3	4.5	35.0	3.00	143	559	1.52	658
9.0	C	8.3	4.1	36.0	2.61	46	404	1.64	610
10.0	CL	8.4	3.4	50.2	3.58	70	489	1.70	588
12.3	C	8.6	4.5	37.2	1.13	144	253	0.90	1,111
14.7	C	8.3	4.8	31.9	2.01	175	296	2.55	392

Ⅳ. 결론

본 조사지구같이 잠재성 특이산성토중 지하수위 변동구간 등과 같이 산화·환원상태가 반복될 수 있는 구간에 매설된 강관말뚝의 국부적 부식 원인은 미생물에 의한 부식이라 사료되었다. 결론적으로 해안저지대나 간척지, 곡간 충적지 등에 구조물을 시공·관리하는 경우, 사례지구와 같이 지하수위 변동구간이 존재하여 산화·환원상태가 반복될 수 있는 구간에 매설될 강관말뚝의 설계나 시공에 있어서는 토양 조건을 정밀히 검토해야 할 필요가 있다.

참고문헌

1. Chung, W. S, H. D. Lee, M. J. Yu, and P. J. Kwak. 2001. *J. of KSEE* 23(10) : 1611-1619.
2. Jung, P. K, and S. H. Yoo. 1995. *J. Korean SOC. SOIL SCI. FERT.* 28(1) : 1-10.
3. Kang, M. C, and J. G. Kim. 1998. *J. Corrs Sci. Soc of Korea.* 27(3) : 310-318.
4. Kho, Y. T., H. S. Song, S. M. Lee, and K. S. Jun. 1997. *J. Corrs Sci. Soc of Korea.* 26(3) : 217-227.
5. KOREAN GEOTECHNICAL SOCIETY. 1999. A guide of plan and construction about steel piles. 6.
6. Ministry of construction and Transportation, 1995, Handbook of Prevention Technologies of Corrosion(I), 3-7.
7. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA. 2002. Method of Soil and plant analysis. sangrocksa. 103~134.
8. Page A. L.(ed.), 1986. Methods of soil analysis:chemical and microbiological properties. Part 2. SSSA and ASA, Madison, WI.
9. Rural Development Admiration. 1977. Detailed Soil Map(1:25,000).

2003년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (2003년 11월 1일)