

## 현장시험을 이용한 제주지역의 지질특성에 관한 연구

## A Study on the Geotechnical Characteristics of Jeju Area Using Field Tests

윤병조<sup>1</sup> · 박성윤<sup>2\*</sup> · 이승준<sup>3</sup>Byung Jo Yoon<sup>1</sup>, Sung Yun Park<sup>2\*</sup>, Seung Jun Lee<sup>3</sup><sup>1</sup>Professor, Department of Urban Transportation Engineering, Incheon National University, Incheon, Republic of Korea<sup>2</sup>Team Leader, Construction Business Department, Shin Tae-jin Construction Co., Ltd, Incheon, Republic of Korea<sup>3</sup>Ceo, Traffic Digital Nomad, Seoul, Republic of Korea

\*Corresponding author: Sung Yun Park, psy4697@naver.com

## ABSTRACT

**Purpose:** This study analyzes and studies the characteristics of the Jeju area and uses them as basic data such as construction method design in the future development project. **Method:** Based on the ground survey data of the construction conducted in Jeju, the depth, relative density, N value, function state, color tone, groundwater level, and compressive strength were analyzed and studied. **Result:** Studies show that Jeju has columnar joints consisting of ancient volcanic activity and rapid cooling by nearby seawater, thick sand layers found on the coast, and clinker layers and Seogwipo layers formed by Mercury volcanic activity. **Conclusion:** It is hoped that it will be used as data for selecting basic design and basic construction method by understanding the special ground form of Jeju area and reflecting its characteristics well when designing construction.

**Keywords:** Characteristics of Ground in Jeju Area, Reclamation Layer, Clay Sand Layer, Clinker Layer, Seogwipo Layer, Basic Design, Ground Reinforcement

## 요약

**연구목적:** 본 연구에서는 제주 지역 지반의 특성을 분석하여 연구함으로써 향후 개발사업 진행시 공법 설계등의 기초자료로 활용한다. **연구방법:** 제주 지역에서 진행된 공사의 지반조사 데이터를 기반으로 심도, 상대밀도, N치, 함수상태, 색조, 지하수위, 압축강도를 분석하고 연구하였다. **연구결과:** 본 연구로부터 제주지역이 고대부터 진행된 화산활동과 인근의 해수에 의한 급속한 냉각으로 이루어진 주상절리와 해안부에서 두텁게 발견된 모래층, 그리고 수성화산활동에 의해 형성된 클링커층 및 서귀포층이 존재함을 알 수 있었다. **결론:** 제주지역의 특수한 지반 형태를 이해하고 공사 설계시 그 특성을 잘 반영하여 기초 설계 및 기초 공법 선정의 자료로 쓰여지길 기대한다.

**핵심용어:** 제주 지역 지반의 특성, 매립층, 점토질 모래층, 클링커층, 서귀포층, 기초설계, 지반보강

Received | 26 October, 2022  
Revised | 8 December, 2022  
Accepted | 9 December, 2022

OPEN ACCESS



This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in anymedium, provided the original work is properly cited.

## 서론

본 논문은 제주도 지역에서 기 실시한 지반조사 데이터를 근거로 하여 지반의 상태 및 토질의 역학적인 특성을 연구하고 그 연구 자료가 제주지역을 대상으로 진행되는 건축 및 토목구조물 설계, 시공에 활용되어 안전 및 품질관리 향상에 기여하고자 한다.

본 논문의 조사지역인 제주도는 기반암이 약 90%가 현무암류로 구성되어 있으며 토질은 화산활동으로 형성된 적갈색의 모래지반이 주를 이루고 있다. 제주도의 산악 형태는 한라산을 중심으로 완만한 형태로 이루어져 있으며, 동서거리는 73km 남북거리는 31km로 타원형의 모양으로 면적은 1832.2km<sup>2</sup>로 대한민국에서 제일 큰 섬으로 분류된다. 제주도는 곳곳에서 주상절리대가 관측되는데 이는 용암분출시 용암과 차가운 바닷물이 만나 주상절리대를 발달시킨 것으로 보인다.

지반조사는 Fig. 1과 같이 제주특별자치도 서귀포시 성산읍 일대 4개소와 제주특별자치도 제주시 연동 일대 2개소 제주특별자치도 서귀포시 법환동에서 제주특별자치도 서귀포시 강정동(용흥리)에 이르는 노선에서 5개소로 총 11개소에서 진행되었다.



Fig. 1. Location map of the survey area

지반조사가 이루어진 세부 위치는 아래 Table 1과 같이 총 11개소이며, GMC(2016), Jinsan(2016), Sewon Geotech(2014)의 지반조사 보고서 자료를 활용하였다.

Table 1. List of survey areas

구분	위 치	조사시기	구분	위 치	조사시기
#1	제주특별자치도 서귀포시 성산읍	2016.12	#7	제주특별자치도 서귀포시 법환동	2014.04
#2	제주특별자치도 서귀포시 성산읍	2016.12	#8	제주특별자치도 서귀포시 법환동	2014.04
#3	제주특별자치도 서귀포시 성산읍	2016.12	#9	제주특별자치도 서귀포시 강정동	2014.04
#4	제주특별자치도 서귀포시 성산읍	2016.12	#10	제주특별자치도 서귀포시 도순동	2014.04
#5	제주특별자치도 제주시 연동	2016.06	#11	제주특별자치도 서귀포시 강정동	2014.04
#6	제주특별자치도 제주시 연동	2016.06			

## 조사방법

### 시추조사

시추조사는 지층의 분포와 각 지층의 지반공학적 특성, 기반암의 분포상태 및 풍화도 등을 파악하고, 토성 및 암석시료 채취 및 각종 원위치 시험을 실시하여 설계에 필요한 지반정보를 확인하기 위하여 실시한다.

### 조사방법

첫째, 회전 수세식(Rotary Wash Type) 시추기를 사용하여 NX( $\phi=76\text{mm}$ ) 규격으로 시행

둘째, 공벽붕괴 방지를 위해 풍화암까지 Casing 삽입

셋째, 토사 시료채취는 시추조사 중 토사 분포 구간에 대하여 1.5m간격으로 Split Spoon Sampler로 채취하고, 암반 시료 채취는 D-3 Core Barrel 및 Diamond Bit를 사용하여 시료채취

넷째, 채취된 암석 코어는 육안관찰에 의하여 암석 내에 분포된 불연속면과 충전물 등을 평가하고 절리의 분포상태, TCR, RQD 등의 암반특성을 평가할 수 있는 자료를 조사하여 시추주상도에 기재

### 표준관입시험

표준관입시험은 N치로부터 지층의 조밀도 및 연경도를 확인하고 개략적인 지반강도 및 변형특성 파악이 가능하며, 연약층 유무 파악이 가능하다. 또한 교란시료(SPT시료)를 채취하여 육안판별 및 물성시험 시료로 이용한다.

### 시험방법

첫째, 표준관입시험은 63.5kg 해머를  $760 \pm 10\text{mm}$ 의 높이에서 자유낙하하여 샘플러가 30cm 관입에 필요한 타격 횟수 N치를 Fig. 2 표준관입시험 모식도와 같이 측정한다.

둘째, 지반이 견고하여 30cm 관입이 되지 않을 시 50회까지 타격한 후 관입량을 표시한다.

셋째, 간격은 1.0m로 진행하며 지층의 변화구간은 추가로 실시한다.

넷째, 표준관입시험으로 측정된 N값은 샘플러에 채취된 시료의 관찰 및 실내토질시험 결과치와 종합하고 지층의 변화가 육안으로 관측된 정보를 포함하여 토질주상도에 기재한다.

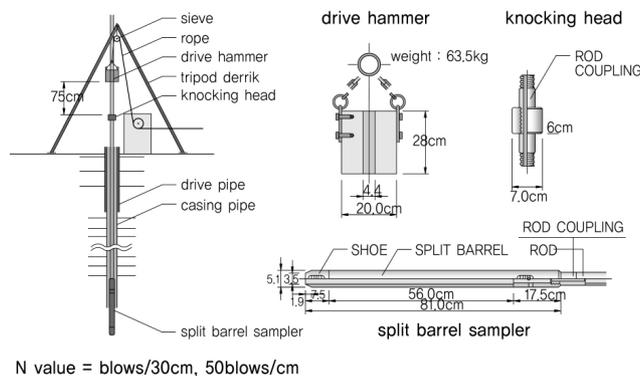


Fig. 2. Standard penetration test a schematic diagram

## 지반의 분류 및 기재방법

### 흙의 분류방법

본 조사지역의 지층에 따른 흙의 분류는 조사과정에서 채취된 대표적인 시료를 토성시험을 실시하여 분류 하였으며 시험 시료가 충분하지 못하여 전반적인 토층상태를 대표할 수 없거나 시험을 실시하지 않은 지층에 대해서는 가능한 시험결과와 비교분석하여 육안분류법으로 분류하였다.

### 흙의 기재방법

흙의 분류는 Jang et al.(2010) 참조하여 상대밀도 및 연경도, 함수율, 색깔 등을 고려하여 흙의 상태를 기재하였다.

#### 상대밀도 및 연경도

토층의 연경상태는 표준관입시험 의해 도출된 N치를 기준으로 사질토는 상대밀도, 점성토는 연경도로 표기하고 N치와의 관계를 기재하였다.

#### 함수상태

채취한 샘플 시료의 함수정도는 건조한 상태, 습한 상태, 젖은 상태, 포화상태로 분류하여 기재하였다.

#### 색조

채취한 샘플 시료의 색조는 빨간색, 갈색, 노란색, 적갈색, 검정색등과 같이 표기하고 필요에 따라 연한, 짙은 등과 같이 세 부적으로 구분하여 기재하였다.

### 암반의 분류방법

암반을 공학적으로 분류하는 것은 층리, 절리, 단층 파쇄대와 같은 다양한 불연속면이 있을 뿐만 아니라 풍화 및 변질 작용을 받은 원지반의 암반에 대하여 공학적인 목적에 적합하게 활용할 수 있는 자료로 사용하기 위함이다.

일반적으로 공학적으로 분류한다면 절리의 간격과 강도 그리고 탄성파의 속도 그리고 RQD 등으로 분류하고 구조물의 형상 및 용도에 따라 조금 더 세분화하여 분류도 가능하다.

본 조사에서는 TCR 과 RQD 의 분류를 기본으로 시행하였다.

### 암반의 기재방법

암반은 색조, 불연속면(Discontinuity)의 간격과 상태, 파쇄정도, 강도, 풍화상태, 암석명 등으로 기재하였다.

- ① 색조(Color) : 암석의 기본색(황색, 갈색, 회색, 청색, 녹색)에 담(연한)과 암(진한)의 명암 및 혼색에 대한 접두어를 사용하였다.
- ② 강도(Strength) : 강도는 매우강함 / 강함 / 보통강함 / 약함 / 매우약함으로 구분하였으며, 코야회수율 TCR 과 암질상태 RQD를 산정하여 기재하였다.

## 지층별 특성

매립층은 Table 2의 결과와 같이 조사지역의 상부에 분포되어 있으며 0.0~3.5m의 두께로 분포하고, 주로 제주시에 해당하는 #5, #6, #10 지역에서 평균 약1.6m 이내에 분포되어 있다. 본 층은 황갈색을 띠고, 잔자갈이 혼합된 형태의 모래질로 분포하며, 함수상태는 약간 습한 상태, 표준관입시험에 의한 N치는 3/30~4/30 으로 매우 느슨(very Loose)한 상태로 분포한다.

Table 2. Reclamation layer

구분	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6	# 7	# 8	# 9	# 10	# 11
심도(m)	-	-	-	-	0.0~0.5	0.0~3.5	-	-	-	0.0~1.0	-
N(회)	-	-	-	-	-	3/30~	-	-	-	-	-
TCR,RQD(%)	-	-	-	-	-	4/30	-	-	-	-	-
상대밀도 연경도	-	-	-	-	느슨 상태	느슨 상태	-	-	-	-	-
함수상태	-	-	-	-	약간 습윤	약간 습윤	-	-	-	습윤	-
색조	-	-	-	-	황갈색	황갈색	-	-	-	담회색	-

퇴적토층인 점토질 모래층은 Table 3의 결과와 같이 #1, #7~#11지역에서 분포하고 있으며, 0.0~8.3m의 층후로 평균 4.0m로 분포하고 점토가 소량 혼재된 모래층으로 점토질 모래층의 함수상태는 습윤한 상태로 표준관입시험에 의한 N치는 5/30에서 24/30으로 느슨(Loose) ~ 보통 조밀(Medium dense)하게 분포되어 있으며 평균적으로 9/30으로 느슨(Loose)한 연경도를 보이고 있다. 색조는 암갈색, 적갈색을 띠고 있다.

Table 3. Clayey sand layer

구분	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6	# 7	# 8	# 9	# 10	# 11
심도(m)	0.0~8.3	-	-	-	-	-	0.0~1.6	0.0~1.6	0.0~4.5	1.0~3.8	0.0~5.0
N(회)	12/30~	-	-	-	-	-	5/30	5/30	3/30~	3/30~	11/30~24
TCR,RQD(%)	16/30	-	-	-	-	-	5/30	5/30	6/30	10/30	/30
상대밀도 연경도	느슨~ 보통	-	-	-	-	-	느슨 상태	매우 느슨	매우 느슨	매우 느슨	보통 조밀
함수상태	습윤 포화	-	-	-	-	-	습윤	습윤	습윤	습윤	습윤
색조	담홍색 암황색	-	-	-	-	-	암갈색 적갈색	암갈색	암갈색 적갈색	암갈색 적갈색	암갈색 적갈색

퇴적토층인 실트질 자갈층은 Table 4의 결과와 같이 조사지역 #6에서 연암하부 10.5~13.5m에 3.0m 층후로 매트형식으로 분포하고 있다. 본 층은 암갈색을 띠고 있으며, 함수상태는 약간 습윤 상태이며, 표준관입시험에 의한 N치는 13/30~22/30으로 보통 조밀(Medium dense)한 상태로 분포한다.

**Table 4.** Silty gravel layer

구분	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6	# 7	# 8	# 9	# 10	# 11
심도(m)	-	-	-	-	-	10.5~13.5	-	-	-	-	-
N(회)	-	-	-	-	-	13/30~22/30	-	-	-	-	-
TCR,RQD(%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
상대밀도 연경도	-	-	-	-	-	보통 조밀	-	-	-	-	-
함수상태	-	-	-	-	-	약간 습윤	-	-	-	-	-
색조	-	-	-	-	-	암갈색	-	-	-	-	-

퇴적토층인 모래층은 Table 5의 결과와 같이 조사지역 #2~#4에서 0~10.5m의 두께로 분포하고 있으며, 발견 지역 평균 약 8.9m 이내에 분포로 분석 되었다. 본 층은 담홍색, 암황색을 띠고, 함수상태는 습윤포화 상태이며, 표준관입시험에 의한 N치는 7/30~18/30으로 느슨(Loose)~중간(Medium)한 상태로 분포한다.

**Table 5.** Sand stratum

구분	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6	# 7	# 8	# 9	# 10	# 11
심도(m)	-	0.0~10.5	0.0~9.4	0.0~6.8	-	-	-	-	-	-	-
N(회)	-	7/30~	8/30~	8/30~	-	-	-	-	-	-	-
TCR,RQD(%)	-	16/30	18/30	14/30	-	-	-	-	-	-	-
상대밀도 연경도	-	느슨 보통	느슨 보통	느슨 보통	-	-	-	-	-	-	-
함수상태	-	습윤 포화	습윤 포화	습윤 포화	-	-	-	-	-	-	-
색조	-	담홍색 암황색	담홍색 암황색	담홍색 암황색	-	-	-	-	-	-	-

클링커층으로 구분한 클링커는 Table 6의 결과와 같이 조사#5에서 발견되었으며 7.0~7.7m, 10.9~12.2m의 층후로 2매로 평균 1.0m 두께로 습윤상태로 분포되어져 있다. 본 층은 암회색을 띠며, 표준관입시험에 의한 N치는 14/30~50/10로 암편, 암괴 형태로 분포한다.

**Table 6.** Clinker layer

구분	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6	# 7	# 8	# 9	# 10	# 11
심도(m)	-	-	-	-	7.0~7.7 11~12	-	-	-	-	-	-
N(회)	-	-	-	-	14/30~	-	-	-	-	-	-
TCR,RQD(%)	-	-	-	-	50/10	-	-	-	-	-	-
상대밀도 연경도	-	-	-	-	암편 암괴	-	-	-	-	-	-
함수상태	-	-	-	-	습윤	-	-	-	-	-	-
색조	-	-	-	-	암회색	-	-	-	-	-	-

기반암인 풍화대는 Table 7의 결과와 같이 #9 지역에서만 1.0m 두께로 발견되었으며, 풍화암 없이 풍화토만 발견되고 바로 기반암이 분포하고 있다. 표준관입시험결과(N치)에 따라 50회/20으로 풍화토로 분류하였으며 본 층은 암갈색, 적갈색을 띠고, 습윤한 상태의 고결된 상태로 분포한다.

**Table 7. Weathered layer**

구분	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6	# 7	# 8	# 9	# 10	# 11
심도(m)	-	-	-	-	-	-	-	-	4.5~5.5	-	-
N(회)	-	-	-	-	-	-	-	-	50/20	-	-
TCR,RQD(%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
상대밀도 연경도	-	-	-	-	-	-	-	-	고결	-	-
함수상태	-	-	-	-	-	-	-	-	습윤	-	-
색조	-	-	-	-	-	-	-	-	암갈색 적갈색	-	-

기반암인 연암(현무암)층은 Table 8의 결과와 같이 #1~#8 지역에서 발견되었으며 평균 3.8m 두께로(시추심도기준) 분포하며 암회색을 띠고 있다. 코아회수율 및 암질지수는 TCR : 63~100%, RQD : 37~84%로 나타나고 있으며, 연암의 평균 코아회수율 및 암질지수는 TCR : 90%, RQD : 60%로 분석 되었다.

**Table 8. Soft rock(Basalt)**

구분	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6	# 7	# 8	# 9	# 10	# 11
심도(m)	8.3~ 10.5	10.5~ 13.0	9.4~ 12.0	6.7~ 10.0	0.5~3.8 7.7~9.5	3.5~10 13~15	1.6~ 5.1	1.6~ 5.1	-	-	-
N(회)	94~100	94~100	94~100	94~100	63~100	63~100	80	-	-	-	-
TCR,RQD(%)	60~84	60~84	60~84	60~84	42~48	42~48	37	-	-	-	-
상대밀도 연경도	-	-	-	-	약함~ 보통	약함~ 보통	연암~ 보통강	-	-	-	-
함수상태	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
색조	암회색	암회색	암회색	암회색	암회색	암회색	암회색	-	-	-	-

기반암인 보통암(현무암)층은 Table 9의 결과와 같이 #5 지역에서 발견되었으며 평균 4.6m 두께로(시추심도기준) 분포하며 암회색을 띠고 있다. 코아회수율 및 암질지수는 TCR : 100%, RQD : 93%~98%로 나타나고 있으며, 보통암의 평균 코아회수율 및 암질지수는 TCR : 100%, RQD : 95%로 분석 되었다.

기반암인 경암(현무암)층은 Table 10의 결과와 같이 #9 지역에서 발견되었으며 평균 1.0m 두께로(시추심도기준) 분포하며 담회색을 띠고 있다. 코아회수율 및 암질지수는 TCR : 100%, RQD : 100%로 나타나고 있으며, 경암(현무암)의 평균 코아회수율 및 암질지수는 TCR : 100%, RQD : 100%로 분석 되었다.

**Table 9.** Moderate rock(Basalt)

구분	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6	# 7	# 8	# 9	# 10	# 11
심도(m)	-	-	-	-	3.8~7.0 9.5~11	-	-	-	-	-	-
N(회)	-	-	-	-	100	-	-	-	-	-	-
TCR,RQD(%)	-	-	-	-	93~98	-	-	-	-	-	-
상대밀도 연경도	-	-	-	-	강함	-	-	-	-	-	-
함수상태	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
색조	-	-	-	-	암회색	-	-	-	-	-	-

**Table 10.** Hard rock(Basalt)

구분	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6	# 7	# 8	# 9	# 10	# 11
심도(m)	-	-	-	-	-	-	-	-	5.5~6.5	-	-
N(회)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-
TCR,RQD(%)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-
상대밀도 연경도	-	-	-	-	-	-	-	-	연암~ 보통강	-	-
함수상태	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
색조	-	-	-	-	-	-	-	-	담회색	-	-

기반암인 경암(응회암)층은 Table 11의 결과와 같이 #10~#11 지역에서 발견되었으며 평균 1.3m 두께로(시추심도기준) 분포하며 담회색을 띠고 있다. 경암(응회암)의 평균 코아회수율 및 암질지수는 TCR : 100%, RQD : 75~78%로 분석 되었다.

**Table 11.** Hard rock(Tuff)

구분	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6	# 7	# 8	# 9	# 10	# 11
심도(m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.8~5.2	5.0~6.2
N(회)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100
TCR,RQD(%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	78	75
상대밀도 연경도	-	-	-	-	-	-	-	-	-	보통강	연암~ 보통강
함수상태	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
색조	-	-	-	-	-	-	-	-	-	담회색	담회색

## 결론

본 연구는 제주도 내에서 2014년~2016년 동안에 시행된 11개소 지반조사 보고서를 활용하여 제주지역의 지질 특성을 분석하고자 하였다. 분석결과, 제주지역이 고대부터 진행된 화산활동과 인근의 해수에 의한 급속한 냉각으로 이루어진 주상절

리와 해안부를 따라 두텁게 발견된 모래층, 그리고 수성화산활동에 의해 형성된 크링커층 및 서귀포층이 다수 존재하는 것으로 분석되었다.

이 연구 결과를 통해 제주지역의 공사 설계 시 특수한 지질 특성을 파악하고 모래층이 5m~8m 정도로 많이 분포하고 있는 지역에 대해서는 모래지반을 보강할 수 있는 지반보강 공법을 적용하고, 암반층 하부에 매트 형태로 크링커층이 존재 할 경우 별도로 크링커층의 매트와 매트 사이의 지반까지 완전히 보강할 수 있는 공법을 적용하는 등의 노력을 통해 시공관리, 안전관리, 품질관리에 기여하고자 한다.

## References

- [1] GMC (2016). A Ground Survey Report on the New Urban Housing Construction at 392 Seongsan-ri. Jeju.
- [2] Jinsan (2016). A Study on the Ground of 282-8 Construction Site in Yeondong, Jeju City. Jeju.
- [3] Sewon Geotech (2014). Ground Investigation Report on the Daeryun Sewage Pipeline Maintenance Project in Seogwipo. Anyang.
- [4] Jang, B.-W., Jeon, W.-J., Song, C.-S., Yoo, C., Lim, S.-H., Kim, Y.-S. (2010). Soil Mechanics. Goomibook, Seoul, pp. 50-52.