

## 경량 동적콘관입시험기를 이용한 화강풍화토의 다짐도에 따른 역학특성

# A Mechanical Properties According to the Compaction Degree on Weathered Granite Soil Using Lightweight Dynamic Cone Penetrometer

김연일<sup>1</sup>, 김진영<sup>1</sup>, 심재록<sup>1</sup>, 최진<sup>1</sup>, 강권수<sup>2</sup>, 백원진<sup>3</sup>, 이강일<sup>4\*</sup>

Yeon-Il Kim<sup>1</sup>, Jin-Young Kim<sup>1</sup>, Jae-Rok Shim<sup>1</sup>, Jin Choi<sup>1</sup>, Kwon-Soo Kang<sup>2</sup>,  
Won-Jin Baek<sup>3</sup>, Kang-Il Lee<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Member, Graduate students, Department of Rural & Boisystems Eengineering, Chonnam National University, 77 Yongbong-Ro, Buk-gu, Gwangju, 500-757, Republic of Korea

<sup>2</sup>Member, Professor, Department of Civil Engineering, Seonam University, 439 Choonhyang-Ro, Namwon City, Jeollabukdo, 590-711, Republic of Korea

<sup>3</sup>Member, Associate Professor, Department of Rural & Boisystems Eengineering, Chonnam National University, 77 Yongbong-Ro, Buk-gu, Gwangju, 500-757, Republic of Korea

<sup>4</sup>Member, Professor, Department of Civil Engineering, Dae-Jin University, Seondan-dong, Pocheon City, Kyounggi-Do, 487-711, Republic of Korea

### ABSTRACT

In this study, the applicability of the lightweight dynamic cone penetrometer in the domestic slope site was investigated using the weathered granite soil sampled form the Namwon slope site. And then, the lightweight dynamic cone penetration tests according to the change in the degree of compaction and water content were performed and it was analyzed with the correlations between the degree of compaction, the void ratio, the degree of saturation and the value of cone resistance. From the laboratory test results, the cone penetration resistance was rapidly increased in the dry side of the optimum moisture content, and it was largely decreased in the wet side of the optimum moisture content. Moreover, when the degree of compaction and the degree of saturation are large, the cone resistance is increased linearly. And a high correlativity was shown between water content, void ratio, the degree of saturation and the cone resistance. From these results, it is judged that the lightweight dynamic cone penetrometer can be applied to the investigation on the site slope.

### 요 지

본 연구에서는 남원 사면현장에서 채취된 화강풍화토를 이용하여 경량 동적콘관입시험기의 국내 사면현장에서 적용성을 조사하였다. 그리고 다짐도와 함수비 변화에 따른 경량 동적콘관입시험을 수행하고, 다짐도, 간극비, 포화도와 콘관입 저항치와의 상관성을 분석하였다. 그 결과로 최적함수비의 건조측에서 함수비 증가와 더불어 관입저항치가 급격히 증가하고 습윤측에서 크게 감소하는 경향을 나타내었다. 또한 물리적 특성과의 상관관계에서 다짐도 및 포화도가 클수록 콘 저항치가 선형적으로 증가하는 것을 확인하였다. 이로 인해 역학특성 변화에 따른 함수비, 간극비, 포화도와 콘관입저항치 사이에 높은 상관성을 보여 사면조사시 경량 동적콘관입시험기의 현장적용이 가능할 것으로 판단된다.

**Keywords** : Weathered granite soil, Field investigation, Compaction degree, Light weight dynamic cone, Strength parameter

## 1. 서 론

국내 산간지역의 70% 이상을 구성하는 잔적토로서 건설현장에서 매우 빈번히 접하게 되는 흙이 화강풍화토이

Received 31 Jul. 2014, Revised 26 Aug. 2014, Accepted 28 Aug. 2014

\*Corresponding author

Tel: +82-31-539-2024; Fax: +82-31-539-2020

E-mail address: kilee@daejin.ac.kr (K. I. Lee)

다. 이 화강풍화토는 모암인 화강암질계 암석이 원지반에서 직·간접적으로 대기나 물의 물리적, 화학적 및 생물학적 풍화작용을 통해 원지반에 잔적된 흙으로서 대부분 석영, 장석, 운모 등의 1차 광물과 기타의 2차 광물로 구성되어 있으나 모암의 분포지역, 채취장소, 심도 및 풍화정도에 따라 각 광물의 성분량이 다르게 된다. 이러한 화강풍화토의 물리적 성질로서 가장 큰 특징 중의 하나는 물에 접촉하면 안정성이 저하되어 함수비가 많아짐에 따라 전단강도가 급격히 저하되고 압축성이 증가하는 경향을 보이는 것이다. 국내의 화강풍화토는 성토재료나 기초지반으로서 양호하다고 인정되고 있으나, 언급한바와 같이 조성광물의 함유량과 풍화의 정도, 성토시 다짐에너지에 따라 그 공학적 성질이 크게 달라지는 형태를 보이고 있으며, 대부분의 화강풍화토는 통일분류법에 의하면 SM, SC 등에 속하여 역학적 거동은 모래와 점토의 중간적 성격을 띠게 된다.

화강토에 대한 연구는 광물학이나 암석학 분야에서 화강암이나 그 풍화암의 조성광물의 분석부터 시작되어 점차 풍화잔적토에 대한 토질공학적 연구로 이행되어 왔다. 이들에 대한 연구는 Fukuda and Nakazawa(1975)에 의해 풍화사질토 구조물의 침수에 따른 전단저항력의 저하에 대한 기초적 연구와 Nishida and Aoyama(1981)에 의한 화강풍화토의 불교란 및 불포화 공시체의 전단강도 변화에 대한 연구 및 Nishida(1986)에 의해 풍화잔적토의 공학적 성질에 대한 연구 등의 역학특성변화에 대한 연구를 시작으로 현재까지 많은 연구가 이루어지고 있다. 국내에서는 Park(1973, 1974)에 의해 1970년대 수년에 걸쳐 전남 지방의 화강토를 중심으로 1차 및 2차광물의 추적과 그 심층풍화에 대하여 고찰한 바 있으며, 그 다짐 특성이나 투수특성 그리고 전단특성에 대해 고찰한 바 있다. 또한 Lee(1998)에 의해 풍화도에 따른 풍화토의 지반공학적 특성연구가 진행되었으며, Kim(2000)에 의해 소형 동적콘관입시험기를 이용한 절토사면에서의 풍화도와 전단강도의 관계에 대한 연구가 진행되었다. 또한 국내에서는 지금까지 화강토를 대부분 성토재료로서 사용해 왔기 때문에 교란 시료의 특성에 대해서는 어느 정도의 연구가 진행되

어 왔으나, 화강토를 구조물의 기초지반으로 이용하거나 절토사면의 안정성과 관련지어 평가할 경우의 불교란 상태의 전단강도정수가 요구되는데 현행에서는 통상 화강토 지반현장에서 표준관입시험(SPT)의 N치에 의존하는 것이 보편화되어 있다. 그러나 이와 같은 표준관입시험방법의 경우 장비가 대형이며 또한 산지의 경사면 진입의 어려움 등으로 실제적인 지반조사는 장대사면에 대해서 1개소만 이루어지는 현실이다. 또한 개략적인 현장조사를 위해 탄성과 탐사, 전기비저항 탐사 등 현장조사기법이 적용되고 있으나 이 방법들 또한 사면안정해석에 사용되는 강도정수 값으로의 환산에 고도의 전문기술이 요구되는 등 간편한 현장조사 방법에 대한 요구가 증가되고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 국내 화강풍화토와 유사한 풍화 특성을 보이는 일본의 산지사면에서 그 적용성(Atapaththu et. al., 2007)이 증가하고 있고, 국내에서 경량 동적콘관입시험기(PANDA)와 사운드시험(표준관입시험, 피에조콘관입시험, 베인시험)과의 비교결과 상관성이 높은 중량 약 10kg의 경량 동적콘관입시험기의 국내 현장적용 가능성을 알아보고자 하였다. 이를 위해 전라북도 남원의 화강 풍화토사면에서 채취한 화강풍화토를 이용하여 실내다짐 시험을 통해 최대건조밀도를 구하고 다짐도에 따른 강도정수 변화특성, 함수비 변화에 따른 강도정수 변화특성을 연구하였다.

## 2. 시험재료 및 방법

### 2.1 시험재료 및 기본물성

본 연구에서 사용한 시료는 전라북도 남원시에서 채취한 화강풍화토를 이용하였다. 사용된 화강풍화토의 물리적 특성은 Table 1에 나타냈으며, 비교적 세립분이 다량 함유된 통일분류법상 실트질 모래인 SM으로 분류되며, 수정 D다짐에 의한 최대건조밀도와 최적함수비는 표에 나타낸 바와 같다. 또한 사용시료의 입도분포 곡선을 나타낸 것이 Fig. 1이다.

Table 1. Physical properties of weathered granite soil

| Specific gravity (Gs) | Liquid limits (%) | Plastic index (%) | Maximum dry unit weight (kN/m <sup>3</sup> ) | Optimum moisture contents (%) | USCS |
|-----------------------|-------------------|-------------------|--|-------------------------------|------|
| 2.66                  | 33.14             | 14.96             | 17.3   | 15                            | SM   |





| Equipment Name                                 |
|--|
| (A) : waterproof suitcase                      |
| (B) : Dialouge Terminal Power Pack             |
| (C) : Central Acquisition Unit                 |
| (D) : Anvil with strain gages bridge           |
| (E) : Bettery charger                          |
| (F) : Hammer with no rebound                   |
| (G) : 10 rods of 50cm each                     |
| (H) : 2 cone holders                           |
| (I) : 6 cones of 2cm <sup>2</sup>              |
| (J) : 10 sacrificial cones of 4cm <sup>2</sup> |
| (K) : Rod extractor                            |
| (L) : 2 wrenches # 10                          |
| (M) : Goggles                                  |

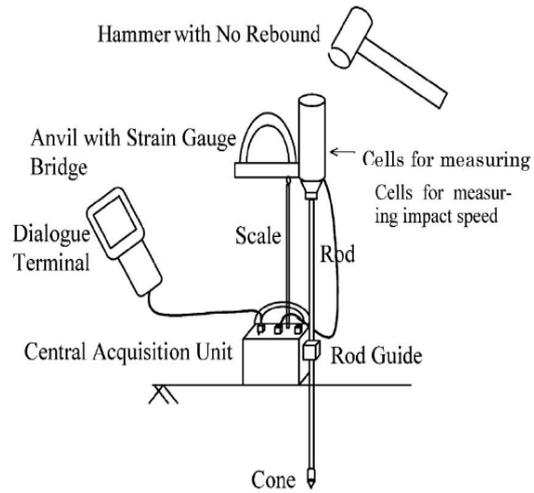


Fig. 2. Light weight dynamic cone penetrometer (PANDA) devices

치를 얻을 수 있다는 장점을 가진다. 여기서 저면적 2cm<sup>2</sup>의 콘은 룯드의 선단에 고정식 타입으로 회수 가능한 것이며, 4cm<sup>2</sup>의 콘은 분리형으로 회수 불가능하게 되어있다. 시험방법으로는 헤드와 중앙연산장치(CAU), 데이터로거를 케이블로 접속한 후, 중앙연산장치를 조사대상 지반상에 놓고, 설치된 구멍에 콘을 선단에 붙인 1m의 룯드를 통해 데이터로거의 설정을 행하고 조사를 개시한다. 이때, 중앙연산장치를 지반상에 수평으로 설치하도록 주의한다. 중앙연산장치에 매입되어 있는 감아 올림식 테이프를 헤드에 연결하여 감아올림 양을 계측함으로써 헤드에의 타격 1회별의 관입량을 계측할 수 있다. 관입량 50cm 별로 룯드를 1본 추가하여 데이터로거에 룯드 추가처리를 함으로써 관입저항치의 계산을 보정할 수 있도록 되어있다. 헤드 부분에는 가속도계가 내장되어 있으며, 이 부분에 전용 햄머를 이용한 타격이 가해지면 충격에 따른 관입 가속도가 계측되도록 되어 있다. 이 가속도와 동시에 계측된 관입량으로 부터 중앙연산장치에서 관입저항치가 계산되며, 관입량과 함께 데이터로거에 출력기록된다. 관입저항치  $q_d$ 의 계산은 다음 식 (1)(Cassan M, 1988)에 의해 행해진다.

$$q_d = \frac{1}{A} \frac{\frac{1}{2} MV^2}{1 + \frac{P}{M} x_{90^\circ}} \quad (1)$$

여기서,  $q_d$  : 경량 동적콘관입시험에서 얻어진 관입저항치(MPa)

- M : 햄머의 질량
- V : 햄머의 속도
- A : 콘 저면적
- P : 피타격 부분(헤드, 룯드, 콘)의 질량
- $x_{90^\circ}$  : 1회의 타격에 의한 관입량

본 연구에서 수행한 실내모형시험은 국내 산간지 토양의 대부분을 구성하고 있는 화강풍화토를 채취하여 아크릴 튜브에 채성형 하였다. 아크릴 튜브는 Fig. 3 (a), (b)와 같이 높이 20cm, 지름 21cm로, 총 5개를 연결하여 1m를 만들어 실험한다. 또한 본 연구에서는 다짐도에 따른 강도 특성 변화를 알아보기 위해서 튜브높이 20cm에 대해 5cm 단위로 투입량을 계산하고 총 20층으로 다짐을 실시하여 균일한 다짐도가 유지되도록 모형토조를 제작하고 상부에 경량 동적콘관입기를 셋팅 후 관입시험을 실시하였다.

본 연구에서 수행한 다짐도와 함수비 변화에 따른 시험내용은 다음 Table 3과 같다. 각각의 함수비에 대한 다짐도를 결정하고 5cm 단위로 표에 나타난 층당 시료용량을 계량하여 다짐을 실시하였다. 예를 들면 함수비 5%, 다짐도 90%인 경우에 각 층당 시료투입량은 습윤상태에서 2829g을 투입하여 다짐을 실시하고 이를 반복해서 20층을 다짐하였다. 최적함수비인 15%를 기준으로 5, 10, 15, 20, 25%의 함수비로 혼합한 풍화토에 대해 각각의 다짐도에 해당하는 건조밀도와 습윤밀도를 조절하여 총중량과 1회 투입량을 결정하여 모형을 제작하였다. 또한 각 함수상태에서  $q_{dmax}$ 와  $q_{dmin}$ 의 차이가 다짐도가 높을수록 차이가 큰 이유는 다짐에너지 증가에 따른 입자간 결속력의 증가

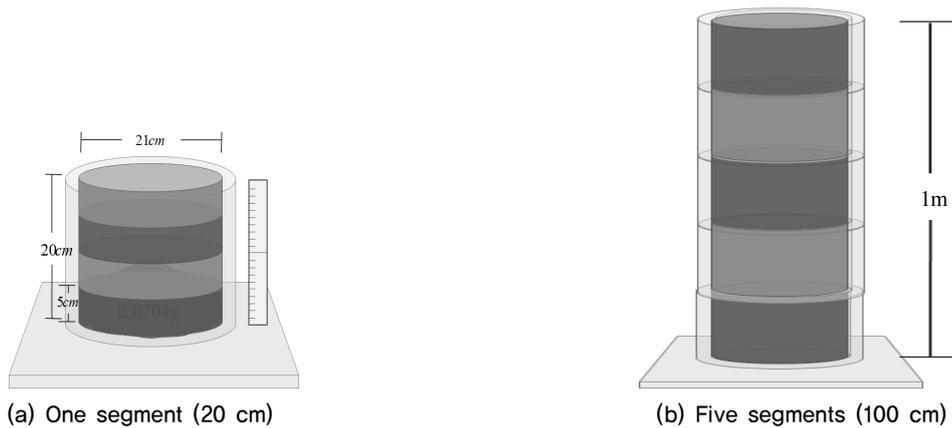


Fig. 3. Concepts of laboratory model test

Table 3. Cases of Laboratory test according to degree of compaction

| w=5%   |       |                         |                         |      |        |                         |                         |                         |
|--------|-------|-------------------------|-------------------------|------|--------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Dc (%) | W (g) | rt (kN/m <sup>3</sup> ) | rd (kN/m <sup>3</sup> ) | e    | Sr (%) | Q <sub>dmax</sub> (Mpa) | Q <sub>dmin</sub> (Mpa) | Q <sub>dave</sub> (Mpa) |
| 90     | 2829  | 16.4                    | 15.3                    | 0.73 | 24.97  | 7.22                    | 0.82                    | 4.11                    |
| 85     | 2672  | 15.4                    | 14.5                    | 0.83 | 21.65  | 4.55                    | 0.43                    | 2.68                    |
| 80     | 2515  | 14.5                    | 13.6                    | 0.95 | 19.23  | 1.92                    | 0.57                    | 1.2                     |
| 75     | 2358  | 13.6                    | 12.7                    | 1.08 | 17.06  | 1.27                    | 0.12                    | 0.69                    |
| 70     | 2200  | 12.7                    | 11.8                    | 1.24 | 16.05  | 0.6                     | 0.13                    | 0.29                    |
| w=10%  |       |                         |                         |      |        |                         |                         |                         |
| Dc (%) | W (g) | rt (kN/m <sup>3</sup> ) | rd (kN/m <sup>3</sup> ) | e    | Sr (%) | Q <sub>dmax</sub> (Mpa) | Q <sub>dmin</sub> (Mpa) | Q <sub>dave</sub> (Mpa) |
| 90     | 2964  | 17.1                    | 15.6                    | 0.7  | 38.22  | 4.98                    | 1.16                    | 3.13                    |
| 85     | 2799  | 16.2                    | 14.7                    | 0.81 | 33.68  | 3.8                     | 0.49                    | 2.22                    |
| 80     | 2635  | 15.2                    | 13.9                    | 0.9  | 27.6   | 2.99                    | 0.53                    | 1.3                     |
| 75     | 2470  | 14.3                    | 13.0                    | 1.03 | 24.38  | 1.77                    | 0.24                    | 0.758                   |
| 70     | 2305  | 13.3                    | 12.1                    | 1.18 | 21.77  | 0.82                    | 0.15                    | 0.33                    |
| w=15%  |       |                         |                         |      |        |                         |                         |                         |
| Dc (%) | W (g) | rt (kN/m <sup>3</sup> ) | rd (kN/m <sup>3</sup> ) | e    | Sr (%) | Q <sub>dmax</sub> (Mpa) | Q <sub>dmin</sub> (Mpa) | Q <sub>dave</sub> (Mpa) |
| 90     | 3105  | 17.9                    | 15.6                    | 0.7  | 57.88  | 6.48                    | 0.91                    | 3.26                    |
| 85     | 2930  | 16.9                    | 14.7                    | 0.81 | 51.07  | 4.1                     | 0.82                    | 2.39                    |
| 80     | 2750  | 15.9                    | 13.7                    | 0.93 | 44.92  | 2.84                    | 0.53                    | 1.61                    |
| 75     | 2583  | 14.9                    | 12.9                    | 1.05 | 39.06  | 1.73                    | 0.27                    | 0.96                    |
| 70     | 2410  | 13.9                    | 12.1                    | 1.2  | 34.34  | 2.52                    | 0.14                    | 0.61                    |
| w=20%  |       |                         |                         |      |        |                         |                         |                         |
| Dc (%) | W (g) | rt (kN/m <sup>3</sup> ) | rd (kN/m <sup>3</sup> ) | e    | Sr (%) | Q <sub>dmax</sub> (Mpa) | Q <sub>dmin</sub> (Mpa) | Q <sub>dave</sub> (Mpa) |
| 90     | 3234  | 18.7                    | 15.4                    | 0.72 | 78.49  | 1.54                    | 0.41                    | 0.98                    |
| 85     | 3054  | 17.7                    | 14.6                    | 0.82 | 68.35  | 1.16                    | 0.37                    | 0.78                    |
| 80     | 2874  | 16.6                    | 13.7                    | 0.93 | 59.79  | 0.84                    | 0.4                     | 0.64                    |
| 75     | 2695  | 15.6                    | 12.9                    | 1.06 | 52.62  | 0.68                    | 0.18                    | 0.36                    |
| 70     | 2515  | 14.5                    | 12.0                    | 1.21 | 46.53  | 0.52                    | 0.13                    | 0.29                    |
| w=25%  |       |                         |                         |      |        |                         |                         |                         |
| Dc (%) | W (g) | rt (kN/m <sup>3</sup> ) | rd (kN/m <sup>3</sup> ) | e    | Sr (%) | Q <sub>dmax</sub> (Mpa) | Q <sub>dmin</sub> (Mpa) | Q <sub>dave</sub> (Mpa) |
| 85     | 3181  | 18.4                    | 14.6                    | 0.81 | 84.04  | 0.49                    | 0.23                    | 0.4                     |
| 80     | 2994  | 17.3                    | 13.8                    | 0.92 | 73.6   | 0.4                     | 0.2                     | 0.3                     |
| 75     | 2807  | 16.2                    | 13.0                    | 1.03 | 62.95  | 0.4                     | 0.2                     | 0.3                     |
| 70     | 2620  | 15.1                    | 12.0                    | 1.2  | 56.94  | 0.41                    | 0.14                    | 0.23                    |

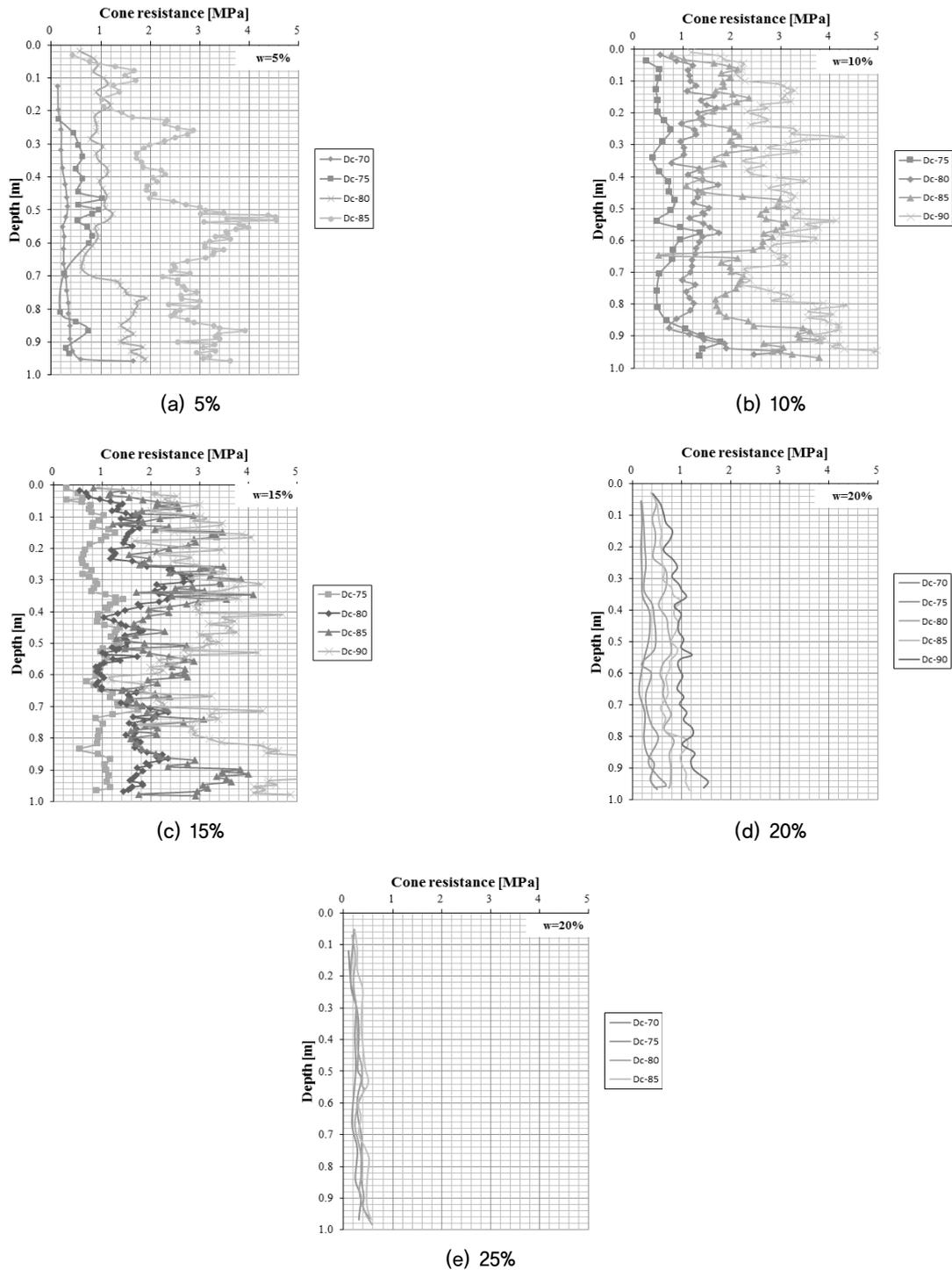


Fig. 4. Test results according to degree of compaction and water contents

로 관입저항치가 크게 나타난 것으로 판단된다.

### 3. 실내시험 결과 및 고찰

#### 3.1 경량 동적관입시험 결과

Fig. 4는 다짐도 및 함수비 변화에 따른 경량 동적관

입시험의 결과를 나타낸 것이다. 본 연구에서의 함수비 변화는 수정 D다짐에서 얻어진 최적함수비를 기준으로 건조축에서 5%, 10%, 습윤축에서 20%, 25%에 대해 다짐도를 각각 변화시켜 PANDA를 이용하여 콘관입저항치를 구하였다. 시험에 적용된 다짐도를 확보하기 위하여 진술한 바와 같이 5cm를 1층으로 구성하여 총 20층의 다짐을 수행하여 균일한 다짐도를 가진 1m의 층을 형성하였다. 그

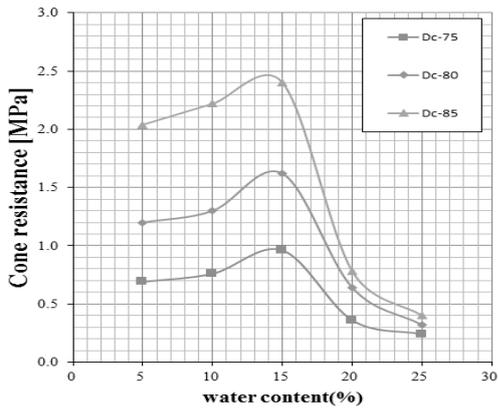


Fig. 5. Relations water content and cone resistance

림에서 알 수 있는 것처럼 각각 다짐도에 따라 건조측에서 함수비 증가와 더불어 저항치가 증가하고 최적함수비에서 최고값을 나타낸 후 습윤측에서 급격히 관입저항치가 감소함을 알 수 있다. 또한 다짐도의 증가와 더불어 입자간 결속력의 증가로 관입저항치가 증가하는 것으로 나타났다.

Fig. 5는 각각의 함수비 조건에 대해 다짐도 75, 80, 85%에 대한 함수비와 관입저항치의 관계를 나타낸 것이다. 각각의 다짐상태에서 함수비가 최적함수비 상태일 때 관입저항치는 최대값을 나타내고 있으며, 습윤측에서는 급격히 감소함을 보이고 있다. 이는 고함수비에서 릿드에

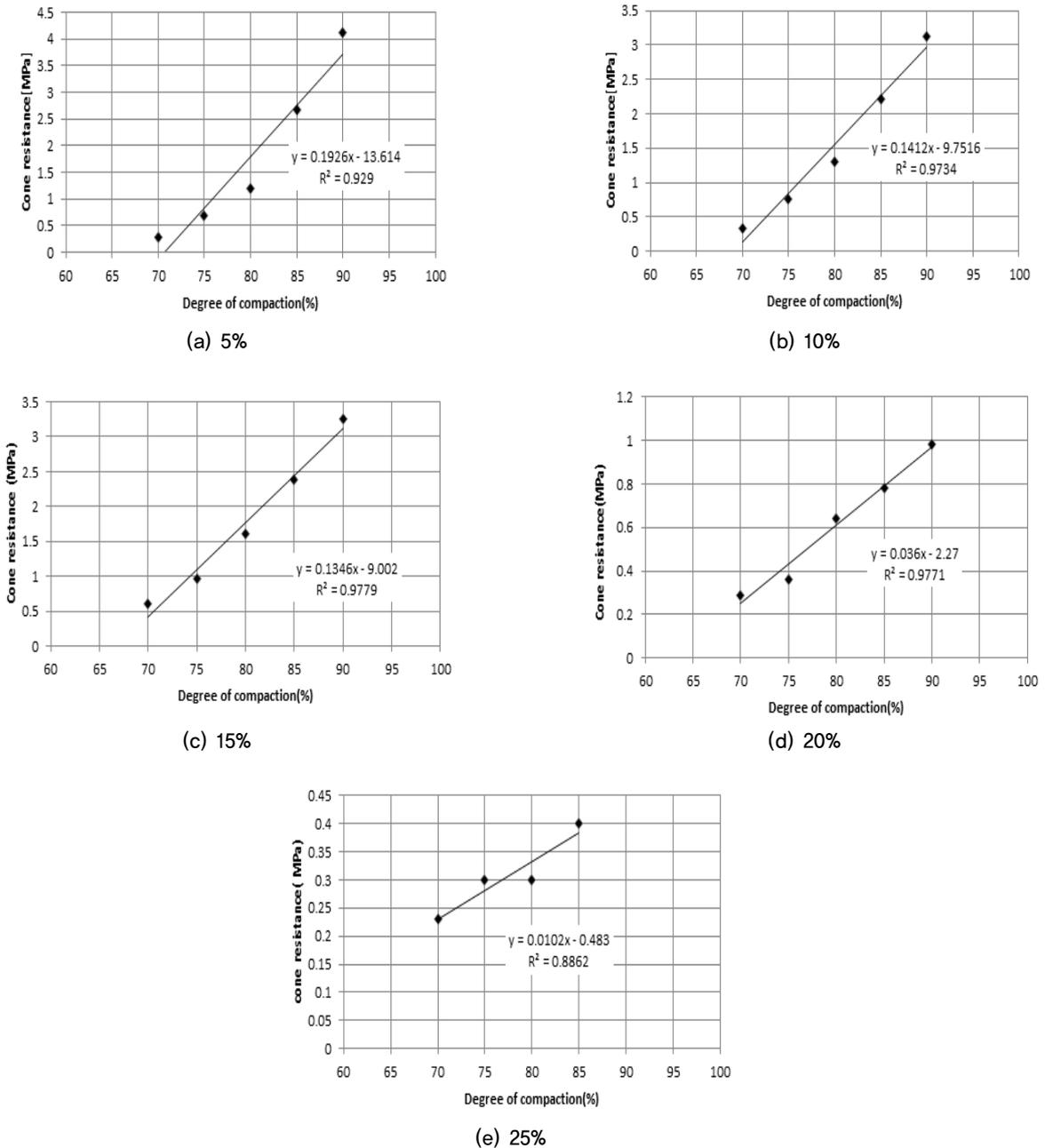


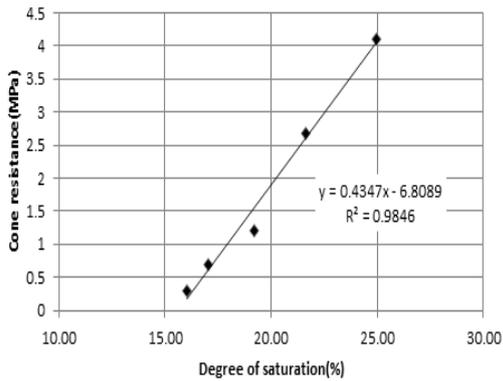
Fig. 6. Relations degree of compaction and cone resistance

습윤상태의 흡착수가 미끄러짐 현상(유효작용)으로 작용하여 저항치가 감소한 것으로 판단된다. 또한 건조 측(함수비 10%)에서 다짐도의 증가에 따른 관입저항치가 크게 증가하며 습윤 측(함수비 25%)에서 그 차이는 미미한 것으로 나타났다. 이는 건조 측에서 다짐도 증가와 더불어 입자간 맞물림 효과의 증가에 따른 내부마찰각의 증가에 기인하는 것으로 판단된다.

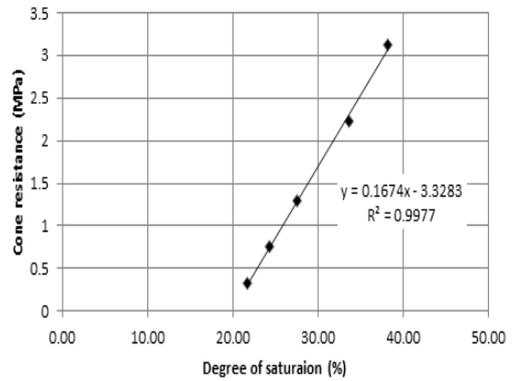
Fig. 6은 각 함수비 별 다짐도(Dc)와 관입저항치의 상관관계 분석결과를 나타낸 것이다. 그림에서 다짐도의 증가에 따라 관입저항치가 증가하는 경향을 보이며, 함수상태

와 다짐도의 변화에 따라 관입저항치 사이에 양호한 상관관계(결정계수  $R^2$ 가 평균 0.9이상)를 나타냈다. 또한, 콘관입저항치의 다짐도에 따른 상승 추이가 건조측에서 큰 값을 나타내고 습윤측에서 작은 값을 나타냄을 알 수 있다 ( $0.1926 \rightarrow 0.1412 \rightarrow 0.1346 \rightarrow 0.036 \rightarrow 0.0102$ ). 이와 같은 실험결과를 토대로 경량 동적 콘관입시험기를 이용한 현장 다짐도의 확인이 가능할 것으로 판단된다.

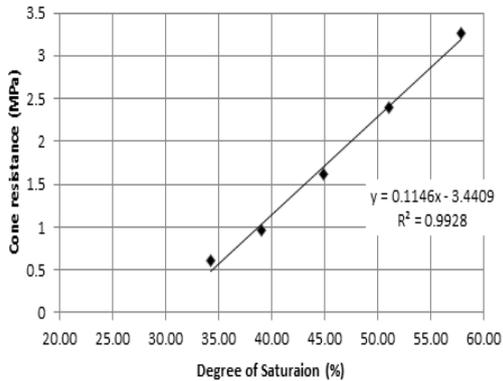
Fig. 7은 각 함수비별 포화도(S)와 관입저항치의 상관관계를 분석한 결과로 모든 함수비에서 포화도의 증가와 더불어 관입저항치가 증가하는 경향을 나타내었으며, 함수



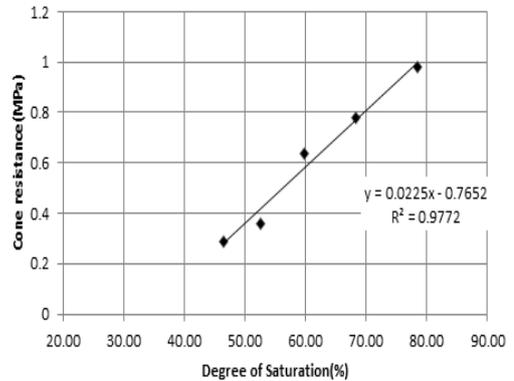
(a) 5%



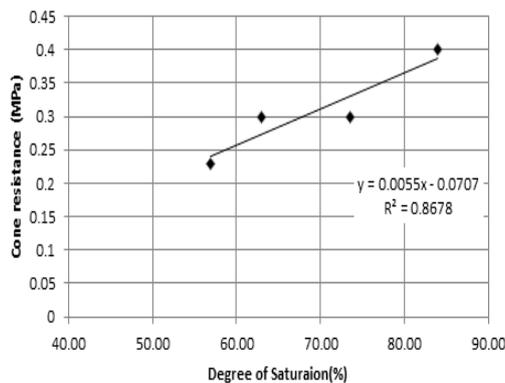
(b) 10%



(c) 15%

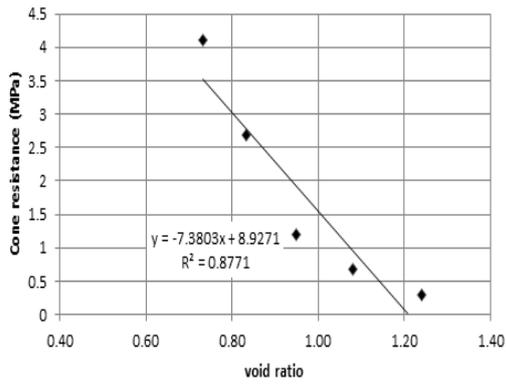


(d) 20%

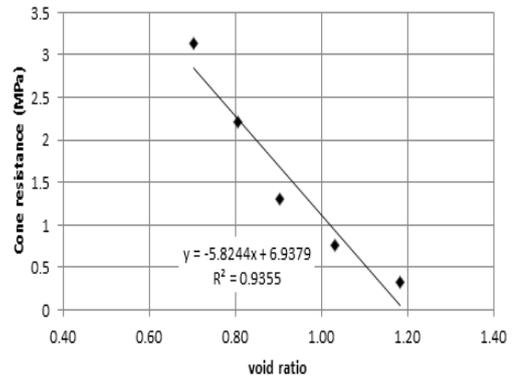


(e) 25%

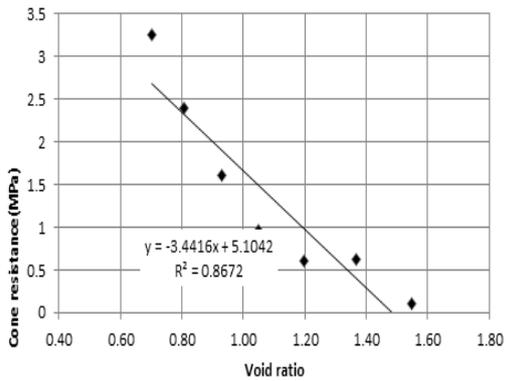
Fig. 7. Relations degree of saturation and cone resistance



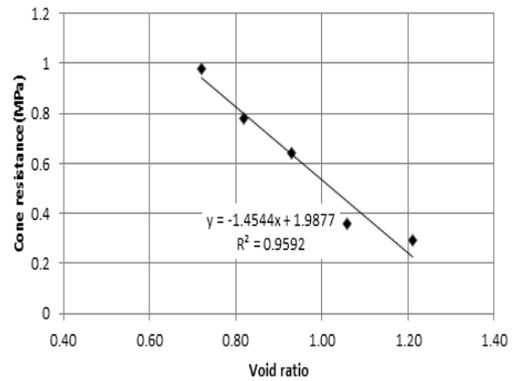
(a) 5%



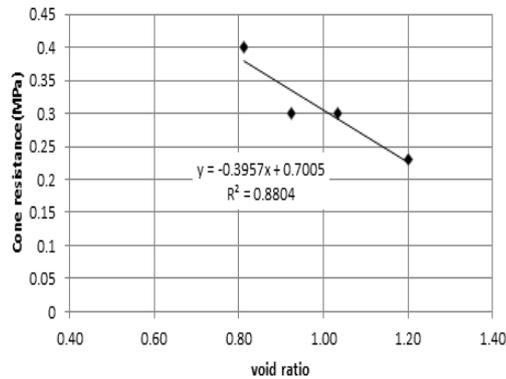
(b) 10%



(c) 15%



(d) 20%



(e) 25%

Fig. 8. Relations void ratio and cone resistance

비의 증가와 더불어 관입저항치가 감소하는 것으로 나타났다. 이 결과로부터 관입저항치를 이용하여 현장 함수상태에 따른 포화도를 추정하는 것이 가능할 것으로 판단된다.

Fig. 8은 각 함수비별 간극비(e) 변화와 관입저항치의 상관성 분석결과를 나타낸 것이다. 그림에서 최적함수비를 기준으로 건조 측에서 간극비 증가에 따른 관입저항치의 감소경향이 크게 나타났다. 이는 건조상태에서 간극비 감소와 더불어 입자간 마찰력의 감소가 현저하고 흡착수의 겉보기 점착력의 발현이 감소한 결과로 판단된다. 또한

각 함수상태에 따른 상관성이 양호하므로 현장에서 경량 동적관입시험을 수행하고 함수비를 측정함으로써 심도에 따른 간극비의 추정이 가능할 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 경량 동적관입시험기(PANDA)를 이용하여 다짐도 및 함수비 변화에 따른 화강풍화토의 물리, 역학특성 변화에 대해 알아보기 위해 실내모형시험을 수

행하고 콘관입시험기의 적용성에 대해 검증하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 실내시험 결과를 분석하면 다짐도에 따른 경량 동적 콘관입시험의 결과는 최적함수비에 가까울수록 밀도의 증가로 인한 입자간 맞물림력의 증가로 콘관입저항치(qd)가 증가경향을 나타내고, 습윤측에서는 고함수 상태로 인해 룯드에 미끄러짐 현상이 발생하여 콘관입 저항치가 감소하는 경향을 나타내었다.
- (2) 경량 동적콘관입시험의 결과 값과 실내시험에서 얻어진 상관관계 분석 결과에 의하면 다짐도 및 포화도가 클수록 콘 저항치가 선형적으로 증가하고 간극비가 커질수록 콘 저항치가 선형적으로 감소하는 경향을 나타내었다.
- (3) 실내모형토조 실험결과로부터, 다짐도, 함수비, 간극비, 포화도와 콘관입저항치 사이에 높은 상관관계를 나타내므로 각 역학특성과 현장다짐도 및 함수상태를 파악함으로써 실제 현지사면에서의 강도정수를 추정할 수 있으므로 산지사면에서의 간이 조사장비로서 경량 동적콘관입시험기의 적용이 가능할 것으로 판단된다.
- (4) 실내시험결과로부터 경량 동적콘관입시험(PANDA)을 통해 현장에서 얻어진 관입저항치를 이용하여 화강풍화토 사면의 안정해석시 심도별 토층구성과 강도정수의 추정이 가능할 것으로 판단된다.

## References

1. Park, B. K., (1973), A study on the physical properties of weathered granite soils in Kwangju District, *Journal of Korean Society of Civil Engineers*, Vol.21, No.4, pp.37-50.
2. Park, B. K., (1974), A study on compaction and permeability characteristics of weathered granite soils in Kwangju District, *Journal of Korean Society of Civil Engineers*, Vol.22, No.2, pp.83-96.
3. Athapaththu, A.M.R.G., Tsuchida, T., Suga, K. and Kano, S., (2007), A light weight dynamic cone penetrometer for evaluation of natural masado slopes, *Journal of Japanese Society of Civil Engineers*, Vol.63, No.2, pp.403-416.
4. Cassan, M., (1988), *Les Essais in Situ en Mechanique des Sols. Realisation et Interpretation*, Vol 1, pp.146-151.
5. Fukuda, M. and Nakazawa, J., (1975), Subsidence of Embankment due to Submergence and its Estimation -with Special Reference to Weathering Sandy Soil like Decomposed Granite Soil-, *JSSMFE*, Vol.17, pp.35-57.
6. Kim, J. H., (2000), *A study of shear parameters and weathering degree of decomposed of granite soils on cutting plane using small dynamic penetration tests*, Graduate school of Chonnam national university.
7. Langton D.D., (1999), The Panda lightweight penetrometer for soil investigation and monitoring material compaction, *Ground Engineering*, Vol.32, Issue.9, pp.33-37.
8. Lee, K. C., (1998), *Geotechnical characteristics of decomposed granite soils related to the degree of weathering*, Graduate school of Chonnam national university.
9. Nishida, H. and Aoyama, C., (1981), "Shear strength of undisturbed and unsaturated specimens of decomposed granite soil", *Soil mechanics and foundation engineering*, Journal of Japanese Geotechnical Society (in Japanese).
10. Nishida, H., (1986), *Properties of mechanical of decomposed granite soil*, Printed by Kagoshima company.