

RAP

A Study on the Shear Strength Characteristics of Compositied Ground applying RAP Method by Large Direct Shear Test

¹⁾, Byung-Sik Chun, ²⁾, Deok-Dong Seo , ³⁾, Jong-San Kim

1) , Professor, Dept. of Civil Engineering, Hanyang Univ.

2) , Ph. D, Dept. of Civil Engineering, Hanyang Univ.

3) , Master of Engineering, Dept. of Civil Engineering, Hanyang Univ.

SYNOPSIS : To secure stability and availability of Rammed Aggregate Pier method as the foundation of a structure, the shear strength characteristics according to the area replacement ratio of RAP and the relative density of in-situ ground was studied through soil laboratory tests and large direct shear tests in a model ground. As a result, the internal friction angle tends to increase in proportion to in-situ relative density(Very Loose, Loose, Medium) in composite ground formed by the same area replacement ratio of RAP and also increase in proportion to increasing the area replacement ratio(30, 40, 50%) of RAP in the same ground condition. Furthermore, the comparative analysis between the experimental value and theoretical value of the shear strength is carried out.

Key words : Rammed Aggregate Pier, Composite ground, Relative density, Area replacement ratio, Shear strength characteristics

1. 서 론

자연적으로 조성된 복합지반에 비하여 인위적으로 조성된 복합지반의 경우 안정성과 사용성 문제의 해결을 위한 신뢰성 있는 이론 및 해결방안들이 아직 일반화되어 있지 않다고 할 수 있다(박용원 등, 1997). 본 연구에서 제시한 짧은 다짐쇄석말뚝(Rammed Aggregate Pier)공법은 깊은 기초와 얇은 기초의 중간개념(Intermediate Foundations)으로 1980년대 중반 미국에서 시작하여 필리핀, 인도, 말레이시아, 독일, 러시아 등 전 세계적으로 활용성을 넓혀가고 있다(Nathaniel S. Fox and Michael J. Cowell, 1988). 또한 이에 대한 연구 활동도 활발히 진행되고 있으나 국내의 경우 복합지반으로의 개량을 위한 적용사례가 없고 본 공법 적용시 mechanism 및 적용효과에 대한 연구와 시공방법에 따른 보강효과에 대한 체계적인 연구는 이루어지지 않은 실정이다. 이와 같은 현실은 RAP공법이 적용된 복합지반(c = 0 지반)의 안정성을 평가함에 있어서 전단강도, 지지력, 침하문제 등을 해결하는데 많은 문제점을 야기한다.

따라서 본 연구의 목적은 RAP공법의 구조물 기초로서 안정성 및 사용성 확보를 위한 기초연구로서 균질한 사질토 지반(c = 0 지반)을 모형지반으로 하여 대상토의 실내 토질역학시험 및 대형직접전단시험을 통해서 모형 RAP의 치환율과 원지반의 상대밀도에 따른 복합지반의 전단강도 특성을 검토하는 데에 있다.

2. 이론적 배경

2.1 복합지반의 전단강도 산정법

복합지반의 전단강도 산정법은 원지반과 말뚝의 치환율에 비례하여 각각의 전단강도를 가중평균하여 사용하는 방법으로서, 주로 sand compaction pile공법이 적용된 지반에서 모래와 점토에 발생하는 응력(응력분담비)을 고려하는가, 압밀진행에 따라 발생하는 점토의 전단강도 증가를 고려하는가의 여부에 따

라 몇 가지 공식이 제안되어 있다. 복합지반 전단강도 가중평균은 다음과 같이 계산된다(日本土質工學會, 1988).

(1) 가중평균법

가중평균법에 의한 복합지반 전단강도식의 개념(SCP 공법이 적용된 복합지반)은 다음과 같다.

$$\tau_{sc} = (1 - a_s)\tau_c + a_s\tau_s \tag{1}$$

여기서, τ_{sc} : SCP 공법이 적용된 복합지반의 전단강도

τ_s : 모래의 전단강도

τ_c : 점토의 전단강도

a_s : 치환율

(2) 평균전단강도법

$$\bar{\tau}_s = (\mu_s \sigma_z + \gamma'_s z) \tan \phi_s \cos^2 \theta \tag{2}$$

$$\begin{aligned} \bar{\tau}_c &= c + (\mu_c \sigma_z + \gamma'_c z) \tan \phi_c \cos^2 \theta + \Delta c \\ &= c + \Delta c (\phi_c = 0 \text{ 일 때}) \end{aligned} \tag{3}$$

위 식에서 응력분담과 점토층 강도증가(Δc)를 고려하여 다시 나타낸 것이 식 (4) 및 식 (5)이며, 응력분담만을 고려한 것이 식 (6), 응력분담을 고려하지 않은 것이 식 (7)이다.

$$\bar{\tau} = (1 - a_s)(c_u + \Delta c) + (\gamma'_s z + \mu_s \sigma) a_s \tan \phi_s \cos^2 \theta \tag{4}$$

$\Delta c = (c'/p') \mu_c \sigma U$

$$\bar{\tau} = (1 - a_s)(c_u + \Delta c) + (\gamma'_m z + \sigma) \mu_s a_s \tan \phi_s \cos^2 \theta \tag{5}$$

$$\bar{\tau} = (\gamma'_m z + \sigma) \mu_s a_s \tan \phi_s \cos^2 \theta \tag{6}$$

$$\bar{\tau} = (\gamma'_m z + \sigma) \tan \phi_m \cos^2 \theta \tag{7}$$

여기서, $\Delta \sigma$: 외력에 의한 점토의 연직응력증분

$\bar{\tau}$: 전단면에서 발휘되는 전단강도

a_s : 모래말뚝의 치환율

c_u : 점성토의 비배수 전단강도

z : 전단파괴면의 깊이

μ_c : 점토의 응력감소계수 ($\mu_c = [1 / (m - 1) a_s]$)

μ_s : 모래말뚝의 응력집중계수

($\mu_c = [m / 1 + (m - 1) a_s]$)

m : 응력분담비 ($m = \Delta \sigma_s / \Delta \sigma_c$)

σ : 전단파괴면의 위치에서 외력에 의한 연직 응력증분의 평균치

$\Delta \sigma_s$: 외력에 의한 모래말뚝의 연직응력증분

c'/p' : 원지반 점성토의 강도증가율 (= 0.11 + 0.0037 I_p)

$\Delta p'$: 성토하중에 의해 발생하는 지중응력의 평균값

γ'_s : 모래말뚝의 유효 단위중량

γ'_c : 점성토의 유효 단위중량

ϕ_s : 모래말뚝의 내부마찰각

U : 점토의 평균압밀도

θ : 대상으로 하는 전단면 접선이 수평면과 이루는 각도

γ'_m : 복합지반의 평균단위중량

($\gamma'_m = a_s \gamma'_s + (1 - a_s) \gamma'_c$)

ϕ_m : 복합지반의 환산내부마찰각

($\tan \phi_m = \mu_s a_s \tan \phi_s$)

이 중 기존의 실단면 역해석에 의한 식 (4)가 표준적인 방법이라 하겠다. 일반적으로 사용하고 있는 식 (4)는 μ_c 와 μ_s 를 포함하고 있고, μ_c 와 μ_s 는 응력분담비(m)에 따라서 달라지므로 식 (4)에 의한 복합지반 강도는 응력분담비의 영향을 받는다(神田 등, 1990).

3. 시험방법

3.1 사질토 및 쇄석의 물성

본 연구에서는 주문진 표준사를 이용하여 대형직접전단시험기의 전단상자 내에 모형지반을 형성하였다. 시험대상토와 쇄석시료의 물성시험결과는 다음과 같다.

표 1. 시험대상토의 물성치

물리적 성질	시험대상토
USCS	SP
비중, G_s	2.61
최대 간극비	0.867
최소 간극비	0.545
$\gamma_d \text{ max (t/m}^3\text{)}$	1.689
$\gamma_d \text{ min (t/m}^3\text{)}$	1.398
균등계수	1.66
NO.200 체 통과율(%)	0.04

표 2. 쇄석 시료의 물성치

물리적 성질	쇄석 시료
USCS	GW
비중, G_s	2.63
건조단위중량 (t/m^3)	1.70
내부마찰각 ϕ°	51.6

3.2 시험장치 개요

본 시험에 사용된 장비의 제원은 표 3과 같다.

표 3. 대형직접전단시험기의 제원

장비 Size	2100mm(L) × 1700mm(W) × 1850mm(H)	
최대 가압력	수평	50ton
	연직	20ton
유압밸브 및 제어장치	1~100mm/min	
유압펌프장치	250kg/cm ² 20ℓ	
변위계	수평	200mm(0.02mm)
	연직	100mm(0.02mm)
전단상자 Size	d = 300mm	h = 350mm

3.3 모형지반조성 및 RAP 설치

본 시험의 모형지반조성에는 raining method을 적용, 10번체를 사용하였으며 모래지반의 상대밀도를 RAP 성형 전과 성형 후에 각각 시험하여 RAP 성형 후의 상대밀도를 14, 32, 50%로 각각 맞추었다. 표 4는 RAP 성형 전과 성형 후의 상대밀도 변화를 나타낸다. 표 5는 각각의 상대밀도가 매우느슨, 느슨, 중간인 모래지반의 상대밀도 범위 내에 있다는 것을 보여준다(Bowles, 1977). 본 연구에서의 상대밀도 구분은 표 5와 같이 Bowles(1977)의 기준을 따른다.

RAP의 설치에 모형지반에 미리 casing을 설치하고 상대밀도에 따른 모형지반을 조성한 후, 공벽의 붕괴를 방지하기 위해 삽입된 casing을 일정간격으로 인발하며 쇄석 재료를 넣었다. RAP의 치환율 변화를 위해 casing의 직경(d)을 각각 134, 164, 190, 212mm로 하였으며, RAP의 높은 강성비를 일정하게 맞추기 위해 건조단위중량(γ_d)을 1.7t/m³로 하여 RAP를 설치하였다.

표 4. RAP 성형 전·후의 상대밀도

상대밀도 Dr(%)	
RAP 성형 전	RAP 성형 후
15	14
30	32
80	50

표 5. 모래지반에 대한 경험적인 상대밀도 (Bowles, 1977)

상대밀도 Dr(%)	모래지반의 상태
0 ~ 15	Very Loose
15 ~ 35	Loose
35 ~ 65	Medium
65 ~ 85	Dense
85 ~ 100	Very Dense

3.4 대형직접전단시험

대형직접전단시험에 관한 명확한 시험법이 정립되어 있지 않았으나 여러 문헌조사를 통해 조사해본 결과 대형직접전단시험의 시험과정은 직접전단시험의 시험과정과 같은 원리를 적용하여 실험되고 있다

는 것을 알 수 있었다(Head, 1986). 따라서 기본적인 개념 및 시험과정은 직접전단시험을 기준으로 하였다(신동훈, 2000). 본 시험에서는 1, 2, 3kg/cm²의 수직하중 단계로 1mm/min으로 전단속도로 대형직접 전단시험을 수행하였다. 상대밀도를 14, 32, 50%로 구분한 원지반의 대형직접전단시험을 수행하고, 치환율에 따른 전단강도특성을 알아보기 위해 원지반의 상대밀도별로 RAP의 지름(d)을 134, 164, 190, 212mm($a_s = 20, 30, 40, 50\%$)로 바꾸어 대형직접전단시험을 수행하였다.

4. 시험결과 및 분석

4.1 시험결과

RAP 성형 후의 원지반 상대밀도가 14, 32, 50%인 경우의 내부마찰각과 각각의 상대밀도별 치환율 20, 30, 40, 50%로 RAP를 성형한 복합지반의 내부마찰각을 표 6으로 나타냈다. 시험결과, 매우느슨, 느슨, 중간인 지반에서 치환율이 증가하면서 내부마찰각이 증가하는 경향이 나타났고 각각의 치환율(a_s)에 따라서 상대밀도(Dr)에 따른 내부마찰각이 증가하는 경향을 확인하였다.

표 6. 원지반 마찰각과 치환율과 상대밀도에 따른 복합지반 마찰각

치환율(%)	RAP 성형 후 상대밀도(%)	원지반의 마찰각(°)	RAP의 마찰각(°)	복합지반 마찰각(°)	마찰각 증가량(%)
20	14	22	51.6	24.5	11.4
30	14	22	51.6	27.9	26.8
40	14	22	51.6	32.5	47.7
50	14	22	51.6	35.4	60.9
20	32	28.1	51.6	37	31.7
30	32	28.1	51.6	39.8	41.6
40	32	28.1	51.6	41	45.9
50	32	28.1	51.6	42.9	52.7
20	50	31.2	51.6	40	28.2
30	50	31.2	51.6	42.1	34.9
40	50	31.2	51.6	44.3	42
50	50	31.2	51.6	45.9	47.1

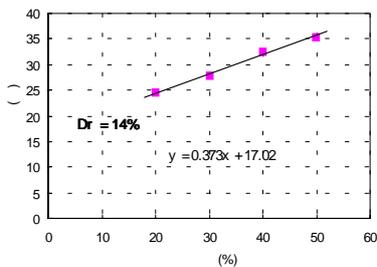


그림 1. RAP 성형 후 치환율별 내부마찰각 (매우느슨)

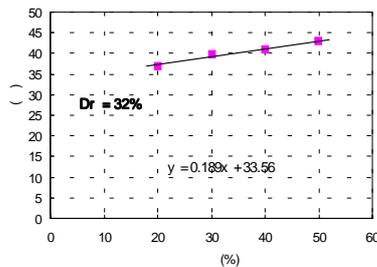


그림 2. RAP 성형 후 치환율별 내부마찰각 (느슨)

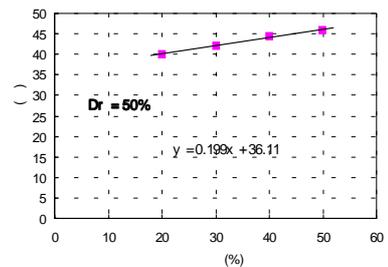


그림 3. RAP 성형 후 치환율별 내부마찰각 (중간)

4.2 복합지반 전단강도 산정법에 의한 이론치

4.2.1 가중평균법을 이용한 복합지반의 전단강도 산정

유효 수직응력을 이론식과 실측치의 비교를 위해 2kg/cm²으로 결정하였다. 가중평균법에 의한 전단강도는 매우느슨, 느슨, 중간인 지반에서 치환율의 증가에 따라 증가하는 경향을 보인다. 또한 원지반의

상대밀도가 증가하면서 전단강도도 증가한다.

표 7. 가중평균법의 전단강도 이론치($\sigma=2kg/cm^2$ 일 때)

원지반 상대밀도 Dr(%)	원지반의 내부마찰각 $\phi_s(^{\circ})$	RAP의 치환율 $a_s(\%)$	RAP의 내부마찰각 $\phi_g(^{\circ})$	복합지반의 전단강도 이론치		
				$(1-a_s)\tau_s$ (t/m ²)	$a_s\tau_g$ (t/m ²)	τ_{gs} (t/m ²)
14	22	20	51.6	6.464	5.047	11.51
14	22	30	51.6	5.656	7.570	13.23
14	22	40	51.6	4.848	10.093	14.94
14	22	50	51.6	4.040	12.617	16.66
32	28.1	20	51.6	8.543	5.047	13.59
32	28.1	30	51.6	7.475	7.570	15.05
32	28.1	40	51.6	6.407	10.093	16.50
32	28.1	50	51.6	5.340	12.617	17.96
50	31.2	20	51.6	9.690	5.047	14.74
50	31.2	30	51.6	8.479	7.570	16.05
50	31.2	40	51.6	7.267	10.093	17.36
50	31.2	50	51.6	6.056	12.617	18.67

4.2.2 평균전단강도법을 이용한 복합지반의 전단강도 산정

일반적으로 쇄석다짐말뚝의 응력분담비는 2~2.5의 범위(해양연구원, 2001)이나, RAP의 높은 강성을 고려하여 응력분담비(m)를 3으로 결정하였다. 전단파괴면의 깊이(z)는 전단상자 높이의 1/2인 15cm로, 대상으로 하는 전단면 접선이 수평면과 이루는 각도(θ)는 전단시험이므로 0°로 결정하였고 복합지반의 평균단위중량 및 환산내부마찰각 등은 시험값을 토대로 산정하여 사용하였다.

표 8. 평균전단강도법의 전단강도 이론치($\sigma=2kg/cm^2$, $\theta = 0$, m = 3 일때)

원지반 상대밀도 Dr(%)	RAP 치환율 $a_s(\%)$	전단파괴면 유효 수직응력 $\sigma(kg/cm^2)$	RAP 응력 집중계수 (μ_g)	복합지반 평균 단위중량 γ'_m (kg/m ³)	RAP 단위중량 γ'_g (kg/m ³)	원지반 단위중량 γ'_s (kg/m ³)	RAP 내부 마찰각 $\phi_g(^{\circ})$	환산 내부 마찰각 $\phi_m(^{\circ}) : \tan \phi_m$	전단강도 이론치 τ_{gs} (t/m ²)
14	20	2	2.14	1.49	1.7	1.44	51.6	0.54	10.81
14	30	2	1.88	1.52	1.7	1.44	51.6	0.71	14.19
14	40	2	1.67	1.54	1.7	1.44	51.6	0.84	16.82
14	50	2	1.50	1.57	1.7	1.44	51.6	0.95	18.93
32	20	2	2.14	1.53	1.7	1.49	51.6	0.54	10.81
32	30	2	1.88	1.55	1.7	1.49	51.6	0.71	14.19
32	40	2	1.67	1.57	1.7	1.49	51.6	0.84	16.82
32	50	2	1.50	1.60	1.7	1.49	51.6	0.95	18.93
50	20	2	2.14	1.58	1.7	1.54	51.6	0.54	10.81
50	30	2	1.88	1.59	1.7	1.54	51.6	0.71	14.19
50	40	2	1.67	1.61	1.7	1.54	51.6	0.84	16.82
50	50	2	1.50	1.62	1.7	1.54	51.6	0.95	18.93

평균전단강도법에 의한 전단강도는 매우느슨, 느슨, 중간인 지반에서 치환율에 따라 증가하는 경향을 보인다. 그러나 원지반의 상대밀도 변화에 따른 전단강도의 변화는 나타나지 않는다.

4.3 대형직접전단시험에 의한 전단강도 시험결과

표 9. 전단강도 시험치($\sigma = 2kg/cm^2$ 일때)

원지반 상대밀도 Dr(%)	RAP의 치환율 a_s (%)	복합지반 전단강도 시험치 τ_{gs} (t/m^2)
14	20	9.11
14	30	10.59
14	40	12.74
14	50	14.21
32	20	15.07
32	30	16.66
32	40	17.39
32	50	18.59
50	20	16.78
50	30	18.07
50	40	19.52
50	50	20.64

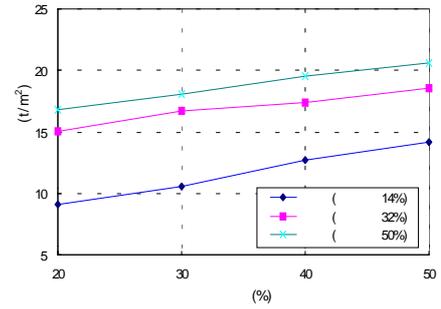


그림 4. 치환율별 전단강도 특성 시험치
(매우느슨, 느슨, 중간)

시험결과, 전단강도는 매우느슨, 느슨, 중간인 지반에서 치환율에 따라 증가하는 경향을 보였다. 또한 원지반의 상대밀도가 증가하면서 전단강도도 증가하였는데 그 증가폭이 매우느슨한 지반에서 더욱 컸다. 이는 RAP의 전단강도 보강효과가 매우 느슨한지반에서 더욱 효과적이라는 사실을 뒷받침한다.

4.4 전단시험 결과와 복합지반 전단강도 산정법 이론치 비교

4.4.1 시험치와 이론치의 비교

표 10. 시험치와 이론치 비교($\sigma = 2kg/cm^2$, $\theta = 0$, $m = 3$ 일때)

원지반 상대밀도 Dr(%)	RAP의 치환율 a_s (%)	복합지반 전단강도 시험치 τ (t/m^2)	가중평균법 이론치 τ (t/m^2)	평균전단강도법 이론치 τ (t/m^2)
14	20	9.11	11.51	10.81
14	30	10.59	13.23	14.19
14	40	12.74	14.94	16.82
14	50	14.21	16.66	18.93
32	20	15.07	13.59	10.81
32	30	16.66	15.05	14.19
32	40	17.39	16.50	16.82
32	50	18.59	17.96	18.93
50	20	16.78	14.74	10.81
50	30	18.07	16.05	14.19
50	40	19.52	17.36	16.82
50	50	20.64	18.67	18.93

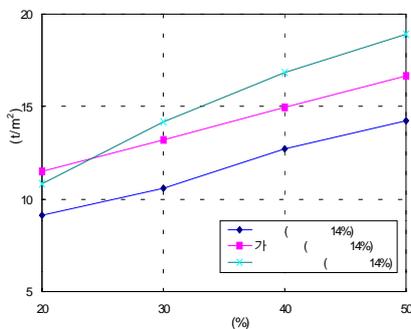


그림 5. 치환율별
전단강도 특성(매우느슨)

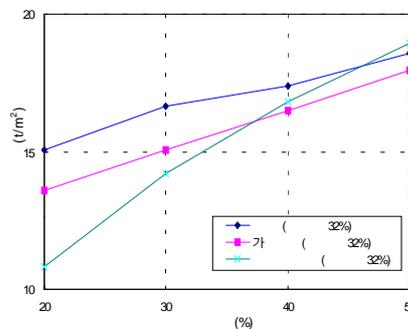


그림 6. 치환율별
전단강도 특성(느슨)

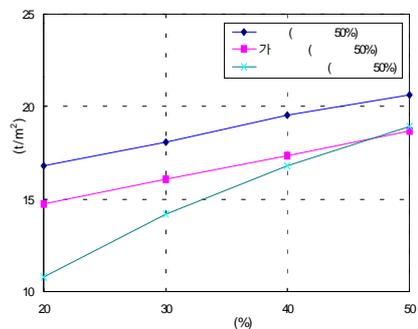


그림 7. 치환율별
전단강도 특성(중간)

매우느슨한 지반의 경우 그림 5와 같이 치환율에 따른 전단강도는 시험치, 이론치 모두 증가한다. 전단강도 이론치가 시험치보다 크게 나오는데 이론식들에 의해 산정된 복합지반 전단강도 예측치가 약 $3\sim 5t/m^2$ 정도 과다하게 산정되는 것으로 볼 수 있다. 느슨한 지반의 경우 그림 6에서 나타나듯이 전단강도 시험치와 이론치가 치환율에 따라 증가하는 것으로 나타나며 전단강도 시험치가 이론치보다 약 $0.5\sim 4t/m^2$ 정도 큰 결과를 보였고 치환율 40% 이상의 경우 평균전단강도법에 의한 이론치가 시험치보다 $0.4t/m^2$ 정도 컸다. 또한 중간인 지반의 경우 그림 7에 나타나듯이 평균전단강도법이 치환율이 20~30% 범위 내에서, 즉 저치환율에서는 전단강도를 작게는 $2t/m^2$ 에서 크게는 $6t/m^2$ 를 과소평가하는 것으로 나타났다. 즉, 평균전단강도법이 치환율 증가에 따른 전단강도 증가 경향을 실측치보다 크게 예측하는 문제점이 있다고 판단된다.

4.5 매우느슨한 지반에서 RAP 복합지반 전단강도 수정식

매우느슨한($0\% < D_r < 15\%$)한 지반에서 가중평균법이나 평균전단강도법에 의한 복합지반 전단강도 예측치가 시험치보다 약 $3\sim 5t/m^2$ 정도 과다하게 산정되는 것으로 나타났다. 이것은 매우느슨한 지반에 RAP공법을 적용시 기존의 이론식 적용이 위험측이 될 수 있다. 시험치와 기존의 가중평균법의 이론식을 근거로 매우느슨한 지반에서 한정적으로 사용할 수 있게 식 (8)과 같이 가중평균법을 수정하였다. 식 (8)은 비록 한정적으로 사용되어지겠지만 균질한 매우느슨한 사질토 지반에 RAP공법이 적용되어질 때 RAP 복합지반의 전단강도를 예측하는데 적절한 것으로 판단된다.

$$\tau = (1 - a_s)\sigma \cdot 0.35 \cdot \tan(\phi_s) + a_s \sigma \tan(\phi_g) \quad (8)$$

여기서, τ : 복합지반의 전단강도, σ : 전단과피면의 유효 수직응력
 ϕ_s : 모래의 내부마찰각, ϕ_g : RAP의 내부마찰각
 a_s : 치환율

표 11. 수정식 결과와 시험치, 이론치 비교($\sigma=2, 3kg/cm^2$, $\theta=0$, $m=3$ 일 때)

유효 수직응력 $\sigma(kg/cm^2)$	상대밀도 (%)	치환율(a_s) (%)	가중평균법 이론치 (t/m^2)	평균전단강도법 이론치 (t/m^2)	수정식 예측치 (t/m^2)	전단강도 시험치(t/m^2)
2	14	20	11.51	10.81	7.31	9.11
		30	13.23	14.19	9.55	10.59
		40	14.94	16.82	11.79	12.74
		50	16.66	18.93	14.03	14.21
3	14	20	17.27	16.22	10.96	13.67
		30	19.84	21.29	14.32	15.88
		40	22.41	25.23	17.69	19.11
		50	24.99	28.39	21.05	21.32

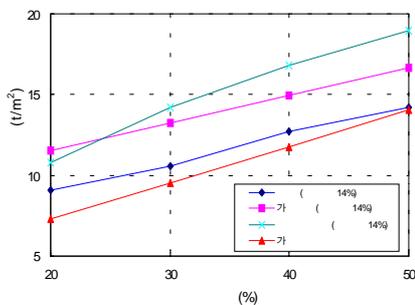


그림 8. 치환율별 전단강도 특성 비교 (매우느슨, $\sigma=2kg/cm^2$)

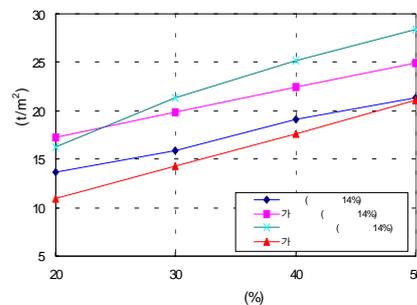


그림 9. 치환율별 전단강도 특성 비교 (매우느슨, $\sigma=3kg/cm^2$)

5. 결론

RAP(Rammed Aggregate Pier)공법의 구조물 기초로서 안정성 및 사용성 확보를 위한 기초연구로서 사질토 지반을 모형지반으로 하여 대상토의 실내 토질역학시험 및 대형직접전단시험을 통해 모형 RAP의 치환율과 원지반의 상대밀도에 따른 복합지반의 전단강도 특성을 검토한 결과는 다음과 같다.

- 1) 전단강도는 매우느슨, 느슨, 중간인 지반에서 치환율의 증가에 따라 증가하는 경향을 보였다. 또한 원지반의 상대밀도가 증가하면서 전단강도도 증가하였는데 그 증가폭이 매우느슨한 지반에서 더욱 컸으며 RAP의 전단강도 보강효과가 매우느슨한 지반에서 더욱 효과적이라는 사실을 뒷받침한다.
- 2) 매우느슨($0\% < Dr < 15\%$)한 지반의 경우 치환율에 따른 전단강도 변화는 시험치와 이론치들의 경우 모두 증가하는 것으로 나타났고 가중평균법이나 평균전단강도법에 의해 산정된 복합지반 전단강도 예측치가 과다하게 산정되는 것으로 판정된다.
- 3) 평균전단강도법은 치환율에 의한 전단강도 이론치의 증가 경향을 보다 크게 예측하는 문제점과 원지반의 상대밀도 변화에 따른 전단강도 증가 경향을 탄력적으로 반영하지 못하는 문제점이 있어 $c = 0$ 지반에서 평균전단강도법을 이용하는데 어려움이 있는 것으로 판단된다.
- 4) 시험치와 기존의 가중평균법의 이론식을 근거로 매우느슨($0\% < Dr < 15\%$)한 지반에서 한정적으로 사용할 수 있도록 가중평균법을 수정하였다. 안전측을 고려하는 결과를 나타내고 비록 한정적으로 사용되어지겠지만 매우느슨한 지반에 RAP공법이 적용되어질 때 RAP 복합지반의 전단강도를 예측하는데 적용하기 적절한 것으로 판단된다. 또한, 추가로 타당성 검증을 위한 각종 실험 데이터와 파라미터 연구가 요구되어진다. 또한, 본 연구는 실내시험에 의해 RAP 복합지반의 전단강도를 추정하였으므로 Full-Scale 시험결과와 비교분석이 요구된다.

참 고 문 헌

1. 박용원, 김병일, 장신남(1997), “모래다짐말뚝(SCP) 시공 지반의 사면안정해석”, 한국지반공학회 가을 학술발표회 논문집, pp. 89~96.
2. 신동훈(2000), “필댐 축조용 암석재료의 대형직접전단시험”, 대한토목학회 학술발표회 논문집, Vol. 2000, No. 2, pp. 375~378.
3. 한국해양연구원(2001), “모래다짐말뚝과 쇄석말뚝의 설계 및 시공지침서”, 해양수산부, pp. 42~62.
4. 神田勝己, 寺師昌師(1990), “粘性土地盤を對象とするSCP工法の實用設計法(感度分析及實態調査)”, 港滿枝研資料, No. 669.
5. 日本土質工學會(1988), “軟弱地盤對策工法, 調査設計から施工まで”, pp. 127~128.
6. Bowles, J. E.(1977), “Foundation Analysis & Design”, pp. 84~156.
7. Fox, N. S. and Cowell, M. J.(1988), “GeopierTM Foundation and Soil Reinforcement Manual”, pp. 55~91.
8. Fox, N. S. and Wissmann, K. and Lien, B.(2001), “Geopier[®] Technical Workshop”
9. Head, K. H.(1986), “Manual of Soil Laboratory Testing”, Vol. 2, pp. 240~243.