

RAP 복합지반의 지지력 및 파괴거동에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Bearing Capacity and Failure Behavior of Composite Ground Reinforced by RAP Method

천 병 식¹ Chun, Byung-Sik

Abstract

Rammed Aggregate Pier (RAP) has extensive applicability as for a foundation of structures. In this study, bearing capacity of the reinforced ground by RAP and the failure behavior of RAP are investigated through experiments. RAPs with diameters of 45, 60, 70 mm were installed in sand, of which relative densities are 60, 70, 90%. Then, two columns of pressure gauges, near the RAPs and one diameter off from the center of piers, are installed 5, 10, 15, 20, 25, 30 cm from the surface of the ground. The test results show that maximum lateral earth pressure is observed near 5~10 cm (1.0~2.0D) from the surface, which indicates the occurrence of bulging failure type. In addition, deformation of RAP in radial direction increases with lower relative density of the ground. Furthermore, lateral stress distribution decreases with depth.

요 지

본 연구는 RAP공법의 구조물 기초로서의 안정성 및 사용성 확보를 위한 기초연구로써, RAP공법이 적용된 지반의 지지력 및 파괴거동을 실내모형토조시험을 통하여 검토한 것이다. 본 연구에서는 RAP 공법을 구조물 기초로서의 파괴거동을 파악하기 위한 실내모형실험을 수행하였다. 사질토 지반에서 상대밀도별(60%, 70%, 90%), 직경별(45mm, 60mm, 70mm)로 RAP를 설치한 후 깊이별(5cm, 10cm, 15cm, 20cm, 25cm, 30cm)로 토압계를 각각 RAP에 인접한 곳과 RAP 중심에서 1.0D 떨어진 곳에 설치하여 하중재하 실험을 수행하여 RAP의 지지력 및 파괴거동을 검토하였다. 실험 결과 RAP의 파괴거동은 깊이 5~10cm(1.0D~2.0D)에서 최대 횡토압을 받아 일반적인 RAP의 파괴 형태인 Bulging 파괴가 발생하는 것으로 판단되었다. 그리고 RAP에 하중을 가하였을 경우 상대밀도가 낮을 경우에는 RAP의 직경변화가 컸으며 상대밀도가 높을 경우에는 RAP의 직경변화가 작음을 알 수 있었다. 깊이별 횡방향 응력 분포도는 상부에서 횡토압의 영향이 크게 나타났으며 하부로 내려갈수록 작아지는 것을 알 수 있었다.

Keywords : Bearing capacity, CRP(Constant Rate of Penetration) test, Failure behavior, Rammed aggregate pier

1. 서 론

자연적으로 조성된 복합지반에 비하여 인위적으로 조성된 복합지반은 안정성과 사용성 문제의 해결을 위한 신뢰성 있는 이론들과 해결방안들이 아직은 일반화 되어 있지 않다고 할 수 있다. 본 연구에서 제시한 짧은

다짐쇄석말뚝(Rammed Aggregate Pier, RAP)공법은 깊은기초와 얇은기초의 중간기초(Intermediate Foundations) 개념으로서 1980년대 중반 미국에서 시작하여 필리핀, 인도, 말레이시아, 독일, 러시아 등 전 세계적으로 활용성을 넓혀가고 있다(N. S. Fox and M. J. Cowell, 1988). 또한 이에 대한 연구 활동도 활발히 진행되고 있으나

¹ 정회원, 한양대학교 공과대학 토목공학과 교수 (Member, Prof., Dept. of Civil Engrg, Hanyang Univ., hengdang@unitel.co.kr)

국내의 경우 복합지반으로의 개량을 위한 적용사례가 없고 본 공법 적용시 메커니즘 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.

본 연구는 RAP공법의 구조물 기초로서 안정성 및 사용성 확보를 위한 기초연구이며, RAP공법이 적용된 지반의 지지력 및 파괴거동을 검토하기 위하여 모형토조 시험을 실시하였다. 우선 시험대상토의 공학적 특성과 RAP의 채움재의 재료특성을 평가하였고, 모형토조 시험에 있어서 주변지반 상대밀도는 60%, 70%, 90%로 변화시켰으며, RAP의 직경은 45mm, 60mm, 70mm로 변화시켜 가며 실내시험을 수행하였다.

RAP의 직경과 상대밀도 변화에 따른 지지력을 파악하기 위하여 일정 침하율 하중재하 시험을 실시하여 지지력을 측정하였고, RAP의 파괴거동을 파악하기 위하여 RAP 상부에서 깊이별(5cm, 10cm, 15cm, 20cm, 25cm, 30cm)로 RAP에서 1.0D 떨어진 곳에 토압계를 설치하여 모형시험을 수행하였다. 그리고 RAP의 횡방향 응력을 측정하기 위하여 RAP와 바로 인접하여 깊이별(5cm, 10cm, 15cm, 20cm)로 토압계를 설치하고 1.0D 떨어진 곳에 깊이별(5cm, 10cm)로 토압계를 설치하여 RAP의 횡방향 응력을 측정하였다.

2. RAP 공법

RAP 공법은 깊은기초와 얇은기초의 중간개념으로

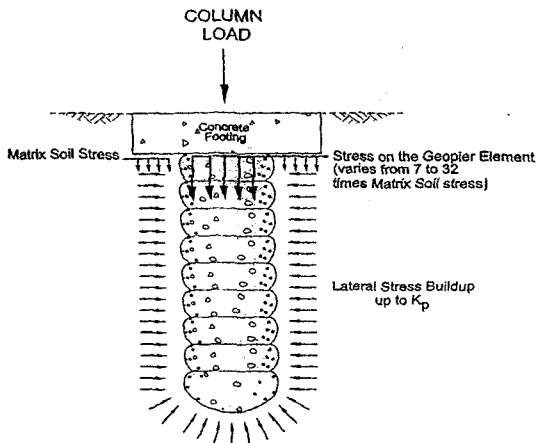


그림 1. RAP의 하중지지

직경 0.75m 내외, 깊이 2~7m의 굴착공을 천공한 후 바닥에 골재를 깔고 다짐으로써 구근을 형성하고 단계별로 골재깔기 및 다짐을 반복 시행하여 말뚝을 형성하는 공법이다. 시공 중 다짐을 통해 구근을 형성하며 이것은 RAP를 따라 생기는 수평토압을 증가시킴으로써 마찰전단저항을 증가시킨다(그림 1). RAP로 보강된 지반층은 Spring Analogy에 근거하여 침하량을 산정하며 기초침하하는 RAP응력과 RAP의 강성계수 또는 원지반이 부담하는 응력과 원지반의 강성계수의 관계로 나타낼 수 있다(그림 2, Lawton, E. C. et al, 1994). 그림 3과 표 1에서 보는 바와 같이, 일반적으로 RAP 내부마찰각의 범위는 48°~52°이고 주변 흙의 강성은 시공 전 흙의 10~40배로 알려져 있다(N. S. Fox and K. J. Wissmann and B.H. Lien, 2001).

표 1. RAP 시공 개요

	RAP
주요 용도	강성·반강성·연성구조물 지지 (모든 종류의 건물, 제방 등)
파일길이	5~12ft(0.91~3.66m)
파일길이 / 파일직경(L/D)	2~4
기초설계시 허용지지력	5000~7000psf(24.4~34.2ton/m ²)
파일간격	1.5~2.0D
층다짐두께	8~12in(20.3~30.5cm)
확인시험	현장재하시험 시공중 밀도시험
일반적인 설계정수	
- 밀도	140~150pcf(2.242~2.402ton/m ³)
- 간극비	0.07~0.23
- 내부마찰각	45~55°

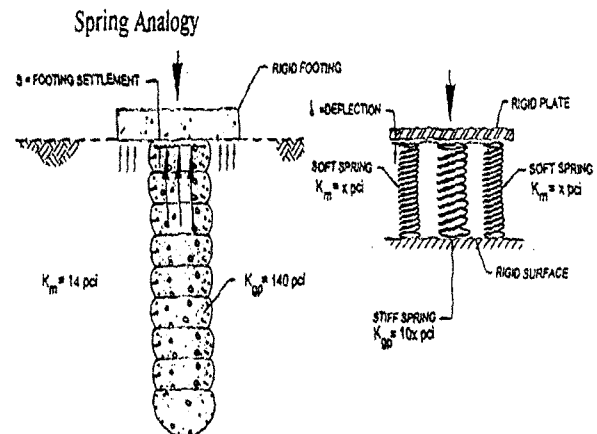


그림 2. 강성 스프링 사상성

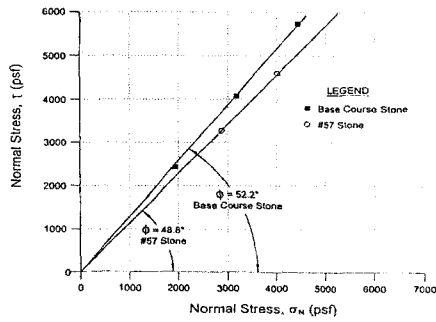


그림 3. RAP의 내부마찰각

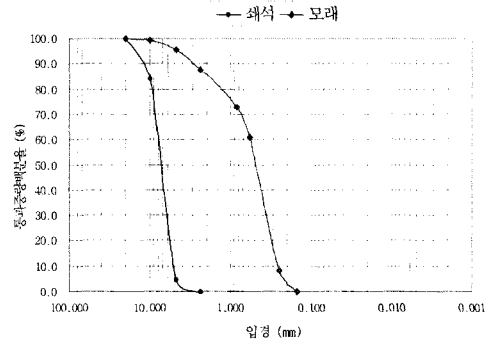


그림 4. RAP 재료의 입도분포곡선

3. 시험방법

3.1 사질토 및 쇄석의 물성

본 연구에서는 일반적으로 자주 접하는 SP(입도가 불량한 모래)를 이용하여 실내모형토조에 모형지반을 형성하였다. 시험 전 시험대상토의 원지반 특성을 파악하기 위하여 비중시험, 체분석시험, 전단시험, 상대밀도를 계산하기 위한 Limiting density test(ASTM standard)를 실시하였고 물성시험 결과는 표 2와 같다. 실험에 사용된 쇄석시료의 크기는 현장에서 적용되는 RAP의 직경에 대한 쇄석시료의 직경비와 유사하도록 선별하고 비교적 양호한 입도분포를 가지도록 하였고 물리·역학적 특성을 파악하기 위하여 비중시험, 체분석시험, 다짐시험, 전단시험을 실시하였으며, 실험 결과는 표 3과 같다

표 2. 사질토의 물성치

물리적 성질	시험대상토
USCS	SP
비중, G_s	2.637
최대 간극비, e_{max}	0.712
최소 간극비, e_{min}	0.524
균등 계수, C_u	3.72
NO.200 체 통과율 (%)	0

표 3. 쇄석의 물성치

물리적 성질	쇄 석
USCS	GP
비중, G_s	2.379
최대 건조단위중량, γ_{dmax} (ton/m ³)	1.58
내부마찰각 ϕ (°)	49

3.2 시험방법

3.2.1 모형토조

모형토조의 제작은 RAP가 시공된 현장을 재현하기 위하여 그림 5와 같이 두께 10mm, 직경 500mm, 높이 500mm의 아크릴로 제작한 후, 하중에 의한 토조의 파손을 방지하기 위하여 토조 외부를 철재틀로 둘러 보호하였다.

3.2.2 모형지반 제작

본 시험에서는 시험대상토의 상대밀도를 60%, 70%, 90%로 나누어 각각 조정하였다(표 4). 수회의 반복실험을 통해 모형지반의 상대밀도에 따른 단위중량과 흙의 내부마찰각은 표 5와 같다.

토입계의 위치는 지반 조성시 케이싱의 중심으로부터 1.0D(D : RAP말뚝 직경) 이격시켜, 모형지반 하부에서 5cm, 10cm, 15cm, 20cm, 25cm, 30cm의 위치에 설치하였다(그림 5). 모형지반에 대한 벽면마찰을 최소화하기 위하여 아크릴에 Grease를 도포하여 벽면과 모형지반의 마찰을 최소화 하였으며 사용된 쇄석재료는 불순물의 제거를 위해 충분히 세척한 후 건조로에 24시간

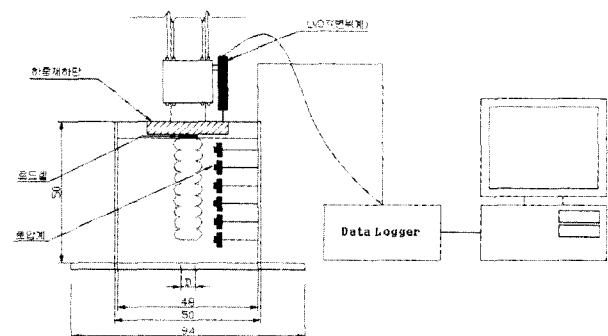


그림 5. 모형토조 및 토입계 위치

표 4. 상대밀도 등급(Bowles, 1977)

상대밀도, D_r (%)	흙의 상태
0~15	매우느슨
15~35	느슨
35~65	중간
65~85	조밀
85~100	매우조밀

표 5. 모형지반 상대밀도에 따른 물성치

상대밀도 D_r (%)	γ_d 단위중량, (ton/m ³)	내부마찰각, ϕ (°)
60	1.65	32
70	1.69	34
90	1.71	37

건조하여 사용하였다.

3.2.3 RAP 설치 방법

RAP의 설치는 모형지반 하부에서 15cm 높이에 케이싱을 설치하고 모형지반을 제작한 후, 공벽의 붕괴를 방지하기 위해 삽입된 케이싱을 일정간격으로 인발하며 쇄석재료를 다져 쇄석기둥을 형성하였으며, 인발시의 교란을 최소화하기 위해 케이싱을 Grease로 도포하였다.

시험시 케이싱 직경 45mm, 60mm, 70mm에 대해 쇄석기둥의 강성을 일정하게 유지하기 위하여 단위중량이 동일하도록 RAP를 설치하였다.

3.2.4 일정 침하율 하중재하시험

말뚝 하중재하방법으로는 CRP 방법(Constant Rate of Penetration test)을 사용하였다. 이 방법은 흔히 CRP test라고 불리우며 말뚝의 극한하중을 신속히 결정하기 위한 목적으로 Whitaker에 의해 개발된 것으로서 Swedish Pile Commission, New York State of Transportation 및 ASTM D 1143-81(Optional)에 의해 권장되고 있다.

본 시험에서는 RAP의 지지력과 파괴형상을 알아보기 위하여 침하율은 2.50mm/min로 하였고 총 침하량은 말뚝 직경의 15%이상으로 하여 하중재하시험을 실시하였다. 수직하중재하 장치와 RAP사이에는 Load cell을 직경별로 설치하여 RAP 말뚝에만 작용하는 하중을 측정하였다. RAP 직경에 따른 지지력 변화를 관찰하기 위하여 RAP의 직경을 45mm, 60mm, 70mm로 변화시켜 시험하였으며, 하중에 따른 침하량 측정을 위하여 수직

하중 장치 상단부에 LVDT를 설치하였다. 각 시험별로 동일한 지반조건을 갖도록 지반조성에 주의를 기울였으며 깊이·직경별로 토압계가 제대로 설치되도록 대상지반을 조성하였고 물성치가 지반조건을 만족하지 않을 경우 모형지반을 재조성하였다.

본 시험에서는 RAP의 파괴형상을 파악하기 위하여 깊이별(5cm, 10cm, 15cm, 20cm, 25cm, 30cm)로 각각 RAP의 중심부에서 1.0D 떨어진 곳에 토압계를 설치하여 하중이 증가함에 따라 각 RAP의 직경별·깊이별 토압변화를 관찰하였다. 그리고 RAP에 의한 지반보강효과를 알아보기 위하여 원지반, RAP 설치지반으로 구분하여 하중재하시험을 실시하여 지지력의 변화를 관찰하였다.

4. 시험결과 및 분석

4.1 수직하중

본 시험에서는 RAP 직경의 0.1D를 기준으로 극한지지력을 결정하였다(Tomlinson, 1986). 일정 침하율 기준으로 하중을 가하였으며 RAP가 설치된 지반의 지지력 증대 효과를 파악하기 위하여 사질토 원지반과 RAP가 설치된 모형지반에 하중을 가하여 RAP의 지지력을 측정하였다. 상대밀도 및 RAP의 직경에 대한 하중-침하량 관계 곡선을 그림 6에 나타내었고, 침하량 0.1D을 기준으로 상대밀도에 따른 극한지지력을 표 6에 나타내었다. 그림 6에서 보는 바와 같이 RAP 직경과 원지반의 상대밀도가 커질수록 극한지지력이 증가하는 것으로 나타났다.

4.2 횡방향 응력

모형토조 하중재하시험에서 RAP의 침하량이 0.1D 일 때 RAP 중심에서 1.0D 떨어진 곳에서 측정된 깊이별 5cm, 10cm, 15cm, 20cm, 25cm, 30cm 횡방향 응력을 그림 7에 나타내었다. 그림 7을 살펴보면 RAP 직경과 상대밀도가 증가함에 따라 횡방향 응력도 증가함을 알 수 있다. 그림 7의 횡방향 응력을 살펴보면 깊이 5~10cm사이에서 최대횡방향 응력이 발생하고 깊이가 깊어짐에 따라서 횡방향 응력이 감소하는 것을 알 수 있다. 이는 상부 5~10cm에서 최대 횡방향이 발생하여 RAP의 파괴거동이 Bulging 파괴 거동을 보이는 것으로

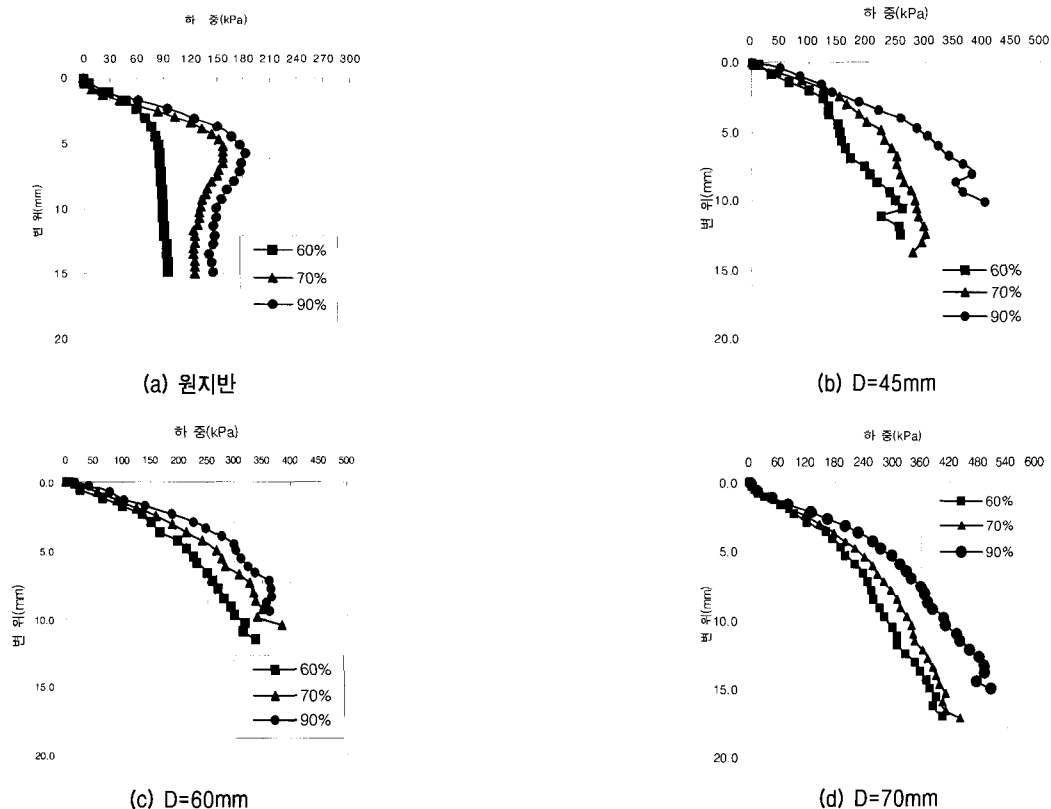


그림 6. 원지반 상대밀도 및 RAP 직경 변화에 따른 지지력 변화

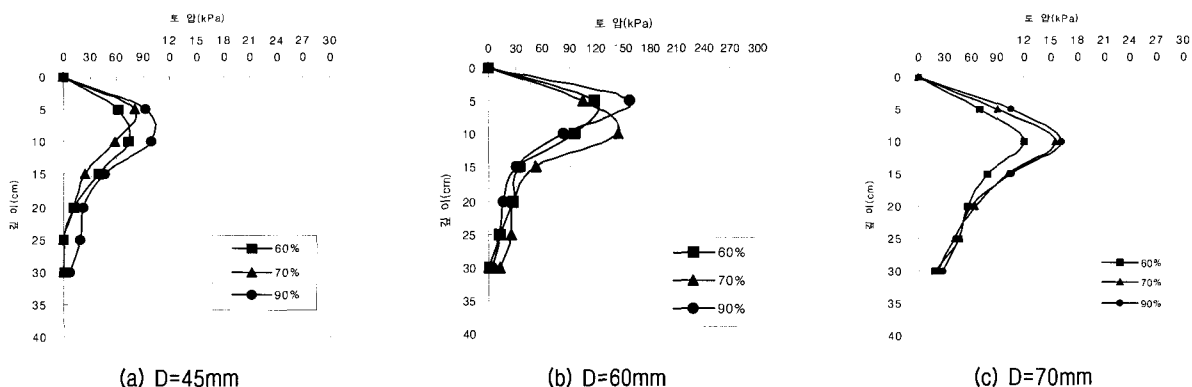


그림 7. 침하량 0.1D 기준 RAP 직경 변화에 따른 횡토압 분포

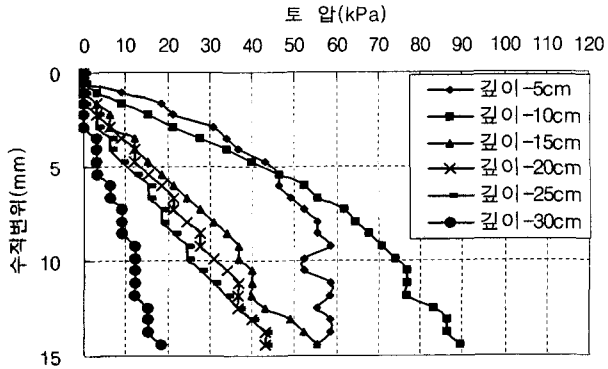
판단된다.

4.3 깊이별 횡방향 분포도

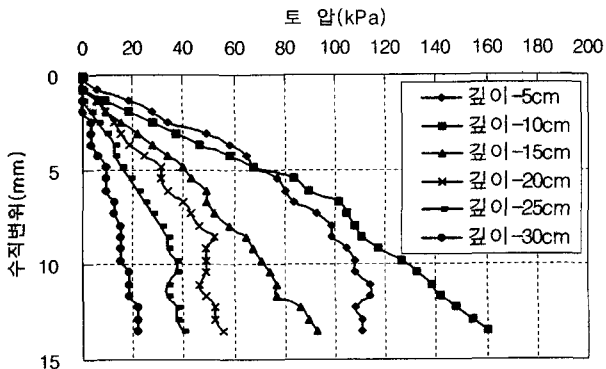
4.3.1 1.0D 떨어진 곳의 깊이별 횡방향 분포도

그림 5와 같이 5cm, 10cm, 15cm, 20cm, 25cm, 30cm 깊이별로 토압계를 RAP에서 1.0D 떨어진 곳에 설치하였다. 그림 8에 나타난 바와 같이 상대밀도 60%, 70%에서는 5cm 깊이에 있는 토압계가 초기에는 가장 큰 토압을 받는 것으로 나타났으며 침하가 증가함에 따라서 깊

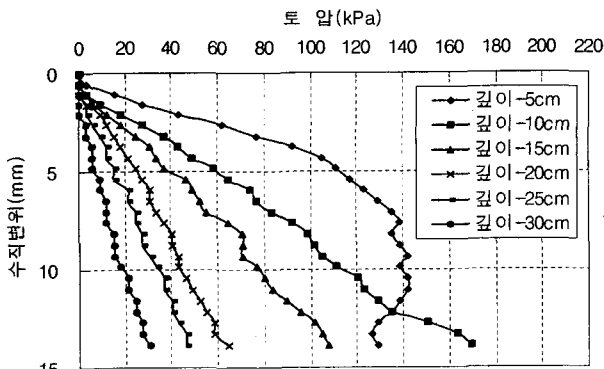
이 10cm에서 토압계가 깊이 5cm에 있는 토압계보다 더 큰 토압이 측정됨을 알 수 있었다. 그리고 상대밀도 90%에서는 5cm, 10cm, 15cm 순서로 토압이 크게 측정됨을 알 수 있었으며, 이는 RAP가 하중을 받음에 따라서 1.0D~2.0D사이에서 팽창하게 되어 5cm~10cm에서 가장 큰 토압을 받는 것으로 판단된다. 또한 깊이가 15cm, 20cm, 25cm, 30cm 깊어짐에 따라서 토압이 감소함을 알 수 있었다. 이 결과로 RAP에 가해진 수직하중이 깊이가 깊어짐에 따라서 그 영향이 감소함을 알 수 있었다.



(a) 상대밀도 60%일 때 깊이별 횡방향 토압 분포도



(b) 상대밀도 70%일 때 깊이별 횡방향 토압 분포도



(c) 상대밀도 90%일 때 깊이별 횡방향 토압 분포도

그림 8. 상대밀도별 깊이별 횡방향 토압 분포도(D=70mm)

4.3.2 RAP에 인접한 곳에 설치된 깊이별 횡방향 분포도

그림 9와 같이 RAP과 인접하여 5cm, 10cm, 15cm, 20cm 깊이별로 토압계를 설치하였으며, 1.0D 이격시켰을 경우의 토압에 대한 영향을 동시에 알아보기 위해서 앞서 수행한 실험결과를 통하여 토압의 영향이 컸던 5, 10cm 깊이별로 토압계를 설치하였다. 그림 10에서 알 수 있는 바와 같이 깊이 5cm에서 토압이 가장 크게 측정되는 것을 알 수 있었다. 이를 통하여 RAP가 침하함에 따라서 RAP가 팽창하게 되어 깊이 5cm에서 토압이

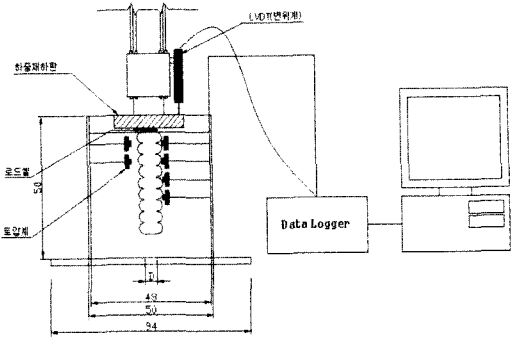
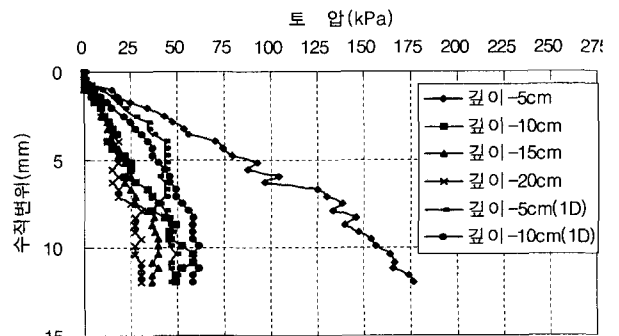
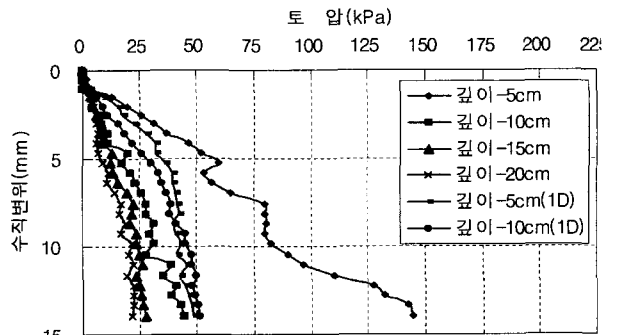


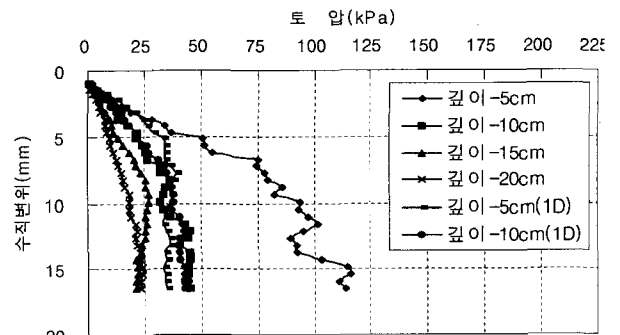
그림 9. 모형토조 및 토압계 위치



(a) 상대밀도 60%일때 깊이별 횡방향 토압 분포도



(b) 상대밀도 70%일때 깊이별 횡방향 토압 분포도



(c) 상대밀도 90%일때 깊이별 횡방향 토압 분포도

그림 10. 상대밀도별 깊이별 횡방향 토압 분포도(D=70mm)

가장 크게 측정되었으며 상대밀도가 높을수록 5cm에서 측정된 토압이 감소함을 알 수 있었다. 그리고 10cm, 15cm, 20cm로 깊이가 깊어짐에 따라서 RAP 바로 인접

하여 설치된 토압계의 토압이 감소함을 알 수 있었다. 즉 하중이 하부까지 전달되지 않고 상부에서 하중을 많이 받음을 알 수 있었다.

특히 1.0D 떨어진 곳에 5cm, 10cm 깊이별로 설치된 토압계의 토압이 RAP와 인접하여 설치된 토압계의 토압보다 크게 나타남을 알 수 있었다. 이는 RAP가 팽창하면서 주변지반에 하중을 많이 전달하는 것으로 판단된다.

4.4 RAP 깊이별 말뚝 직경

상대밀도별로 RAP의 직경 변화를 조사하기 위하여 수직 변위가 30mm일 때, D=70mm, RAP의 깊이별 직경 변화를 살펴보았다. D=70mm, RAP에 하중재하 후 깊이별로 주변지반을 제거하면서 RAP 직경 변화를 살펴본 결과, 그림 11에서 나타낸 바와 같이 상대밀도가 낮을수록 상부에서 RAP의 직경이 변화가 크고 하부로 내려갈수록 직경의 변화가 줄어들음을 알 수 있었다.

그리고 상대밀도가 60%과 70%일 경우에는 깊이 15cm 이후에는 직경의 변화가 없지만 상대밀도가 90%일 경우에는 20cm까지 발생하는 것으로 보아 상대밀도가 높아짐에 따라서 하중이 RAP하부에 까지 전달되어 RAP의 직경이 변화함을 알 수 있었다.

4.5 침하량 기준별 극한지지력

표 6은 침하량 0.1D일 때의 지지력을 나타내었다. 표 6에서 알 수 있는 바와 같이 RAP 직경이 증가함에 따라서 그리고 상대밀도가 증가함에 따라서 지지력이 증가함을 알 수 있었다. RAP는 침하가 일정 침하량 이상 발생한 이후에 지지력이 발현되므로 침하량이 0.1D 이상에서는 지지력이 더욱더 증가될 것으로 판단된다.

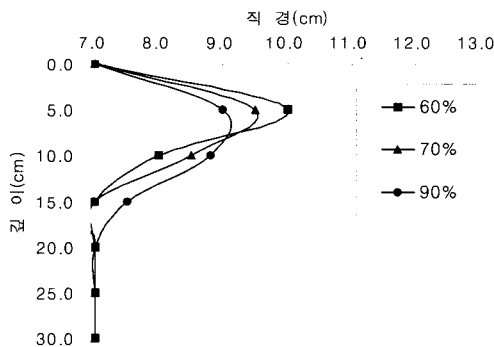


그림 11. 상대밀도별 깊이별 RAP 직경변화(D=70mm)(침하량 30mm 기준)

표 6. RAP 직경별 상대밀도별 극한지지력(침하량 0.1D 기준)

RAP 직경 (mm)	상대밀도 (%)	RAP 면적 (cm ²)	극한지지력 (kPa)
45	60%	15.9	150.43
	70%		197.93
	90%		286.72
60	60%	28.3	231.73
	70%		282.67
	90%		324.32
70	60%	38.5	236.43
	70%		282.85
	90%		339.42

5. 결론

본 연구에서는 RAP 공법을 구조물 기초로서의 파괴 거동을 파악하기 위한 실내 모형실험을 수행하였다. 사질토 지반에서 상대밀도별, 직경별로 RAP를 설치한 후 하중재하 실험을 수행하여 RAP의 지지력 및 파괴거동을 검토한 결과는 다음과 같다.

- (1) 침하량 0.1D(45mm, 60mm, 70mm)일 때의 깊이별 횡방향 응력을 측정해본 결과 상부 5cm~10cm (1.0D~2.0D)사이에서 최대 횡토압이 측정되었고, 깊이가 깊어짐에 따라서 토압이 줄어들음을 알 수 있었다. 특히 RAP 직경이 45mm일 경우에는 깊이 25cm 이상, 60mm일 경우에는 깊이 30cm 이상에서는 토압이 거의 측정되지 않았다.
- (2) RAP 중심에서 1.0D 떨어진 곳에서 측정된 깊이별 토압과 RAP에 인접한 곳에서 측정된 깊이별 토압은 후자의 경우 5cm~10cm(1.0D~2.0D)사이에서 최대의 토압이 측정되었으며 하부로 내려갈수록 횡토압이 줄어드는 것으로 측정되었다. 따라서 RAP의 수직하중은 상부에서 대부분을 받는 것으로 판단되어 파괴 형태는 일반적인 RAP 파괴 형태인 Bulging 파괴가 발생하는 것으로 판단된다.
- (3) 직경 70mm RAP에 수직하중을 가하였을 경우의 직경 변화는 상대밀도가 60%인 경우에는 RAP 상부에서 직경 변화가 크고 응력 영향 깊이는 작은 반면에 상대밀도가 90%인 경우에는 상부에서의 직경 변화는 작으면서 응력 영향은 상대밀도 60%일 때보다 깊은 곳까지 전달됨을 알 수 있었다.
- (4) RAP에 인접한 토압계의 토압을 살펴본 결과 침하량이 10mm 이후에는 횡토압이 더 이상 증가하지

않고 일정한 값에 수렴함을 알 수 있었다.

- (5) 깊이 5cm의 RAP에 인접한 곳에 설치된 토압계의 토압은 상대밀도가 증가함에 따라서 토압의 크기가 감소함을 알 수 있었다. 이는 상대밀도가 60%인 경우에는 상부에서 하중을 많이 받고 상대밀도가 90%인 경우에는 하중 영향 깊이가 깊어 상대밀도가 증가 할수록 토압이 감소하는 것으로 판단된다.
- (6) 침하량 0.1D 기준일때 주변지반의 상대밀도가 60%, 70%, 90%로 증가할수록 RAP의 지지력이 증가하였고, 말뚝의 직경이 45mm, 60mm, 70mm로 커짐에 따라서 지지력도 증가하는 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 대한주택공사 중소기업 기술개발 지원사업인 “지반 지지력보강 및 침하관리를 위한 짧은 쇄석 다짐말뚝(Geopier)의 기술개발”의 일환으로 수행하고 있는 연구임을 밝히며, 연구 수행에 도움을 주신 대한주택공사 및 (주)동아지질 관계자 분들께 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. Bowles, J. E. (1977), *Foundation Analysis and Design*, McGraw-Hill International Editions, pp.84-156.
2. Indian Geotechnical Society (1992), *Geotechnical Engineering-Indian experiences*, edited by R.Kubaran, Nakul Dev, K. K. Govindan, pp.354-357.
3. Lawton, E. C., and Fox, N. S. (1994), “Settlement of structures supported on marginal or inadequate soils stiffened with short aggregate piers”, *Geotechnical Speciality Publication No.40, Vertical and Horizontal Deformations of Foudations and Embankments, ASCE, 2*, pp.962-974.
4. N. S. Fox and M. J. Cowell (1988), *Geopier™ Foundation and Soil Reinforcement Manual*, pp. 55-91.
5. N. S. Fox, K. J. Wissmann and B. H. Lien (2001), *Geopier® Technical Workshop, Geopier™*.
6. Tomlinson, M.J. (1986), *Foundation Design and Construction*, Fifth Edit., Longman Scientific & Technical, pp.104-143.
7. U.S Department of Transportation, Federal Highway Administration (1983), *Design and Construction of Stone Column*, Report No. FHWA/RD-83/026.

(접수일자 2004. 5. 31, 심사완료일 2004. 7. 5)