

## 온실용 나선철항의 인발저항력 검토

이봉국<sup>1</sup> · 윤성욱<sup>2</sup> · 최만권<sup>2</sup> · 이시영<sup>4</sup> · 문선동<sup>5</sup> · 유찬<sup>3</sup> · 윤용철<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>경상대학교 대학원, <sup>2</sup>경상대학교 농업생명과학연구원, <sup>3</sup>경상대학교 지역환경기반공학과(농업생명과학연구원), <sup>4</sup>농촌진흥청 농업공학부 에너지환경공학과 <sup>5</sup>강원대학교 산업공학과

## Uplift Bearing Capacity of Spiral Steel Peg for the Single Span Greenhouse

Bong Guk Lee<sup>1</sup>, Sung Wook Yun<sup>2</sup>, Man Kwon Choi<sup>2</sup>, Si Young Lee<sup>4</sup>,  
Sung Dong, Moon<sup>5</sup>, Chan Yu<sup>3</sup>, and Yong Cheol Yoon<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Graduate school, Gyeongsang National Univ., Jinju 660-701, Korea

<sup>2</sup>Institute of Agriculture & Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

<sup>3</sup>Dept. of Agricultural Eng., Gyeongsang National Univ.(Institute of Agriculture and Life Science), Jinju 660-701, Korea

<sup>4</sup>Dept. of Agricultural Engineering, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707, Korea

<sup>5</sup>Dept. of Industrial & Management Eng. Kangwon National University, Samcheok 245-711, Korea

**Abstract.** This study examined the uplift bearing capacity of spiral steel pegs according to the degree of soil compaction and embedded depth in a small-scaled lab test. As a result, their uplift bearing capacity increased according to the degree of soil compaction and embedded depth. The uplift bearing capacity under the ground condition of 85% compaction rate especially recorded 48.9 kgf, 57.9 kgf, 86.2 kgf and 116.6 kgf at embedded depth of 25 cm, 30 cm, 35 cm and 40 cm, respectively, being considerably higher than under other ground conditions. There were huge differences in the uplift bearing capacity of spiral steel pegs according to the compaction conditions of ground. Their maximum uplift bearing capacity was 116.6 kgf under the ground condition of 85% compaction rate and at embedded depth of 40 cm, and it is very high considering the data of spiral steel pegs. It is thus estimated that wind damage can be effectively reduced by careful maintenance of ground condition surrounding spiral steel pegs. In addition, spiral steel pegs will be able to make a contribution to greenhouse structural stability if proper installation methods are provided including the number and interval according to the types of greenhouse as well as fixation of plastic film. The findings of the study indicate that the optimal effects of spiral steel pegs for greenhouse can be achieved at embedded depth of more than 35cm and compaction degree of more than 85%. The relative density of the model ground in the test was 67% at compaction rate of 85%.

**Additional key words :** disaster, embedment depth, compaction rate, small-scaled lab. test, soil box

## 서 론

우리나라의 경우, 2012년 말 현재 시설채소 및 화훼류의 온실면적은 각각 47,924ha 및 2,674ha으로서 전체 면적은 50,598ha이다. 이것은 2010년도의 51,829ha와 2011년도의 52,393ha에 비해 각각 약 2.4% 및 3.4% 정도 감소한 것이다. 국내의 경우, 1990년대 후반까지 온실면적은 급격히 증가하였으나, 농촌 노동인구의 노령화 및 에너지비용 상승 등으로 인하여 2000년 이후에는 거의 정체 상태를 보이거나 약간 감소하는 경향을 보이고 있다. 2012년 말 현재 시설채소의 경우, 연동 및 단동

플라스틱 온실은 각각 5,227ha 및 40,788ha으로써, 아연도금 강관을 주 서까래로 이용하는 단동 플라스틱 온실이 시설면적의 약 84%로 대부분을 차지하고 있다(MAFRA, 2013a, b; www.mafra.go.kr). Nam & Yang(2006)에 의하면, 터널형 및 아치형 온실이 99% 이상을 차지하고 있다. 이상과 같이 국내 온실의 경우, 경향형 자재인 파이프를 구조재로 사용하는 플라스틱 단동 온실이 대부분을 차지하고 있는 실정이다.

온실은 시설원에 산업의 중요한 생산기반이며 연간 약 5.1조원의 채소 및 화훼 작물이 온실재배를 통해 생산됨으로서 시설원에 생산액이 우리나라 농업생산액의 약 12%정도를 점유하고 있는 실정이다. 그러나 온실의 대부분은 경량구조물이기 때문에 태풍이나 대설 등 기상재해에 노출되면 상대적으로 취약한 시설이다. 최근 12년

\*Corresponding author: ychyoon@gnu.ac.kr

Received March 26, 2014; Revised April 14, 2014;

Accepted June 3, 2014

(2001~2012)간 태풍, 호우, 대설, 강풍 및 풍랑에 의해 발생된 연평균 피해면적과 피해액은 각각 20,910ha 및 1,060억 원인 것으로 보고되고 있고, 이 기간에 태풍(강풍 포함) 및 대설에 의한 피해규모(면적)는 각각 약 96% 및 4%로서 태풍에 의한 피해가 가장 큰 것으로 나타났다(www.safekorea.go.kr). 물론 재해원인별 비중이나 피해규모는 강풍의 강도나 적설량 등에 따라 다르므로 특정기간의 자료만으로 단정적으로 언급하기에는 다소 문제가 있을 것으로 판단된다.

국내의 경우, 2000년대 초반까지 농가에 보급되고 있는 플라스틱필름 온실의 표준 형태는 농촌진흥청에서 설정한 농가보급형 자동화 비닐하우스(연동형) 4종과 농가지도형 비닐하우스(단동형) 10종으로 유지되었다. 그러나 2000년대 초반 폭설과 강풍 등의 기상재해로 인하여 국가, 지자체 및 농업인의 경제적 손실이 속출하면서 내재해 설계기준 및 내재해형 규격시설을 개발하고 확대보급하기 위하여 2006년 6월에 『원예·특작시설 재해경감 대책』을 수립하여 추진하게 되었고, 그 결과 2007년 4월 기존의 규격은 폐지되고, 새로운 내재해형 규격이 지정 고시 되었다. 이후 내재해 기준의 효율성 및 실용성 제고를 위해 전문가, 지자체, 농업인 및 시공업체 등의 의견 및 건의 사항을 검토·반영한 후, 2차(2007년 9월, 2008년 8월)에 걸쳐 개정 고시하였다. 그러나 계속되는 기상재해로 원예·특작시설에서 막대한 피해가 발생하자 2010년 12월 내재해형 규격을 다시 개정 고시하였다. 이때 개정된 고시에는 자동화 비닐하우스를 3종으로 확대하고, 단동 비닐하우스는 기존의 서까래 규격을 일부 조절하여 18종으로 하였다. 그리고 광폭형 비닐하우스 2종을 추가하였고 과수 3종(포도 2종, 감귤 1종), 간이버섯 재배사 2종, 인삼 재배시설 10종(철제 4종, 목재 6종)도 개정 고시하였다(Lee 등, 2010; MIFAFF and RDA, 2010; Yoon 등, 2012; http://www.rad.go.kr).

이상과 같이 자연재해를 예방하기 위한 내재해형 온실을 설계하여 보급하고 있을 뿐만 아니라 이와 관련한 연구도 현재까지 지속되고 있고(Nam 등, 2006; Nam 등, 2009; NShu 등, 2008; Ryu 등 2009, Yu 등, 2012), 또한 다양한 기술을 개발하여 보급하고 있는 실정이다(RDA, 2005, 2007, 2009).

한편 플라스틱 필름온실에 설치되는 나선철항은 바람에 의한 기상하중으로부터 플라스틱 필름을 고정시킬 목적으로 사용하는 부속자재로서 국내의 경우, 주로 단동 온실에 많이 설치되지만 외국의 경우에는 연동온실에도 사용되기도 한다. 그러나 나선철항은 시공자 및 농민의 경험적인 방법에 의해 대부분 설치되고 있으며, 현재 자연재해에 대한 온실의 피해방지에 관심이 높아지고 있는 상황에도 불구하고 나선철항과 관련된 연구는 아주 미미

한 실정이다. 나선철항은 설치가 용이하고 설치비용이 아주 저렴하기 때문에 인발재하시험을 통한 인발저항력의 측정과 이를 통하여 각 온실형태별로 적절한 설치방안이 제시된다면 기상재해에 대한 온실의 피해방지에 크게 기여를 할 것으로 예상된다.

따라서 본 연구에서는 온실의 효과적인 나선철항 설치를 위한 기초자료를 제공하기 위해 모형실험을 통하여 다짐도 및 매입깊이에 따른 나선철항의 인발저항력을 실험적으로 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 모형실험장비

Fig. 1은 본 연구에서 사용한 인발저항력 측정장치의 개요도를 나타낸 것이다. 실험 장치는 크게 하중 재하 장

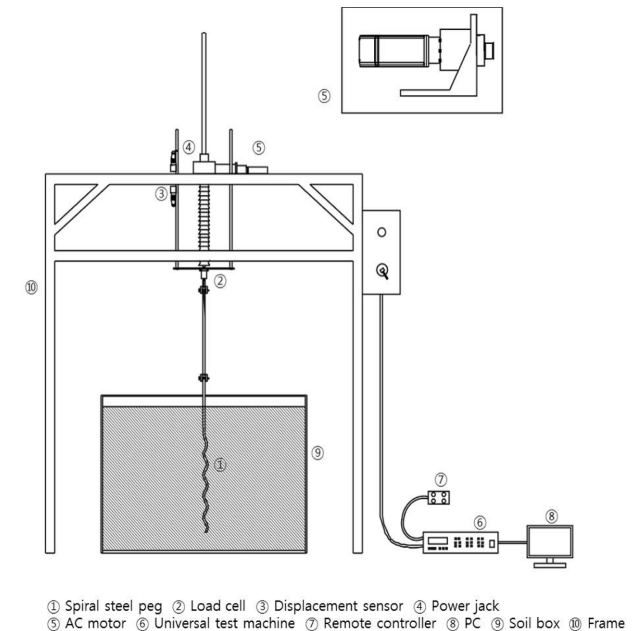


Fig. 1. Instrument for small-scaled lab. test.

Table 1. Specification of a loading device.

Devices	Detailed contents
Power jack	Type : MJ44 Screw lead : 5 Gear ratio = 1 : 24 Stroke : 500 Manufacturer : MI RAI INDUSTRYCO., LTD (Korea)
AC servo motor	Model : HC - KFS43G1 Input 3 AC, 129 V, 2.3 A Output 400 W max. rotative velocity : 3000 r/min Manufacturer : MITSUBISHI (Japan)

치, 실험 토조, 하중계 및 변위계 등으로 구성되어 있다.

하중재하 장치에는 Fig. 1과 같이 Power jack과 AC motor을 이용하여 하중을 가하였고, 상세제원은 Table. 1과 같다. 인발저항력 및 변위량은 하중재하 장치에 연결된 Universal test machine(Korea, 미래산업, DUS204LCD)을 통해 계측하였다. 이 계측기는 실험대상의 제원과 실험속도, 실험횟수 등 실험에 필요한 조건과 방식을 모두 설정할 수 있으며, 데이터는 하중 0.01kgf, 변위 0.01mm 까지 기록 및 분석이 가능하게 설계되어 있다. 그리고 본체의 전면부에 위치한 버튼을 통하여 기계의 설정 및 제어가 가능하며 연결된 리모트 컨트롤을 통해 Power jack에 연결된 Load cell에 나선철항과 연결된 축을 상하로 이동시킬 수 있다.

인발저항력과 변위량은 본 장치에 연결된 컴퓨터에서 실시간으로 저장하여 분석할 수 있으며, 하중계(TCLP-500KA, Tokyo Sokki Kenkyuo Co., Ltd., Japan)는 최대하중 500kgf, 최소단위 0.01kgf, 변위계(MICRO SWITCH, KUN HUNG ELECTRONIC, CO., Korea)는 최대변위량 600mm, 최소단위 0.01mm인 것을 사용하였다.

Fig. 2는 본 실험에 사용된 모형토조를 나타낸 것으로 80cm × 100cm × 60cm 크기의 강재로 제작되었다. 토조 내 지반을 조성할 때, 흙의 높이 및 목표 다짐도로 원활하게 조성하기 위해 토조 한쪽 면에는 투명 아크릴판을 설치하여 토조 저면부터 동일한 간격으로 선을 그어 이용하였다. 이때 아크릴 판이 위치한 면에는 배부름이 발생하지 않고 아크릴에 휨이 발생하지 않도록 강재로 지지하였다. 그리고 토조 내에 조성된 모형지반은 강재로 된 토조 외벽에 의한 경계조건의 영향을 크게 받을 수 있다. 본 실험에서는 예비 실험을 통해 설계된 토조의 제원이 지반의 파괴거동에 대한 영향이 없음을 확인하였다.

## 2. 나선철항

실험에 이용한 나선철항은 Fig. 3과 같고, 일반농가에



Fig. 2. Soil box for small-scaled lab. test.

주로 사용되고 있는 것을 관련업체에서 구입하여 사용하였다. 나선철항의 직경과 길이는 각각 약 1.0cm 및 53.0cm이며, 중량이 약 0.5kgf 정도로서 재질은 강재이다. 그리고 나선철항 상단의 고리부분을 기준으로 나선형태의 시작점부터 나선철항의 끝부분까지의 길이는 약 35.0cm이다.

## 3. 토양시료

본 실내모형실험에서 토양시료는 진주시 인근 온실 주변에 위치한 농경지토양을 채취하여 사용하였다. 채취한 토양에 대해서는 관련 공정시험방법에 따라 물리·역학적 특성을 분석하였고, Table 2는 그 결과를 나타낸 것이다. 본 토양시료는 자연함수비 약 29.9%, 비중( $G_s$ ) 2.65이며 토성은 Sand 58.9%, Silt 39.1%, Clay 2.0%로서 사질토로 분류되었으며, Fig. 4와 같이 빈입도 특성을 나타내었다. 그리고 최적함수비(OMC)는 16.2%, 최대건조밀도( $\gamma_{dmax}$ )는  $1.77\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 으로 나타났다. 이때 최적함수비 및 최대건조밀도는 A다짐법을 통해 얻은 것이다.

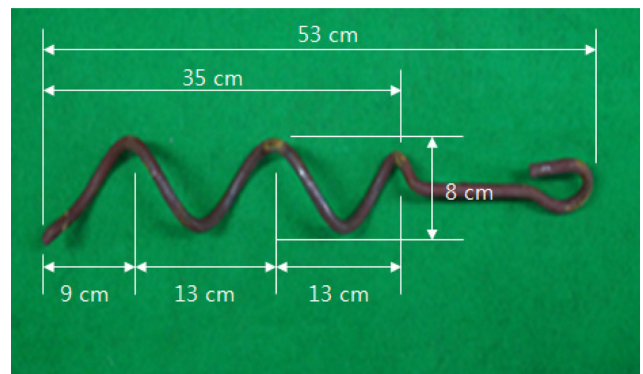


Fig. 3. Spiral steel peg.

Table 2. Physical and mechanical properties of used soil.

Parameters	Value
$w_n$ (%)	29.9
$G_s$	2.65
Consistency	
LL (%)	NP
PL (%)	NP
Soil texture (%)	
Sand	58.9
Silt	39.1
Clay	2.0
( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )	1.77
OMC(%)	16.2

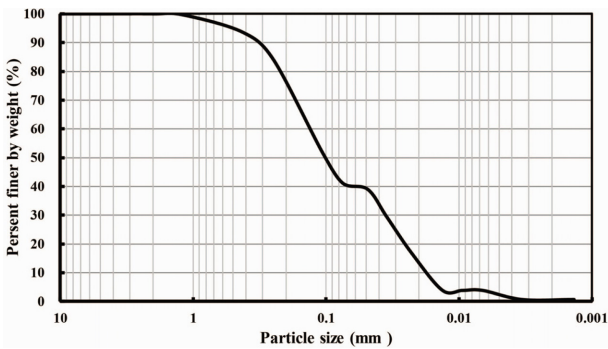


Fig. 4. Grain size distribution characteristics of used soil.

#### 4. 모형지반 조성

실험 토조 내 토양의 다짐조건은 약 6.5kgf의 다짐봉을 이용하여 다짐률을 각각 65%, 75% 및 85%로 적용하였으며, 각 다짐조건별로 나선철항의 매입깊이를 25cm, 30cm, 35cm, 및 40cm로 나누어 최대한 최적함수비의 조건을 유지하며 인발저항력 실험을 실시하였다. 대상 모형지반 전 높이에 걸쳐 균등한 다짐도를 확보하기 위해 50cm 높이의 지반을 6층으로 나누어 매층 동일한 다짐에너지가 주어졌다. 다짐율 85%, 75% 및 65%의 층별 다짐회수는 각각 200회, 100회 및 0회 정도였다. 각 다짐 조건별 상대밀도는 다짐율 85%, 75% 및 65%에 대해 각각 67%, 38% 및 0%로 나타났다. 이때 다짐율 85%는 Kang (1998)과 Cho (1999)가 보고한 온실단지 주변 지반의 현장 다짐율 범위인 83%~85%에 포함된다.

#### 5. 실험방법

인발저항력 실험에서 토조에 매립된 실험대상물에 대하여 상방향으로 인발하중을 가하는 재하방식에는 크게 하중 제어방식과 변위 제어방식의 두 가지 방법으로 분류할 수 있다. 하중 제어방식은 계획최대하중을 몇 단계로 분류한 뒤, 각 단계별로 일정한 시간의 간격을 두고 하중을 가하는 방식으로서 다단계 하중법 또는 정하중법이라고도 한다. 이 방법은 주로 현장에서 실험을 시행할 경우와 Jack 등을 이용하여 하중을 가할 때 사용된다. 그리고 변위제어 방식은 실험대상물의 인발변위량을 제어하는 방법으로 일정 시간동안 일정한 변위가 발생하게 하는 방법이며, 일반적으로 실내실험에서 주로 사용되고 있다.

강풍 하에서 온실에 가해지는 하중의 양상은 인발변위가 극히 작은 시점에서 인발저항력이 최대값을 나타내고 인발하중은 순간 또는 반복적으로 작용하기 때문에 하중 제어 방식이 변위제어 방식보다 더 선호된다(Cho, 1999). 그리고 극한인발저항력도 하중제어 방식이 일반적으로 조금 더 크게 나타나는 것으로 알려져 있다. 본 실험 장치는 이를 고려하여 두 가지 방식을 동시에 적용할 수

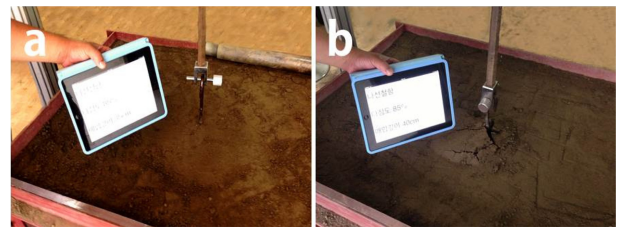


Fig. 5. Model test on pullout resistance of spiral fixing pin (a: before loading, b: after loading).

있도록 설계되어 있지만, 모의 테스트 결과 하중제어 방식을 적용하기에는 본 실험장치에 한계가 있는 것으로 나타났다. 따라서 본 실험에서는 두 가지 제어방식 중에 일반적으로 실내실험에서 가장 많이 사용하고 있는 변위 제어 방식을 사용하여 실험결과를 얻었다.

본 연구에서 재하 속도는 1mm/min(허용오차  $\pm 10\%$  이내)으로 하였고, 인발저항력 실험의 종료 시점은 인발저항력이 더 이상 증가하지 않고 최대치(극한인발저항력)를 지나 연화(softening)경향을 나타내거나 일정한 값으로 수렴될 때를 종료시점으로 하였다. 실험의 정확도를 위해 인발저항력 측정은 각 조건별로 2회씩 반복하였으며, 그 평균값을 실험결과로 이용하였다. 이때 2회 반복한 실험결과에 큰 차이가 있는 경우, 서로 유사한 실험치가 나올 때까지 반복실험을 실시하였다. 그리고 나선철항의 자중은 인발저항력에서 제외하였으며, Fig. 5는 인발저항력 측정 전후의 모형실험 전경을 나타낸 것이다.

### 결과 및 고찰

Fig. 7은 나선철항의 매입깊이에 따른 인발저항력과 변위량과의 관계를 다짐도별로 나타낸 일레이다. Fig. 7에서 알 수 있듯이 인발저항력은 흙의 다짐률이 높고 매입깊이가 깊을수록 증가하는 전형적인 경향을 보였다. 다만 각 지반조건에 따라 인발저항력 및 변위량에 다소 차이가 나타났는데 이러한 현상은 나선철항의 형상적 특성상 모형지반을 조성할 때, 나선주위의 지반이 다짐조건별로 다소 균일하지 못하였기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 모형지반을 조성할 때, 최대한 지반이 균일하도록 노력하였으나 균일성을 확보하기에 다소 어려움이 있었다.

인발저항력은 각 지반조건별로 다소 차이는 있지만, 초기단계에서는 거의 선형적으로 증가하는 경향을 보였다. 인발저항력의 경우, 극한인발저항력을 구하는 것도 중요하지만, 실제로 온실의 사용성과 안전성 측면을 고려하면 나선철항 주변 지반의 항복시점이 인발저항력을 논할 때 아주 중요하다. 그러나 본 실험의 경우, 변위제어 방식을 채택하였기 때문에 Fig. 7로부터 항복점을 찾는 것은 어려운 것으로 판단된다.

Table 4는 Fig. 7의 결과를 포함하여 2회 이상 반복한 실험결과를 극한인발저항력과 최대 인발변위량에 대한 평균값을 각 지반조건 및 매입깊이별로 나타낸 것이다. 그 결과 최대값은 다짐률 85%에서 최대 매입깊이인 40cm일 때 116.7kgf이었고, 최저값은 다짐률 65%에서 매입깊이 25cm일 때 4.4 kgf으로 나타났다.

그리고 다짐율 85%, 75% 및 65%을 기준으로 매입깊이 40cm에서 인발저항력은 각각 116.7kgf, 40.4kgf 및 13.5kgf으로서 다짐률에 따라 상당한 차이가 있음을 알 수 있다. 이것은 일반농가에서 나선철항을 사용할 때, 평소 나선철항 주변 지반의 유지관리를 철저히 한다면 바

람에 의한 피해를 경감시켜 줄 수 있을 것으로 판단된다. 그리고 본 실험에서 극한인발저항력의 최대값은 116.7kgf로 나선철항의 제원을 고려해 볼 때 매우 높은 것으로 판단되며, 플라스틱 필름을 고정하는 용도뿐만 아니라 나선철항의 개수 및 간격 등 적절한 설치방법이 제시된다면 온실의 구조적 안정성에도 기여를 할 수 있을 것으로 예상된다.

Fig. 8은 매입깊이에 따른 극한인발저항력을 다짐률별로 도식화한 것이다. Fig. 8에 나타나듯이 다짐률에 따라 다소 차이는 있지만, 매입깊이가 증가할수록 인발저항력이 증가하였다. 특히 다짐률 85%에서 매입깊이 35cm 및 40cm 일 때, 인발저항력이 다른 지반조건 및 매입깊이에 비해 급격히 증가하는 것으로 나타났다. 그리고 다짐률 65% 및 75%인 경우, 매입깊이에 비례해서 거의 선형적으로 증가하는 경향을 보였다. 각 지반조건

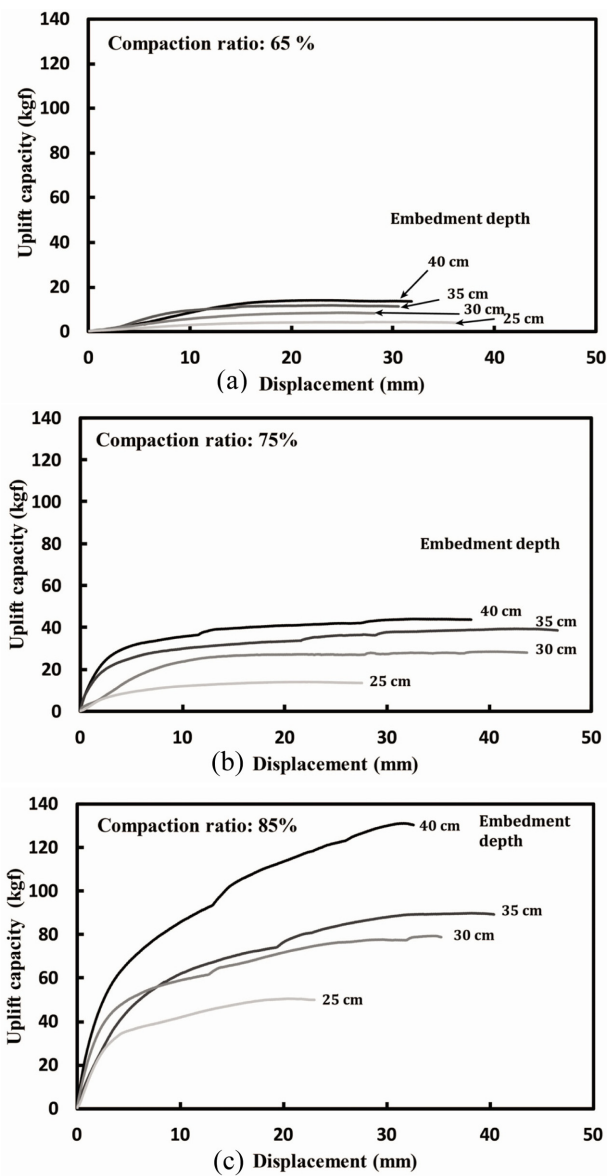


Fig. 7. Variations of uplift bearing capacity with embedment depth.

Table 4. Ultimate uplift bearing capacity and maximum displacement of spiral steel peg.

Compaction ratio (%)	Embedment depth (cm)	Ultimate uplift bearing capacity (kgf)	Maximum displacement (mm)
85	40	116.65	35.54
	35	86.23	38.26
	30	57.95	23.76
	25	48.93	29.52
75	40	40.38	40.61
	35	36.83	44.03
	30	25.38	47.70
	25	13.13	30.75
65	40	13.48	31.92
	35	11.35	30.76
	30	8.55	32.11
	25	4.40	33.44

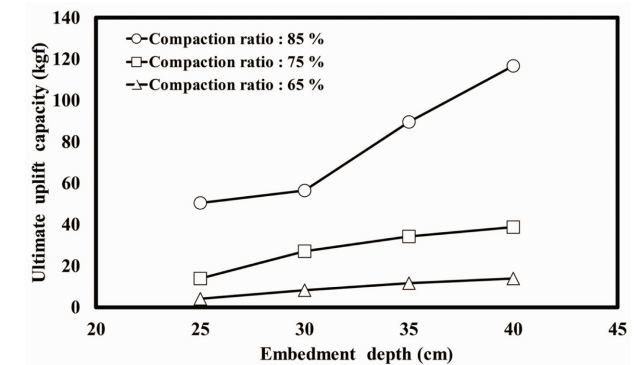


Fig. 8. Ultimate uplift bearing capacity according to embedment depth.

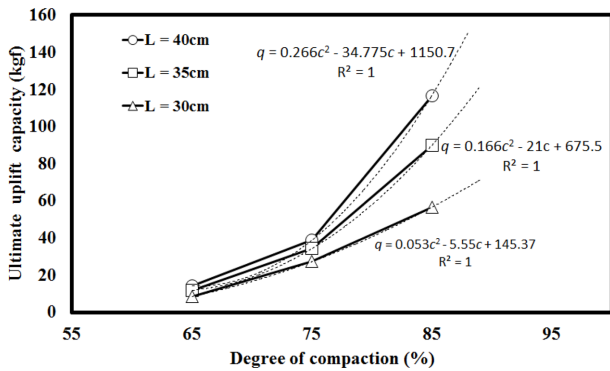


Fig. 9. Ultimate uplift bearing capacity according to compaction ratio.

별로 매입깊이에 따른 인발저항력의 변화 경향이 약간 상이한 것은 앞서서도 기술하였듯이 나선철항의 특이한 형상으로 인해 다짐상태가 다소 균일하지 않기 때문인 것으로 판단된다.

Fig. 9는 다짐률에 따른 극한인발저항력을 매입깊이별로 도식화하여 그 관계식과 함께 나타낸 것이다. 이때 다짐률 85%인 경우를 제외하고 매입깊이 25cm일 때의 극한인발저항력은 아주 미미하여 실제 적용가능성이 낮은 것으로 예상되어 이를 제외하고 나머지 세 가지 조건에 대해서 나타내었다.

Fig. 9에서 알 수 있듯이 다짐률에 따라 인발저항력이 변화하는 경향을 보면, 매입깊이별로 서로 유사한 경향을 보였다. 그리고 특히 다짐률 85%인 경우, 매입깊이 35cm 및 45cm에서 인발저항력이 급격하게 증가하는 경향을 보였다. 각 매입깊이별로 다짐률 65%를 기준으로 인발저항력을 비교해 보면 매입깊이 30cm의 경우 다짐률 75% 및 85%에서 각각 218% 및 561% 정도 인발저항력이 증가하였고, 매입깊이 35cm경우는 다짐률 75% 및 85%에서 각각 189% 및 658%가 증가하는 것으로 나타났다. 그리고 매입깊이 45cm에서는 다짐률 75% 및 85%에서 각각 174% 및 724%로 가장 급격하게 인발저항력이 증가하는 경향을 보였다.

나선철항의 인발력에 관한 연구는 그 적용사례에 비하여 미미한 편이나 선행연구들과 비교해 보면 Ogawa 등(1990)은 본 연구의 대상 나선철항보다 피치 개수가 1개 더 많고, 직경 1.3cm, 길이 60cm 제원의 나선철항에 대하여 밭토양 현장에서 인발저항력 실험을 실시하였다. 그 결과, 극한인발저항력은 240kgf로 나타났다. Yoo(2012)는 모형토조실험을 통하여 사질토지반에서 제원에 따른 사면보강용 스크류 앵커 파일의 인발저항 특성을 검토하였다. 본 나선철항과 제원, 용도 및 목적이 상이하여 직접적으로 비교하기에는 어려우나 본 연구의 모형지반과 유사한 조건에서 직경 3cm, 길이 60cm, 스크류

날개 폭 1.5cm, 피치 4.5cm 및 무게 2.47kgf의 스크류 앵커 파일의 극한인발저항력은 매입깊이 50 cm에서 약 215kgf로 나타났다.

대상 나선철항의 극한인발저항력은 Ogawa 등(1990)보다 나선철항의 피치 개수가 1개 적은 것을 감안하더라도 크게 낮게 나타났다. 본 연구에서는 인발시험장치와 관련하여 원활한 실험을 위해 모형토조 내 형성된 지반을 굴착을 통하여 나선철항을 설치하고 다짐을 실시하여 인발저항력을 측정하였다. 그러나 나선철항은 나선형의 특성을 이용하여 굴착 없이 설치가 가능하기 때문에 실제 인발저항력은 본 실내실험의 결과보다 더 클 것으로 기대된다.

이상의 결과들을 종합해 보면 나선철항의 설치시 매입깊이 35cm, 다짐률 85%이상을 적용하면 유용한 결과가 기대되며, 본 실험에서 다짐률 85%에 해당하는 모형지반의 상대밀도는 67%이다.

## 적 요

본 연구에서는 모형실험을 통하여 다짐도 및 매입깊이에 따른 나선철항의 인발저항력을 검토하였다. 그 결과 다짐도 및 매입깊이가 증가할수록 인발저항력은 증가하는 것으로 나타났으며, 특히 다짐률 85%의 지반조건에서 인발저항력은 매입깊이 25cm, 30cm, 35cm 및 40cm 별로 각각 48.9kgf, 57.9kgf, 86.2kgf 및 116.6kgf로 다른 지반조건일 때 보다 현저하게 높은 인발저항력이 나타났다. 그리고 다짐률에 따른 인발저항력은 각 매입깊이 조건별(30cm, 35cm 및 40cm)로 다짐률 75% 및 85%에서 급격하게 증가하는 유사한 경향이 나타났다.

나선철항의 인발저항력은 지반의 다짐률에 따라 상당한 차이를 보였으며 극한인발저항력의 최대값은 다짐률 85%의 지반조건 및 매입깊이 40cm에서 116.6kgf로 나타났다. 이는 나선철항의 제원을 고려해 볼 때 매우 높은 것으로 판단된다. 따라서 평소 나선철항 주변 지반의 유지관리를 철저히 한다면 바람에 대한 피해를 효과적으로 경감시켜 줄 수 있을 것으로 판단된다. 그리고 나선철항은 플라스틱 필름을 고정하는 용도뿐만 아니라 온실 형태별로 개수 및 간격 등 적절한 설치방법이 제시된다면 온실의 구조적 안정성에도 기여를 할 수 있을 것으로 예상된다.

또한 본 연구의 결과를 검토해 볼 때 온실에 나선철항의 설치시 유용한 효과를 기대하기 위해서는 매입깊이 35cm 이상 그리고 다짐률은 85%이상을 적용해야 할 것으로 판단되며, 본 실험에서 다짐률 85%에 해당하는 모형지반의 상대밀도는 67%정도 었다.

**추가 주제어 :** 다짐률, 매입깊이, 모형실험, 자연재해, 토조

사 사

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 : PJ00 949204)의 지원에 의해 이루어진 것 임.

Literature Cited

Kang, M. H. 1998. A experimental study on uplift capacity of cylindrical concrete foundation for pipe frame greenhouse. Master Thesis, Gyeongsang National University (in Korean)

Cho, J. H. 1999. A study on the uplift capacity of plane and corrugated pile foundations for pipe frame greenhouse. Master Thesis, Gyeongsang National University (in Korean)

Lee, Y. B., H. J. Jun, and J. E. Son. 2010. Protected horticulture new edition. Hyangmoonsa. Seoul, Korea. pp. 32-34.

Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA). 2013a. Greenhouse status for the vegetable grown in facilities and the vegetable productions in 2012. MAFRA, Sejong, Korea.

Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(MAFRA). 2013b. Cultivation status of floricultural crop in 2012. MAFRA, Sejong, Korea.

Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries(MIFAFF), Rural Development Administration(RDA). 2010. Designated notice of standards to endure disaster for horticultural and special facilities. MIFAFF and RDA. Gwacheon and Suwon, Korea.

Nam, S.W., and I.K. Yang. 2006. Development of a gable-roofed prefabricated pipe-house for reduction of heavy snow damage. Proceeding of Bio-Environment Con. 15:201-205.

Nam, S.W., and Y.S. Kim. 2009. Actual state of structures and environmental control facilities for tomato greenhouses in Chungnam region. Jour. Agri. Sci. 36(1):73-85(in Korea).

Ogawa, H., I. Tsuge, Y. Sato, and S. Hoshiba. 1990. Experi-

mental Analysis on Strength of Pipe-Houses with Ground Anchoring. Journal of the Society of Agricultural Structures. 19(3):173-182(in Japan)

Rural Development Administration(RDA). 2009. The workshop for Reduction countermeasure of meteorological disasters for horticultural and special facilities. RDA, Suwon, Korea.

Rural Development Administration(RDA). 2007. Guidebook for reducing of meteorological disasters of agricultural facilities. RDA, Suwon, Korea.

Rural Development Administration(RDA). 2005. Damage aspects and countermeasure of horticultural facilities by meteorological disasters. RDA, Suwon, Korea..

Ryu, H.R., I.H. Yu, M.W. Cho, and Y.C. Um. 2009. structural reinforcement methods and structural safety analysis for the elevated eaves height 1-2W type plastic greenhouse. J. Bio-Env. Cont. 18(3):192-199(in Korean).

Shu, W.M., M.K. Choi, Y.H. Bae, J.W. Lee, and Y.C. Yoon. 2008. Structural safety analysis of a modified 1-2W type greenhouse enhanced for culturing paprika. J. Bio-Env. Cont. 17(3):197-203(in Korean).

[www.safekorea.go.kr](http://www.safekorea.go.kr)

[www.mafar.go.kr](http://www.mafar.go.kr)

Yoo, C.S. 2012. Effect of Screw Geometries on pull-out characteristics of screw anchor piles using reduced scale model tests. Journal of the Korean Geotechnical Society. 28(1):5-15(in Korean).

Yoon, C.Y., Y.S. Shin, S.B. Bae, H.T. Kim, J.S. Choi, and W.M. Suh. 2012. Variation of indoor air temperature by using hot water piping in greenhouse. J. Agri. & Life Sci. 46(2):179-190 (in Korean).

Yu, I.H., E.H. Lee, M.W. Cho, H.R. Ryu, and Y.C. Kim. 2012. Development of multi-span plastic greenhouse for tomato cultivation. J. Bio-Env. Cont. 21(4):428-436(in Korean).