

# 항타기 전도예방을 위한 임시 철판의 두께에 관한 연구

## Minimum Thickness of Temporary Steel Plate to Prevent Pile Driver Overturning

방 대 평<sup>1)</sup> · 박 종 일<sup>2)</sup> · 기 정 훈<sup>†</sup>

Daepyung Bang · Jongyil Park · Junghun Kee

Received: August 14<sup>th</sup>, 2020; Revised: September 2<sup>nd</sup>, 2020; Accepted: October 5<sup>th</sup>, 2020

**ABSTRACT** : Although pile driver overturning accidents at construction site are not frequent, most leads to serious disasters. The main cause of accidents is uneven settlement of the ground. To prevent this, related guidelines such as KOSHA-C-101-2014, KOSH-A-GUIDE-71-2012, Occupational Safety and Health Standards, and NCS stipulate the installation of steel plates over ground. However, since the required steel plate thickness considering the self-weight of pile drivers and the underlying ground condition is not quantitatively presented, it is randomly applied in the field. In this study, the required minimum steel plate thickness was analyzed based on a numerical analysis (Plaxis 2D). Settlements and soil failure were calculated according to the different type of soils (sand, clay), load distribution and steel plate thickness (10mm, 20mm, 30mm, 40mm). Under all conditions, 10mm steel plate causes soil collapse. From thickness 20mm, the ground uneven subsidence is within 2° of the allowable leader angle.

**Keywords** : Pile driver, Uneven Subsidence, Safety at construction site

**요 지** : 건설 현장에서 항타기 전도 사고는 빈도는 낮으나 발생 시 심각한 피해를 야기한다. 항타기 전도 사고의 주원인은 침하에 의한 모멘트 발생임에도 불구하고 KOSHA-C-101-2014, KOSH-A-GUIDE-71-2012, 산업안전보건 기준, NCS 등의 규정에서 철판 사용에 대한 선언적 내용만 있을 뿐 구체적인 요구조건이 명시되어 있지 않다. 이에 항타기 자중, 지반조건에 따라 하부 철판의 제원이 바뀌어야 하지만 현장에서는 임의로 사용되고 있다. 본 연구에서는 수치 해석(Plaxis 2D)을 기반으로 요구되는 최소 철판 두께를 분석 하였다. 토양의 종류(모래, 점토), 하중 분포, 철판 두께(10mm, 20mm, 30mm, 40mm)에 따라 침하 정도와 및 지반 항복 유무를 산출하였으며, 그 결과 모든 조건에서 두께 10mm 철판은 지반 항복을 유발하였다. 두께 20mm부터는 지반 침하로 발생하는 회전각이 허용치인 2° 이내로 분석되었다.

**주요어** : 항타기, 불균등 침하, 건설안전

## 1. 서 론

건설현장의 초고층화, 대형화로 인해 건설기계를 이용한 작업이 증가하고 있다. 건설기계의 활용은 생산 효율증대, 공기 단축에 의한 원가 절감 등 긍정적 효과를 나타낸다. 하지만 항타기, 천공기, 크레인 등의 건설기계는 높은 전도사고 위험성을 가지고 있다. 이에 대형 건설현장에서는 건설기계 투입 전 형식, 년식, 운전원 등에 대한 적정성검토를 시행하고 있으나 여전히 재해가 줄고 있지 않다. 안전보건공단 건설업 사망사고 자료에 따르면, 건설기계 및 동력크레인에 기인하여 발생 된 사망자는 2013년 73명, 2014년 50명, 2015년 67명, 2016년 70명, 2017년 74명으로 지속적으로 발생 되고 있다(The Korea Occupational Safety and Health

Agency KOSHA, 2017). 특히 리더 길이가 높아 전도 위험성이 큰 항타기의 경우 Table 1(Korea Construction Equipment Association press release, 2018)과 같이 사용 대수가 많음에도 불구하고, 가장 기초적으로 필요한 지반 침하에 따른 전도 방지 하부 철판 규정이 명확히 제시되고 있지 않다.

본 연구에서는 항타기 재해 분석을 통해 전도사고 원인을 제시하고 국내 지침에서 해당 재해 예방 문제점을 분석 하였다. 가장 시급히 해결되어야 할 사항으로 하부 철판 두께에 대한 규정 미비를 도출하였으며 현장 조건(흙의 종류, 좌우 궤도 하중분배율, 철판두께, 항타기 총 중량) 별 지반 침하량을 수치해석을 통해 분석함으로써 하부 철판의 최소 소요 두께를 제시하고자 한다.

1) Deputy chief, Hyundai Engineering & Construction Safety Team

2) Associate Professor, Department of Safety Engineering, Seoul National University of Science and Technology

† Ph.D Candidate, Department of Safety Engineering, Seoul National University of Science and Technology (Corresponding Author : junghunkee@gmail.com)

Table 1. Number of registered pile drivers

Location	Number of registered units
Seoul	437
Incheon	156
Busan	91
Gyeonggi	59
Daegu	56
Gyeongnam	27
Jeonnam	27
Daejeon	26
Gwangju	23
Ulsan	21
Jeonbuk	18
Chungnam	12
Chungbuk	10
Jeju	9
Gyeongbuk	4
Gangwon	2
Totla	978

## 2. 국내 항타기 관련 재해 및 지침 분석

KOSHA-C-101-2014(항타기·항발기 사용 작업계획서 작성 지침)에서 “항타기”는 리더에 해머 등의 부속장치를 붙여서 PHC-Pile 이나 STEEL-Pile을 타격하여 소요의 관입 깊이를 근입시켜 상부구조물 시공에 따른 안정성을 확보하기 위해 사용되는 건설기계이며, “항발기”는 주로 시공된 Pile을 인발하는데 사용하는 건설기계로 정의하고 있다. 항발기는 항타기와 반대 작업순서로 사용되는 건설기계로 본 연구에서는 항타기 및 항발기를 항타기로 통합 지칭하여 사용한다.

### 2.1 재해분석

건설공사안전관리 종합정보망(CSI)의 자료를 바탕으로 항타기 전도와 관련된 대표적인 사례 5개를 분석하였다.

#### 2.1.1 남부순환로 사고(2019년)

Fig. 1과 같이 하상 현장 구간 내 확장공사를 위해 작업 중인 항타기가 일부 연약지반의 침하와 이동 시 균형상실에 의한 전도모멘트 발생으로 전도되었다. 안전 대책으로 침하 발생 연약지반이 존재하는지 작업 전 점검과 예상 침하량 산정에 따른 소요 철판 두께 산정 및 반입이 이루어 졌어야 한다.



Fig. 1. Pile driver accident at nambu beltway (2019)

#### 2.1.2 대연지구 주택재개발사업 사고(2016년)

가시설 H-Pile 시공을 위해 장비 이동 중 일부 지반 침하 부분이 발생하여, 불균등 하중 작용에 의한 항타기 수직도 저하 발생으로 항타기가 전도되었다. 예방대책으로 장비 이동 전 지반 침하 유무를 확인하고 철판을 이동 설치하면서 항타기 수직도를 확보하였어야 한다.

#### 2.1.3 백천 공동주택 신축공사 사고(2016년)

가시설 작업을 위해 항타기 이동을 위한 침하방지 철판(22mm)을 회전 중 회전모멘트에 의해 중심을 잃고 전도되어 어린이집 방향으로 쓰러지면서 한전고압선 훼손 및 주차된 승용차 2대를 파손시켰다. 예방대책으로는 항타기 회전시 제원표상 회전속도 3.3rpm 기준 준수하였어야 한다.

#### 2.1.4 경남 양산 신축상가 사고(2016년)

부지 경계부에 지하층 지반개량 및 차수를 위한 JSP(Jumbo Special Pile)를 시공하기 위해 천공 작업 중 침하 제어 부족으로 천공기 수직도 변형이 발생하여 항타기가 전도되었다. 예방 대책으로 천공 작업 전 부등침하 발생 위험개소를 점검하고 소요 철판 두께를 검토한 후 작업 시행하였어야 한다.

#### 2.1.5 청라센트럴 복합단지 사고(2015년)

Fig. 2와 같이 천공기(95ton)가 지반안정용 철판을 앞쪽에



Fig. 2. Pile driver accident at Cheongna (2019)

설치 후, 뒤쪽의 다음 철판을 이동하고자 회전하던 중 한쪽 궤도 쪽 지반이 침하(전날 비로 인해 연약한 지반)되면서 천공기가 기울어져 전도되었다. 예방 대책으로 우천 시 지반의 영향을 모니터링하여 침하에 대해 고려하여야 한다.

재해 사례를 종합하면 항타기의 경우 지면에서부터 탑시브까지 높이가 약 22m 높이로 전도 위험성이 항시 존재하며 항타기의 주요 전도원인은 수평도 저하에 따른 상부 무게중심 변동과 이에 따른 전도모멘트 발생에 있다. 또한 항타기 자중에 대한 지반의 지지력 시험을 통해 지반 적정성 판별 후 치환 등의 보강조치를 실시하여야 하나 중소규모 현장의 경우 지지력 시험기기 보유 부재 및 지지력 시험 인식이 부족하다. 마지막으로 지반의 불균등 침하를 막기 위해 사용되는 하부 철판이 부적절하게 사용되는 경우가 빈번히 발생하고 있다.

## 2.2 항타기 관련 지침분석

사고 원인 중 하부 철판이 부적절한 사용 또는 미사용이 많아 관련 지침분석을 수행하였다. 대표적인 항타기 관련 안전 지침은 KOSHA GUIDE, 산업안전보건기준에 관한 규칙, NCS(National Competency Standards) 등이 있다.

KOSHA-GUIDE-C-101-2014에서는 “철판 설치 등 지반 보강 적정 실시 여부 등을 작업계획서에 포함시켜야 된다”로 명시하고 있으나 철판 설치에 대해 구체적인 지침을 제시하고 있지 않다.

KOSHA-GUIDE-C-71-2012(기성 콘크리트 파일 항타 안전보건작업 지침)에서는 “요철부는 평탄화 작업을 시행하고 지반지지력 확보 후 전도사고 예방을 위하여 깔판·깔목 등을 사용”으로, 산업안전보건기준에 관한 규칙 제209조(항타기 무너지 방지)에서는 “침하를 방지하기 위하여 깔목·깔판 등을 사용”하도록 명시하고 있으나 깔판·깔목의 재질 또는 형상은 규정하고 있지 않다.

NCS에서는 “안전판은 수평이고 단단한 지반에서 좌우 아웃트리거 실린더 아래 중심에 설치”를 규정하고 있으나 이는 아웃트리거에 하부의 철판에 대한 것이며 항타기 하부에 대한 지침은 주어지고 있지 않다(NCS, 2019).

항타기 안전과 관련된 지침들에서 항타기 전도사고 예방을 위한 하부 철판 설치를 일부 선언적으로 규정하고 있지만, 상부 항타기 자중, 하부 지반상태 등에 따른 소요 철판 두께를 정량적으로 제시하지 않고 있다. 이에 현장에서는 경제성 및 시공성을 이유로 하부철판을 사용하지 않거나 임의로 사용되고 있어 전도사고를 꾸준히 유발하고 있다.

특히 부등침하 발생에 따른 항타기 전도모멘트 작용으로 대다수 전도사고가 발생되고 있는 반면, 가장 기본이 되는 하부 철판에 대한 명확한 지침이 없어, 본 연구에서는 항타

기 자중 및 지반상태 그리고 철판 사용두께 변화에 따른 지반침하를 수치해석을 통하여 분석하고 소요 철판 두께를 제시하고자한다.

## 3. 철판 두께에 따른 침하량 수치해석

수치해석을 위한 툴로는 다양한 실증 실험을 통해 검증이 완료된 Plaxis 2D를 사용하였다(Choi, 2015; Hwang et al., 2010; Kim et al., 2013; Kim et al., 2015). 항타기의 경우 옆 방향으로 전도가 주로 발생함으로 평면변형률 상태를 가정하여 2차원 분석을 수행하였다. 흙은 Mohr-Coulomb모형을 적용하였으며, 철판의 경우 항복이 발생할 정도의 하중이 가해지는 경우가 없음으로 linear elastic 모형을 적용하였다.

### 3.1 입력 변수 설정

입력변수는 크게 하중, 지반, 철판 등 3가지 요소로 선택하였다. 하중은 항타기 자중 및 파일의 자중이며 양쪽 궤도로 하중이 균등하게 분포되는 경우와 불균등한 경우로 구분하였다. 지반은 모래와 점토로, 철판은 동일 재질이 10mm, 20mm, 30mm, 40mm의 두께를 가지는 것으로 설정 하였다.

#### 3.1.1 하중설정

하중을 가정하기 위하여 국내 현장에서 가장 많이 사용되는 항타기 중 하나인 DHP-80을 기준으로 하였다. DHP의 제원표에 따르면 전체 자중은 총 79.4ton이며, Pile의 무게는 작업에 따라 상이하나 보수적으로 10ton으로 가정하였다. 따라서 총 중량은 90ton으로 설정하였다. 총 중량은 무한궤도에 의해 지면에 압력으로 가해지며 무한궤도의 제원은 Table 2와 같다. 하부 철판은 Fig. 3과 같이 시공 편의를

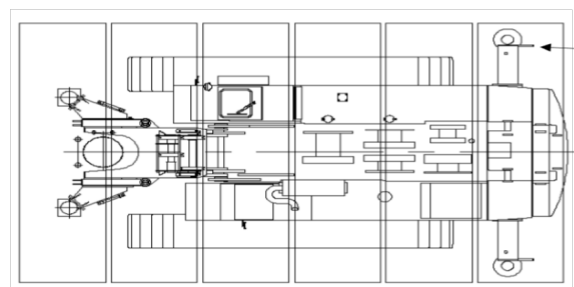


Fig. 3. Steel plate placement under pile driver

Table 2. Specification of DHP-80

Parameter	Values
Distance between left and right caterpillar	4.01 m
Width of caterpillar	0.76 m
Length of caterpillat	4.96 m

위해 여러 장이 사용되며 크기는 6m \* 2m 이다.

항타기 운용 상 발생 할 수 있는 상부 무게 중심 변동을 고려하기 위해 좌궤도와 우궤도의 하중 비율을 50:50, 40:60, 30:70 세 가지로 설정하였다. 자중, 무한궤도 제원, 하중 비율을 고려하면 하중은 Fig. 4와 같이 3가지 경우로 주어진다.

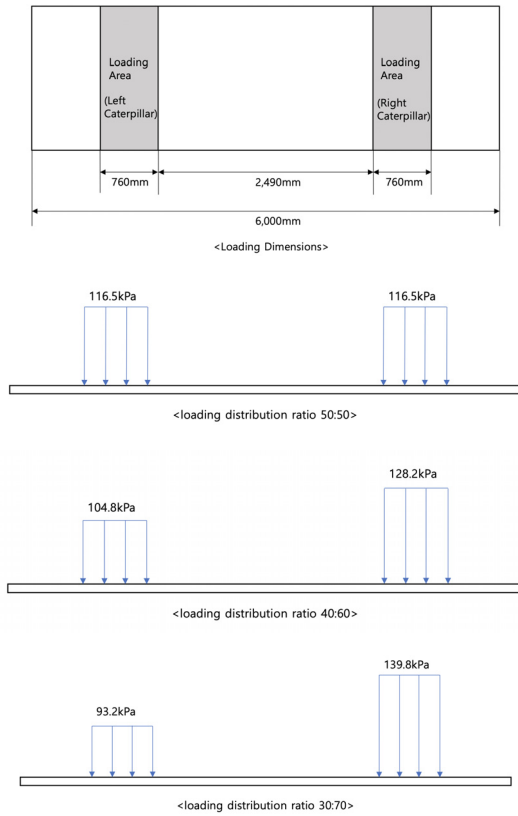


Fig. 4. Loading cases

### 3.1.2 지반 설정

Table 3은 전국 74개 주요 도시에 건설한 176개의 택지 개발지구에서 표본 추출한 3,658개소의 실내 토질 시험성과 자료 및 제주도의 2개 지구에 대한 55개소의 시험성과 자료를 바탕으로 전국 토질분포율을 정리한 것이다(Chung, 1991). 국토면적의 70% 정도가 화강암 및 화강편마암으로 구성되어 있으며 화강풍화토의 대부분은 SM(실트질 모래 및 모래실트 혼합토), SC(점토질 모래 및 모래점토 혼합토)에 속한다.

국내 지질특성을 바탕으로 지반은 모래, 점토 두 종류로 구분하였으며 Mohr-Coulomb에 사용될 입력값은 Tables 4, 5와 같이 가정하였다.

### 3.1.3 철판 설정

항타기 전도예방을 위해 설치하는 철판은 일반적으로 많이 사용되는 SS300로 설정하였다. 상세 제원으로 항복강도

Table 3. Soil type of Korea (unit : %)

Divisions	Coarse								Fine					
	Grravel				Sand				Silts and clay (LL<50%)			Silts and clay (LL>50%)		
	GW	GP	GM	GC	SW	SP	SM	SC	ML	CL	OL	MH	CH	OH
Gangwon	3.1	3.5	6.7	9.8	4.7	7.8	37.4	2.4	14.1	8.3	0	0	2.4	0
Seoul	0.6	0	0.8	0.2	2.2	6.4	33.3	3.5	30.8	21.2	0	0.6	0.2	0
Incheon	0	0	1.0	0.5	2.6	3.1	36.3	7.5	28.4	14.2	0.5	1.6	3.7	0
Gyeonggi	0.9	0.2	0.6	0	5.1	4.9	50.9	4.8	14.3	16.4	0	1.1	0.6	0
Chungbuk	0	0	3.4	0	12.1	13.4	52.3	4.7	6.0	8.0	0	0	0	0.1
Chungnam	0	0.3	0.1	0	2.1	5.2	50.3	4.8	14.1	22.0	0	0.7	0	0
Jeonbuk	0	0	0.5	0	3.4	10.7	31.1	11.1	15.0	20.4	0	0.9	6.3	0
Jeonnam	2.6	0	1.7	0.4	7.8	7.4	36.6	4.0	18.5	12.6	0	4.8	3.3	0.4
Daegu	0	0	1.8	0	4.3	0.4	20.0	1.3	21.4	48.4	0	0.4	1.7	0
Gyeongbuk	1.2	4.3	0.9	0.8	6.3	5.1	23.9	0.8	21.5	15.1	0.8	9.1	5.6	4.4
Busan	0	0	3.7	0	2.8	0	49.3	0.9	15.9	25.8	0	0.4	0.9	0
Gyeongnam	0.4	3.1	6.2	1.1	1.9	1.9	34.5	5.3	17.6	21.5	0	1.9	3.9	0
Jeju	1.8	0	30.9	0	0	0	5.4	0	7.2	30.9	0	0	23.6	0

Table 4. SM properties

Parameter	Name	Value	Unit
Type of material behaviour	Type	Drained	
Soil unit weight above phreatic level	$\gamma_{unsat}$	$1.7 \times 10^4$	N/m <sup>3</sup>
Soil unit weight below phreatic level	$\gamma_{sat}$	$2.0 \times 10^4$	N/m <sup>3</sup>
Permeability in horizontal direction	$k_x$	1.0	m/day
Permeability in vertical direction	$k_y$	1.0	m/day
Young's modulus	$E_{ref}$	$1.0 \times 10^7$	N/m <sup>2</sup>
Poisson's ratio	$\nu$	0.3	
Friction angle	$\Phi$	31	°

Table 5. SC Properties

Parameter	Name	Value	Unit
Type of material behaviour	Type	Drained	
Soil unit weight above phreatic level	$\gamma_{unsat}$	$1.6 \times 10^4$	N/m <sup>3</sup>
Soil unit weight below phreatic level	$\gamma_{sat}$	$1.8 \times 10^4$	N/m <sup>3</sup>
Permeability in horizontal direction	$k_x$	$1.0 \times 10^{-3}$	m/day
Permeability in vertical direction	$k_y$	$1.0 \times 10^{-3}$	m/day
Young's modulus	$E_{ref}$	$1.0 \times 10^7$	
Poisson's ratio	$\nu$	0.35	N/m <sup>2</sup>
Friction angle	$\Phi$	25	°

는  $3 \times 10^6 \text{N/m}^2$ , 밀도는  $78,600 \text{N/m}^3$ , 탄성계수는  $2.0 \times 10^6 \text{N/m}^2$ 로 가정한다. 최소 요구 철판 두께를 알기위해 침하량은 두께를 10mm, 20mm, 30mm, 40mm로 변화시키면서 산출되었다.

### 3.2 항타기 전도 기준

NCS에서는 리더의 허용각도를 2°로 규정하고 있으나 항타기 본체 전체에 대한 허용각도를 제시하고 있지는 않다. 따라서 본 연구에서는 리더의 허용각도를 지반침하에 따른 항타기 본체 안정 허용각도로 가정하여 전도 기준으로 설정하였다. 따라서 지반 침하에 의한 전도 위험 기준은 좌궤도와 우궤도의 침하량 차이가 113mm(2° 기준) 이상이거나 Mohr-coulomb 파괴 기준에 의해 지반이 항복하는 경우로 가정하였다.

### 3.3 침하량 산출 결과

하중 비율 50:50, 40:60, 30:70 세 가지 경우에 따른 침하량을 계산한 결과는 다음과 같다.

#### 3.3.1 50:50 하중 분포

Table 6은 균등 분포된 하중의 경우 침하량과 지반 항복 유무 결과를 나타낸다. 모래보다는 점토 지반에서 침하량이 높게 나타났으나 좌우 침하량의 차이가 존재하지 않으므로 옆으로 전도가 발생하지 않는다. 다만, 철판 10mm에서는 항타기 자중을 지지하지 못하고 지반 항복이 발생되어 현장 사용이 불가능한 것으로 나타나, 최소 20mm 이상의 철판 두께가 요구되는 것으로 분석되었다.

Table 6. Maximum settlement at 50:50 loading

Soil type	Plate thickness (mm)	Max. settlement (mm)	Soil collapse
SM	40	10.40	No
SM	30	11.39	No
SM	20	13.13	No
SM	10	13.17	Yes
SC	40	11.62	No
SC	30	12.50	No
SC	20	14.24	No
SC	10	17.60	Yes

#### 3.3.2 40:60 하중 분포

Table 7은 침하량과 지반 항복 유무 결과를 나타낸다. 좌측 무한궤도와 우측 무한궤도의 침하량 차이는 최대 7.31mm로 점토 지반에 철판 20mm 경우에 발생하였다(Fig. 5). 차이가 허용 침하 113mm(2° 기준) 미만임으로 침하량 차이에 의한 전도는 발생하지 않는다. 다만 철판 10mm에서는 두 지반 모두 항복이 발생하였다.

Table 7. Maximum settlement at 40:60 loading

Soil type	Plate thickness (mm)	Max. settlement (mm)		Soil collapse
		Left	Right	
SM	40	8.67	12.26	No
SM	30	9.23	13.77	No
SM	20	10.21	16.45	No
SM	10	-	-	Yes
SC	40	9.79	13.46	No
SC	30	10.28	14.93	No
SC	20	10.36	17.67	No
SC	10	-	-	Yes

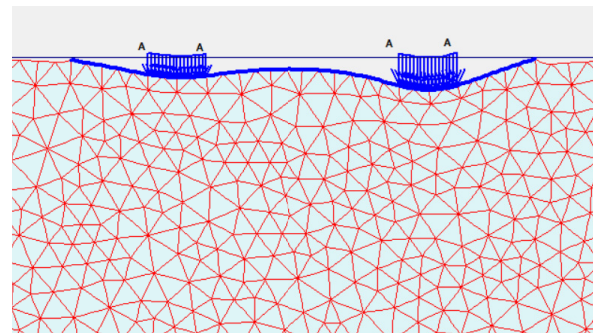


Fig. 5. Deformation of 20mm plate over clay under 40:60 loading

#### 3.3.3 30:70 하중 분포

Table 8과 같이 좌측 무한궤도와 우측 무한궤도의 침하량 차이는 최대 12.78mm로 점토 지반에서 철판 20mm 경우에 발생하였다. 허용 침하는 113mm 미만임으로 전도가 발생하지 않는다. 다른 경우와 동일하게 철판 10mm에서는 모두 지반 항복이 발생되었다.

Table 8. Maximum settlement at 30:70 loading

Soil type	Plate thickness (mm)	Max. settlement (mm)		Soil collapse
		Left	Right	
SM	40	7.18	14.24	No
SM	30	7.29	16.31	No
SM	20	7.72	20.44	No
SM	10	-	-	Yes
SC	40	7.87	15.52	No
SC	30	8.35	17.59	No
SC	20	8.71	21.49	No
SC	10	-	-	Yes

## 4. 결 론

본 연구에서는 사고 발생 시 중대 재해 발생빈도가 높으며, 현장에서 빈번하게 사용되고 있는 항타기 사고 발생을

줄이기 위하여 수치해석을 통한 침하발생량 산정과 소요 철판 두께에 대하여 연구하였다.

국토교통부 건설안전정보시스템 건설사고 DB를 기반으로 항타기 전도사고 분석을 수행한 결과 하부 철판의 잘못된 사용에 의한 전도사고가 빈번한 것으로 나타났다. KOSHA-GUIDE-C-101-2014, KOSHA-GUIDE-C-71-2012, 산업안전보건기준에 관한 규칙, NCS 등 관련 규정 검토 결과 전도사고 예방을 위해 철판을 설치하도록 하고 있으나, 정량적 철판 두께를 제시하고 있지 않아 현장에서 일정 두께 기준 없이 철판 사용이 이루어지고 있었다.

최소 요구 하부 철판 두께 도출을 위해 토질별(모래, 점토), 좌궤도 우궤도에 작용하는 하중 분포, 철판 두께(10mm, 20mm, 30mm, 40mm)에 따른 침하량과 지반 항복 유무를 Plaxis를 통해 분석하였다. 전도 기준은 NCS에서 규정된 2° 회전을 가정하였으며, 그 결과 철판 10mm에서는 지반 상태와 관계없이 모두 항복이 발생하였고, 20mm 이상에서는 기준 이하의 불균등 침하가 발생하였다. 이에 최소 20mm 이상의 하부철판 사용이 제시된다. 다만, DHP-80 항타기의 경우에 한정되었으며, 제원변경, 파일 고속인양 등 불안전 요소에 의한 무게 편중 시 전도방지를 위한 추가적인 검토가 요구된다.

## References

1. Choi, B. I. (2015), Dynamic analysis of 3 different cross-sectional shapes of a fill dam using 3D FEM analysis, Journal of the Korean Geo-Environmental Society, Vol. 16, No. 8, pp. 37~43.
2. Chung, C. H. (1991), An analysis on the distribution and the engineering characteristics of silty marine clay in Korea, Ph. D thesis, Dongguk University, pp. 89~108.
3. Hwang, S., Im, J., Kwon, J., Kang, Y. and Joo, I. (2010), A study on a compression index for settlement analysis of SCP treated ground using back analysis, Journal of the Korean Geoenvironmental Society, Vol. 11, No. 7, pp. 5~14.
4. Kim, D., Cho, H., Park, J. and Lim, Y. (2015), Stiffness modulus comparison in trackbed foundation soil, International Journal of Railway, Vol. 8, No. 2, pp. 50~54.
5. Kim, G., Ahn, K., Min, K. and Jung, C. (2013), Behavior characteristics of underreamed ground anchor through field test and numerical analysis, Journal of the Korean Geoenvironmental Society, Vol. 14, No. 8, pp. 37~44.
6. Korea Construction Equipment Association press release, (2018), Construction machinery registration status.
7. National Competency Standards, (2019), Pile driver·Pile drawer guidelines for use.
8. "Pile Driver", <https://www.csi.go.kr/index.do> (2020.5)
9. The Korea Occupational Safety and Health Agency (KOSHA), (2017), Case and Countermeasure of Construction Critical Accidents, pp. 113~114.
10. The Korea Occupational Safety and Health Agency (KOSHA), (2014), Pile driver·Pile drawer guidelines for use, KOSHA-C-101-2014.
11. The Korea Occupational Safety and Health Agency (KOSHA), (2012), Guidelines for working on ready-made concrete files Pile driver Health and Safety, KOSHA-GUIDE-C-71-2012.