

기술위원회 기술 칼럼

| 기초기술위원회 |

우리나라 매입말뚝공의 과제



조 천 환
삼성건설 TA팀 지반마스터
(chunwhan.cho@samsung.com)



정상섬
연세대학교 토목환경공학과 교수



박 두 희
한양대학교 토목공학과 교수

1. 서언

말뚝공법을 시공법에 따라 분류하면 그림 1에서와 같이 타입공법, 매입공법(매입말뚝공법), 현장타설공법으로 분류할 수 있다(조천환, 2007).

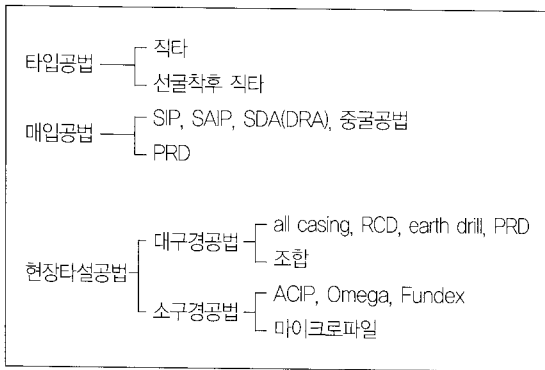


그림 1. 시공법에 따른 말뚝공법의 분류

타입공법은 말뚝을 지반에 직접 타격하는 방법으로 전통적으로 이용되어온 공법이다. 근래에 타입말뚝 공법은 항타시 발생하는 소음, 진동 등의 공해로 인해 제한적으로 사용되고 있어 대안으로 매입말뚝이 많이 사용되고 있다.

매입말뚝공법은 지반에 구멍을 파고 말뚝을 설치하는 방법으로 지반과 말뚝의 공간은 시멘트풀로 충전되어 지반에 고정된다. 매입말뚝공법에는 SIP(soil-cement injected precast pile)공법, SAIP(special auger SIP)공법, SDA(separated doughnut auger)공법, 중굴공법, 코렉스 공법, PRD(percussion rotary drill)공법 등이 있다.

말뚝은 시공방법에 따라 지지력 발현이 달라지므로 말뚝을 다루기 위해서는 이를 이해하는 것이 중요하다. 그림 2에는 말뚝설치 시 주변 흙의 이동에 따른 지지력 발현의 원리를 나타내었다. 그림 2에서와 같이 말뚝이 설치됨에 따라 주변 흙이 변위되는 것을 변위말뚝(soil displacement

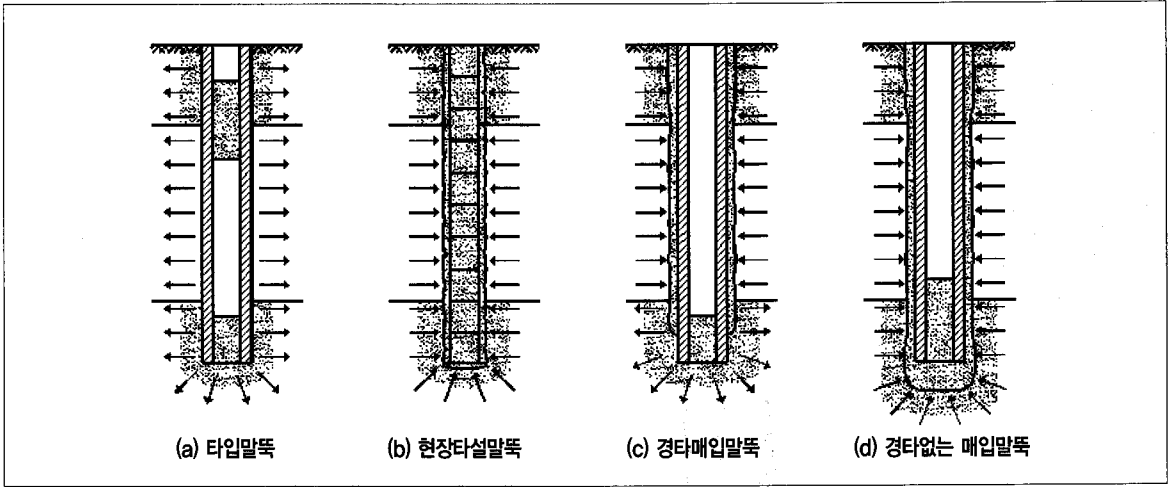


그림 2. 말뚝 설치 시 주변 흙의 이동

pile)이라 하고 흙의 변위가 없는 것을 비변위말뚝(soil excavation pile)이라 한다. 이들은 말뚝설치 시 흙이 배토(排土)되는 관점으로도 나누는데, 변위말뚝은 비배토말뚝, 비변위말뚝은 배토말뚝으로 분류되기도 하나 반대로 분류되기도 하므로 영어 표현으로 이해하는 것이 용이하다.

타입말뚝은 말뚝이 설치되면서 흙이 주변으로 이동되고 따라서 중간 조밀도 이하의 사질토의 경우 항타시 주변지반이 다짐되어 지지력성분이 증가하는 반면, 현장타설말뚝 및 매입말뚝은 굴착시 말뚝 주변 지반이 교란되거나 이완되어 지지력성분이 감소하게 된다.

그림 2에서와 같이 매입말뚝은 천공깊이 이하로 경타된 경우(c)와 천공깊이 상부에 말뚝을 설치한 경우(d)로 구분할 수 있다. (c)의 경우 선단부는 타입말뚝과 유사한 거동을 보이고, 주변부는 매입말뚝과 유사한 거동을 보인다. 반면,

(d)의 경우 현장타설말뚝과 유사한 거동을 나타낸다. 이와 같이 시공법에 따라 말뚝의 지지력을 평가할 경우는 말뚝 설치 시 주변 흙의 거동을 아는 것이 중요하다.

매입말뚝공법이 국내에 도입된 지 어언 20년이 넘었다. 시공물량으로 본다면 현재 국내에서 가장 많이 사용되는 말뚝 공법은 매입말뚝공법이라 할 수 있다. 그럼에도 불구하고 매입말뚝의 설계 기술력은 아직 답보 상태이며, 시공능력도 90년대 중반 이후 큰 발전이 없다. 향후 본 공법의 사용은 줄어들 것 같지 않다. 그렇다면 국내에서 매입말뚝공법의 기술력과 시공능력을 향상시키는 것은 상대적으로 용이하고 시급하며 또한 많은 혜택을 가져올 수 있을 것 같다.

최근 국내 주요 설계 및 시방서인 구조물기초설계기준, 도로교설계기준, 철도설계기준 및 시방서 등을 개정 중에 있거나 개정예정에 있으므로 동 공법의 현황과 문제점을

표 1. 특별세션 내용(2008 가을 학술발표회)

특별 세션 주제: 매입말뚝공법			
구분	세부 주제	좌장 및 발표자(소속)	참고문헌
주제발표	좌 장	정상섬(연세대)	
	도로공사 기준 및 사례	박영호(도로공사)	박영호 등(2008)
	주택공사 기준 및 사례	박종배(주택공사)	박종배 등(2008)
	철도공단 기준 및 사례	이수형(철도연구원)	이수형 등(2008)
	건축 기준 및 사례	이원제(Load Test Korea)	이원제 등(2008)
주제토론	국내 매입말뚝의 현황과 과제	조천환(삼성건설)	조천환 등(2008)
토의	좌장	박두희(한양대)	

파악하고 이에 대한 대책에 대해 논의하는 것은 매우 의미 있는 일이라 하겠다. 따라서 본고에서는 지난 가을학술발표회의 특별세션(표 1 참조)에서 토의한 바 있는 “매입말뚝의 현황과 과제”에 대해서 국내 현황을 설계, 시공, 품질시험의 관점에서 분석한 후 실무 적용상의 문제점과 개선사항에 대해서 논의하였다.

2. 매입말뚝의 현황과 역사

매입말뚝공법은 1980년 초 일본에서 국내에 처음 도입되어 산발적으로 사용되었으며, 이후 1987년도 한강변의 고층아파트 기초(PC600)에 대단위로 적용하기 시작하였다(동일기술공사, 1987). 이 공법은 타입말뚝시공 시 발생하는 소음, 진동의 문제를 해결하기 위해 개발된 공법으로 여기에는 SIP공법, SAIP 공법, SDA공법, 중굴공법, 코렉스공법, PRD공법 등이 있다. 특히 매입말뚝은 1994년 소음 및 진동 규제가 공표되면서 그 이용이 급격히 증가하기 시작하였으며, 최근에는 항타 시 소음, 진동으로 인한 민원 문제가 없는 임해지역과 같은 특수한 경우를 제외하면 대부분 매입말뚝공법이 이용된다 해도 과언이 아니다.

항타로 인한 공해문제는 1980년대 중반부터 약간씩 제기되었지만 그다지 심각한 문제는 아니었다. 이때만 하더라도 소음진동의 제한에 대한 기준이 없었으므로 민원이 발생하면 이를 해결할 수 있는 대안이 없었다. 결국 1980년대 초에 도입되었던 SIP공법이 설계 및 시공기준도 없이 국내에 급속히 확산되었고 시행중에 많은 문제가 발생하기도 하였다(조천환 등, 1996).

1990년대 초 항타에 의한 많은 민원과 이에 따른 문제로 인해 마침내 1994년 건설환경법이 제정되었다. 그러나 건설환경법이 제정되었음에도 불구하고 말뚝기초의 항타와 관련한 국내 민원은 지반진동 또는 소음이 허용기준을 초과하는지 여부와 관계없이 공사의 중지로 연결되는 경우가 많았다(박찬국 등, 1995). 결국 설계자는 현장답사 후 민원이 우려되는 경우는 대부분 매입말뚝공법을 채택하게 되었다. 이를 기점으로 국내 매입말뚝공법의 점유율은 크게 증가하게 되었다.

다양한 지반 조건에 매입말뚝공법이 자주 채택되면서 초기의 SIP공법은 한계를 나타내었고, 따라서 1990년 중반부터 여러 매입말뚝공법이 출현하기 시작하였다. 특히 SIP공법은 공벽붕괴가 일어날 수 있는 사질토지반에서 적용하기가 곤란하였으며 이의 대안으로 속파기(중굴)공법, 코렉스공법 등이 도입되고, PRD공법, SDA공법 등이 도입 개선되었으며, 또한 SAIP공법, 벽면돌기공법, 선단확대형 SIP공법 등이 개발되었다. 이 시기에는 비교적 고가의 시공비가 적용되었고, 또한 현장타설말뚝의 공사비가 상당히 커서 민원이 발생하면 매입말뚝공법 외에는 다른 대안이 없었다. 따라서 많은 공법이 도입, 개선, 개발될 수밖에 없었다. 아마 이 때가 국내에서 매입말뚝공법의 발전기였다고 생각된다.

이후 매입말뚝공법은 IMF를 거치면서 경제성이 있고 품질이 확실한 공법위주로 구조조정 되었으며, 최근의 국내 현장에서는 SIP공법, SDA공법, PRD공법이 주로 이용되고 있다. 1990년대 후반까지 다양하게 적용되어왔던 매입말뚝공법은 IMF이후 기존 기술에 대한 정리는 물론 새로운 기술에 대한 투자도 어려워지게 되었다. 따라서 현재의 매입말뚝공법은 국내에서 가장 널리 이용되는 말뚝기초공법임에도 여러 기술적인 문제에 봉착하는 어려운 상황에 있다.

매입말뚝공법에 관한 문제의 주요 원인은 설계 및 시공을 위한 기준 또는 시방의 정비가 부족하다는 것이다. 국내의 주요 기초 관련 설계 기준 및 시방서에는 전통적으로 이용되어 온 직항타 말뚝공법이나 현장타설말뚝공법 위주로 기술되어 있으며, 일부 기술된 매입말뚝공법에 대한 내용조차도 현장의 상황을 반영하지 못하며 내용도 정성적으로 제시되어 있다. 더욱이 각종 기준 및 시방은 서로 다른 의미와 내용으로 되어 있는 경우도 있으며, 명칭 및 용어도 달라 실무적으로 어려움을 겪는 경우가 있다.

3. 매입말뚝의 설계

현재 국내에서 이용되는 주요 설계 기준은 국토해양부에서 발간한 구조물기초설계기준(2002) 및 해설(2003)이

표 2. 매입말뚝의 압축지력공식 비교

구분	단위면적당 극한선단지력(kN/m ²)	단위면적당 극한주면마찰력(kN/m ²)	비고
구조물기초 설계기준	<ul style="list-style-type: none"> • 선굴착공법 - 타입말뚝공법(300N₆₀≤15,000)의 1/2~1/3 	<ul style="list-style-type: none"> • 선굴착공법 - 타입말뚝공법 (2N≤100)의 1/2 	구조물기초설계 기준해설(2003)
도로기준	<ul style="list-style-type: none"> • 내부굴착말뚝-일본도로교시방서 - 최종타격시 300N (≤12,000) - 시멘트밀크분출교반방식 모래층: 150N (≤ 7,500) 모래자갈층: 200N(≤10,000) - 콘크리트타설방식 사력 및 모래층(N≥30):3,000 단단한 사력층 (N≥50):5,000 단단한 점성토층: 3q_p • 매입말뚝-일본건축기초구조설계지침 - 200N (≤12,000) (사질토) - 6c_u (≤12,000) (점성토) 	<ul style="list-style-type: none"> • 내부굴착말뚝-일본도로교시방서 - 2N (≤100) (사질토) - 0.8c 또는 8N(점성토) (단, N은 20이상) • 매입말뚝-일본 건축기초구조설계지침 - 2.5N (사질토) (N≤50) - 0.8c_u (점성토) (c_u≤125) 	도로교설계기준 해설(2008)
주택기준	<ul style="list-style-type: none"> • 선굴착공법 - 250N (N≤60) 	<ul style="list-style-type: none"> • 선굴착공법 - 2 N₆₀ (사질토) - 5 q_p (점성토) 	- 주택공사, 기초 설계효율화를 위한 말뚝 기초설계 개선(안) (2008)
철도기준	<ul style="list-style-type: none"> • 내부굴착말뚝 - 최종타격시 300N - 시멘트밀크분출교반방식 모래층: 150N (≤7,500) 모래자갈층: 200N (≤10,000) - 콘크리트타설방식 모래자갈층 및 모래층:3,000 단단한 점성토층: 3q_p • 선굴착공법 - 타입말뚝공법(300N≤15,000)의 1/2~1/3 	<ul style="list-style-type: none"> • 내부굴착말뚝 - 1N (≤50) (사질토) - 0.5c_u 또는 5N(≤100) (점성토) • 선굴착공법 - 타입말뚝공법 (2N≤100)의 1/2 	철도설계기준(2004)
건축기준	<ul style="list-style-type: none"> - 200N (≤12,000) (사질토) - 6c_u (≤12,000) (점성토) 	<ul style="list-style-type: none"> • 매입말뚝공법 - 2.5N (사질토) (N≤50) - 0.8c_u (점성토) (c_u≤125) 	건축기초구조설계기준 (2005)

있고, 그리고 각 기관별로 관련이 있는 도로교설계기준(2005) 및 해설(2008), 주택기준(2008), 철도설계기준(2004), 건축기초구조설계기준(2005) 등이 있다.

이들 설계기준에서는 각각의 방식으로 매입말뚝에 대한 설계공식을 제시하고 있다. 표 2에는 각 기준별로 제안하는 매입말뚝의 압축지력에 대한 설계공식을 정리하였다. 설계기준에는 여러 가지 시험치를 이용한 설계공식이

있지만, 여기에는 비교를 위해 실무에서 자주 이용되고 모든 기준에서 공통적으로 제시하는 표준관입시험치(N)를 이용한 방식을 위주로 정리하였다.

표 2에서 보면 우선 각 기관별로 제시된 매입말뚝의 식은 서로 다른 명칭으로 설명되어 있음을 알 수가 있다. 구조물기초설계기준과 주택기준에서는 선굴착공법으로, 도로설계기준과 철도설계기준에서는 내부굴착말뚝(시멘트밀

크분출고반방식, 콘크리트타설방식 등)으로 설명하고 있다. 도로설계기준과 철도기준에서는 2개의 다른 기준을 인용함으로써 서로 다른 공법(도로기준의 경우 내부굴착말뚝과 매입말뚝, 철도기준의 경우 내부굴착말뚝과 선굴착말뚝)에 대해 언급하고 있다. 그리고 도로설계기준과 철도설계기준 등에서 설명하는 내부굴착말뚝은 실무에서 거의 사용하지 않는 공법임을 유의할 필요가 있다. 공법의 명칭은 지지력공식의 차이를 구분하는 중요한 것임에도 이러한 내용은 기존 설계기준에 반영되지 않아 실무의 혼란으로 나타나고 있다.

표 2에서와 같이 각 기관별로 제시된 압축 설계지지력 공식의 값의 범위는 크게 차이가 나고 있음을 알 수가 있다. 현재 실무에서 주로 사용하는 공식에 대해 평가해 보면 주택기준은 상대적으로 큰 선단지지력 값을 산출하고 있으며, 건축기준은 보다 큰 주면지지력 값을 산출하고 있음을 알 수가 있다. 또한, 구조물기초설계기준은 타입말뚝지지력 공식을 바탕으로 정성적(타입말뚝공식의 1/3~1/2)으로 제시하고 있고, 도로기준은 전술한 바와 같이 2개의 공법에 대해 서로 다른 식을 제시하였지만, 이는 2개의 기준을 인용한 것이지 각 공법의 특성을 반영한 차이는 아니다.

전술한 바와 같이 지지력 공식은 시공방법 및 지반에 따라 차이가 나는 것이다. 따라서 설계기준에서의 공식은 현장에서 사용하는 공법과 시공방식을 위주로 제시되는 것이 필요하며, 제시된 공식은 실행 결과가 바탕이 되어야 할 것이다. 가능하다면 공법의 명칭, 지지력 공식 등도 통일하면 바람직할 것이라 사료된다. 이를 위해서는 가장 상위기준

이라 할 수 있는 구조물기초설계기준의 역할이 기대된다.

상기에서 언급한 내용은 매입말뚝의 축방향 거동에 대한 내용이다. 타입말뚝과 매입말뚝은 시공방식이 다르므로 전술한 연직 거동은 물론 수평 및 그룹 거동도 차이가 날 수 밖에 없을 것이다. 그러나 기존의 기준에서는 타입말뚝의 거동을 바탕으로 수평 및 그룹 거동이 제시되어 있을 뿐 매입말뚝에 대한 특성은 명확히 반영되어 있지 않다.

4. 매입말뚝의 시공

현재 국내에서 이용되는 주요 시방서는 각 기관별로 발간되거나 관련이 있는 것들로 여기에는 고속도로공사전문시방서(2004), 도로교표준시방서(2005), 철도공사전문시방서(2004), 주택건설전문시방서(2004) 등이 있다.

각 시방서에서 매입말뚝에 대한 용어를 살펴보면 고속도로공사전문시방서(2004)에서는 선굴착후 최종항타, 내부굴착후 최종항타, 시멘트밀크공법으로, 주택건설전문시방서(2004)에서는 선굴착공법(천공후 직항타공법, 천공·시멘트페이스트 주입후 최종항타공법, 천공·시멘트페이스트 주입후 경타공법)으로, 철도공사전문시방서(2004)에서는 내부굴착말뚝공법으로 명명하고 있다. 이와 같이 각 시방서별로 매입말뚝에 대한 용어가 다르고, 또한 동일 기관의 설계기준과 시방서에서 용어가 서로 다른 것은 시급히 수정되어야 할 것이다.

표 3에는 현재 국내에서 주로 사용되는 매입말뚝공법의

표 3. 대표적인 매입말뚝공법의 개요와 장단점

공법명	시공법 개요	장·단점
SIP공법(침설방식)	굴착공에 시멘트풀을 충전한 후 말뚝을 삽입	소음 진동의 문제가 거의 없음, 선단지지력 불량 가능성, 공벽붕괴시 적용 불가
SP공법(경타방식)	기본적으로 침설방식과 같으나 말뚝 삽입 후 최종 경타 실시	선단지지력 확실, 약간의 소음 진동 문제 발생, 공벽붕괴시 곤란
SDA(DRA)공법	내부 오거와 외부 케이싱을 동시에 작동하여 지반을 천공하고 시멘트풀을 케이싱내 충전한 후 말뚝을 삽입하고 케이싱을 인발 (경타 마무리하는 경우가 많음)	공벽붕괴 방지 가능함, 소음 진동의 문제가 거의 없음(최종 경타시 약간의 소음 진동 문제 발생), 강관말뚝 적용시 곤란
PRD공법	내부 헤머로 천공하면서 외부오거로 강관말뚝(하부 램버트 부착)을 회전 삽입하는 공법(필요에 따라 경타 마무리, 강관 하부에 시멘트풀 또는 콘크리트 충전)	공벽붕괴방지, 연암층까지 시공가능, 강관 말뚝에서만 적용 (최종 경타시 약간의 소음 진동 문제 발생), 공사비 고가

표 4. 매입말뚝공법의 비교

공법	공벽붕괴	방지책	경타	공기	공사비	품질관리	사용빈도	사용할뚝
SIP공법(침설방식)	없음	미실시	미실시	중간	중간	어려움	적음	PHC/강관
SIP공법(경타방식)	없음	실시	실시	빠름	저가	용이	많음	PHC/강관
SDA공법(침설방식)	케이싱	미실시	실시	중간	고가	중간	많음	PHC/강관
PRD공법	말뚝본체	미실시	실시	중간	고가	중간	많음	강관
비교(비교 관점)	실적용	공법원리	실적용	상대비교	상대비교	상대비교	상대비교	공법원리

개요와 장단점을 정리하였다. 현재 실무에서 주로 적용되는 공법은 크게 3가지로 구분할 수 있다.

매입말뚝공법의 선정 시에는 각 공법의 특징을 이해한 후 현장의 조건에 맞는 공법을 선택하는 것이 필요하다. 매입말뚝공법의 선정에 중요한 요소는 천공 시 공벽상태이다. 따라서 매입말뚝공법을 선정할 경우는 먼저 공벽의 붕괴여부를 판단하여 이에 대응할 수 있는 공법을 고려하고, 지반조건에 맞는 천공장비를 선택하는 것이 바람직하다. 또한 현장의 민원, 공기, 경제성 등 현장조건을 고려하여 최종적으로 공법을 선정해야 한다.

표 4에는 매입말뚝공법을 비교하여 보았다. 표 4에서와 같이 SIP공법을 제외한 대부분의 매입말뚝공법에서는 공벽붕괴에 대한 대책이 있다. SIP공법도 굴착액을 이용하여 공벽을 보호하는 방법이 있지만 시공성 및 품질관리가 용이하지 않아 자주 사용하지는 않고 있다.

매입말뚝공법은 일종의 저소음·저진동공법이므로 공법의 원리상 대부분의 공법은 경타를 실시하지 않는 것으로 고안되었다. 그러나 매입말뚝공법은 상대적으로 품질관리가 어렵고 시공중 적절한 품질확인 과정이 없다는 점에서 실무적으로는 경타를 하는 것이 보편적이다. 그러나 환경조건이 민감한 지역에서는 경타에 의해서도 민원이 발생할 수 있으며 이러한 경우는 경타를 생략할 수밖에 없을 것이다. 향후 경타를 수용할 수 없는 주변 환경조건은 증가할 것이므로 이를 극복하기 위해서는 보다 엄격한 저소음·저진동공법으로 발전되어야 하며, 특히 매입말뚝공법에 대한 품질체계와 경험을 정량화하는 것이 중요하다.

지금까지 매입말뚝공법에 관한 연구가 시도되었지만 이러한 연구는 아직 설계기준에 반영될 만큼 충분하지 못한 것으로 평가되는 분위기이다. 따라서 현재의 국내 설계기

준만으로 매입말뚝을 설계하는 것은 불충분하며, 결국 본 시공전 실시하는 시험시공으로 설계를 확인하는 과정이 강조되고 있으며, 또한 시험시공 시 항타시 지지력만을 인정하는 등 대단히 보수적으로 시공되는 형편이다. 향후 매입말뚝의 이용은 계속 증가할 것으로 전망되므로 보다 많은 관심과 연구가 진행되어 실무에서 필요한 내용을 반영할 수 있는 기술로 이어지고 다양한 공법의 개발로 발전되길 기대한다.

5. 매입말뚝의 품질확인

현재까지 개발되어 이용되고 있는 말뚝기초의 주요 재하시험방법은 정재하시험(압축정재하시험), 정동적재하시험(statnamic loading test), 동재하시험(high strain dynamic loading test), 오스터버그셀(osterberg cell) 시험(또는 양방향재하시험), 유사정적재하시험(pseudo static loading test) 등이 있다.

국내에서는 매입말뚝의 품질확인시험으로 정재하시험과 동재하시험이 주로 사용되고 있다. 특히 매입말뚝공법에서 동재하시험이 많이 활용되고 있는데, 이는 경제성과 시험으로부터 얻어지는 유용한 정보에 기인한다고 생각된다. 또한, 전술한 바와 같이 매입말뚝공법의 시공절차에서는 시험시공이 중요한데, 시험시공 시 본시공 관리기준을 결정할 수 있는 시험은 동재하시험(EOID, end of initial driving)이 유일하기 때문이기도 하다. 동재하시험의 활용도가 큰 또 하나의 이유는 매입말뚝 기초의 품질확인 항목에는 지지력 외에도 말뚝 본체의 건전도가 있는데 동재하시험에서는 이러한 것을 평가하는 것이 가능하기 때문이다.

표 5. 품질확인시험 빈도수 비교

기준	정재하시험	동재하시험		비고
		항타시험	재항타시험	
구조물기초 설계기준	구조물별 1회 또는 250개당 1회	구조물별 말뚝수 1~ 80본: 2회 1~160본: 3회 160본 이상: 4회	좌 동	구조물기초설계기준(2002)
도로기준	구조물별 1회 이상 또는 250개당 1회이상	정재하시험의 수준보다 높은 빈도	정재하시험의 수준보다 높은 빈도	도로교설계기준해설(2008)
		행선별 교각당 1~ 80본: 2회 1~160본: 3회 160본 이상: 4회		고속도로공사 전문시방서 (2004)
	구조물기초설계기준 및 해설(2003)에 준함			도로교표준시방서(2005)
주택기준	(아파트) 2개동당 1회	(아파트) 동당 시항타 2회	(아파트) 동당 시항타 2회, 분항타말뚝에 1회	주택건설 전문시방서(2004) (250본 한개동 간주)
		(상가, 복지관 등) 동당 시항타 1회	(상가, 복지관 등) 동당 시항타 1회	
철도기준	처음 100개 1회 다음 250개 1회 다음 매 500개 1회	-	-	철도공사 전문시방서(2004)

표 5에는 국내에서 주로 이용되는 말뚝의 품질확인시험에 대한 빈도수를 기준별로 요약하였다.

표 5에서 보면 철도기준을 제외한 대부분의 기준에서 정재하시험은 동재하시험의 보조적 수단으로 활용되는 것으로 평가 된다. 90년대 중반까지만 해도 말뚝의 품질확인 은 정재하시험으로 이루어졌지만, 1994년 동재하시험이 국내에 도입된 후 10년여에 걸쳐 이러한 정재하시험의 영향은 동재하시험으로 대체된 것 같다.

표 5에서와 같이 정재하시험의 빈도는 개략 250본당 1개 정도(약0.4%)이며, 동재하시험은 구조물기초설계기준(도로교표준시방서에서 준용)이 약 1.6%, 주택시방이 1.2% 정도이다. 이러한 빈도수는 외국에 비해 적은 편이며, 그럼에도 불구하고 실제의 적용 빈도수는 훨씬 적다(여기서 빈도수는 구조물당 250본으로 간주하여 추정). 즉 품질확인이 불충분한 상황이며 이러한 것은 바로 설계에 F/B되어 작은 설계효율로 귀결된다고 생각된다.

매입말뚝의 품질확인에 있어 동재하시험의 빈도수도 중

요하지만 동재하시험이 많이 이용되다 보니 동재하시험 결과의 신뢰도가 더욱 강조된다. 왜냐하면 동재하시험은 정재하시험과 달리 자체의 시험 이론과 해법에 의해 유일 해를 주지 않으므로 결과의 신뢰도가 문제가 되고 있다. 또한 동재하시험은 다른 시험과는 달리 본시공 전 시공관리 기준을 제공하고 시공 후 품질을 확인해 준다는 점에서 시험결과의 신뢰도가 특히 중요한데, 이는 동재하시험이 실패할 경우 현장에 심각한 문제를 초래할 수 있다는 것을 의미하는 것이다.

현재까지도 실무에서 동재하시험은 신뢰도 문제가 지적되고 있는데, 이는 시험자체의 신뢰도 문제라기보다 분석자의 능력과 관계되는 것이다. 따라서 외국에서는 자격증 제도를 공식화하는 추세도 있다. 국내에서도 동재하시험의 신뢰도에 대한 문제가 자주 지적되자 구조물기초설계 기준(2002)에서는 일정 규모 이상의 현장의 경우 정재하시험과 동재하시험을 동일 말뚝에 실시하여 동재하시험자의 능력을 평가한 후 전체적으로 동재하시험을 적용하도록

제안하고 있다. 이러한 제안은 바람직한 방향임에도 불구하고 제안 내용의 실행이 간단치는 않아 실무에서 적극적으로 받아들이지 못하고 있는 실정이다. 따라서 전문인 자격증제도를 포함하여 국내 동재하시험의 신뢰도를 향상시키는 방안을 강구할 필요가 있다고 생각한다.

현재 국내에서는 동재하시험의 사용이 증가함에 따라 상대적으로 정재하시험의 활용도가 과거에 비해 작은 것으로 보인다. 그러나 정재하시험은 모든 시험의 기준이 될 수 있는 시험으로서 그 가치와 중요성을 이해해야 하며 단순히 대체의 개념으로 간주해서는 곤란하다고 생각한다.

아직 국내에는 기술자에 따라 시험방법(정재하시험 및 동재하시험)에 대한 고정관념을 갖는 경우가 자주 있으며 현장에서는 이와 관련된 마찰도 종종 있다. 정재하시험 및 동재하시험은 모든 국제적으로 인정된 방법들이므로 기술자는 어떠한 시험방법에 대해 고정관념을 가질 필요는 없다고 생각한다. 오히려 시험법의 선정시는 각 시험법의 효용성을 감안하여 현장 조건에 맞는 시험법을 선택하는데 더욱 관심을 갖는 것이 필요할 것이다. 그러나 시험방법들의 개선 및 발전은 물론 시험 결과에 대한 신뢰도 향상에 대해서는 항상 관심을 가져야 할 것이다.

6. 제언

현재 국내에서 가장 많이 이용되는 말뚝기초공법은 매입말뚝공법이라고 평가된다. 그럼에도 불구하고 국내의 매입말뚝공법은 다른 공법에 비해 단기간에 급속히 보급되고 IMF 이후 발전되지 못한 관계로 여러 문제점을 나타내고 있다.

현행 설계기준에서의 매입말뚝공법에 대한 내용은 용어(또는 명칭)의 혼재, 실행 공법의 미반영, 제안공식의 비정량화 등이 지적되고 있으며, 이로 인해 비경제적인 설계 및 시공이 반복되고 있다. 그러므로 설계기준에서는 현업에서 사용하는 공법과 시공방식에 대해 실행 결과를 바탕으로 설계공식이 제시되는 것이 필요하다. 가능할 경우 공법의 명칭, 지지력 공식 등도 통일하면 바람직할 것이라 보며 이를 위해서는 가장 상위개념의 구조물기초설계기준 및

해설서의 역할이 기대된다. 또한 개정 예정에 있는 철도기준 및 시방서에도 이러한 내용이 반영되길 기대한다.

매입말뚝공법에 관한 여러 연구가 시도되었지만 이러한 결과는 설계기준에 반영될 만큼 충분하지 못한 것으로 평가되는 분위기이다. 따라서 매입말뚝공에서는 특별히 시험시공으로 설계를 확인하는 과정이 강조되고 있으며, 또한 시험시공 시 항타시 지지력만을 인정하는 등 대단히 보수적으로 시공되는 형편이다. 향후 매입말뚝의 이용은 계속 증가할 것으로 전망되므로 보다 많은 관심과 연구가 진행되어 실무에서 필요한 내용을 반영할 수 있는 기술로 이어지고 다양한 공법의 개발로 발전되길 기대한다.

매입말뚝공법은 일종의 저소음·저진동공법이므로 공법의 원리상 대부분의 공법은 경타를 실시하지 않는 것으로 고안되었음에도 매입말뚝공법은 상대적으로 품질관리가 어렵고 시공중 적절한 품질확인 과정이 없다는 점에서 경타를 실시하는 것이 보편적이다. 향후 경타를 수용할 수 없는 주변 환경조건은 증가할 것이므로 이를 극복하기 위해서는 보다 엄격한 저소음·저진동공법으로 발전되어야 하며, 특히 매입말뚝공법에 대한 품질체계의 경험을 정량화하는 것이 중요하다.

매입말뚝의 품질확인에 있어 동재하시험이 많이 이용되고, 또한 시험시공 시 유일한 시험방법으로 적용되다 보니 동재하시험의 빈도수와 시험결과의 신뢰도가 더욱 강조되고 있다. 따라서 동재하시험의 빈도수의 증가와 시험결과의 신뢰도를 증진하는 것이 절실한 실정이다. 빈도수의 증가는 선진외국의 사례를 분석하여 시방서에서 반영할 수 있으며, 시험결과의 신뢰도 증진을 위해서는 교육과 자격증제도를 도입하는 것도 한 방안이라 생각되며 이에 대한 지반공학회 등의 역할이 기대된다.

참고문헌

1. 대한건축학회(2005), 건축기초구조설계기준(2005)
2. 대한주택공사(2004), 주택건설전문시방서(2004)
3. 대한주택공사(2008), 주택기준-기초설계효율화를 위한 말뚝기초설계 개선안(2008)

4. 대한토목학회(2004), 철도공사전문시방서(2004)
5. 대한토목학회(2004), 철도설계기준(2004)
6. 동일기술공사(1987), SIP 기초공법(Soil-cement Injected Precast Pile), 1987.12.
7. 박영호, 남문석, 김낙영, 육정훈(2008), "한국도로공사의 매입말뚝공법의 설계와 시공", '08 가을학술발표회논문집, 한국지반공학회, pp.521~532.
8. 박종배, 임해식, 박종배(2008), "대한주택공사의 매입말뚝공법의 설계와 재하시험기준", '08 가을학술발표회논문집, 한국지반공학회, pp.533~540.
9. 박찬국, 박용부, 이명환, 조천환, 이장덕, 이원제(1995), "선굴착말뚝의 항타공해 저감효과", '95 가을학술발표회논문집, 한국지반공학회, pp. 1-31~1-40.
10. 이수형, 최정환, 황선근, 엄기영(2008), "철도분야 매입말뚝설계기준 및 적용현황", '08 가을학술발표회논문집, 한국지반공학회, pp.559~566.
11. 이원제(2008), "건축기초에서의 매입말뚝 설계기준 및 사례", '08 가을학술발표회논문집, 한국지반공학회, pp. 549~558.
12. 조천환(2007), 매입말뚝공법, 이엔지북
13. 조천환, 이명환, 홍헌성, 이장덕, 이원제, 엄재경(1996), "건축구조물 말뚝기초의 지지력 미달 원인 및 보강", '96 봄학술발표회논문집, 한국지반공학회, pp. 133~144.
14. 조천환, 이우철, 정상섭(2008), "국내 매입말뚝공법의 현황과 과제", '08 가을학술발표회논문집, 한국지반공학회, pp.559~566.
15. 한국도로공사(2004), 고속도로공사전문시방서(2004)
16. 한국도로교통협회(2005), 도로교표준시방서(2005)
17. 한국도로교통협회(2005, 2008), 도로교설계기준(2005) 및 해설(2008)
18. 한국지반공학회(2002, 2003), 구조물기초설계기준(2002) 및 해설(2003)

한국지반공학회 논문집 정기구독 신청 안내

회원 여러분의 안위를 기원합니다.

1999년 1월부터 우리학회의 간행물이 학회지와 논문집으로 분리 발간되었습니다. 학회지는 매월 무가로 회원들께 배포되며, 논문집은 유가로 1년에 20,000원의 구독료를 납부하고 받아 보실 수 있습니다. 필요하신 회원은 다음 사항을 참고하셔서 논문집 구독 신청을 하시기 바랍니다.

다 음

- 구 독 료 : 1년 12회, 20,000원
- 신청기한 : 수시(단, 신청시점이 구독료 납부 회계시점임)
- 입 금 처 : 국민은행 (예금주: 한국지반공학회) 534637-01-002333
- * 입금 후 반드시 학회 사무국(02-3474-4428, 7865)으로 연락하여 확인하시기 바랍니다.