

표준관입시험(SPT)의 자동기록장치에 의한 품질평가 Quality Evaluation by Automatic Recording System of SPT

김종국¹⁾, Jong-Kook Kim, 강인중²⁾, In-Jung Kang, 김기웅³⁾, Khi-Woong, Kim, 채영수⁴⁾, Young-Soo Chae

¹⁾ 한국건설품질시험원 지반공학센터 팀장, Chief of Geo-Team., Institution of Korea Construction Quality Test&Analysis.

²⁾ (주)지오티엠 대표이사, CEO of Geo Testing Management Co., Ltd.

³⁾ 시립인천전문대학 토목공학과 교수, Professor, Dept. of Civil Engineering, Incheon City College.

⁴⁾ 수원대학교 공과대학 토목공학과 교수, Professor, Dept. of Civil Engineering, The University of Suwon.

SYNOPSIS : This study was aimed at comparing and assessing SPT-N values both measured by automatic and manual record devices of Standard Penetration Test. As a result, energy efficiency of hammer was approximately 62.9%, meaning SPT-N value measured by automatic recording device showed relatively accurate performance that the one done by manual device. Given the relations between hit frequency of automatic recording device and intrusion, the characteristics of stratum are expected to be proved in more accurate way. Additionally, higher confidence level seems to make it preferred and quality assessment method.

Keywords : standard penetration test, automatic recording system, energy efficiency of hammer

1. 서론

보편적으로 원위치시험에 많이 이용되고 있는 표준관입시험은 ASTM의 tentative method를 참고로 Terzaghi의 원안에 충실하게 최초(1987)로 제정되었으며, 간편성과 범용성, 데이터의 풍부함 등을 고려하여 다양한 분야의 설계 및 시공상의 실무에 표준적인 지반정수의 근간으로 N 값이 널리 이용되고 있다. 반면, 표준관입시험의 사용성 및 적용성에 있어서 지반특성 파악에 기여하는 바는 크지만, 시험장비 및 시험방법, 숙련도 등에 따라 얻어지는 N 값이 지반조건을 일관성 있게 나타내는 지는 많은 이견이 있다. 또한 그 동안의 표준관입시험은 일부 시각에서 사용장비의 비표준화, 시험자체의 근본적인 한계, 시험 수행자의 자의적 판단에 의존하는 문제, 경험적 관계의 과도한 확대 해석 등으로 신뢰성과 재현성에 대해서 비과학적이고, 주먹구구식의 시험방법으로 비쳐져 왔다. 또한, 표준관입시험이 진행되는 과정에서 조사가 3D업종의 하나로까지 여겨지면서 지반조사 전체를 애매하고 비과학적이며 전근대적인 절차로 간주하게 되는 이견들에 대해서 많은 문제를 제기하기도 하였다. 이러한 문제를 해결하기 위한 많은 노력과 해머의 에너지 효율, N 값의 보정 등의 시험결과의 신뢰성을 확보하기 위한 노력과 보다 합리적인 방법 등에 관한 많은 연구가 수행되고 있다(이우진 외(1998), 한국도로공사(2000), 조성민 외(2001), 이창호 외(2005). 한편, JIS, KS 규격에서는 시험결과의 객관적 기록방법 통일의 곤란함과 연약지반 또는 경질지반의 시험결과 평가 방법 및 시험결과(N 값)의 신뢰도 확보 방안, 예비타의 취급방법 등을 비롯하여 규격대로 타격 1회마다 누계 관입량의 측정·기록이 곤란한 이유로 시험 장치와 시험법을 보다 구체화하고, 샘플러의 자침(自沈), N 값 자동측정 등에 대한 내용을 추가하여 규격을 개정하였다. 2002년 개정된 KS F 2307의 표준관입시험은 장비의 자동화와 자동기록을 추가하여 사용 단위의 SI화에 수반되어 개정하였다. 그러나 이러한 노력에도 불구하고 현장에서 사용하고 있는 장비의 다양성과 시험환경의 변화, 기술자의 숙련도, 기술자의 기록방법 등의 유효 한계성에 따라 검증되어야 할 과제들이 산재해 있다.

따라서, 본 연구에서는 표준관입시험 시 자동기록장치를 이용하여 측정된 N 값과 일반 수동(현장야장)기록방법을 이용하여 얻은 N 값을 비교하여 신뢰성 제고를 위한 자동기록장치의 활용성에 대한 의견을 제시하였다.

2. 사용장비의 제원과 에너지효율 측정

국내에서 사용되고 있는 표준관입시험 장치는 크게 타격장치와 해머 인양장치, 샘플러, 연결로드로 구성된다. 국내 KS F 2307의 시험방법은 JIS A1219에서 도입된 것으로 표준관입시험 장치의 구성은 거의 같고, ASTM이나 BS 등의 외국 규격의 규정에 약간씩 차이가 있는 것을 알 수 있다. 표 1은 SPT 장치에 대한 규격을 한국도로공사(2000), 조성민 등(2001)이 각국의 규격들과 비교하여 정리한 것이며, 새로이 개정된 JIS A 1219(2001)과 KS F 2307(2002)의 바뀐 규정을 기입하여 다시 정리하였다. 또한, 표준관입시험 시 해머가 낙하하는 순간부터 앤빌(anvil)을 타격하여 로드(rod)에 에너지가 전달되는 전 과정에서 에너지의 손실이 발생되며, N 값에도 영향을 미치게 되어 N 값의 신뢰성 확보를 위하여 표준관입시험 장치의 표준화에 대한 노력이 이루어지고 있다. 본 연구의 사용 시험장비는 자동낙하 장치로 드라이브 해머는 $63.5 \pm 0.5 \text{kg}$ 의 강재로 되었다. 노킹블럭은 표준 규격에 만족하며 샘플러의 제원은 표 2와 같다.

표 1. SPT 장치에 대한 각국의 규격 비교

구 분	규 격	KS F 2318 (1991)	KS F 2307 (2002)*	ASTM D 1586 (1992)	JIS A 1219 (2001)*	BS 1377 (1975)	ISSMFE (1988)
연결 로드		A-로드	KS E 3112	A-로드	JIS M 1409	AW로드	외경:40.5/50/60
시추공 직경		56~162	65~150	56~162	65~150	casing 직경의 90%이하	-
샘플러 배럴	외경	50.8±1.3	51±1.0	50.8±1.3	51±1.0	50.0	51±1
	내경	38.1±1.3	35±1.0	38.1±1.3	35±1.0	35.0	35±1
	길이	457±762	560±1.0	457±762	560±1.0	457.0	457.0
샘플러 슈	길이	25.0~50.0	75±1.0	25.0~50.0	75±1.0	76.0	76.0
	경사 길이	-	-	-	-	19.0	-
	경사각	16.0~23.0	19°45'±8'	16.0~23.0	19°45'±8'	-	18.62
	바닥 두께	2.54±0.25	-	2.54±0.25	-	1.6	1.6
볼 밸브	-	-	ø22.2에 구멍에 지름 25의 볼	-	ø22.3에 구멍에 지름 25의 볼	ø22의 구멍에 철제 볼	
물빠짐구멍	-	4개	12.7mmx4개	4개	13mmx4개	충분한 크기 4공	
해머	중량	63.5±1.0	63.5±0.5	63.5±1.0	63.5±0.5	65.0	63.5±0.5
	낙하고	760	760±10	760±25	760±10	760	760
	낙하방식	자유낙하(R-P, 트립, 반자동, 자동)	자유낙하	자유낙하(R-P, 트립, 반자동, 자동)	자유낙하	자유낙하 (원치마찰주의)	에너지손실최소 (에너지측정권장)

주1) [수치단위]-길이/거리:mm, 각도 :°, 중량 : kg , 주2) * : 개정된 부분

표 2. 사용 샘플러의 제원

장비	전체 길이	슈 길이	배럴 길이	헤드 길이	바깥 지름	안지름	슈 각도	날끝 살두께	비고
KS F 규격	810±1.0 mm	75±1.0 mm	560±10 mm	175±1.0 mm	51±1.0 mm	35±1.0	19°45'±8	1.15±0.05	
1호기	810	75	560	175	51	35	19.45	1.15	적합
2호기	810	75	561	175	51	35	19.45	1.15	적합
3호기	809	75	560	175	51	35	19.45	1.15	적합

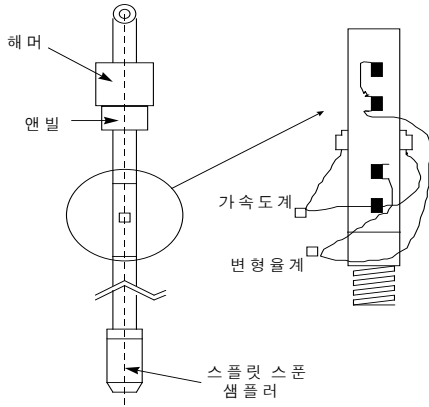
본 연구에서 사용한 시추기의 해머의 에너지의 효율을 측정하여 고품질의 시험 데이터를 얻을 수 있도록 유도하였다. 본 시험은 타격횟수별 EFV(EMX)를 측정하여 로드(rod)에 전달되는 에너지는 로드에서 측정된 힘(F)과 속

도(V)를 EFV적분법으로 식 (1)과 같이 계산한다. Schmertmann은 미주지역의 평균에너지 전달율이 60%로 제시하였고 보정에너지를 60%에 비교하여 보정하였다.

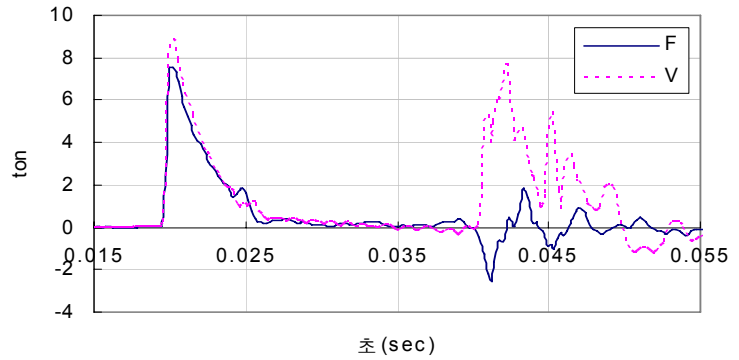
$$EFV = \int F(t) \cdot V(t) dt \quad (1)$$

이 때, 변형율계와 가속도계를 SPT 로드(rod)에 부착하여 해머가 엔빌(anvil)타격 시 발생하는 로드의 변형율과 가속도를 힘과 입자속도로 변환하여 적분하고 해머의 최대에너지를 계산하면 식(2)와 같다.

$$EFV (EMX) = \int F(t) * V(t) dt \quad (2)$$



a) SPT측정용 로드(변형율계와 가속도계)



b) 에너지 산정시 파의 특성

그림 1. 해머 에너지 효율 측정 예

측정한 변형률(ϵ)과 입자속도(V)의 관계를 표현하면 식 (3)과 같다.

$$F = \frac{AE}{C} \times V = \epsilon AE \quad (3)$$

여기서, F : 힘(ton), A : SPT 로드의 단면적(7.6cm²), E : SPT 로드의 탄성계수, C : SPT 로드의 압축파 속도 (5120m/sec), $\frac{AE}{C}$: 3.2t-sec/m, V : 측정된 속도(m/sec), ϵ : 측정된 변형률이다.

본 연구에 사용한 해머는 자동 해머로 에너지 효율을 측정된 결과 그림 2와 같이 나타났다. 이때의 에너지 효율은 62.9%로 나타났으며, 해머 에너지 수준(%) 60±5%으로 에너지 변화 폭(%) 0~5정도로 보고되는 점을 감안하면 양호한 수준의 에너지 효율을 보이고 있다.

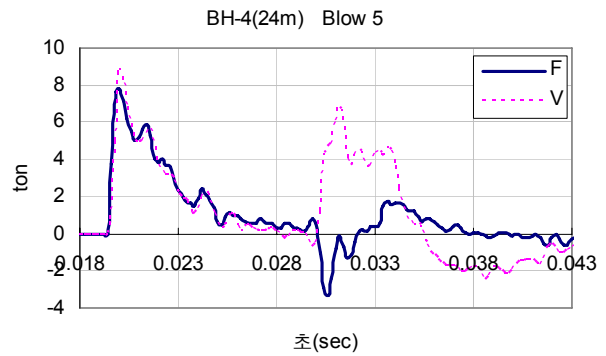
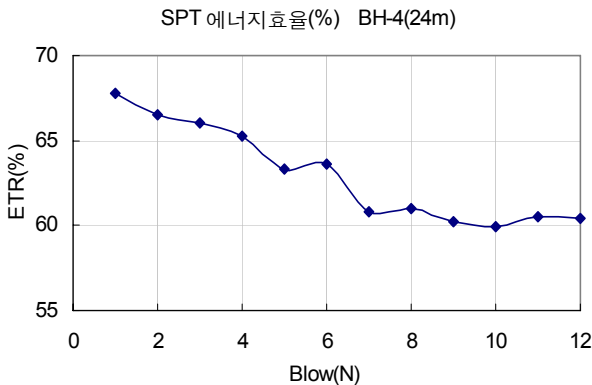


그림 2. 해머의 에너지 효율 측정 결과(2호기)

3. 자동기록장치에 의한 측정방법

3.1 시험 개요

본 연구의 대상지반은 송도 O공구 내 현장으로 사전 지반조사 수행 중에 확인시험(pilot test)의 일환으로 3개소(BH-04, BH-06, BH-07)에 대하여 표준관입시험과 피조콘 관입시험을 수행하였으며, 조사 위치는 그림 3과 같고, 시추조사공은 약 2m정도의 서로 근접한 지점에서 수행하였다.

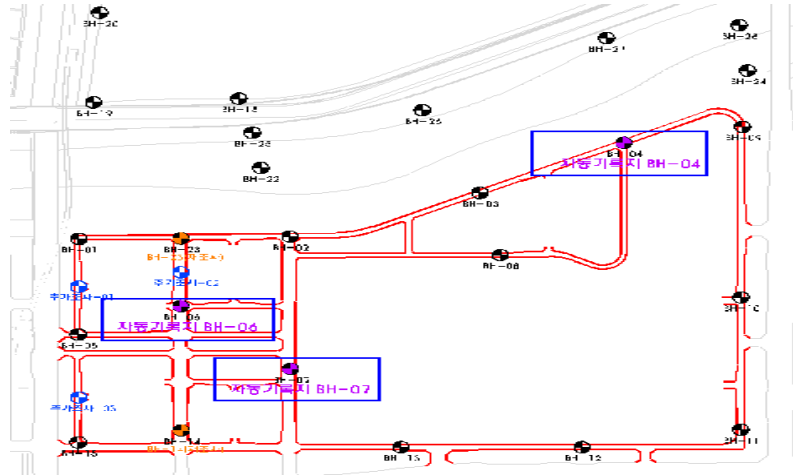
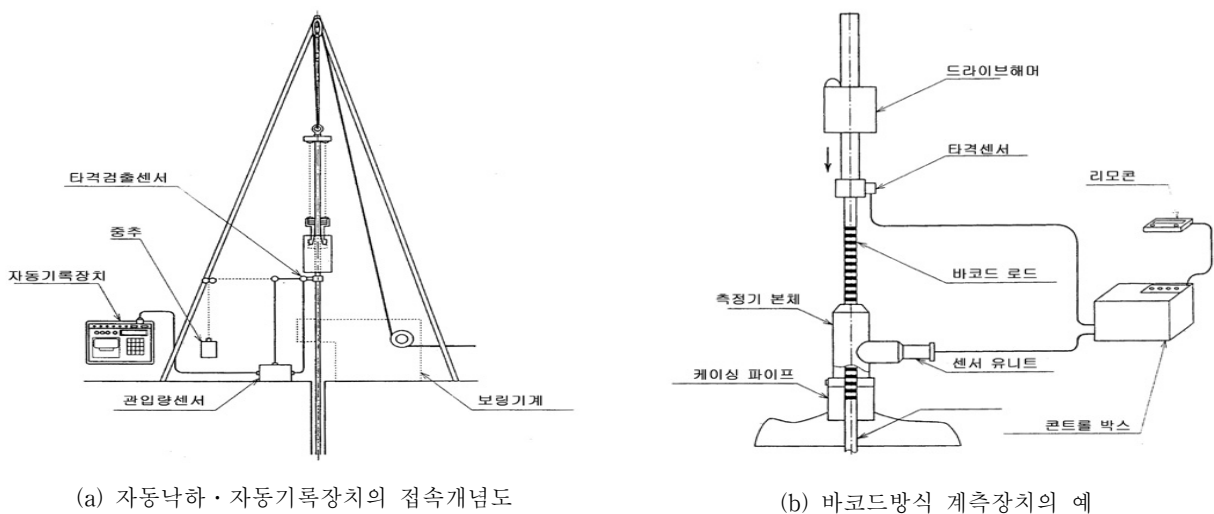


그림 3. 송도 O공구 지반조사(확인시험) 위치도

3.2 자동기록장치 개발 및 측정

3.2.1 개요

최근 표준관입시험의 측정결과와의 오차를 최소화하고 시험결과의 신뢰성을 높이며 작업환경을 개선할 목적으로 표준관입장치 및 기구의 자동화를 이루어져 보급되고 있는 실정이다.



(a) 자동낙하·자동기록장치의 접속개념도

(b) 바코드방식 계측장치의 예

그림 4. 표준관입시험의 기록용구 또는 장치의 예시

JIS A 1219(2001)와 KS F 2307(2002)의 개정을 통해 현장의 작업 환경 개선과 시험장치 및 샘플러의 내구성 강화 등을 비롯하여 자동낙하, 자동기록방식을 적극적으로 도입하여, 자동화 장치 보급과 더불어 시험결과의 객관적 기록방법의 통일과 시험결과(N 값)를 확보하였다(그림 4에 예시). 하지만, 자동기록장치의 현장 적용에 있어 반영되어야 할 품셈 등의 제도적인 문제뿐만 아니라 자동기록장치의 보급, 품질관리방법 등을 선결하여야 하는 문제로 인해 아직까지는 초보적인 수준으로 실적이 미흡한 상태이다.

3.2.2 자동기록장치 개발 및 기록방법

개정된 KS규격에서 표준관입시험의 기록용구 또는 장치에 대하여 명시된 점을 고려하여 자동기록장치(geo logger)를 개발하였으며, 전체적인 구성은 그림 5와 같다. 그림 5(a)는 자동해머(automatic hammer)형에 자동기록장치(geo logger)를 장착한 경우이고, 그림 5(b)는 안전해머(safety hammer)형에 자동기록장치(geo logger)를 장착한 경우이다. 자동기록장치는 해머의 자동낙하에 따른 타격횟수와 관입량을 규격에서 제시한 방법으로 정확하게 측정할 수 있으며, 현재 지반조사에 사용되는 다양한 타입의 해머에 적용할 수 있다

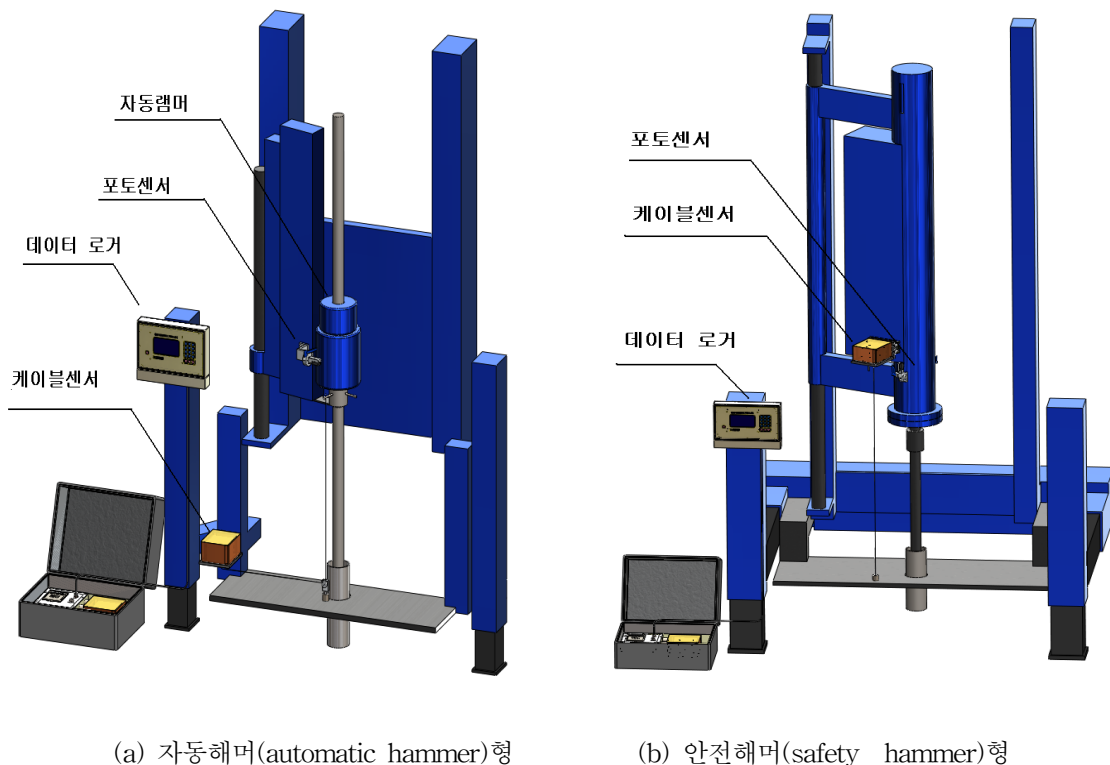


그림 5. 표준관입시험의 자동낙하 타입별 자동기록장치(geo logger)의 구성

자동기록 장치(geo logger)는 해머의 타격을 감지하는 광신호 검출용 포토센서(photo sensor)와 관입량을 측정하는 케이블 변위센서(cable extension position transducers), 센서 값을 읽어 들이고 화면 출력 및 프린터 출력, USB 데이터 저장 등의 기능을 하는 메인 데이터 로거(data logger)로 구성된다. 표준관입시험의 자동기록장치의 개념도는 그림 6과 같고, 작동 원리는 타격 해머 가운데로 광신호를 보내는 서브센서와 광신호를 감지하는 리시브센서가 양쪽으로 장착된다. 타격 해머가 지정된 위치에서 자유낙하 할 때 이 포토센서를 지나게 되며, 이를 감지한 포토센서는 메인 데이터 로거에 신호를 보내고 신호를 받은 데이터 로거는 포토센서가 동작하지 정확하게 1.5초 뒤 케이블 변위센서의 관입량을 읽어 들이게 된다. 데이터는 자동기록장치에 장착되어 있는 휴대

용 프린트에 의해 현장 출력이 가능하며, 동시에 USB 저장장치로 데이터가 저장되어 데이터의 유실이 없고 시험 후 PC에서의 작업이 용이하다. 현장 출력과 USB 저장 데이터는 각각의 공변과 심도에 따라 구분되어 출력 및 저장이 되며 타격횟수, 타격에 대한 관입량, 누적 관입량, 예비타와 본타의 구분, 타격수와 관입량에 대한 데이터와 그래프가 자동으로 작성된다.

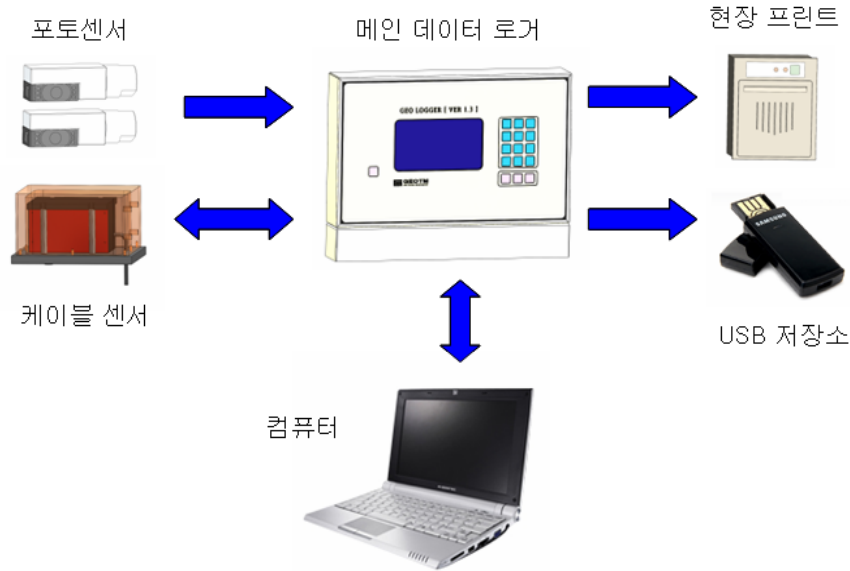


그림 6. 자동기록 장치(geo logger)의 개념도

특히, 타격 해머 감지 후 1.5초간의 지연시간을 두는 이유는 풍화암 또는 단단한 지반에서 타격이 이루어 질 때 타격 해머의 리바운딩 현상이 일어나게 되며, 이 리바운딩 현상은 관입량에도 영향을 미칠수 있기 때문에 리바운딩 현상이 끝나고 다시 해머가 상승할 때의 시점이 정확한 관입량을 측정 할 수 있는 시점이기 때문이다.

4. 측정결과 및 분석

4.1 SPT시험 및 CPT시험 결과 비교

본 연구의 대상지반은 상부 준설패립층, 퇴적층(점토층, 견고한 실트 또는 점토층), 풍화대(풍화토, 풍화암), 연암 순으로 구성되었다. 당초 설계시의 시추조사의 N 값과 사전조사 시의 N 값 그리고 자동기록장치를 이용하는 방법과 수동(야장)기록 방법으로 얻은 N 값을 그림 7과 같이 비교하였다. 그리고 현장 지반상태를 정밀하게 평가하기 위하여 그림 8과 같이 설계시 콘관입저항치(q_c)와 사전조사 콘관입저항치(q_c)를 비교하였다.

그림 7에서 설계시 N 값과 사전조사 N 값을 비교해 보면, 연약한 지층에서는 서로 비슷한 분포를 보이고 있는 반면 매립층 상부의 잔자갈이나 장비 운행으로 굳어진 지층과 하부의 견고하거나 조밀한 모래층에서의 N 값의 분포가 약간 차이를 보이는 것으로 나타났다. 이는 그림 8의 피조콘 관입시험의 콘관입저항치(q_c) 비교에서와 같이 같은 지점의 시험 위치가 조금씩 바뀔에 따라 측정되는 SPT- N 값과 CPT- q_c 값이 다소 차이를 보이며, 깊이 따른 지층의 차이에 따라서도 CPT- q_c 값이 약간의 차이를 보이는 것을 확인할 수 있다.

또한, 그림 7의 확인시험 시 수행한 수동기록(현장야장) 방법과 자동기록장치를 이용 방법으로 얻은 N 값의 비교 결과를 보면, 타격 1회마다 관입량을 측정하여 타격횟수와 누계 관입량을 자동적으로 기록함으로써 시험결과의 신뢰성을 확보할 수 있었으며, 수동기록(야장)보다 더 정확하게 측정할 수 있었다.

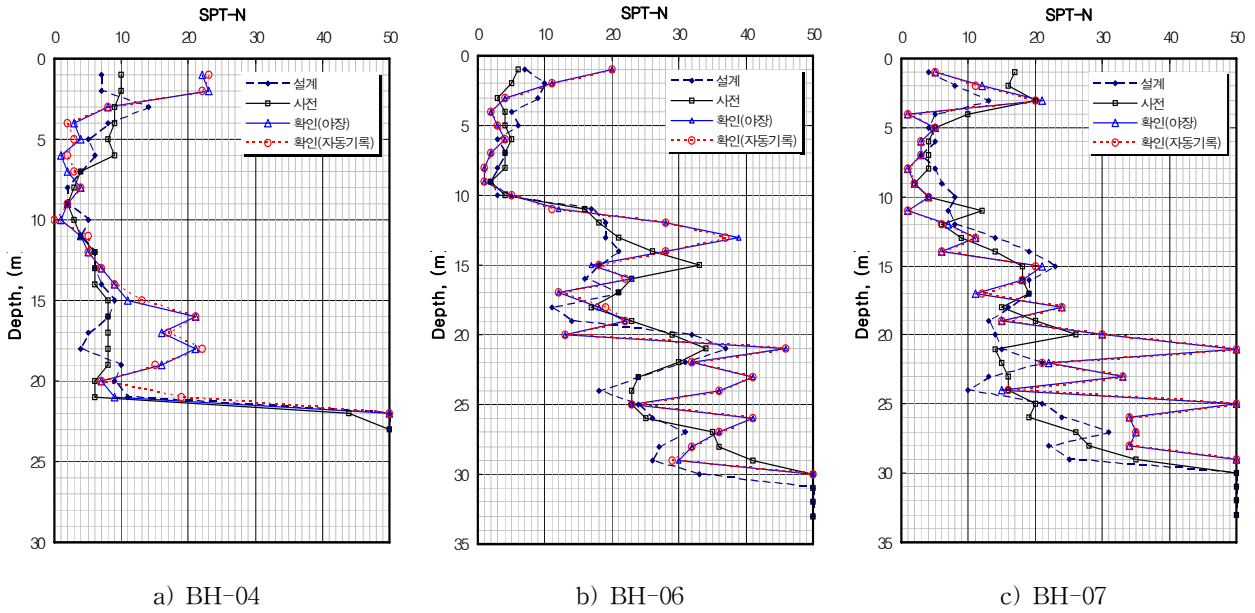


그림 7. 표준관입시험결과

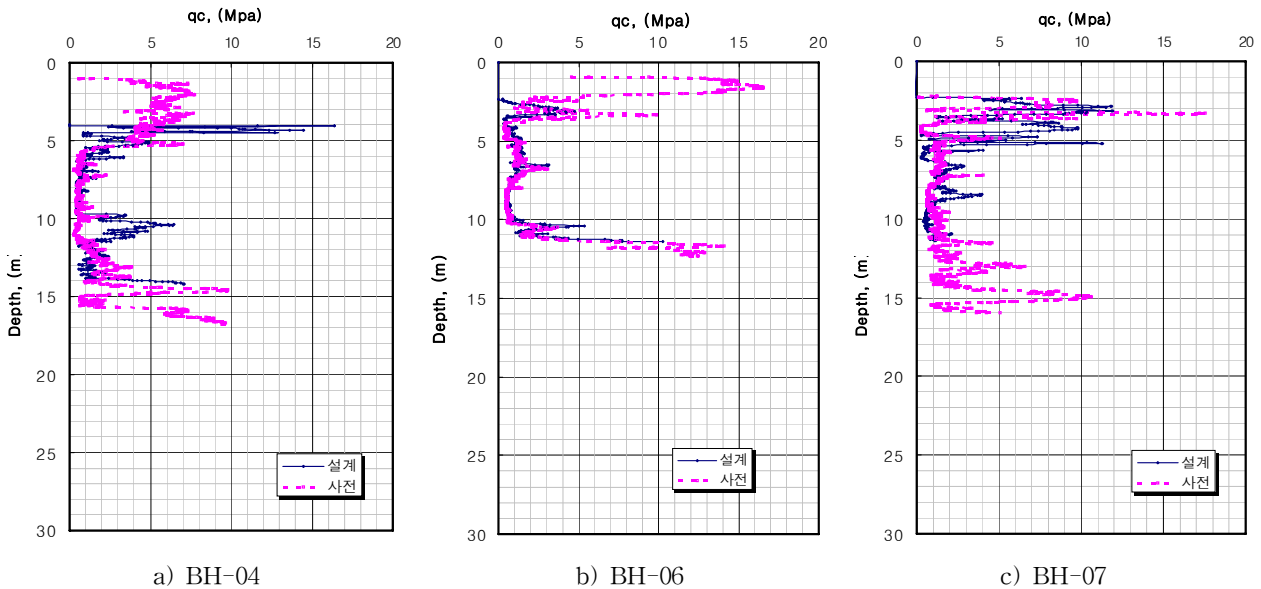


그림 8. 피조콘 관입시험결과

4.2 자동기록장치에 의한 SPT-N치 분석

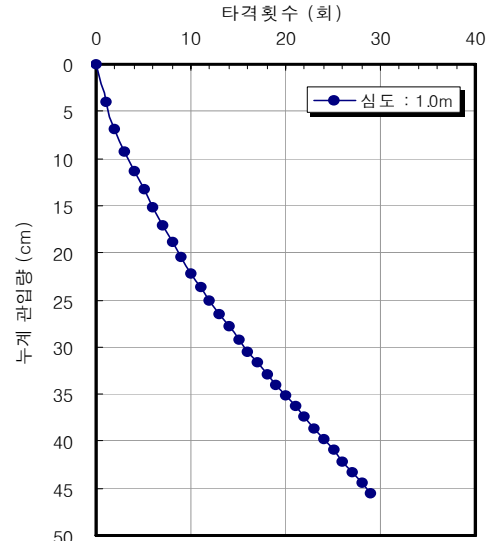
표준관입시험의 N 값의 수동기록 시 타격횟수 및 관입량의 측정데이터의 야장 등에 대한 기입 시 수동기록의 측정 기준점에 대한 눈어림 등으로 작업이 쉽지 않다는 단점에 비하여 자동기록장치는 각 타격별 관입량을 측정하여 데이터를 기록하는 장치로서 규격의 관입량 또는 타격횟수를 측정하고 종료 후 내장 프린터에 의한 데이터의 출력이 가능하도록 하고 있으며, 내장 메모리에 의한 보존이 가능하도록 하였다. 그림 9는 이러한 여건을 고려하여 개발한 자동기록장치에 의한 SPT-N값의 기록 사례를 나타낸 것이며, 그림 10은 시추공 BH-04에서 측정한 표준관입시험 결과를 지층별로 도시한 것이다.

시립일자 : 2009-06-01 15:10:55
 시립번호 :
 분점번호 : BH-04 1.0m
 식 : 도

다수	전체관입량	관입량
1	4.05	4.05
2	6.86	2.81
3	9.27	2.41
4	11.31	2.04
5	13.26	1.96
6	15.17	1.90
7	17.04	1.88
8	18.84	1.80
9	19.45	1.62
10	22.13	1.68
11	23.57	1.44
12	25.05	1.48
13	25.45	1.39
14	27.82	1.38
15	29.18	1.35
16	30.45	1.27
17	31.67	1.22
18	32.89	1.22
19	34.01	1.12
20	35.16	1.14
21	35.39	1.15
22	37.40	1.19
23	38.64	1.24
24	39.83	1.18
25	40.96	1.14
26	42.10	1.14
27	43.26	1.18
28	44.37	1.09
29	45.49	1.12

대비타수 : 5
 분 타 수 : 23
 (15~25) : 6
 (25~35) : 8
 (35~45) : 9
 전체타수 : 29

심도(m)	타수	관입량(cm)	
		관입량	누계관입량
1.0	타격횟수	관입량	누계관입량
	0	0	0
	1	4.05	4.05
	2	2.81	6.86
	3	2.41	9.27
	4	2.04	11.31
	5	1.96	13.27
	6	1.90	15.17
	7	1.88	17.05
	8	1.80	18.85
	9	1.62	20.47
	10	1.68	22.15
	11	1.44	23.59
	12	1.48	25.07
	13	1.39	26.46
	14	1.38	27.84
	15	1.35	29.19
	16	1.27	30.46
	17	1.22	31.68
	18	1.22	32.90
	19	1.12	34.02
	20	1.14	35.16
	21	1.15	36.31
	22	1.10	37.41
	23	1.24	38.65
	24	1.18	39.83
	25	1.14	40.97
	26	1.14	42.11
	27	1.18	43.29
	28	1.09	44.38
	29	1.12	45.50



(a) 타격 - 관입량 자동기록지 (b) USB 저장(프로그램 호환) (c) 타격횟수와 관입량 관계

그림 9. 자동기록장치에 의한 표준관입시험 결과 기록(예 BH-04 1.0m)

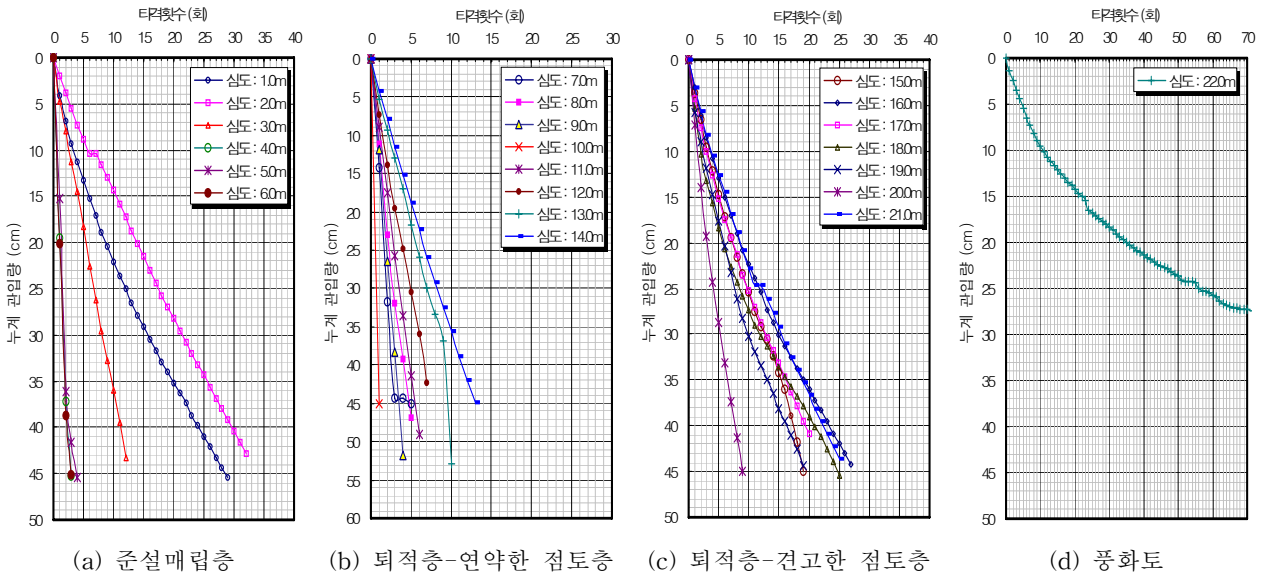


그림 10. 자동기록장치에 의한 지층별 SPT-N값의 타격횟수와 누계관입량 관계

그림 10처럼 지층특성에 따라 자동기록장치에 의한 N값의 타격횟수와 누계관입량 관계를 살펴본 결과, 그림 10(a)의 준설패립층은 0~6.4m두께로 N값은 2/30~23/30정도로 분포하고, 그림 10(b)의 퇴적층은 6.4~14.5m까지 연약한 상태의 연경도로 N값은 1/30~13/30정도를 보이며, 그림 10(c)의 퇴적층은 견고한 점토층으로 14.5~21.5m로 N값은 약 6/30~24/30으로 나타나고 있고, 그림 10(d)의 풍화토층의 N값은 50/23cm로 모양이 풍화되어 실트질 모래 내지 모래로 구성된 것으로 나타났다. 이처럼 자동기록장치에 의한 N값의 타격횟수와 누계 관입량 관계를 통해 지반의 강도나 특성에 따라 나타나는 그래프의 경향성을 토대로 연약지반과 경질지반의 공학적 특성을 쉽게 관찰할 수 있는 지표로 활용이 가능할 것으로 사료된다. 국내의 경우 표준관입시험을 지반의 모든 종류의 흙, 심지어는 암석(암반) 일부까지도 관행적으로 적용하고 있는 점에 착안하여 점성토, 사질토 또는 자갈질 흙, 암석층(암반)에서 N값의 타격횟수와 누계 관입량 관계를 토대로 지층 변화 특성을 관별하는데 큰 도움이 될 것으로 보이며, 보다 합리적이고 경제적인 설계에 응용할 수 있을 것으로 판단된다.

4.3 고찰

표준관입시험 시 수동기록(야장)은 N 값의 관입량을 기록할 때 분필로 10cm~15cm간격을 로드에서 표시하거나, 타격횟수를 기억한 후 나중에 야장에 기록하는 행위 등은 부정확하다는 시각을 배제할 수 없다. 수동기록에 의한 N 값 결정 시 유의사항의 예를 그림 11과 같이 자동기록장치에 의한 N 값과 비교하였으며, 자동기록장치에 의한 N 값 결정 시 유의사항의 예를 그림 12와 같이 살펴보았다.

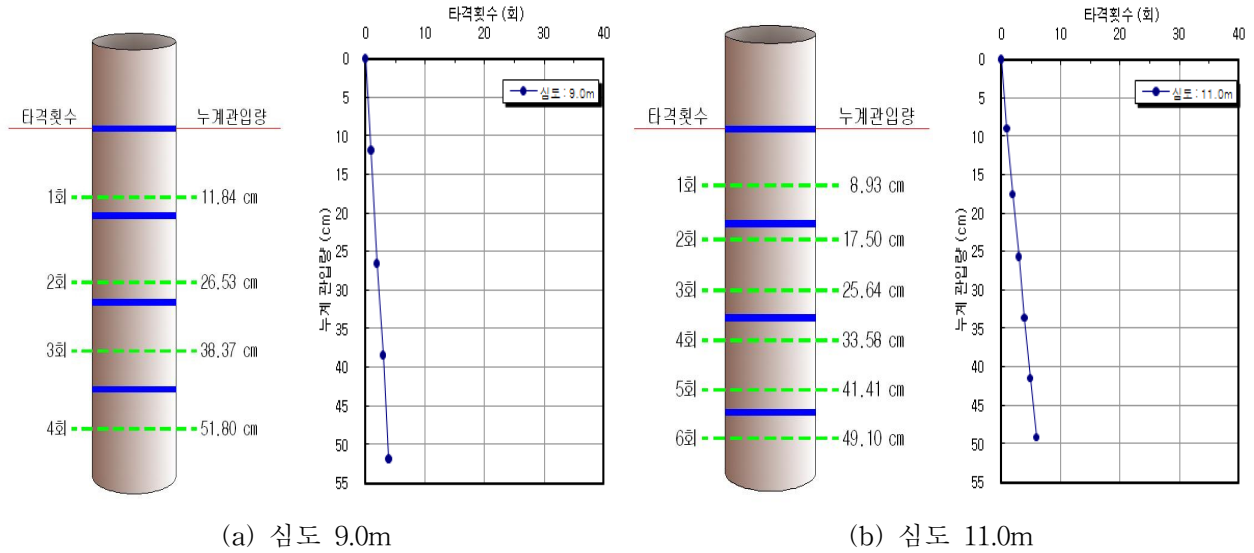


그림 11. 수동기록(야장)에 의한 N 값 결정 시 유의사항

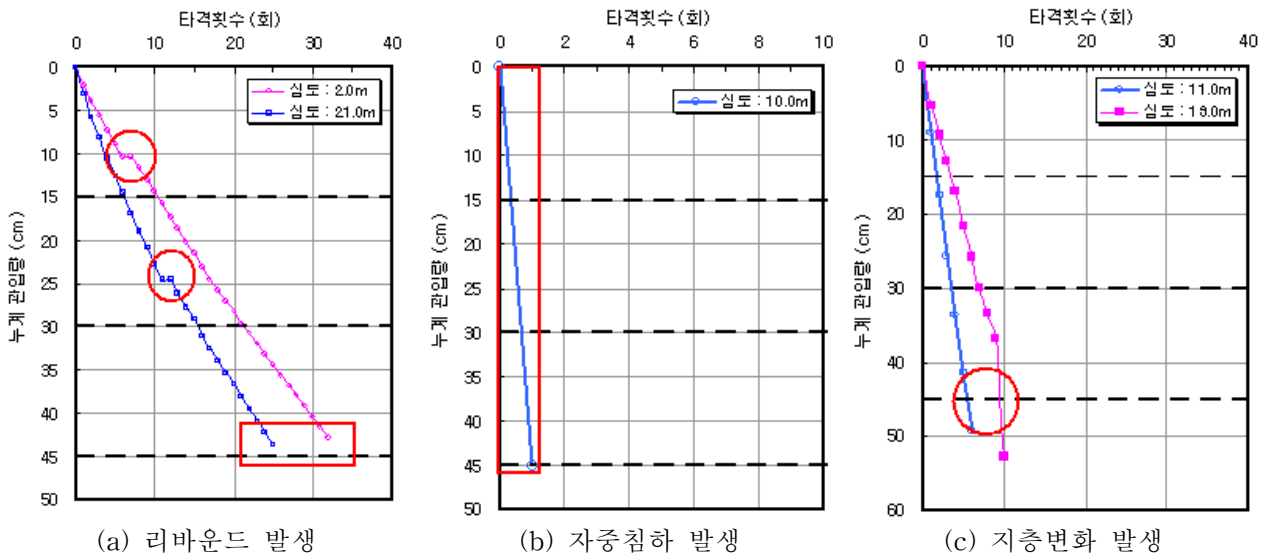


그림 12. 자동기록장치에 의한 N 값 결정 시 유의사항

그림 11에서 보면, 수동기록(야장) 시 관입량 15cm 간격을 기준점으로 타격횟수를 기록하는 경우로 그림 11(a)은 처음 예비타 15cm 전·후로 본타 영역에서 관입량에 따라 타격횟수에 영향을 미치는 경우이고, 그림 11(b)는 본타 영역에서 관입량에 따라 타격횟수에 영향을 미치는 경우로 수동기록(야장) 시 N 값에 약 1~2회 정도 차이를 보이게 되는 사례이다. 반면, 표준관입시험의 자동기록장치는 수동(야장)기록에 의한 경우보다 N 값의 기록은 정확하게 측정되는 장점은 있지만, 지층의 분포현황, 구성성분, 지하수위 분포, 조사 중에 발생하는 예기치 않은 상황 등을 표현하기에는 아직까지 역부족이며, 자동화 장비가 정상적으로 작동할 때 비로소 정밀한 시험결과를 얻을 수 있는 점에 주의하여야 한다. 그림 12의 자동기록장치에 의한 N 값의 결과를 살펴보면, 그림 12(a)는 타

격횡수에 대한 관입량이 리바운드가 발생하는 경우로 지층에 호박돌이나, 자갈 등이 존재하는 것으로 보이며, 수동기록의 육안관측에 의한 경우보다 관입량이 적게 나타나고 있는 것으로 보이고, 그림 12(b)는 초연약지반에서 자중침하가 발생하는 경우이며, 그림 12(c)는 본타의 끝부분(30~45cm)에서 타격 1회에 많은 관입량을 보이는 경우로 점토층의 연경도 변화에 따른 지층변화를 관찰할 수 있는 경우로 보인다. 이와 더불어 관입량에 대한 기록 시 유효자리에 대한 많은 논의가 필요한 것으로 보이며, 표준관입시험의 자동기록장치에 의한 기록방법이 초기단계인 점을 감안하여 지층구분과 원활한 결과 활용을 위해서는 번거롭지만 현장야장과 자동기록장치를 병행하여 기록하는 것이 바람직할 것으로 사료된다. 이는 표준관입시험의 자동기록장치로 SPT-N값을 기록하였다 하더라도 채취시료 및 지층구분 등은 엔지니어가 기술적으로 판단하여야 하며, 지반조사에 있어 무엇보다도 중요한 것은 기술자의 관심과 데이터의 신뢰성을 비롯하여 결과의 활용성 측면에서 효율적이기 때문이다. 그리고 낙하에너지 보정, 시험자의 부주의와 조사에 대한 이해부족으로 인한 문제점, 시험에 대한 인식 등의 계속교육이 필요하며, 지반조사비의 산정 시 발주관행에 따라 건설품셈에 없는 항목에 대한 미반영, 조사수량 및 조사기간의 부족, 비현실적으로 적은 조사비용, 민원과 보상에 소요되는 비용 미지불 등의 제도적 문제와 업체간 과다경쟁에 따른 저가수주에 따른 부실조사 등의 현실적인 문제도 해결하여야 하는 과제이다.

5. 결론

본 연구에서는 표준관입시험 시 N값 측정을 자동기록장치를 이용하는 방법과 수동(현장야장)기록 방법을 비교하여 자동기록장치에 의한 N값에 대한 품질평가를 수행하여 이에 대한 검토결과를 정리하였다.

1. 표준관입시험 시 해머의 에너지효율은 62.9% 정도로 양호하게 나타났으며, 이 시추장비를 이용하여 자동기록장치가 수동(야장)기록보다 정확한 값을 측정할 수 있었다.
2. 자동낙하 및 자동기록장치에 의한 N값을 측정하는 경우 궁극적으로 N값의 신뢰도를 높임으로써 품질평가에 효율적으로 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 지층 특성에 따른 타격횡수와 누계 관입량과의 관계를 통해 지층 특성변화에 따른 영향을 관찰할 수 있을 것으로 보인다. 다만, 자동기록장치에 의한 기록방법은 타격횡수와 관입량과의 관계를 정확하게 측정할 수 있지만 지층현황, 시료구분, 지하수위 측정 등을 표현하지 못하는 점을 감안하여 현장야장과 병행하여 기록하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
3. 이와 더불어 낙하에너지 보정 등 많은 기술적 개선, 발주관행과 제도적 개선, 품질에 대한 인식 부족, 조사비의 비현실성 등을 해결하여야 하는 과제가 남아있으며, N값의 신뢰성 제고를 위한 지속적인 연구가 필요하다.

참고문헌

1. 이우진, 이원제, 안신환(1998), "PDA를 이용한 표준관입시험의 에너지전달효율 측정", 한국지반공학회 봄학술 발표회 논문집, pp. 75~84.
2. 이창호, 이우진(2005), "표준관입 해머의 에너지비와 동적효율", 한국지반공학회 논문집, Vol. 21, No. 9 pp. 5-12.
3. 조성민, 정종홍(2001), "국내사용중인 표준관입시험 장치의 유형별 분류", 대한토목학회 학술발표회 논문집, pp. 1-4.
4. 조성민, 정종홍, 김동수, 이우진(2001), "표준관입시험 시 로드 에 전달되는 해머의 낙하에너지 평가 1", 한국지반공학회 봄학술발표회 논문집 pp. 469~476.
5. 한국도로공사(2000), "표준관입시험 활용법 개선 연구(I)", 도로연구소 2000년도 연구보고서.
6. KS F 2307-2002, "표준관입시험", 한국표준협회.
7. JIS A 1219-2001, 「土の標準貫入試験方法(method for standard penetration test)」.
8. Schmertmann, J. H. and Palacios, A.(1979), "Energy dynamics of SPT", Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol. 105, No. GT5, pp. 287-318.