

SPT-N값에 따른 매입말뚝의 선단지지력 특성 연구

Study on the Evaluation of End Bearing Capacity of Pre-Bored Piles for the SPT-N value

서 동 남*
Seo, Dong-Nam

최 상 호**
Choi, Sang-Ho

김 진 식***
Kim Jin-Sik

김 성 철****
Kim, Seong-Cheol

이 동 현*****
Lee Dong-Hyeon

조 성 준*****
Cho, Seong-Jun

Abstract

The equation of end bearing capacity is applied differently depending on the type of pile, construction method, and load characteristics considering the construction standards. The bearing capacity equation of the design standard is presented in various ways according to the design conditions such as construction method and ground condition, etc. but, It does not reflect the ground strength according to the SPT-N value of weathered rock. This study analyzed the trend of allowable tip bearing capacity by pile diameter through about 480 dynamic loading tests conducted for the construction/quality management of piles for the last 6 years since 2015. The equation for the ultimate end bearing capacity per unit area according to the SPT-N value is presented. The proposed formula of ultimate end bearing capacity per unit area can be applied in the range of 15,000kN/m² to 30,000kN/m². The proposed formula, which complements the existing formula, enables pile design and construction/quality management.

키 워 드 : 선단지지력, 매입말뚝, 동재하시험, 풍화암, SPT-N값

Keywords : end bearing capacity, pre-bored piles, dynamic load test, weathered rock, SPT-N value

1. 서 론

말뚝의 지지력 산정식은 말뚝의 종류, 시공방법 그리고 하중특성에 따라 기관별 다르게 적용하고 있다. 대표적으로 구조물기초설계기준(국토교통부, 2019)의 지지력 산정식은 시공법, 지반구성 등의 설계조건에 따라 다양하게 제시되어 있지만, 풍화암 이상의 지층에 대해 SPT-N값에 따른 지반강도를 반영하지 못하고 있는 실정이다. 지속적인 설계지지력 향상에 따라 고강도 PHC말뚝($f_{ck}=80\text{MPa}$, A종)은 콘크리트압축강도의 95%이상을 설계에 적용하는 실정이나, 표 1과 같이 단위면적당 극한선단지지력의 SPT-N값을 60이하로 규정하고 있어 합리적인 설계가 이루어지지 못하고 있다.

표 1. 기관별 매입말뚝의 단위면적당 극한선단지지력 비교

분류	단위면적당 극한선단지지력	비고
구조물기초설계기준 (2018)	250N ($q_B=15,000\text{kN/m}^2$)	SPT-N값 ≤ 60
주택공사 말뚝기초 설계개선지침 (2008)	250N ($q_B=15,000\text{kN/m}^2$)	SPT-N값 ≤ 60
도로교설계기준 (2008)	사질토 200N / 점성토 $6c_u$ ($q_B=12,000\text{kN/m}^2$)	SPT-N값 ≤ 60

최근까지 재하시험을 통한 말뚝의 지지력에 관한 다수의 연구가 진행되었으며, 조경진 등(2010)은 초기동재하시험(end of initial driving, 이하 E.O.I.D)의 선단지지력을 분석하여 기관별 선단지지력 산정식의 SPT-N값이 과소평가되어 적용되고 있음을 확인하였다. 우화영 등(2011)은 단위면적당 극한선단지지력을 현장의 표준관입시험에 의한 측정값과 설계기준의 계산값을 비교하였으며, 표준관입시험 SPT-N값의 범위를 50/10이하, 50/10~50/5, 50/5~50/0 3단계로 구분하여 제안하였다.

따라서, 본 연구는 2015년 이후 최근 6년간 말뚝의 시공/품질관리를 위해 실시한 약 480회의 동재하시험을 통해 말뚝직경별

* 우미건설(주) 품질기술팀, 과장, 교신저자(sdn1227@wm.co.kr)

** 국가건설기준센터 건설기준위원회 전문위원, 공학박사

*** 우미건설(주) 품질기술팀 부장, 건축구조기술사

**** 우미건설(주) 인천루원시티 주상복합 7블록 신축공사 현장소장, 건축시공기술사

***** 우미건설(주) 견적/품질기술, 상무

***** 우미건설(주) 건축주택본부장, 공학박사

허용선단지지력의 경향을 분석하고, 이를 통해 SPT-N값에 따른 단위면적당 극한선단지지력 산정식을 제시하는데 목적이 있다.

2. 동재하시험에 의한 선단지지력 분석

구조물기초설계기준에 따르면 말뚝의 재하시험은 정재하시험과 동재하시험을 선택적으로 적용하도록 명기되어 있으며, 과거보다 동재하시험의 신뢰성이 확보되었음을 의미한다. 대부분의 말뚝시공 현장에서 신속한 결과확인을 위해 동재하시험을 많이 진행하고 있다. 동재하시험은 시험시점에 따라 선단지지력과 주변마찰력을 각각 확인이 가능하기 때문에 정확한 선단지지력 측정값을 이용하기 위해 E.O.I.D 선단지지력을 분석하였다. 그림 1과 같이 SPT-N값에 따른 허용선단지지력을 측정하였다.

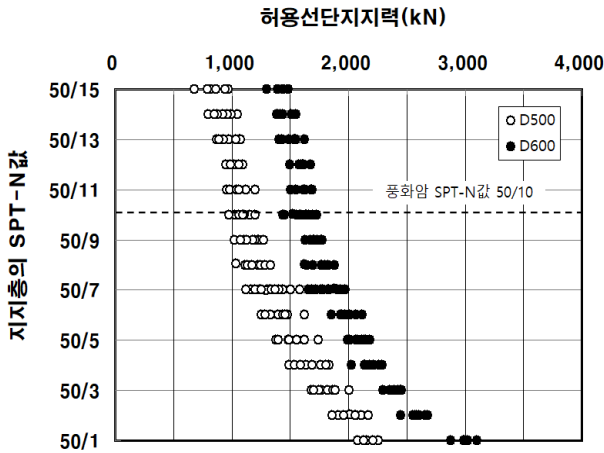


그림 1. 말뚝직경에 따른 허용선단지지력 관계

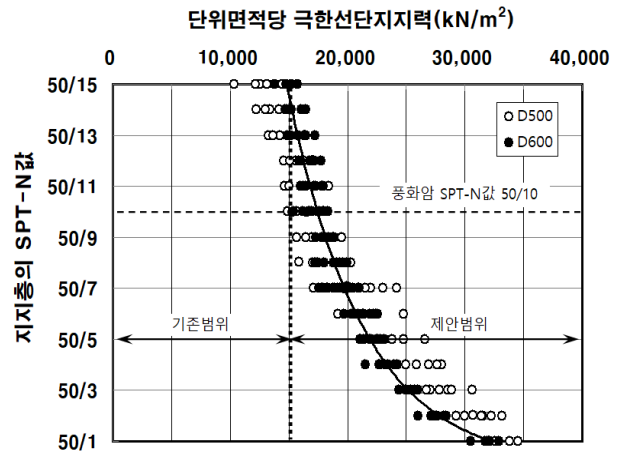


그림 2. SPT-N값에 따른 단위면적당 극한선단지지력 관계

$$q_B = 250 N F_N = 250 N (2.24D_N^{-0.28}) \text{ ----- (1)}$$

식(1)의 단위면적당 극한선단지지력(q_B)은 표준관입시험에 의한 SPT-N값(N), 지반강도계수(F_N) 그리고 표준관입시험 50회 타격에 의한 누적관입깊이(D_N)로 표현된다.

3. 결 론

본 연구는 말뚝기초의 과다설계방지 및 시공/품질관리를 위해 우미건설(주)을 포함한 주요 5개 시공사의 동재하시험(480회) 결과를 정리하여 표준관입시험에 의한 SPT-N값과 허용선단지지력의 관계를 분석하였다. 그 결과, SPT-N값에 따른 극한선단지지력 제안식을 도출하였고 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 표준관입시험에 의한 SPT-N값 50/15~50/1의 풍화암과 풍화암을 대상으로 허용선단지지력을 분석하였으며, 특히, SPT-N값 50/5이하의 풍화암에서 뚜렷한 허용선단지지력의 증가가 확인되었다.
- 2) 동재하시험 결과분석은 현장별 설계지지력, 굴착방법, 햄머중량, 낙하고 등을 고려하지 않았으며, 지지층의 SPT-N값에 따라 허용선단지지력의 변화를 확인하였다. 지반강도의 증가에 따라 말뚝의 허용선단지지력은 증가하였고, 단위면적당 극한선단지지력 제안식을 신뢰도(R^2) 95%이상의 지수(exponential)형태로 나타냈다.
- 3) 제안식은 단위면적당 극한선단지지력을 $15,000\text{kN/m}^2 \sim 30,000\text{kN/m}^2$ 범위까지 적용할 수 있으며, 지지층의 SPT-N값에 따라 허용선단지지력 산정이 가능하다. 특히, 풍화암 SPT-N값 50/10이하의 지반강도를 반영하지 못하는 기관별 극한선단지지력 산정식의 단점을 보완한 제안식을 이용하면 경제적인 말뚝설계 및 향상된 시공/품질관리가 가능할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. 조경진, 황의석, 정경구, 김병철, 이종성, 풍화암에 근입되는 선단지지 기성말뚝의 선단지지력 산정, 대한토목학회 2009년도 정기학술대회 논문집, pp.2845~2848, 2009.10
2. 우화영, 윤승민, 김대호, 김명학, 표준관입시험을 통한 지지층의 선단지지력 산정, 한국지반환경공학회 2011년도 학술발표회 논문집, pp.298~302, 2011.10
3. 한국지반공학회, 구조물기초설계기준해설, pp.299~302, 2018