



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0098488

(43) 공개일자 2015년08월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

E02D 27/12 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0019834

(22) 출원일자 2014년02월20일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

조선대학교산학협력단

광주광역시 동구 필문대로 309 (서석동)

(72) 발명자

김대현

광주광역시 남구 효사랑길 14, 105동 1104호 (봉선동, 포스코더샵아파트)

박경호

전라남도 여수시 미평남5길 23, 2동 105호 (미평동, 삼익맨션)

이태광

광주광역시 북구 유림로 175, 103동 1103호 (동림동, 삼익아파트)

(74) 대리인

특허법인세신

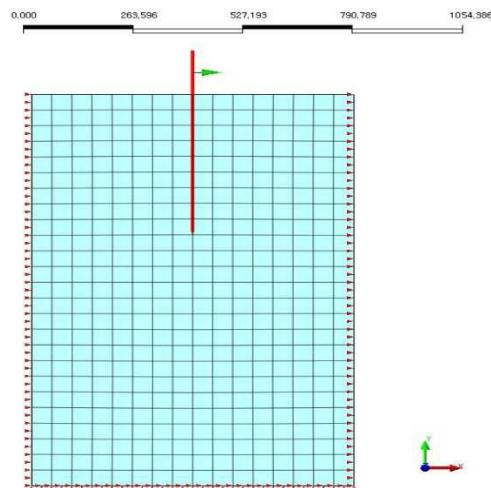
전체 청구항 수 : 총 3 항

(54) 발명의 명칭 사질토 조건에서 풍력기초에 적합한 말뚝기초

(57) 요약

본 발명은 사질토 조건에서 풍력기초에 적합한 말뚝기초에 관한 것으로, 본 발명의 말뚝기초는 말뚝의 모형이 원형, 네모형 중 적어도 하나의 모형을 갖는 개단 또는 폐단의 말뚝기초로 하되, 바람직하게는 9mm 또는 12mm 두께의 네모형 개단 또는 폐단 말뚝으로 제공되고, 보다 바람직하게는 12mm 두께의 네모형 폐단 말뚝으로 제공된다. 따라서, 이러한 특징으로부터 수평하중을 크게 받는 풍력기초에 적합하고, 말뚝기초 모형의 변화 및 두께의 변화, 폐단 개단 형식의 말뚝 형태의 변화를 통한 휨 모멘트에 대한 저항력이 높고 사질토 조건에서 풍력기초에 적합한 말뚝기초를 제공하게 된다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345214027

부처명 교육과학기술부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 산학협력 선도대학 육성사업 기술개발과제

연구과제명 풍력에너지 생산을 위한 최적 말뚝기초 개발

기 여 율 1/1

주관기관 조선대학교 산학협력단

연구기간 2013.04.01 ~ 2014.01.31

특허청구의 범위

청구항 1

사질토 조건에서 풍력기초에 적합한 말뚝기초로서,

말뚝의 모형이 원형, 네모형 중 적어도 하나의 형태를 갖는 개단 또는 폐단의 말뚝기초.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 말뚝의 모형이 9mm 또는 12mm 두께의 네모형 개단 또는 폐단 말뚝인 것을 특징으로 하는 말뚝기초.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 말뚝의 모형이 12mm 두께의 네모형 폐단 말뚝인 것을 특징으로 하는 말뚝기초.

명세서

기술분야

[0001]

본 발명은 사질토 조건에서 풍력기초에 적합한 말뚝기초에 관한 것으로, 보다 상세하게는 수평하중을 크게 받는 풍력기초에 적합하고 휨 모멘트에 대한 저항력이 높은 말뚝기초에 관한 것이다.

배경기술

[0002]

우리나라는 에너지 수입국으로서 에너지 자급도 향상이 필요하며, 기후변화협약에 따른 온실가스 감축목표에 관한 의정서인 "교토 의정서"가 2005년 2월 16일에 발효됨에 따라 대체에너지의 개발이 시급한 실정이다. 대체에너지는 크게 태양, 지열, 수력 또는 조력, 풍력, 바이오에너지 등이 있으며, 이들 중 삼면이 바다인 우리나라의 지형적 여건상 바람이 풍부하여 풍력 발전의 이용이 유리하다. 풍력 발전은 지구온난화 방지를 위한 국제적 환경보호규제에 대한 가장 적극적인 대처방안으로 공해의 배출이 없어서 청정성, 환경친화성을 가진다.

[0003]

현재까지 개발된 풍력 발전기는 대부분 육상에 설치되어 운전되고 있다. 하지만, 육상풍력의 경우 풍력 발전기 설치에 따른 공간적 제약과 상대적으로 적은 풍속, 소음 및 대형 구조물에 대한 감정적 위화감 및 환경 영향에 대한 논란 지속 등으로 인해 대단위 풍력단지를 건설하여 경제성이 높은 전기에너지 생산을 위한 경쟁에서 해상 풍력에 비해 상대적으로 경제성이 낮다.

[0004]

해상풍력의 경우, 이러한 육상풍력발전의 문제점을 해소하기 위한 해결책으로 해상풍력발전이 각광을 받기 시작했다. 방대한 설치장소의 확보가 양호해 대규모 풍력발전단지 조성이 가능하고, 주기적인 강한 바람이 지속되기 때문에 약 1.5~2배의 높은 발전량을 유지할 수 있다. 또한, 해안에서 1.5km 내외로 떨어져 설치되기 때문에 소음과 시각적인 위압감 해소를 할 수 있고, 관광지역으로서의 부가가치 창출(예, 덴마크 - Lillgrude)과 어류와 해저 생물의 서식지 및 철새들의 쉼터 역할을 할 것으로 기대가 된다.

[0005]

반면에, 풍력이 강력하여 풍력과 조력에 의한 부식과 과다한 설치비용 및 유지보수의 어려움이 있으며 신뢰성있는 설계 제작이 요구된다.

[0006]

일반적으로 해상풍력발전 기술의 경우, 육상풍력과 동일하게 풍력 발전기 자체 기술이 전부인 것으로 알려져 있으나, 가장 중요한 핵심 기술은 풍력 발전기를 해상에 설치할 때 사용되는 기초, 즉 하부 구조물의 설계 및 시공기술이라고 할 수 있다.

[0007]

해상풍력기초는 내륙에 시공되는 교량 및 대형 건축물들을 지지하는 일반적인 기초(Foundation)와는 달리 파도, 파고 등으로 인하여 발생하는 파랑하중, 해류하중의 수평하중(Horizontal load)과 모멘트(Moment)를 축하중(Axial Load)보다 크게 받는다. 그러므로, 해상풍력기초를 설계함에 있어 사용하중(Working Load)에 대해 극한적인 조건(Ultimate Condition)뿐만 아니라, 지속적인 동적하중(Dynamic Load)에 대해 기초의 거동을 정확하게 파악하여 안정적이고 경제적인 기초를 개발할 필요성이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 풍력기초는 유럽에서 지난 20여년간 활발하게 건설·이용되어 이에 대한 풍력 말뚝기초 부분의 연구가 상당한 수준에 이르렀지만, 우리나라에서는 이에 대한 시공 및 연구가 전무한 관계로 풍하중을 받는 풍력발전 기초에 대해 사질토 지반조건을 감안하여 기초의 거동을 평가함으로써 최적의 풍력기초에 적합한 말뚝기초를 개발할 필요성이 있다.
- [0009] 또한, 반복 수평하중을 받는 말뚝의 거동은 정적하중을 받는 경우와 크게 다르기 때문에 반복 수평하중을 받는 말뚝기초를 설계할 때에는 수평하중 특성을 고려하여야 하는 것이고, 내륙에 시공되는 교량 및 대형 구조물을 지지하는 일반적인 기초와 달리 해상풍력기초를 수평하중과 모멘트가 축하중보다 크게 받으므로 이를 고려하여 수평하중을 크게 받는 풍력기초에 적합한 말뚝기초를 개발하고자 말뚝기초의 두께, 모양, 재질의 조건을 달리하여 지반의 거동을 분석하여 말뚝기초를 개발할 필요성이 있다.
- [0010] 이에 본 발명은 수평하중을 크게 받는 풍력기초에 적합한 말뚝기초로서 말뚝기초 모형의 변화 및 두께의 변화, 폐단 개단 형식의 말뚝 형태의 변화를 이용하여 휨 모멘트에 대한 저항력이 높고 사질토 조건에서 풍력기초에 적합한 말뚝기초를 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0011] 또한, 본 발명에 사용되는 말뚝기초는 육상풍력의 경우 공간적 제약과 상대적으로 적은 풍속, 소음, 대형구조물에 대한 위화감 및 환경영향에 대한 논란이 지속되는데 반해, 해상풍력의 경우 대단위 풍력단지를 건설하여 경제성이 높은 전기에너지 생산이 가능하다. 따라서, 본 발명의 또 하나의 목적은 풍력(수평하중)에 강하고 부식에 유리한 말뚝기초를 개발하는데 있다.

과제의 해결 수단

- [0012] 본 발명에서 강관말뚝의 수평재하시험에 대한 수치적 모델링을 통한 단말뚝의 거동 평가에 따르면, 말뚝기초의 단면적이 클수록 최대 수평변위가 낮게 나타났고, 수평하중이 많은 풍력기초에서는 개단 말뚝기초보다 비교적 폐단 말뚝기초가 더 높은 수평저항력을 나타냈으며, 또한 개단 말뚝 중에서 9mm 두께 말뚝기초 보다 12mm 두께 말뚝기초가 보다 높은 수평저항력을 나타내었으며, 수평하중이 작용하는 말뚝의 최대 휨모멘트 분포는 말뚝의 모형, 두께에 상관없이 유사한 형태로 나타났으나 최대 휨모멘트는 말뚝근입깊이의 약 1/3지점에서 발생하였다. 따라서, 본 발명에 따르면, 말뚝기초는 말뚝의 모형이 원형, 네모형 중 적어도 하나의 모형을 갖는 개단 또는 폐단의 말뚝기초로 하되, 바람직하게는 9mm 또는 12mm 두께의 네모형 개단 또는 폐단 말뚝으로 제공되고, 보다 바람직하게는 12mm 두께의 네모형 폐단 말뚝으로 제공된다.

발명의 효과

- [0013] 이상의 특징으로부터 본 발명은 수평하중을 크게 받는 풍력기초에 적합하고, 말뚝기초 모형의 변화 및 두께의 변화, 폐단 개단 형식의 말뚝 형태의 변화를 통한 휨 모멘트에 대한 저항력이 높고 사질토 조건에서 풍력기초에 적합한 말뚝기초를 제공하게 된다.

도면의 간단한 설명

- [0014] 도 1은 강관말뚝의 수평재하시험에 대한 수치적 모델링을 통한 단말뚝의 거동을 평가하기 위한 수치해석에 사용된 요소망을 도시한 도면이다.
- 도 2는 말뚝기초의 모형의 변화에 따른 차이를 확인하기 위한 수치해석에 사용된 말뚝의 모형을 도시한 것으로, 도 2a는 폐단 사각형, 도 2b는 폐단 원형, 도 2c는 개단 사각형(t:9mm), 도 2d는 개단 원형(t:9mm)의 말뚝의 모형 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0015] 일반 구조물과 달리 해양구조물과 같이 연직하중에 비해 수평하중을 반복적으로 크게 받는 구조물의 안정성은 연직거동보다 수평거동에 의해 좌우되며, 수평하중을 받는 구조물 기초에 대한 해석 및 설계방법은 대부분 항타 말뚝에 대해서 연구되고 개발되어 왔다. 이러한 구조물의 기초를 설계할 때에는 연직하중보다 수평하중이 설계 지배인자가 되므로 기초로 사용될 말뚝의 수평거동을 정확하게 예측 하는 것이 필요하다.

[0016] 특히 Long, J.H. and Vanneste, G.(1994, "Effects of cyclic Lateral loads on piles in sand", Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 120. No. 1, pp.225-244.)와, Lin and Liao(1999)와, Rosquoet, F., Thorel, L., Gamier, J., and Canepa, Y.(2007, "Lateral Cyclic Loading of Sand-Installed Piles", *Soils and Foundation*, Vol. 47, No. 5, pp.821-832.)의 연구결과에 따르면 반복수평하중(cyclic lateral load)을 받는 말뚝의 거동은 정적하중(Monotonic Loading)을 받는 경우와 크게 다르기 때문에 반복수평하중을 받는 말뚝기초를 설계할 때에는 수평하중의 특성을 고려하는 것이 무엇보다 중요하다.

[0017] 해상풍력기초는 내륙에 시공되는 교량 및 대형 건축물들을 지지하는 일반적인 기초(Foundation)와는 달리 파도, 파고 등으로 인하여 발생되는 파랑하중, 해류하중의 수평하중(Horizontal load)과 모멘트(Moment)가 축하중(Axial Load)보다 크게 받는다(김영준 2011, 모래지반에서 말뚝설치방법이 반복수평하중을 받는 말뚝의 수평거동에 미치는 영향, 관동대학교 대학원 석사논문).

[0018] 따라서, 본 발명에서는 수평하중을 크게 받는 풍력기초에 적합한 말뚝기초를 개발하고자 말뚝기초의 두께, 모양, 재질의 조건을 달리하여 지반의 거동을 분석하였고, 말뚝에 발생하는 휨 모멘트에 대하여 비교분석하였고, 말뚝에 발생하는 휨 모멘트에 대하여 비교분석하여 말뚝기초를 개발하였다.

[0019] 수치해석 모델링

[0020] 강관말뚝의 수평재하시험에 대한 수치적 모델링을 통해 단말뚝의 거동을 평가하고자 한다. 본 발명에서는 지반공학 분야에서 널리 이용되는 수치해석 프로그램인 MIDAS GTS(ver 4.0) 프로그램을 이용하였다.

[0021] 1) 수치해석 조건

[0022] 본 해석에 사용된 지반은 조밀한 사질토 지반으로 도로설계편람 건설교통부 참고자료를 토대로 해석지반 물성치를 선정하였으며, 내부 마찰각은 표준사 상대밀도(Dr) 90%일 때 측정된 40°를 사용하였다(김영준, 2011).

[0023] 입력 물성값은 표 1과 같이 요약하였다. 말뚝의 직경은 40mm, 말뚝의 길이는 590mm로 440mm는 지반에 관입하였으며 나머지 150mm는 상부에 노출시켜 중심부분에 집중하중(50kPa)을 재하하는 방법으로 모델링을 하였다. 도 1은 본 수치해석에 사용된 요소망을 나타낸다. 단말뚝 강관 두께는 일반적으로 사용하는 9mm와 12mm이다.

표 1

[해석지반의 입력물성값]

구분	E (t/m ²)	r_t (t/m ³)	r_{sat} (t/m ³)	점착력 (c, kPa)	내부마찰각 (ϕ , °)	ν	K_0	비고
사질토	5500	1.90	2.00	0	40	0.35	0.357	Mohr Coulomb

[0024]

[0025] MIDAS는 인터페이스 요소를 이용하여 말뚝과 경계면 사이의 상호거동을 모델링할 수 있다. 인터페이스 요소의 모델링을 위해서는 전단방향강성(Ks, Shear Stiffness), 수직방향강성(Kn, Normal Stiffness), 경계면에서의 점착력(Cohesion), 마찰각(Friction Angle) 등이 요구된다.

[0026] 경계면 요소 강성값을 아주 크게 적용하면 지반과 구조물 요소 사이에 상대적인 변위가 발생하지 않고, 해석에 영향을 미치지 않지만 해석시간이 오래 소요된다. 그러나, 인터페이스 요소 강성값을 일정한 값보다 작게 적용할 경우, 지반과 구조물 요소간에 상대변위가 발생하게 된다(이규열 2012, 수평하중을 받는 군강관말뚝의 수치해석적 거동 연구, 한양대학교 대학원 석사논문).

[0027] 수평하중시험에 대한 수치해석에서 해석결과에 영향을 미치는 요인은 인터페이스 강성, 해석지반 물성치, 말뚝의 강성과 속채움 여부 등이 있으며, 본 발명에서는 강관말뚝의 폐단, 개단(두께의 변화), 모형(원형, 사각형)의 변화를 통하여 말뚝기초에 미치는 최대 모멘트 및 최대 수평하중을 분석하였다. 표 2는 인터페이스 요소 강성값과 말뚝의 물성치이고, 도 2는 수치해석에 사용된 말뚝의 모형이다.

표 2

[인터페이스 요소 강성 및 말뚝의 물성치]

구분	Kn (t/m ³)	Ks (t/m ³)	점착력 (c, kPa)	내부마찰각 (φ, °)
사질토	5.5	5.5	0	40

구분	E (t/m ²)	단위중량 (t/m ³)	ν	D (mm)	L (mm)
강관말뚝	2.1 X 10 ⁶	7.85	0.3	40	590

2) 수치해석결과

말뚝기초 모형의 변화에 따른 차이를 확인하기 위해 폐단 말뚝의 원형 및 사각형의 말뚝기초를 사용하여 해석하였고 표 3과 같은 해석결과를 나타내었다.

표 3

[수치해석 결과]

구분	최대 수평변위 (mm)	최대 수직변위 (mm)	최대 수평응력 (ton)	최대 휨모멘트 (ton·mm)
폐단 사각형	12.937	5.833	0.0265	0.0543
개단 사각형(t:9mm)	13.206	5.629	0.0226	0.0571
개단 사각형(t:12mm)	12.769	5.831	0.0246	0.0544
폐단 원형	12.862	5.778	0.0238	0.0548
개단 원형(t:9mm)	13.448	5.596	0.0207	0.0568
개단 원형(t:12mm)	12.849	5.742	0.0224	0.0550

같은 모형의 말뚝을 비교한 결과, 폐단 말뚝에서 최대 휨 모멘트가 가장 낮은 것으로 나타났으며, 개단 말뚝에서 두께가 얇은 말뚝기초에서 최대 휨 모멘트가 높은 것으로 나타났다.

모형이 다른 말뚝을 비교한 결과, 사각형 말뚝기초의 경우 원형 말뚝기초 보다 최대 휨 모멘트가 더 낮은 것으로 분석되었으나 그 차이가 미미하다. 추후 다른 재질 및 다양한 말뚝기초를 모델링하여 수평저항력이 높은 풍력기초에 적합한 말뚝기초를 개발할 필요가 있다.

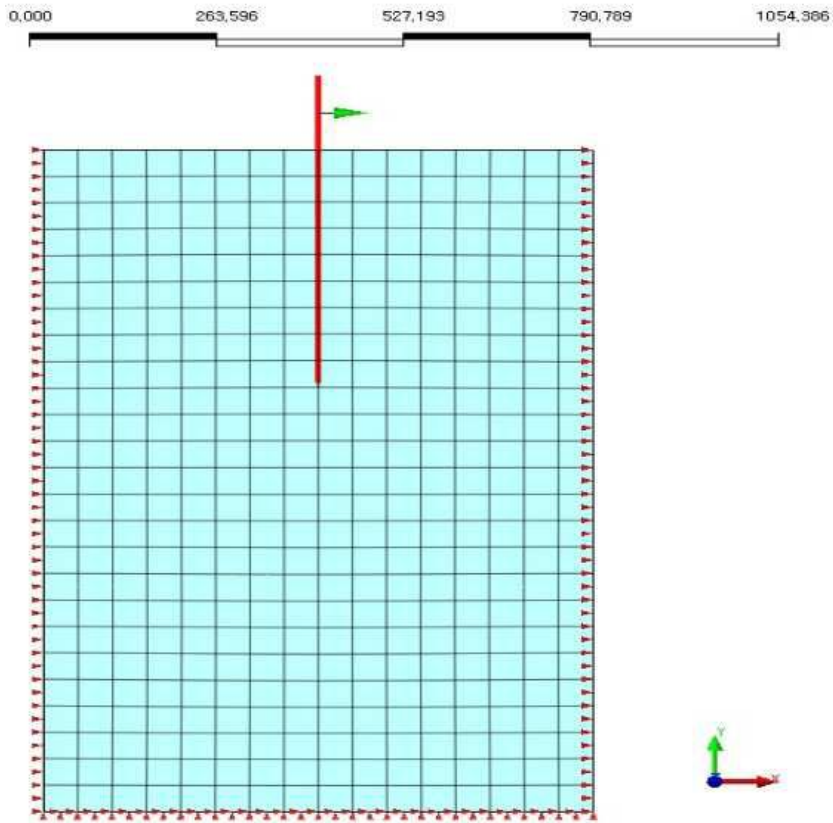
이상 설명한 분석결과에 따르면, 말뚝기초의 단면적이 클수록 최대 수평변위는 낮게 나타났고, 수평하중이 많은 풍력기초에서는 개단 말뚝기초보다는 비교적 폐단 말뚝기초가 더 높은 수평저항력을 나타냈다. 또한, 개단 말뚝 중에서 9mm 두께 말뚝기초보다 12mm 두께 말뚝기초가 보다 높은 수평저항력을 나타냈다.

또한, 수평하중이 작용하는 말뚝의 최대 휨 모멘트 분포는 말뚝의 모형, 두께에 상관없이 유사한 형태로 나타났으며, 최대 휨 모멘트는 말뚝 근입깊이의 약 1/3지점에서 발생하였다.

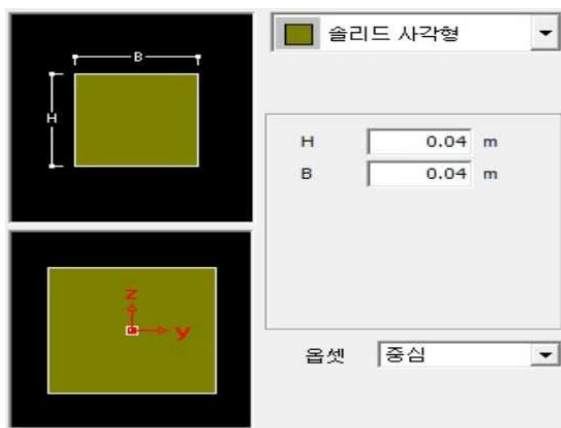
따라서, 본 발명의 말뚝기초는 말뚝의 모형이 원형, 네모형 중 적어도 하나의 모형을 갖는 개단 또는 폐단의 말뚝기초로 하되, 바람직하게는 9mm 또는 12mm 두께의 네모형 개단 또는 폐단 말뚝으로 제공되고, 보다 바람직하게는 12mm 두께의 네모형 폐단 말뚝으로 제공된다.

도면

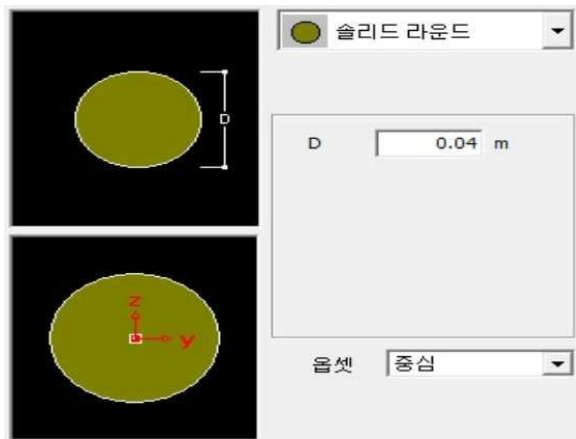
도면1



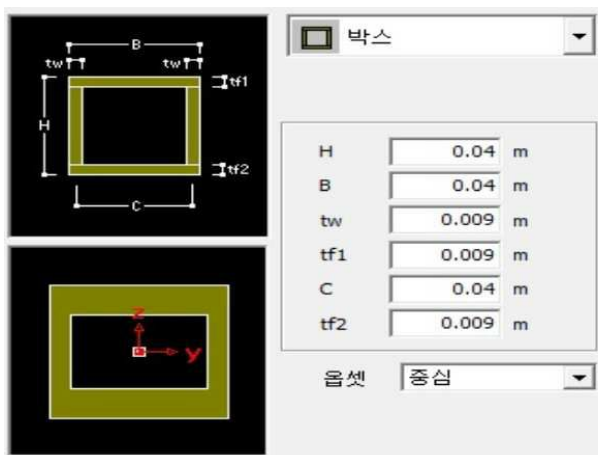
도면2a



도면2b



도면2c



도면2d

