

해상풍력 발전의 기술동향 및 모노파일 기술개발 방향

Technical Issues for Offshore Wind-Energy Farm and Monopile Foundation

최창호¹⁾, Chang-Ho Choi, 조삼덕²⁾, Sam-Deok Cho, 김주형³⁾, Ju-Hyong Kim, 채종길³⁾, Jong-Gil Chae

^{1),3),4)} 한국건설기술연구원 지반연구실 수석연구원, Senior Researcher, Geotechnical Engineering Division, Korea Institute of Construction Technology

²⁾ 한국건설기술연구원 지반연구실 선임연구위원, Senior Research Fellow, Geotechnical Engineering Division, Korea Institute of Construction Technology

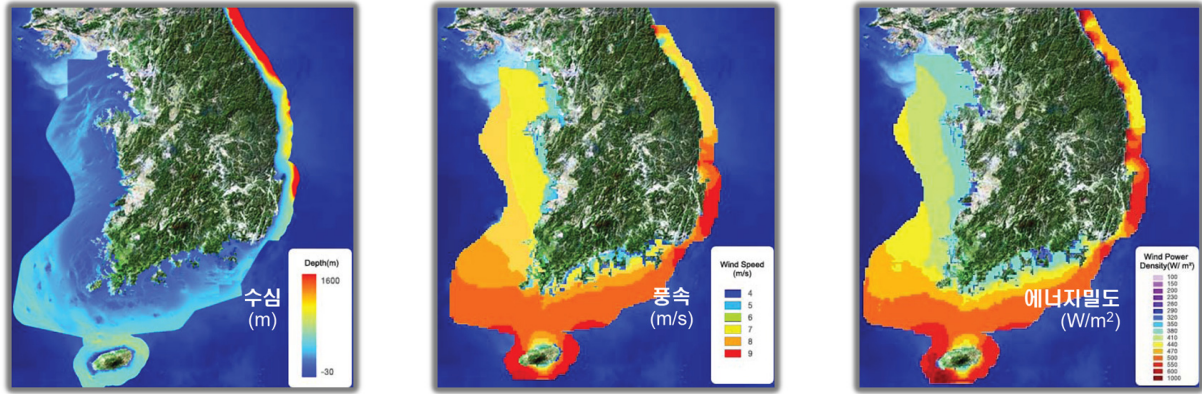
SYNOPSIS : Recently, it has been a worldwide issue to develop offshore wind farm based on the past technical experiences of onshore wind turbine installation. In Korea, the government has the wind-energy to be a new-sustainable field of development to bring green-growth in near future and put political and fiscal efforts to support the academic and industrial technical development. Especially, there are much advancement for the fields of turbine, blade, bearing, grid connection, ETC. Correspondingly, technical needs do exist for the offshore foundation installation techniques in geotechnical point of view. Within few years, 2~5MW offshore wind turbines will be constructed at about 30m water depth and it is known that monopiles of D=4~6m are suitable types of foundation. In order to construct offshore wind-turbine foundation, technical developments for drilling machine, design manual, monitoring&maintenance technique are required. This paper presents technical issues with related to offshore wind farm and large diameter monopile in the point of renewable energy development.

Keywords : 해상풍력발전, 풍력터빈, 해상기초, 모노파일

1. 서론

현재 국내를 포함한 전 세계의 풍력발전 동향은 육상에서의 풍력발전 설계와 건설, 운영에 대한 경험을 기반으로 해상 풍력발전단지(offshore wind farm) 건설로 정책적·기술적 전환을 진행하고 있으며, 전 세계의 해상 풍력발전 시장규모는 2025년 기준으로 조선업 시장규모를 넘어설 것으로 예측되고 있다. 이러한 세계적 기조에 맞추어 국내에서도 풍력산업을 전략적인 신성장 동력분야로 설정하고 막대한 예산을 투입하여 상부터빈, 블레이드, 베어링 기술, 계통 연결방안 등 전기 및 기계분야의 핵심기술 연구개발을 진행 중에 있다.

해상에서 풍력발전기 설치에 필요한 핵심기술은 풍력터빈 타워의 시공을 위한 해상기초(offshore foundation)기술과 해상에 설치가 필요한 계통전력망(grid) 및 변전소 구축 기술 등이 있으며, 해상 풍력발전은 육상 풍력발전에 비하여 기술적·경제적 고려사항이 많지만, 해상이 육상보다 풍력자원이 풍부하고 풍력감소가 상대적으로 작기 때문에 전기 출력량이 증가되는 장점이 있다. 또한 국내 해상풍력발전 입지조건에 나타난 바와 같이 해상풍력 설치가능 수심인 20~100m해역이 광범위하게 존재하고, 서남해안 지역은 풍속과 에너지밀도가 충분하여 좋은 입지 조건을 가지고 있어서, 신재생 청정 에너지원 확보를 위하여 해상 풍력단지 사업계획이 국가 또는 지자체를 중심으로 수립되고 있는 상황이다. 해상 풍



(a) 수심분포 (b) 풍속분포 (c) 에너지밀도 분포
 그림 1. 해양풍력발전과 관련한 국내 해양 조건(에너지기술연구원, 2010)

력발전기의 용량은 2~5MW급으로 현재 국내에서 3MW급 터빈이 개발되어 실증연구 중에 있고 5MW급 터빈은 지식경제부 주도하에 연구개발이 진행되고 있어, 머지않은 시일내에 세계적 수준에 도달할 것으로 판단된다. 한편, 해상 풍력발전 기초는 약 30m 수심 정도에서 지름 4.0~6.0m의 모노파일이나 일반적으로 검토 및 적용되고 있고, 최근 수심이 깊은 위치로 입지가 확장되면서 버켓형식의 기초공법에 대한 수요도 점차 증가하고 있는 상황이며(그림 2 참조), 현재 이와 관련한 국내 기술수준은 매우 미흡하다 할 수 있다. 따라서 해양에너지원 개발의 기반이 되는 해양 건설분야에서 이를 지원할 수 있는 연구개발이 필요하며, 해상 풍력발전 설비 건설을 위한 핵심기술은 구조물을 지지하기 위한 기초구조물의 ①설계, ②시공, ③시공장비, ④유지관리 공법으로 구성되며, 대형 해상 기초구조물의 안전하고 효율적인 시공을 위하여 다음과 같은 기술분야의 개발 및 상호 연계가 필요한 것으로 예측된다.

- 해상 대구경 모노파일 설계 및 시공 시스템 기술
- 고효율 대구경 해상 기초 굴착 장비 시스템 기술
- 대수심 버켓기초 시공시스템 기술

본 논문에서는 해상 풍력발전용 기초 중 수심 30m정도 범위에서 세계적으로 활발히 적용되고 있는 모노파일 시공시스템과 관련하여, 시장과 기술 동향을 파악하고, 시장 진입을 위해 시급히 요구되는 기술들을 제시하고자 한다.



(a) 모노파일 개념도 (b) 버켓파일 개념도
 그림 2. 대표적인 해상풍력발전용 기초형식

2. 국내외 기술 및 산업동향

2.1 풍력발전 시장동향

국내 풍력발전 시장은 저탄소 녹색성장에 기초하여 새로운 부가가치의 창출을 위한 신성장동력 확보의 일환으로 해양자원 개발이 가속화되고 있으며, 신재생에너지원 중 해상풍력 시장의 증가율은 전 세계적으로 2008년에서 2012년까지 평균 4%씩 증가추세에 있으나 국내에서는 개발 초기단계이기 때문에 구체적인 시장이 형성되어 있지 않은 상태이다. 국내에 기 설치된 풍력발전기의 대부분은 해외 업체의 제품이며, 이는 발전기와 타워 등의 요소부품들은 어느 정도의 기술력을 확보하였지만, 아직도 블레이드나 제어시스템에 관한 기술은 국내 고유모델 개발의 초기단계이기 때문인 것으로 판단된다(신재생 에너지 백서, 2008). 2008년 9월 기준 국내 풍력발전 단지는 공사 중인 곳을 포함하여 약 278 MW으로 풍력발전 선도국가와 비교해 매우 뒤쳐져 있는 실정이다(하나금융경영연구소, 2009, 산업연구시리즈). 이에 따라 그린에너지로드맵(지경부, 2009)은 향후 풍력시장의 규모를 2015년 1.4GW, 2030년이면 48.5GW 규모로 설정하였는데, 기초시공비용을 단순하게 산술적으로 계산하면 55조원의 비용이 소요된다. 기술개발로 인한 풍력기초의 시공비용을 20% 정도 낮추면, 기존 공법과 비교하여 2015년 기준으로 8,400억원 규모, 2030년 기준으로 11조원의 경제적인 효과를 발휘할 것으로 예상된다.

한편, 해외의 2009년 연간 풍력발전 시장은 2008년 대비 41.5% 성장하였으며, 38GW 이상의 새로운 풍력발전 설비가 설치되었으며, 총 풍력발전 용량이 158.5 GW에 달할 정도로 큰 시장이 형성되어 있다. 2002~2007년의 5년간 풍력시장의 동향을 살펴보면 연평균 24%(누적설치용량대비)의 고성장률을 나타내었으며, 연간 설치 용량 대비 연평균 성장률은 22.3%로 시장이 지속적으로 증가하는 추세에 있음을 알 수 있다. 또한 현재 풍력시장은 소규모에서 대규모로 넘어가는 추세로 풍력발전단지도 처음에는 소규모로 추진되었으나 점차 100MW단위로 대형화되고 있으며, 풍력발전시스템도 마찬가지로 초기 시장에서는 1MW급 이하 제품밖에 없었으나 이후 기술이 발전하면서 multi-MW급 제품들이 시장에 보편화 되고 있다. 이에 따라 해상풍력이 급격하게 발전하고 있는 추세로 유럽에서는 이미 대단위의 해상풍력단지가 몇 년 전부터 운용되고 있는 상황이다.

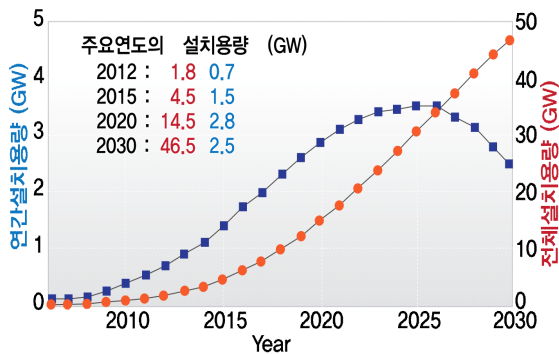


그림 3. 풍력발전분야 설치 목표(안),
(그린에너지로드맵, 2009)
(원자료의 내용을 기반으로 도표자체작성)

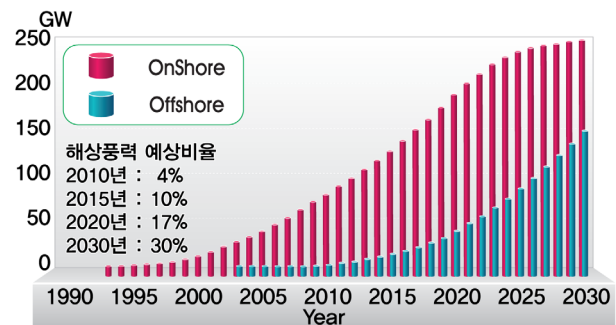


그림 4. 연간 풍력발전 연치용량(EWEA, 2009)
(원자료의 내용을 기반으로 도표자체작성)

2.2 풍력터빈 시공장비관련 동향

우리나라에서도 대형 풍력산업의 경쟁력을 확보하기 위하여 5MW급 풍력발전기를 연구개발 중이며, 이를 시공하기 위한 대구경 기초 설계 및 시공 관련 기술 시장이 확대 될 것으로 예상된다. 대구경 현장타설말뚝 시공에 선행되는 지반천공 작업에 사용되는 장비들은 소수의 해외 선진업체들이 국내 시장

을 상당부분 점유하고 있는 실정이며, 차후 대심도-대구경 천공 기회의 증가가 예상되는바 단기간 내에 대구경 천공장비 제작기술의 국산화/자립화가 요구된다.

세계적으로 가장 큰 RCD 장비 업체는 독일의 Wirth 사로 대부분 국내 생산 RCD장비의 모델이 되고 있으며, RCD Machine과 조합장비인 오실레이터 역시 독일의 Leffer사가 국내외 시장을 넓게 점유하고 있고 효율적인 대구경 천공장비 제작기술 연구에 경쟁적으로 집중하고 있다. DTH 해머는 한국을 포함하여 직경 1.2m가 최대직경으로 아직 직경 1.0m 이하가 주 생산 품목이며, 국제적으로 Ingersol Rand (미)과 SANDVIC(스웨덴)의 시장 점유율이 높아 국내의 DTH 설계 또한 IR type과 SD type으로 양분되어 제작되고 있는 실정이다. 기계식 지하굴착장비 세계시장의 최근 5년간 규모는 연간 12.3억~27.1억 달러 정도이며, 연평균증가율이 22%에 달하고, 5년 후에는 약 73억불 정도의 시장이 형성될 것으로 판단된다.

2.2 풍력발전터빈 기술동향

해상풍력발전용 모노파일은 풍력발전터빈용량/타워 직경과 밀접한 관계가 있다. 국내 풍력발전터빈 용량에 있어서는 표 1에 나타난 바와 같이 750kW 풍력발전기의 상품화는 완료되었고, 2MW 풍력발전기의 개발 및 실증연구가 진행 중에 있고, 타워의 직경은 3m 이하로 현재 모노파일 굴착장비 및 시공기술 수준으로 충분한 것으로 나타났다. 또한, 기술도입을 통한 1.65MW 및 2.5MW 등의 제품개발이 진행 중이며, 3MW급 해상풍력발전기 국산화 연구가 진행 중에 있는 등 국산기술과 해외도입기술을 이용한 풍력발전 시스템 개발이 활발히 진행 중에 있으며, 풍력발전용량 3MW급 수준에서 타워의 직경은 약 5m 정도가 필요하다는 것으로 나타났다.

표 1. 국내외 풍력발전기 용량별 기술개발 현황(그린에너지 엑스포, 2010)>

세부기술	업체명	보유 기술 또는 특허	비고
풍력발전기	유니슨	750kW급 gearless type 풍력발전기 개발완료 / 상용화	국내
	효성중공업	750kW급 gearless type 풍력발전기 개발완료 / 상용화	“
	한진산업	1.5MW급 풍력발전기 개발완료 / 상용화	“
	효성중공업	2MW급 geared type 풍력발전기 개발완료 / 실증 중	“
	유니슨	2MW급 PMSG type 풍력발전기 개발완료 / 실증 중	“
	두산중공업	3MW급 풍력발전기 개발 완료 / 실증 중	“
	현대중공업	1.65MW급 풍력발전기 개발 중	“
	삼성중공업	2.5MW급 풍력발전기 개발 중	“
	현대로템	2MW급 gearless type 풍력발전기 개발 중	“
	효성중공업	5MW급 풍력발전기 개발 중	“
대형 풍력터빈 생산기술	Vestas(덴마크)	5MW급 풍력발전기 개발 완료 / 실증 중	국외
	Gamesa(스페인)	4.5MW급 풍력발전기 개발 완료	“
	GE Wind(미국)	5~7MW급 해상 풍력발전기 개발 중	“
	Repower(독일)	5MW급 개발 완료 / 상용화 해상용 6MW급 개발 중	“
	Enercon(독일)	6MW급 개발 완료 / 실증 중	“
	Nordex(독일)	2.5MW급 풍력발전기 생산 중	“
	Suzlon(인도)	2.1MW급 풍력발전기 생산 중	“
	Siemens(덴마크)	3.6MW급 풍력발전기 생산 중	“
	Acciona(스페인)	3MW급 풍력발전기 생산 중	“
	Mitsubishi(일본)	6MW급 해상 풍력발전기 개발 중	“

한편, 유럽은 기술영역의 핵심역량 확보를 위한 Framework Project, 구성기기 신뢰성 모니터링 및 가격 경쟁력 향상을 위한 ReilaWind, 초대형(8~10MW) 풍력시스템의 설계를 목표로 하는 UPWIND 프로젝트를 통하여 연구를 진행하고 있고, EU 레벨에서 체결된 대규모 풍력 프로젝트인 UPWIND에서는 2006년 초부터 Risa National Laboratory 등을 중심으로 한 38개의 업체 및 연구소가 연구에 참여하고 있다(그린에너지 전략로드맵, 2009). 또한, 미국은 DOE Wind Energy 프로그램에 의해 풍력시스템의 발전 원가 절감, 성능 및 안정성 향상과 관련된 기술개발을 진행 중에 있다.

2.3 풍력발전용 기초관련 기술동향

EWEA(2009)의 보고에 따르면 풍력단지 설치에 있어서 기초구조물 설치가 차지하는 비용은 육상의 경우 16%, 해상의 경우 32%(Support structure+Installation)로 해상의 경우가 훨씬 크다(그림 5 참조). 해상풍력단지 설치비용은 수심과 해변에서의 거리가 가장 큰 영향요인이며, 날씨의 영향으로 시공일수가 육상에 비해 현저히 떨어지기 때문에 기초구조물 시공이 차지하는 비용이 전체의 40% 이상으로 보는 견해도 있다(강금석, 2009). 상술한 바와 같이 기초구조물의 구조적인 중요성뿐만 아니라, 공사비에 있어서도 큰 비중을 차지함에도 불구하고, 해상풍력 기초와 관련한 연구는 현재 수행되고 있지 않는 실정이다. 본 절에서는 기초관련 기술을 설계, 굴착장비 및 시공 부분으로 나누어 기술동향에 대해 기술한다.

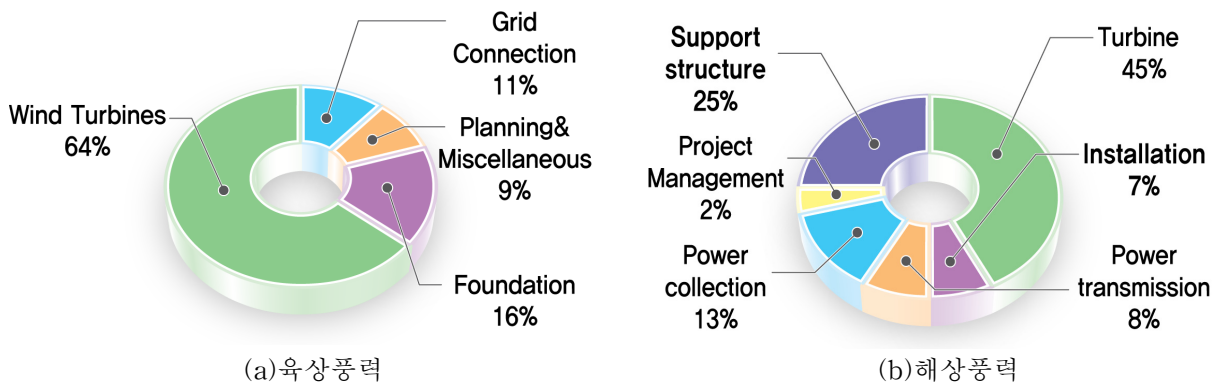


그림 5. 풍력단지 설치비용(EWEA, 2009)

2.3.1 설계기술

국내 지반공학 분야에서의 연구는 신뢰성 해석에 기초한 말뚝기초의 설계를 중심으로 이루어져 왔고 지지력 예측과 관련한 연구가 다수 수행되어 왔으나, 이들 연구는 해양 풍력발전기의 구조적 특성 등의 복잡한 제반조건에 대해서는 충분히 고려하고 있지 못하며, 따라서 해상풍력발전용 기초의 설계에 적용하기에는 미흡한 부분이 많다. 해상풍력발전용 기초의 경우 풍력발전시 발생하는 진동과 파랑, 조류 등의 해양환경의 고려가 필수적이거나, 국내에서는 이를 고려한 설계기술이 정립되어 있지 않다.

한편, 토목 및 건축구조물의 설계에 있어 한계상태설계법은 세계적인 추세이며, 미국과 유럽을 포함한 선진외국에서는 구조물 설계와 관련하여 한계상태설계법을 이미 도입하여 그 기준을 정비하였고, 특히 미국의 경우 2007년부터 교량설계시 하중저항계수설계법(LRFD)의 사용이 의무화되었으며, 유럽의 경우 2020년 이후 EU 가입국에 Eurocode가 강제 의무화될 예정으로 국제 기술 표준화 작업이 빠른 속도로 이루어지고 있는 상황을 고려해 볼 때 하중저항계수설계법으로의 변화는 필연적이라고 할 수 있다.

2.3.2 시공기술

국내 현장타설말뚝 시공 사례 분석 결과 대부분이 경우 직경이 1.0~3.0m로 2.0m 이하가 다수인 것으로 나타났다. 또한, 근입깊이는 기반암 하부 1.0D 이상으로 풍화암인 경우 기반암 이하 3.0D 이상을 근

입하는 것으로 나타났다. 한편, 해상풍력발전용 기초형식과 관련하여 유럽의 경우 해상풍력 기초형식은 표 2에 나타내는 바와 같이 모노파일의 압도적으로 많은 것으로 나타나, 이와 관련한 시공기술의 개발 및 체계화가 중요한 것을 알 수 있다.

표 2. 유럽의 상업운전 해상풍력 현황 및 기초형식 (한국전력공사, 2009)

wind farm	Nation	Year built	Capacity (MW)	Total cost (million)	Depth (m)	Developer	Foundation type	Turbine manufacturer	Turbine size (MW)	Hub Height (m)	Distance to shore(km)
Vindeby	DK	1991	5	11.2	3.5	SEAS	gravity	Bonus	0.45	38	1.5
Lely	NL	1994	2	4.8	7.5	Energie Nord West	mono	NED Wind	0.5	39	0.8
Dronten	NL	1996	11	28.6	1.5	Nuon	mono	Nordtank	0.6	50	0.03
Bockstigen	SDN	1997	3	4.8	6		mono	wind world	0.55	41.5	
Middlegrunden	DK	2001	40	53	6	Energie E2	gravity	Bonus	2	64	2
Utgrunden	SDN	2001	10	14	8.6	Vattenfall	mono	Enron	1.425		
Yttre Stengrund	SDN	2002	10	18	8	Vattenfall	mono	NEG	2	60	
Horns Rev	DK	2003	160	500	10	Vattenfall	mono	Vestas	2	70	14
Nysted	DK	2003	165	373	7.75	DONG	gravity	Bonus	2.3	70	10
Samso	DK	2003	23	52	20		mono	Bonus	2.3	63	3.5
North Hoyle	UK	2003	60	148	12	npower	mono	Vestas	2	67	7
Scroby Sands	UK	2004	60	155	16.5	E.ON	mono	Vestas	2	68	2.5
Arklow	IRE	2004	25	70	3.5	Airtricity	mono	GE	3.6	74	10
Kentish Flats	UK	2006	90	217	5	Vattenfall	mono	Vestas	3	70	10
Barrow	UK	2006	90	190	17.5	DONG	mono	Vestas	3	75	7.5
Egmond aan Zee	NL	2006	108	334	18	Nuon	mono	Vestas	3	70	10
Burbo Bank	UK	2007	90	185	5	DONG	mono	Siemens	3.6	83.5	6.5
Beatrice	UK	2007	10	70	45	Talisman	Jacket	Repower	5	88	22
Lillgrund	SDN	2007	110	300	7	Vattenfall	gravity	Siemens	2.3	69	10
Q7(Princess Amalia)	NL	2008	120	590	21.5	Econcern	mono	Vestas	2	59	23
Thronton Bank	BEL	2008	30	197	20	C-Power	gravity	Repower	5	94	28
Kemi Ajos	FIN	2008	24			PVO-Innower	Artificial island	WinWind	3	88	<1
Innerdowsing	UK	2008	97	300	10	Centrica	mono	Siemens	3.6	80	5.2
Lynn	UK	2008	97	300	10	Centrica	mono	Siemens	3.6	80	5.2
Brindisi	ITL	2008	0.08		108	Blue H	Floating		0.08		20
Hooksiel	GMN	2008	5		2-8	BARD	Tripod	Enron	5		<1

2.3.3 기초시공장비

국내 모노파일 시공을 위한 굴착장비는 주로 RCD 장비를 이용하고 있으며, 국내 제작사로는 부마, 삼보건설기계, 삼진산업 등이 있다. 부마는 국내 최대 RCD 장비제작 업체로 홍콩 등에 장비 수출 실적 있고, 삼보건설기계는 RCD 장비의 생산 및 수리를 주로 하고 있다. 그러나 국내 제작사들은 기술협력 등을 통해 해외 선진업체의 제품과 유사한 장비를 제작하고 있는 실정이며, 국내 고유 모델은 현재 개발

되어 있는 않은 것으로 알려져 있다. 국산 부마 장비의 경우 홍콩시장 진출을 시도한 바 있으나, 가격이 독일산에 비하여 저렴함에도 불구하고 시장점유율을 확보하지 못하고 있는 실정인 바, 내구성 및 품질에서 아직 경쟁적인 위치를 가지지 못한 것으로 판단된다. 즉, 국산장비는 주로 국내 시장을 중심으로 보급되고 있으며, 아직 국제 시장에 본격적으로 진출하지 못하고 있는 실정이다.

굴착장비 직경과 관련하여 살펴보면, 인천대교 설계시 3m 현장타설말뚝이 적용됨에 따라 Wirth사의 3m 구경의 RCD가 국내에 보급된 바 있고, 현재 국내에 운영 중인 직경 3m의 RCD는 Wirth사의 오리 지날 제품이 5대정도 있으며, 이를 복제한 국내제품이 5대 정도로 약 10여대가 운영 중인 것으로 알려져 있으나, 국내제품 중 일부는 직경 2m RCD장비를 비트만 3m로 확대 적용한 장비도 있는 것으로 파악되었다.

일반적으로 천공장비 상부에 하중(추력)을 재하하여 천공하는 방식인 RCD공법을 이용하여 대심도 천공을 수행할 경우 1/200 정도의 수직도 유지가 가능한 것으로 알려져 있으며, 더 높은 수직도 요구에 부합하기 위해서는 천공방식과 수직도 모니터링 및 계측 장치의 개발이 필요하다. 에너지 절약 대책과 저비용, 신뢰성 향상이 앞으로의 공압 및 유압기기 기술개발에 있어서 중요한 과제이며, 펌프, 모터의 경량화는 동력전달기기로서 오래전부터 기술과제였지만 이것을 고출력 밀도화의 관점에서 보면 에너지 절약, 저비용, 고압화의 과제를 모두 포함한 것이라 볼 수 있다.

3. 시장진입을 위한 기술

표 3은 풍력발전용 모노파일 기초시공시스템의 시장진입을 위해서 필요한 기술을 설계/시공/굴착장비로 나누어 요약하여 제시하고 있다. 표에 나타난 바와 같이 설계분야에 있어서는 파랑하중, 풍하중 등 다양한 해양조건을 고려하고, ISO19902에 부합하는 설계기술이 요구되며, 시공 중 모노파일의 수직도 및 지지력 품질을 확보할 수 있는 기술, 해상 기초와 상부 풍력발전 터빈을 효율적으로 연결하는 기술, 해양 환경에서의 기초의 성능을 장기적으로 모니터링하고 유지관리하는 기술 등이 요구된다. 또한 굴착장비와 관련해서는 직경 5m급 암반 드릴장치의 개발과 드릴장치의 운용을 위한 베이스머신 설계 및 제작 기술이 세계시장 진입을 위한 필요기술로 판단된다.

표 3. 해상풍력발전 설비 구축을 위하여 요구되는 기초 설계/시공기술

구분	현재기술수준	시장진입을 위한 기술
설계	해상풍력 기초 관련 설계기준 없음	<ul style="list-style-type: none"> - 파랑하중, 풍하중, 충돌하중, 지진하중 등 다양한 하중조건에 대한 검토 및 분석 - 해상조건 동적하중에 의한 지반과 모노파일의 거동 분석, 지지력 평가 - ISO 19902에 부합하는 한계상태 기반 해상 풍력발전 기초 설계지침 - 해상기초 최적설계를 위한 해양지질 정보 구축시스템 개발 - 해상기초 설계를 위한 지반정수 평가기술 개발
시공	최대구경 3m 모노파일 시공 - 연암 최대 근입심도는 1D~2D정도 - 수심 20m 정도 - 천공수직도 1/200 이하 (10~20% 기준치 벗어남)	<ul style="list-style-type: none"> - 해상 시공 작업선단 안정성 확보 기술 - 시공 중 모니터링을 통한 기초지지력 추정 기술 - 대구경 모노파일 시공품질 모니터링 기술 - 시공 중 수직도 1/300 이하 확보 기술 - 대구경 기초의 지지력 극대화 기술 - 해상 풍력발전 타워와 모노파일 인터페이스 기술 - USN, CDMA 등을 이용한 대구경 모노파일 원거리 모니터링 기술
굴착장비	구경 3m 급 암반 드릴 장치 기타 베이스머신 RCD 구경 3m급 한계	<ul style="list-style-type: none"> - 고효율 직경 5m급 암반 드릴장치 설계 및 제작 - 직경 5m급 드릴장치를 운용할 수 있는 회전 토크 최대 50톤-미터, 인장능력 100톤 이상의 성능을 보유하는 로터리헤드, 파워팩, 굴착장치 베이스머신 설계 및 제작

4. 맺음말

본 논문은 해상풍력발전 설비의 건설과 관련하여 국내외의 시장 및 기술동향, 지반공학적 관점에서의 해상풍력설비 기초와 관련된 기술동향 및 향후 필요 기술에 대하여 기술하였다. 기술한 바와 같이 전 세계의 풍력발전 시장규모는 2020년 기준으로 약 250억달러로 예상되며, 이는 조선업이 가장 활황이었던 2006-2007년도 시장규모를 넘어서는 것으로 파악된다. 특히 향후의 풍력발전 건설시장은 육상보다는 해상공사가 많을 것으로 알려져 있으므로, 기초시공과 관련된 시장규모는 전체 공사비에 약 40%에 이를 것으로 보고되었다.

우리나라의 경우 해상풍력 설치가능 수심인 20~100m해역이 광범위하게 존재하고, 서남해안 지역은 풍속과 에너지밀도가 충분하여 좋은 입지 조건을 가지고 있어서, 신재생 청정 에너지원 확보를 위하여 해상 풍력단지 사업계획이 국가 또는 지자체를 중심으로 수립되고 있는 상황이다. 특히 전라남도 지자체에서는 4GW 해상풍력발전 단지의 구축을 계획하여, 향후 20년간 사업이 진행될 예정으로 알려져 있으므로, 설비 시공을 위한 지반공학적인 연구가 시급한 상황이다. 이에 국토해양부에서는 최근 연구단급 과제를 발주하여 풍력설비의 해상설치와 관련된 핵심기술 개발에 투자하고 있으며, 대형 모노파일의 설계/시공/시공장비와 관련된 융복합적인 R&D사업이 진행될 예정으로 연구개발은 국내 해역에 적합한 친환경적인 기초공법과 기존의 공법을 융복합한 효율적인 방향으로 수행되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 강금석 (2009), “해상풍력 개발 동향 및 토목기술의 역할”, **물과 미래-한국수자원학회지**, Vol. 42, No.5, pp.75-81.
2. 그린에너지 엑스포 (2010), **풍력기술강좌-소형풍력현황 및 국내외 풍력산업 동향**, 그린에너지 비즈니스 국제 컨퍼런스, 대구 엑스코.
3. 에너지관리공단(2008), **신재생 에너지 백서 2008 3편**, pp.294-316.
4. 지식경제부 (2009), **그린에너지 전략로드맵(풍력)**, 한국에너지기술평가원 연구수행
5. 하나금융경영연구소(2009), **국내 풍력발전산업의 전망과 경쟁력 분석**, 산업연구시리즈, 제 17호, pp.3-16.
6. 한국전력공사 (2009), **국내 해상풍력 적정부지 선정 예비평가 보고서**.
7. EWEA (2009), *Pure Power-Wind energy targets for 2020 and 2030*, A report by the European Wind Energy Association-2009 update.