

국내 풍력산업 현황과 콘크리트 타워 개발 기술

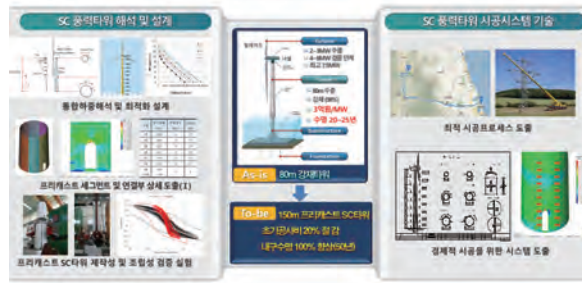
윤혜진 구조융합연구소 전임연구원

온실가스 감축을 위한 국제적 노력

파리 기후변화협약이 지난 2016년 11월 공식 발효되었다. 파리협정은 2015년 12월 파리에 모인 195개국 유엔기후변화협약 (UNFCCC) 대표들이 지구 평균온도 상승을 2°C 이하, 더 나아가 1.5°C까지 제한하는 것을 목표로 채택되었다. 각국은 '국가별 기여방안(INDC)'이라는 온실가스 감축 목표를 스스로 정해 국제사회에 약속하고 이 목표를 실천해야 하며, 국제사회는 그 이행에 대해서 공동으로 검증하게 된다. 온실가스 배출량 세계 1위인 중국은 국내총생산(GDP) 단위당 이산화탄소 배출량을 2005년 대비 60~65% 낮추기로 계획하였다. 기후변화 대응을 선도하는 EU는 2030년까지 1990년 대비 최소 40% 감축을 목표로, 일본은 2030년까지 2013년 대비 온실가스 26% 감축을 목표로 한다. 미국은 2025년까지 2005년 대비 26~28%의 온실가스 배출 감축을 목표로 하였으나 금년 6월 트럼프 대통령이 파리기후협약 탈퇴를 선언한 상황이다. 한국은 국가별 기여방안(INDC)으로 2030년 배출전망치(BAU) 대비



[그림 1] 국내 풍력설치실적
(출처: <http://www.energy-news.co.kr/news/articleView.html?idxno=45781>)



[그림2] 연구개발 핵심성과

37%(국내 25.7%, 국외 11.3%)의 온실가스 감축 목표를 제시하였다.

파리 기후변화협약과 국내 풍력발전산업

우리나라 풍력발전산업은 좁은 국토 면적과 불리한 풍향 자원이라는 환경 속에서 지속적으로 발전, 풍력발전 도입 20년 만인 2016년에 누적 설비용량 1GW를 돌파하였다. 정부는 파리 기후변화협약에 적극 동참할 수 있도록 2030년까지 신재생에너지 발전비중을 20%로 대폭 확대하는 것을 목표로 하고 있으며, 이를 위해 문재인 대통령은 후보 시절 2030년까지 풍력발전설비를 16GW 신규 설치하겠다고 발표한바 있다. 이에 따라 풍력발전산업의 발전 속도는 더욱 가속화될 전망이다.

콘크리트 타워 개발 기술

풍력발전산업의 경제성 제고를 위해 저풍속용 육상풍력이나 대형 해상풍력의 필요성이 높아지고 있으나, 기존의 90m 높이의 강재타워로는 경제성인 건설이 불가능하여 현재 세계 각국에서는 콘크리트를 적용한 풍력타워 개발을 추진하고 있다. 풍력타워 건설 시 재료를 강재에서 콘크리트로 대체할 경우 ①유지관리비용이 낮고, ②경제적이고, ③타워 높이와 현장조건에 따라 다양한 설계와 시공이 가능하고, ④높은 감쇠비로 인해 동적성능이 우수하고, ⑤강재타워 대비 친환경적인 장점이 있다.

국내의 경우, 콘크리트 풍력타워 개발에 대해서는 한국건설기술연구원 주관으로 국토교통 R&D 'SUPER Concrete 프리캐스트 풍력타워 개발' 연구가 2013년 12월 시작되어 금년 10월에 완료되었다. 개발 풍력타워는 5MW 터빈을 적용할 수 있는 100m~150m급 높이로, 기존의 강재타워보다 초기공사비 및 유지관리비를 20% 절감하고 내구성을 100% 이상 향상시킬 수 있는 프리캐스트 풍력타워 시스템이다. 이를 위하여 80MPa 압축강도의 콘크리트 적용(이하 SC80)으로 일반 콘크리트의 약점인 강도 대비 무거운 중량을 보완하였다. 또한 프리캐스트 형식을 적용하여 현장콘크리트 타설 대비 상대적으로 빠른 시공이 가능하도록 하였다. 상기 과제의 연구개발을 통하여 SC80을 활용한 100~150m 풍력타워의 해석 및 설계방법을 정립하고, 이를 토대로 기본설계(100m, 130m) 수행 및 상세설계(150m)를 실시하였으며, 강재타워 대비 20% 절감이 가능한 SC 타워 설계기술을 확보하였다. 또한, SC 풍력타워 프리캐스트 제작 및 시공을 위하여 연결부 상세에 대한 설계 및 성능평가를 수행, 실물 실험체 제작 및 성능평가를 수행함으로써 향후 현장적용에 필요한 기술을 확보하게 되었다.

맺음말

한국건설기술연구원은 국토교통 R&D 과제로 강재타워 대비 초기공사비 및 유

지관리비를 20% 절감하고 내구성을 100% 이상 향상시킨 콘크리트 타워를 개발하였다. 이러한 연구 성과는 앞으로 국내 풍력산업 기반 구축을 위한 핵심 자료로 활용될 수 있으리라 판단된다.

참고자료 —

- The Concrete Centre (2007) Concrete towers for onshore and offshore wind farms
- 김남영 (2017) 세계 기후변화 정책은 역행할까? - 국제 사회의 기후변화 대응기조와 국가별 대응전략, 세계와 도시 17호, 서울정책아카이브
- 국토교통부 (2017) 압축강도 80~180MPa급 맞춤형 SUPER Concrete 재료 및 구조물 기술 개발 연차실적 계획서

가소성 뒤택움재를 적용한 하수관로 시공 및 지중공동 예방 기술

김동민 지반연구소 전임연구원

노후 하수관로로 인한 도심지 지반침하

최근 도심지에서 싱크홀을 비롯한 지반 침하 및 도로함몰 등의 현상이 빈번하게 나타나고 있다. 대부분의 지반침하 및 함몰은 노후 하수관로의 손상이나 부적절한 채움재 및 다짐불량 등으로 인해 발생한다. 노후 하수관로가 파손되거나 이음부의 연결 불량으로 누수가 발생되고 주변 토양이 유실되어 도로표면에서 약 1.0~1.5m 이내의 깊이에서 공동발생과 도로함몰이 일어난다. 서울시의 경우 2010년 이후 발생한 도로 함몰 3,205건 중 노후 하수관이 원인인 것은 2,714건으로 약 84%에 달하는 것으로 나타났다, 2013년 기준 총연장 10,392km에 이르는 하수도관 중 20년 이상 된 노후 관로가 약 73.3%에 이르러 노후 하수

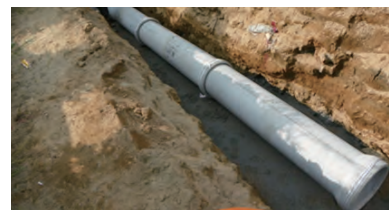
관에 대한 긴급복구가 요구되고 있는 상황이다. 또한, 일본의 경우에는 연간 약 2,000건의 함몰사고가 발생하는 것으로 보고되고 있다. 상·하수도관 등 관로 매설공사의 되메우기 방법은 저면에 모래를 깔고 관을 설치하는 방법을 사용하고 있으나, 지중 매설관이 중첩되어 있거나 관 접속부위 및 관하부의 틈새를 다짐하는 데 어려움이 있다. 특히, 관로 다짐 작업 시 현장다짐에너지에 의해 발생하는 추가 하중은 구조물에 토압증가 효과를 유발하는 문제가 있다.

국내외 CLSM(Controlled Low Strength Materials) 개발 추이

채움재 및 다짐으로 인한 문제점들을 해결하기 위해 유동성 채움재가 사용되고 있는데, 미국 콘크리트학회에서는 모래, 시멘트, 플라이애시(Fly ash), 물, 혼화제로 구성된 유동성 채움재를 저강도 조절 재료(CLSM)라고 명칭하고 이에 대한 규정을 제시하였다. 일본에서는 건설 발생 토에 물과 고화제를 혼합하여 슬러리 상태로 처리한 것을 유동화 처리토라 명칭하고 사용하고 있다. CLSM은 시공 시 장소의 제약이 적으며 다짐이 필요 없기 때문에 비용절감, 작업자의 안정성 증



(a) 가소성 뒤택움재 다짐 하수관로



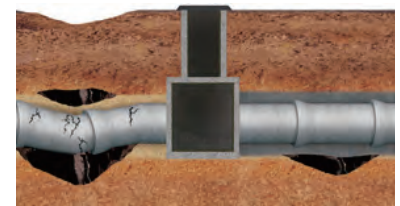
(b) 기존 모래 다짐 하수관로

[그림 1] 가소성 뒤택움재 현장 적용성 평가

진, 시공의 단순화로 인한 인력감소 등의 장점이 있으며, 재활용 재료를 첨가함으로써 친환경재료로도 사용이 가능하다. 또한, 배합비에 따라 강도 조절이 가능하며 기존에 다짐 등에 의한 강도 조절에 비해 재료의 강도가 전체적으로 균일한 특징을 가지고 있다. 유동성 채움재는 주로 모래, 시멘트, 플라이애시와 물을 적절히 혼합하면 초기에는 물과 플라이애시의 영향으로 충분한 유동성을 갖게 되며, 시간이 지나면서 시멘트 성분의 양생으로 원하는 강도까지 강도를 증진시킬 수 있다.

가소성 뒤택움재

가소성(假塑性, Pseudo Plasticity)이란 외력이 존재하면 유동성을 가지게 되나 외력이 없어지면 그 형태를 유지하는 성질을 말한다. 국가연구개발사업으로 개발된 가소성 뒤택움재는 기존 CLSM에 가소성을 부여한 재료이다. 기존 도심지 하수관로의 경우 대부분 주거지역 내 협소한 공간이나 지장물이 인접한 지역에 매설되어 있으며, 도로함몰 및 하수관로 파손 시 소규모 작업 공간과 인접한 다양한 지장물로 인해 사실상 다짐이 불가능하다. 또한, 인접지반과 구조물의 영향에 의해 다짐 효율이 떨어져 매설관 하부지반 부등침하와 도로함몰이 발생하게 된다. 가소성 뒤택움재는 다짐이 필요 없고, 한정주입이 가능하며 조기 강도확보가 가능하여 시공 후 4시간 이



[그림 2] 가소성 뒤택움재의 하수관로 보호 메커니즘