

Global Report

도로건설 기술 동향에 관한 전략적 분석

1. 개요
2. 산업의 추세
3. 혁신 기술
4. 전략적 시사점

1. 개요

본 발표 자료는 2016년 4월에 컨설팅 회사인 Frost & Sullivan에서 발표된 글이다. 이 회사는 여러 가지 산업에 걸쳐서 소비자 시장 연구, 성장 전략 컨설팅, 산업 동향 분석 등을 담당하는 회사이다. 이 회사는 미국 California 주의 Mountain View 에 본사가 있으며, 세계 40여개의 나라에 지점을 두고 있다.

본 발표 자료에서는 도로 포장 재료에 대한 최신 동향을 다루고 있다. 이 글은 크게 세 가지 부분으로 나눌 수 있다. 첫 번째 부분에서는 도로 건설 산업에 대한 전반적인 추세에 대해 다룬다. 여기에서는 도로 포장 산업에서 중시되는 방향을 제시하고 세계적인 연구의 추세를 논한다. 두 번째 부분에서는 도로 포장과 관련된 혁신적인 신기술에 대해 다룬다. 여기에서는 각각의 신소재의 장단점을 논하고 시장에 미치는 여파에 관해 다룬다. 세 번째 부분에서는 도로 포장 산업의 전략적인 특징을 다루고 있다. 이 부분에서는 각 나라별 특허 기술 현황을 비교해보고 포장 산업의 전략적 특징에 대하여 설명한다.

2. 산업의 추세

최근 도로 건설 산업은 도로 포장의 질 개선과 더불어 다양한 요소를 고려하여 발전하는 추세이다. 그 중에서도 특히 플라스틱 폐기물, 친환경적인 재료 등의 환경적 요소가 강조되고 있다. 도로 건설 산업의 추세는 세 가지 방향으로 설명될 수 있다.

첫째, 도로 건설 사업의 주요 회사들은 중장비 구입을 중시하는 추세에 있다. 도로의 질을 높이기 위해서는 중장비의 사용이 필수적이다. 포장과정별로는 도로 기반층, 아스팔트 포장, 인셋 콘크리트 포장, 오프셋 콘크리트 포장 등 네 유형에 따라 서로 다른 필요성이 있다. 도로의 기반층은 혹독한 기후 환경에서도 장기간 유지될 수 있는 높은 내구력이 요구된다. 또한, 아스팔트 포장에서는 아스팔트 혼합물이 굳기 전에 균일한 포장을 마무리하기 위한 압착 작업에서 필수적으로 필요하다. 인셋 콘크리트 포장에서는 압력을 효과적으로 분산시키기 위해 각 보강자재 위에 빈 공간을 만드는 기술에 필요하다. 오프셋 콘크리트 포장 과정에서는 콘크리트 부품들을 수작업으로 만들기 보다는 장비를 이용한 슬립폼(slipform) 기법으로 만드는 방향이 선호되고 있다. 이러한 도로 포장 과정에서의 기술적 요구사항을 충족시키기 위해 중장비의 사용이 강조되고 있다.

둘째, 도로 건설의 핵심 기술은 혁신적인 신소재의 도입을 중시하는 추세이다. 신소재 도입 추세는 크게 다섯 가지 사항으로 요약될 수 있다. 첫 번째는 콘크리트 섬유 사용의 증가이다. 콘크리트 구조물에는 인조 섬유, 철, 유리, 현무암, 자연 섬유 등의 다양한 섬유들이 사용된다. 이러한 섬유 사용은 충격과 부식에 대한 높은 저항력과 낮은 투수성이라는 장점이 있다. 두 번째는 플라스틱 폐기물을 아스팔트 도로의 필러(filler)로서 활용하는 점이다. 플라스틱 폐기물은 버진 레진(virgin resin)이나 콘크리트와 함께 필러에 활용되고 있다. 이로 인하여 플라스틱이 기존의 무기화학 골재를 대체함에 따라 도로의 자체 중량의 감소라는 이점을 얻고 있다. 세 번째는 농업 폐기물을 토양 혼합물로서 활용하는 점이다. 비산재(fly ash), 왕겨 재(rice husk ash), 버갸스 재(bagasse ash) 등과 함께 농업 폐기물인 벃짚 재(rice straw ash)는 토양 화합물로서 충분히 활용 가능하다. 이를 통해 개선된 토양의 지지용량과 공학적 특성은 도로 건설에서 기본층으로서의 가치를 높여주고 있다. 네 번째는 토목 합성 재료(geosynthetics)에 대한 관심의 증가이다. 고강도의 자재를 이용하여 만들어진 격자인 지오그리드(geogrid)는 고속도로나 높은 지지 용량이 요구되는 도로에 주로 사용되고 있다. 이로 인한 이점은 바퀴 자국의 감소, 무게로 인한 늘어남의 감소, 지지 용량의 증가 등이 있다. 다섯 번째는 자가 발열 자재에 대한 연구의 증가이다. 이 연구는 탄소 거대 섬유(carbon macrofibers)나 나노 섬유(nanofibers)를 내장한 자가 발열 콘크리트의 개발로 이어졌다. 자가 발열 콘크리트는 탄소 섬유를 이용하여 콘크리트의 표면 온도를 높임으로서 콘크리트의 열 전도율을 높이는 이점이 있다. 이러한 장점들로 인하여 도로 건설 산업의 핵심 기술은 건설 자재의 도입에 중

점을 두는 추세이다.

셋째, 도로의 수명 연장과 원산지 자재의 사용은 세계 각국의 공통된 기술 개발 목표가 되어 가는 추세이다. 본문에서는 미국, 중국, 유럽 연합, 인도, 호주 등의 5개국을 예시로 설명한다. 미국에서는 주로 미래의 도로 건설에 사용될 생물 기반 소재의 개발에 초점을 맞추고 있다. 또한 재활용 플라스틱, 탄소 섬유, 유리 섬유 등의 연구도 진행되고 있다. 중국에서는 “일대일로” (“One Belt, One Road”) 정책을 추진하여 유럽, 중앙아시아, 서아시아를 잇는 경제 벨트를 조성하는 프로젝트를 계획 중이다. 도로 디자인 개선을 위한 요구사항, 재료, 규격 등의 연구도 이루어지고 있다. 유럽 연합에서는 유럽 위원회(European Commission)의 지원을 받아 자기 치유 아스팔트, 도로 건설 장비, 지오그리드(geogrid) 등의 다양한 분야에서 연구가 이루어지고 있다. 이 중 대표적인 프로젝트는 SHINE 프로젝트와 HEALCON 프로젝트로서, 두 프로젝트 모두 자기 치유 소재의 개발을 목표로 하고 있다. 인도에서는 경제가 급격히 발달함에 따라 도시와 도시를 연결하는 도로망이 늘어나고 있고, 이로 인해 도로 건설 시장이 빠르게 성장하고 있다. 따라서 주로 연구하는 분야는 농업 폐기물을 도로 필러(filler)로서 활용하는 분야와 저비용 원산지의 소재 개발 분야이다. 호주는 주로 도로 소재가 끼치는 환경적인 영향과 다목적으로 사용될 수 있는 소재 개발에 연구의 초점이 맞추어져 있다.

3. 혁신 기술

이 부분에서는 최근에 개발된 혁신적인 도로 소재에 대해 다룬다. 세계적인 관점에서 보았을 때 도로 자재 개발은 크게 두 가지의 양상으로 나누어 질 수 있다. 그 중 첫 번째의 흐름은 미국과 유럽에서 보이는 개발 양상이고, 두 번째의 흐름은 인도와 중국에서 보이는 개발 양상이다.

미국과 유럽에서의 소재 연구는 자기 치유 소재의 개발과 도로의 질적 개선에 중점을 두고 있다. 본문에서는 대표적인 네 가지의 소재에 대해 설명하고 있다. 첫 번째 소재는 드라믹스 3D (Dramix 3D) 강철 섬유로서 벨기에의 버커트 그룹 (Bekaert Group)에서 개발되었다. 이 소재는 기존의 콘크리트보다 시간 절약과 가격 절감의 장점을 지니고 터널, 구조물, 콘크리트 블록 등에 사용될 수 있다. 두 번째 소재는 아쿠아 큐어 복스 (Aqua-cure Vox) 로서 미국의 유클리드 화학 (Euclid Chemicals)에서 개발되었다. 이 물질은 콘크리트의 접합 시 사용되는 액체로서 물을 기반으로 하고 적은 냄새가 특징이 있다. 이 물질은 액체 막을 형성하여 도로의 풍화를 막아주는 한편 도로로부터 휘발성 유기 화학물의 유출을 막아 환경 보존에도 기여한다. 현재 이 물질은 용액 기반의 혼합물을 대체할 수 있는 최고의 물질로 각광받고 있다. 세 번째 소재는 폐플라스틱 아스팔트 혼합물(Waste Plastic Asphalt Binders)로 포르투갈의 미뉴 대학(University of Minho)에서 개발되었다. 도로 포장재의 유연성은 아스팔트에 폴리머를 섞음으로서 향상될 수 있다. 미뉴 대학에서는 폐플라스틱을 아스팔트 역청에 첨가한다면 환경 문제 없이 도로의 질을 높일 수 있다는 가정을 제시했다. 실험에는 고농축 폴리에틸렌(high-density polyethylene), 저농축 폴리에틸렌(low-density polyethylene), 에틸렌 비닐 아세테이트(ethylen-vinyl acetate)등 세 가지의 폐플라스틱이 사용되었다. 실험 결과 플라스틱이 첨가된 아스팔트는 동적 점착성, 탄성, 저장 능력에서 개선된 성능을 나타냈다. 네 번째 소재는 자기 치유 콘크리트로 유럽에서 힐콘(Healcon) 프로젝트를 통해 개발되었다. 힐콘 프로젝트는 내구력이 있고 환경 친화적인 콘크리트 개발을 목적으로 하는 프로젝트이다. 프로젝트의 일환으로 여러 가지 치료 매체와 캡슐화 기술도 함께 개발되었다.

이에 반해, 인도와 중국에서의 소재 연구는 내구성 증가와 구조적 완성도 개선에 중점을 두고 있다. 본문에서는 대표적인 네 가지의 소재를 설명하고 있다. 첫 번째 소재는 붓페이브 85(BodPave 85)로서 인도의 지오신세틱스社(Goesynthetics Pvt Ltd)에서 개발되었다. 이 소재는 100% 재활용 플라스틱으로 만들어진 도로 포장용 격자로 튼튼하고 안전하며 환경 친화적인 특성을 지닌다. 이 자재는 토양의 자갈 함유량을 유지하는 데에 쓰이며, 제곱미터 당 400 톤의 지지 용량을 지닌다. 두 번째 소재는 쌍축 지오그

리드 (biaxial geogrid)로서 중국의 휘펑 그룹 (Huifeng Group)에서 개발한 소재이다. 이 소재는 포장 보강재로서 쓰이며, 하중을 제한하고 분산시킴으로서 약한 지반 위의 도로를 효과적으로 지지하는 역할을 한다. 또한 도로의 두께 요구치를 낮추고 도로의 수명을 연장시키며, 지반의 질을 개선하는 역할도 한다. 세 번째 소재는 자기 치유 고무변성 아스팔트 코팅(self-healing non-curable rubber modified asphalt coating)으로 중국의 우한스타 방수 회사(Wuhan Star Waterproof Co. Ltd.)에서 개발된 소재이다. 이 소재는 자기 치유 아스팔트를 코팅함으로서 방수 효과를 부여하고, 내구성을 개선시키고 부식에 대한 저항력을 증가시킨다. 또한, 이 소재의 높은 유연성과 늘어남은 변형된 도로면에도 사용될 수 있게 해 준다. 최근에는 이 소재를 항균 무공해 소재로 개발하려는 연구가 진행 중이다. 네 번째 소재는 크로노스(Chronos)로 인도의 마페이 건설 회사(Mapei Construction Products India Pvt. Ltd.)에서 개발되었다. 이 소재는 화학 반응을 일으키는 나노구조의 초가소제(superplasticiser)로 콘크리트 혼합물에 첨가제로서 사용된다. 이 소재는 콘크리트의 생산 사이클을 줄여 주고 25-45 N/mm² 정도의 강도를 제공한다.

4. 전략적 시사점

도로 건설 분야의 전략적 시사점을 제공하기 위해 도로 건설 분야에 관련된 특허건수 통계 자료를 통해 도로 건설 산업의 추세를 분석하였으며 다음의 두 가지의 특허건수 통계 자료를 사용하였다.

그 중 하나는 2010년부터 2015년 사이의 세계 특허건수 통계 자료이다. 이 자료에 따르면 2010년부터 2015년 사이에 특허건수는 꾸준한 성장세를 보였다. 2015년에는 대략 42284 개의 특허건수가 등록된 것으로 집계되었다. 이러한 사실은 도로 산업의 R&D 분야에 꾸준한 투자가 있었음을 대변한다. 또한, 세계 공통적으로 도로 건설 사업의 기술 연구는 신소재 개발과 폐자재의 재활용에 초점을 맞추는 추세임을 보여준다.

다른 하나는 2015년에 세계의 6개 특허 기관에서 등록된 특허건수 자료이다. 대상이 되는 6개 기관은 세계 지식 재산권 기구(World Intellectual Property Organization), 미국 특허청, 호주 특허청, 유럽 특허청, 중국 특허청, 일본 특허청이다. 이 자료에 따르면, 세계 지식 재산권 기구에서 가장 많은 수의 특허가 등록되었고, 미국, 호주, 유럽, 중국, 일본 특허청 순서로 특허건수가 많은 것으로 집계되었다. 특허를 등록하는 주요 회사로는 General Electric, Google Inc, Empire Technology Development LLC, DuPont, Schlumberger Technology Bv 등이 있었다. 주목할 점은 세계 지식 재산권 기구에서 등록된 특허는 대부분 도로 안전 기술 분야와 효과적인 도로 건설 공사 모형 분야라는 점이다.

이를 통해 분석한 미래의 도로 건설 산업의 전략적 시사점은 크게 다섯 가지로 제시할 수 있다. 첫 번째는 기술력이 도로 건설 산업의 주된 원동력이라는 점이다. 장비 및 자재 시장은 도로 건설 시장에 크게 영향을 받는다. 새로운 기술과 장비에 대한 수요는 안전하고 저렴한 도로 건설에 대한 수요로 이어진다. 두 번째 특징은 가격 절감이 매우 어렵다는 점이다. 회사들은 가격 효율이 높은 기술을 찾는 반면, 높은 가격의 도로 건설 기술은 기피하는 경향을 보인다. 세 번째 특징은 아스팔트 혼합물의 다양한 형태에 있다. 다양한 필러(filler) 소재와 아스팔트의 조합으로 높은 피로 내성과 지지용량을 지닐 수 있게 되었다. 네 번째 특징은 지속 가능성이 핵심적인 측면으로 강조된다는 점이다. 지속 가능하고 환경 친화적인 도로를 위해, 도로 개발 회사의 주주들은 생물 기반 소재를 이용하여 물리적으로 튼튼하고 부식에도 강한 소재를 만들기를 기대하고 있다. 다섯 번째 특징은 나노 점토의 사용이 점점 증가될 것이라는 점이다. 2020년에는 나노 점토는 폴리머(polymer)의 변형에 사용되어 물리적, 열적, 방어막의 특징을 크게 개선시킬 것으로 전망된다. 나노 점토의 사용은 아스팔트의 바퀴 자국 해결에도 기여할 것으로 기대되고 있다.