



움직씨의 탐방보고서

- 교통인프라의 고령화, 그것에 대한 두 가지 관점의 제안

연세대학교 토목환경공학과 황재진

연세대학교 토목환경공학과 박준형

* 목차

1

탐방 배경

1. 우리와 함께 걸어온 인프라시설
2. 탐방 시 우리가 고려할 점
3. 우리가 이끌어내고 싶은 것은?
4. 탐방 준비물품

2

전반기 탐방

1. 우리가 알아와야 과제들_전반기
2. 영국 탐방
3. 프랑스 탐방
4. 벨기에 탐방

3

후반기 탐방

1. 우리가 알아와야 할 과제들_후반기
2. 네덜란드 탐방
3. 독일 탐방
4. 이탈리아 탐방

4

탐방 정리



1. 탐방 배경



교통인프라는 우리와 항상 함께해 왔고, 앞으로도 그럴 것이다. 그렇기에, 그것에 대한 관리와 새로운 증축에 대한 깊은 고려는 필수적이다.

탐방 배경

01.

기원전부터 우리와 함께한 도로, 개척시대부터 빠르게 확장한 철도, 그리고 과학의 발달로 널리 이용하게 된 항공은 모두 우리 사회의 기반인 infrastructure이다

그것의 중요성은 누구나 잘 알고 있다. 그럼에도 불구하고 그것들에 대해 들을 수 있는 뉴스는 도로 관리 부실, 도로 운영 문제점, 철도 사고 등 안 좋은 것이 태반이다. **왜 이런 문제들이 발생하는 것일까?**

03.

우리나라는 결코 인프라에 소홀한 국가가 아니다. 국가경제개발 초기 단계에서부터 우리는 도로를 포함한 교통인프라의 공급·운영에 많은 투자와 사회적 노력을 기울여 왔다. 그러나 적극적인 교통시설 투자에도 불구하고 우리나라 교통인프라의 양적, 질적 시설수준은 아직 완벽하지 않다. 특히 인프라유지관리 투자는 인프라 건설투자 총액 가운데 20% 내외에 그친다.

02.

우리나라의 경우 산업화와 함께 교통량이 급증하고 인프라시설의 중요성이 대두되었다. 이로 인해 우리나라의 도로 길이는 1936년부터 지금까지 약 5배로 증가했다. 즉, 급성장 시점에서 지금까지 약 10년, 길게는 수십 년이 흘렀다. 현재 고령화로 인해 현재 많은 문제가 발견되고 있으며, 앞으로 더 많은 문제가 나타날 수 있다.

04.

선진 국가라는 이유만으로 우리나라보다 인프라 시설이 깨끗하고 더 최신식이라고 할 수 없다. 하지만, 오래된 시설임에도 잘 운영되는 이유가 분명히 있을 것이며 최근에 여러 프로젝트로 인해 신축된 인프라를 직접 견학함으로써, 우리가 인프라에 대해 제안할 두 가지 방향에 대한 답을 얻고자 한다.

So, 인프라의 고령화

대책을 크게 두 가지 방향에 대해 생각해 보았다.



1. 기존 인프라의 효율적 유지보수 및 관리 방향

EX1. 새로운 공법의 발전

EX2. 유지보수시스템 도입

EX3. 보완된 공사 설비로 교체

2. 노화 인프라를 대체할 신축 인프라의 건축 방향

EX1. 교통체계의 분산

EX2. 인프라의 지하화

EX3. 친환경 인프라 구축

“ 탐방 中, 항상 두 가지 방향에 대한 생각을 가지고 모든 것을 살펴본다.”



체계적인 관리 + 친환경 신축 인프라 -> 인간 중심의 사회인프라를 구축

환기/필요성 인식

- 현재의 고질적인 여러 문제점에 사회 구성원들의 관심을 유도한다.
- 여러 사람들이 요구하도록 필요성을 강조한다.

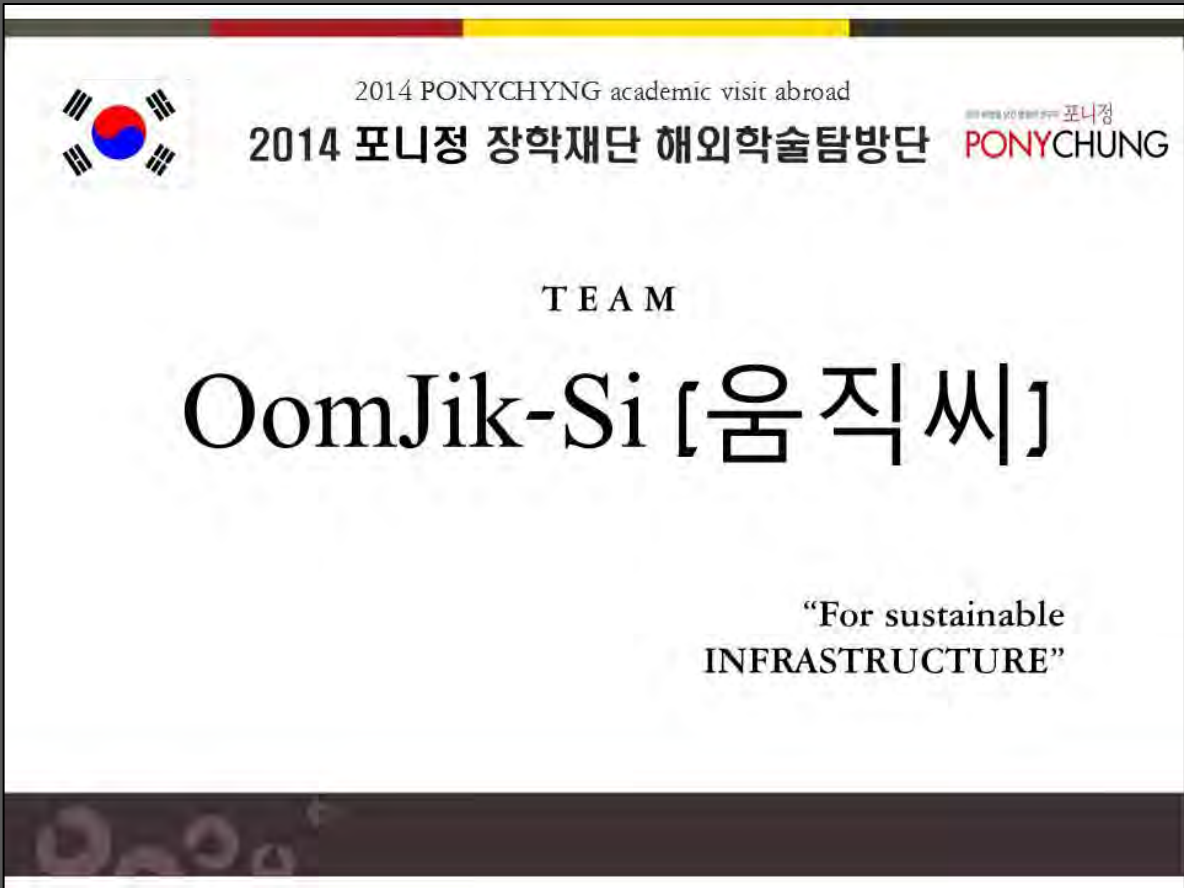
개선요소 파악

- 이 때 단순히 문제점들에 대해 사회 구성원들이 비판만 해서는 안되며, 서로 창의적으로 개선 방향을 제시할 수 있어야 한다.

인간 중심의 인프라 구축

- 국내의 문제점을 개선하되, 또 문제점이 반복되는 형태의 것은 지양한다.
- 새로운 시도를 통해 문제점을 해결
- 인간과 환경의 공존을 통해 인간 중심 도시 인프라를 완성시킬 것이다.

* 준비한 홍보물품



39cm



54cm



2. 전반기 탐방



지금까지 우리와 함께 걸어온 인프라, 그러나 너무 오래 같이해왔기에 치료가 필요한 인프라.
그것에 대해 우리가 직접 나가서 알아올 것은 무엇일까?

전반기 Questions

- 영국에서 최근 많이 시공 시 사용하는 신기술에는 어떤 것들이 있을까?
- 새로운 기술의 사용 방안과 그 경제성은 이전의 것과 비교해서 어떤 장점이 있을까?
- 영국-프랑스 간의 신진 교통인 유로스타, 그 시설물인 유로터널은 어떻게 관리될까?
- 유로스타가 마주하고 있는 경영상 문제점은 어떤 것들이 있고, 우리는 그것에서 무엇을 배워야 할까?
- 실제로 우리가 유로스타를 이용해보고, 그것에 대해 느껴보자.
- 시민들이 느끼고 있던 유로스타의 문제점은?
- 일찍이 지하철 시설이 발달한 프랑스. 프랑스의 최고 교통기관은 어디인가?
- 한해 관광객 수가 가장 많은 파리. 게다가 현지 주민의 수까지 합쳐 그 많은 유동량을 기존 인프라를 통해 이동시키는 데 우리가 있지는 않을까?
- 새로운 지하철 시설로는 어떠한 방법으로 제시되고 있는가?
- 스트라스부르에서 배울 교통체계의 분산의 모범적 사례는 어떤것인가?
- 교통체계 분산을 통해 개개 인프라의 수명을 늘릴 수 있을 것으로 예상되는데, 분산의 방향은 어떠한가?
- 라데팡스에서는 어떻게 지하화를 하였고, 그 공간을 얼마나 시민에게 돌려주고 있는가?
- 벨기에는 많은 공사가 진행 중이다. 심지어 수도 한복판에서도 도로 공사를 다수 진행중인데 그 이유는 무엇일까?
- 공사 이전 벨기에 도로의 모습은 어떠한고, 그것에 대한 인식은 긍정적이었을까 부정적이었을까?
- 그렇다면 현재 새롭게 만들어지는 도로는 일반적인 아스팔트 도로인가?
- 벨기에가 도로 기술로써 시도하는 것들에는 어떤 것들이 있을까?
- 이전 도로가 가지고 있을 장점도 분명히 있을 것이다. 그것은 무엇이며, 우리가 가져와 이용할 수 있는 것에는 어떤 것이 있을까?
- 새로운 기술의 시도와 이전 것의 보존이 잘 융합될 수 있을까?



영국_precast concrete

Precast Asphalt&Concrete는 공장에서 제조된 아스팔트 제품을 말한다. 미리 제작된 만큼 현장에서 타설할 필요가 없어 공사 기간이 짧아지고 품질관리가 용이하다. 우리나라의 경우에는 Precast Asphalt 보다는 Precast Concrete를 많이 이용하며 주로 사용되는 구조물에는 전봇대, 토관, 말뚝, 아파트 벽체 등이 있다.

?

왜 영국에서 Precast Asphalt&Concrete를 조사하게 되었는가?

precast concrete는 많은 장점을 가지고 있기 때문에, 열차의 고속화에 따른 안전성 확보와 인력부족 등에 따른 잦은 유지보수의 문제점을 해결하기 위하여 precast concrete 궤도가 개발되어 사용되고 있다. 높은 건설비와 균열 또는 침하 발생 시 이에 대한 단점을 보완할 수 있는 아스팔트 궤도가 현재 영국, 독일 등 유럽에서 개발되어 운영 중이며 한국에서도 한국형 아스팔트 궤도 개발을 진행 중에 있다.

또한, 프리캐스트를 이용해 시설물 뿐만 아니라 많은 건축물들을 짓는다.



?

한국에서 Precast와 영국에서 Precast의 차이점은?

한국의 경우 위에서 Precast concrete에 대한 소개 항목에서 언급했듯이 전봇대, 토관, 말뚝, 아파트 벽체 등의 구조물에서 주로 사용한다. 물론, 요즘에는 다리의 곡선 부분에서 BMI를 이용한 정확한 끼워 맞추기가 가능해 Precast의 이용 범위가 넓어졌지만, asphalt 등을 precast로 시공하는 것이 널리 보급되지는 않았다. 영국에서 우리는 현장에서 precast 구조물을 볼 수 있었다.





영국_precast concrete

Precast Asphalt&Concrete는 공장에서 제조된 아스팔트 제품을 말한다. 미리 제작된 만큼 현장에서 타설할 필요가 없어 공사 기간이 짧아지고 품질관리가 용이하다. 우리나라의 경우에는 Precast Asphalt 보다는 Precast Concrete를 많이 이용하며 주로 사용되는 구조물에는 전봇대, 토관, 말뚝, 아파트 벽체 등이 있다.



Precast Concrete가 적용 가능한 곳

precast만의 고유 범용성이 있기 때문에 Precast concrete 타설 시 골재 혼합물에 따라 그 색상, 질감, 마무리 등 용도에 맞는 다양한 생산이 가능하다. 또한, 고강도 주물로 성형 할 수 있으며, 건물을 둘러싸는 클래드 패널 등 여러 구조용 패널에도 이용 가능하기 때문에 그 이용 범위는 무궁무진하다고 해도 과언이 아니다. 이 때 건물에 적용할 수 있는 precast의 가장 일반적인 용도는 클래드 패널이다.



Offices, Paternoster Square, London



Precast를 다루는 곳



sensitive site의 새로운 office가 London에서 precast로 만들어진 대표적인 건물 중 하나이다. 1939년~1935년의 전쟁 동안 런던에서 세인트 폴 성당 경내에 형성된 건물이 파괴되었다. 이 때 해당 건물의 구역 또한 파괴되었지만 다시 건축되었다.

MacCormac Jamieson Prichard이 건축을 맡은 해당 건물은 7 층이며, 복합 금속 데크와 precast concrete 바닥 판과 철골 구조를 가지고 있다. 지상 일층을 올리는 데에는 조립식 패널이 사용되었으며, 패널은 precast spandrels가 사용되었다.



영국_precast concrete

Precast Asphalt&Concrete는 공장에서 제조된 아스팔트 제품을 말한다. 미리 제작된 만큼 현장에서 타설할 필요가 없어 공사 기간이 짧아지고 품질관리가 용이하다. 우리나라의 경우에는 Precast Asphalt 보다는 Precast Concrete를 많이 이용하며 주로 사용되는 구조물에는 전봇대, 토관, 말뚝, 아파트 벽체 등이 있다.



precast를 도로 설비에 적용함으로써, 기존의 노출식 설비보다 발걸림 감소, 부식에 의한 전도 위험 감소, 전도 시 보수가 쉬워지는 성과를 얻을 수 있었다.



런던에서 지어진 새로운 office처럼, 우리가 도로를 깔거나 새로운 건축물을 세울 때 이것을 적용한다면 더 나은 유지보수가 가능하지 않을까?



영국_Euro Tunnel

영국과 프랑스 사이를 가로막고 있는 도버해협, 그것은 영국의 도버와 프랑스의 칼레 간의 35.4km, 깊이 37~46m의 좁은 해협이다. 그 사이를 연결하기 위해 영·프 공동으로 ‘영국해협 터널계획’을 수립했고 그 결과 1995년에 해저를 잇는 유로터널이 개통되었다.

그러나 획기적이고 상징적인 교통인프라임에도 불구하고 많은 문제점들이 발생하고 있다.



도버 해협 사이를 해저터널로 연결한 이유는?

사실 유로터널이라는 인프라를 접했을 때 가장 먼저 들었던 생각이 있었다. 상징적이고 새로운 기술을 적용한 인프라는 좋지만, 왜 굳이 그것을 해저로 이어야만 했을까? 단지 새로운 기술의 시도였을 뿐일까?

하지만 탐방 중 그 생각은 교량에 대해 기본적인 요건에 대해 고려하지 않았음을 알 수 있었다. 도버 해협을 연결하려면 30~40km 정도의 교량을 건설해야 하는데, 교량을 건설할 때 반드시 고려해야 할 것이 물막이, 교량교각 건설, 자재 운반, 바람 등에 의한 공명, 대형 선박이 지날 경우 교각 높이, 안개 등 기후 위험성 등이 있다. 30~40km의 해상 교량에서 이 모두를 고려하여 설계하는 것은 매우 어렵고 설사 짓는다고 하더라도 그것에 대한 유지보수가 ‘매우’ 어렵기 때문에 해저터널을 짓게 되었다는 대답을 얻을 수 있었다.



유로터널 건설 당시 기대효과는 어땠을까?

도버 해협 사이에는 페리를 이용한 운송이 활발했다. 하지만 배를 통한 화물 운송과 철도를 통한 화물 운송은 그 수송량과 유용성에 엄청난 차이가 있기 때문에 화물 수송에 대해 엄청난 이점을 노렸다. 또한, 런던과 파리를 기차 하나로 이어줄 수가 있게 되었기 때문에 관광 효과도 기대할 수 있었다. 하지만, 그것은 올바른 예측이었을까? 발생하는 문제들을 살펴보면 건설 당시 기대효과와 현재 모습은 많이 다른 것을 알 수 있었다.



현재 유로터널에 대한 평가는?

유로 터널사는 150억유로에 달하는 막대한 공사비를 정부의 자금지원이나 보증 없이 주식공모와 은행융자로 조달했다. 이 공사는 국가간의 초대형 인프라건설을 순수민간자본이 주도한 대표적인 사례이다. 뒤에서 다시 언급하겠지만, 터널이 안전 면에서 많은 공을 들여 유지하고 있기 때문에 시설 면에서는 크게 흠 잡을 곳이 없다. 하지만, 유로터널과 같은 교통 인프라의 사회경제적 효과는 해당시설을 이용하는 여객과 화물 수요, 관련 지역, 국가 그리고 전 세계적인 정치, 경제적인 상황에 영향을 받기 때문에 다른 사항들을 고려해야만 한다. 이제, 유로터널이 적자를 내고 있는 이유에 대해서 소개할 것이다.

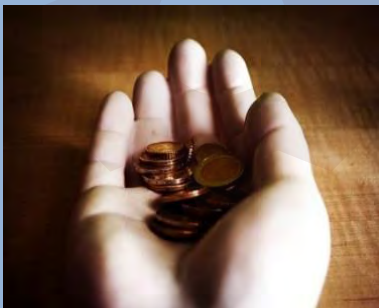




영국_Euro Tunnel

그렇다면 유로터널이 마주했던, 혹은 마주하고 있는 재정적 위험들에는 어떤 것들이 있는가?

(1) 초기 투자 과잉으로 인한 재정적 부담



유로터널에 대한 장밋빛 전망에 대한 효과 등으로 초기에 인기가 좋아 주주가 30만명에 달했다. 3차례 자본증식을 했고 지금은 주주가 100만여명이다. 그렇기 때문에 초기 건설 예상 자본의 2배가 넘는 150억 유로를 조달할 수 있었지만, 이것이 후에 부담으로 작용해 파산하게 되었다.

(3) 저가형 페리-여객기에 대한 경쟁력 부족



기술의 발달로 인하여, 영국-프랑스 간 항공노선이 매우 발달했다. 또한, 도버 해협을 가로질러 수 있는 저가형 페리도 다수 등장하게 되었다. 유로터널은 이러한 다른 교통수단과의 경쟁에 대해 많은 대비를 하지 못했고 그 결과 많은 승객을 내주게 되었다.

(2) 잘못된 수요 예측



개통 후 집계된 유로터널의 여객객 수와 물량은 당초 추정치의 60%에 미치지 못했다. 이는 정확한 추정의 중요성을 시사한다. 실제 시민과의 인터뷰에서 우리는 가격 부담 때문에 유로터널을 통과하는 열차를 애용할 수가 없다는 대답을 들을 수 있었다.

수요를 결정하는 것은 다른 노선과 비교했을 때의 편의성, 가격, 사회적 상황 모두를 반영하게 되는데 그것들을 모두 반영하지 못했기 때문에 초기에 장밋빛 전망이 나왔을 것이다.

(4) 경영 상 특징으로 인한 비용 가중, 승객 감소



우리는 탐방을 위해 유로터널을 통과하는 유로스타를 이용했지만 영국-프랑스를 이어주는 대표적인 항공사인 easyjet의 저가 항공 가격은 수탁물 포함 10만 원 선이었으며 유로스타는 20만원 가량이었습니다.

이렇게 유로스타의 탑승이 비싼 이유는 유로터널의 운영 방식의 결과이다. 유로터널사는 터널을 시공한 이후에 그것을 통과하는 열차에 대해 통행료를 부과한다. 그 통행료가 너무 과한 것이 문제이다. 과도한 요금 때문에 유로터널 통행 능력의 43%가 이용되지 못하고 있는 것으로 EU 집행위는 추산하고 있다



영국_Euro Tunnel

우리가 배워야 할 유로터널의 관리 시스템에는 어떤 것들이 있을까?



결정적 하자에 대한 유지보수의 막대한 비용 부담보다는 위험요소를 미연에 발견하고 빠르게 대처하는 것이 최우선이다

터널에서의 유지관리 계획이란 터널 구조물 완공 후 공용기간 중에 굴착면 주변지반의 변화와 영향으로 인하여 발생하는 배면지반, 토압 및 수압의 변화와 콘크리트 구조물의 변화 양상, 환경조건 등을 측정하여 **터널 구조물의 안전성을 확인**하는데 있다.

이를 위해, 실제 운송에 사용되는 터널 옆에 좁은 서비스터널이 존재하고 있다. 유로터널은 프랑스 칼레와 영국 포크스톤 간 연장 50.3km(해저구간은 38km)로 뚫렸으며, 2개의 철도터널(직경 7.6m)과 그 사이의 서비스터널(직경 4.8m)로 만들어져 있다. 서비스터널은 비상시 대피통로 및 유지보수 루트로 이용서비스터널에는 버스와 유사한 모습의 유지보수용 차량이 들어간다. 차량은 평소에 항상 양 방향으로 이동하면서 선로를 순찰하고, 주말에는 청소를 맡는다고 한다.



유로터널의 화재 사례와 그것에 대한 유지보수

- 전력공급설비 : 열차와 부속장치에 대한 전력 공급
- 통신제어 시스템 : 광섬유 케이블방식에 의한 철도교통관리 및 각종 시설의 제어, 독립적인 무선 통신 시스템
- 터널 환기설비 : 모든 운행열차는 전기운행방식으로 연소가스발생이 없음. 단 서비스 터널은 디젤 차량운행. 서비스 터널 내부에도 환기 설비 있음.
- 배수설비 : 바닷물의 유입은 없으나 암반층 지하수 때문에 터널 내부의 배수를 위해 5개의 펌프장 가동.
- 소화설비 : 연기감지기가 교차통로에 있는 관리실에 설치되어 있음. 자동소화설비와 원격제어설비도 가동됨.
- 터널 냉각 시스템 : 터널 내부 온도는 25°C 정도로 유지.

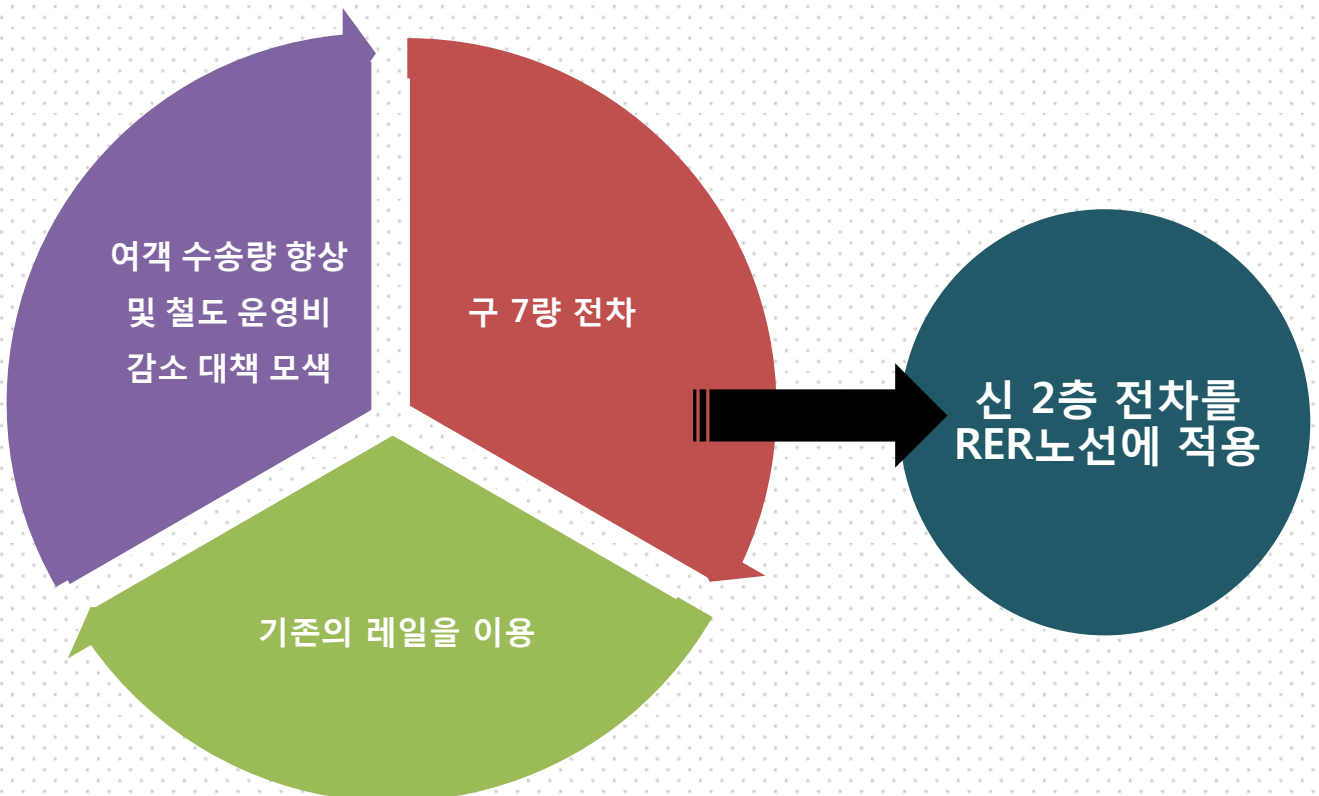


프랑스_RATP

1948년부터 수도 파리의 교통을 주 관할한 RATP
 축적된 기술력으로, 자국의 인프라 뿐 아니라 세계 각 지역의
 교통체계 운영과 유지 보수도 담당하고 있으며 서울 지하철
 9호선의 운영도 맡고 있다.



“ 하지만 파리의 지하철을 직접 이용해보면서, 상당히 노후된 설비로 인한 불편함을 느낄 수 있었고, 이를 시민과의 인터뷰를 통해서도 확인할 수 있었다. 이에 우리는 RATP社가 기존의 낡은 인프라를 어떤 보완된 설비로 교체하는지에 초점을 맞췄다.





프랑스_RATP

장점이 많은 복층 전차를 우리나라에 도입한다면, 어떤 노선에 먼저 적용할 수 있을까?

“ 우리나라 1호선 전철은 인천-의정부 및 경기도 시민의 수도권 주 이동 수단이지만, ‘신도림 지옥철’ ‘1호선 대란’ 이라는 말이 있을 정도로 일부 시간에 수송량이 집중 포화되어있다. 또한 가장 고령화된 전철로서 가장 먼저 보완된 설비로 교체할 대상이기도 하다. 이러한 1호선 전철을 복층 전차로 바꾸는 것은 어떨까?

검토해야 할 사항



01

차체

차중, 경량화, 차량의 크기

02

대차 주행장치

탈선계수, 횡압, 무게중심 고려

03

소음/진동/승차감

상부층의 진동수준 및 하부층 충격음

04

제동장치

하중증가에 따른 제동력 검토



기존 단층 전차(1호선)



신 복층 전차(파리 RER)



프랑스_스트라스부르

도시의 지속가능 발전을 위한 Strasbourg Eco 2020 Project, 노화된 인프라를 대체할 신축 인프라의 건축 방향을 제시해 주고 있다. 교통체계의 분산을 통해, 기존에 차만 다니던 길을 시민에게 내어주는 것은 물론 도로 인프라의 수명 또한 연장시킬 수 있을 것으로 기대된다.



트램 프로젝트

6개 트램을 운용함으로써 도시전체적 접근성을 높였으며, 현지인 인터뷰를 통해 심리상 버스보다는 트램이 더 친근하여 자주 이용함을 알 수 있었다.



자전거 프로젝트

트램으로 닿지 않는 부분을 이어주는 주요 수단. 간단한 철차만 밟으면 자전거를 빌릴 수 있으며 곳곳에 도킹 포인트가 있어 반납 또한 용이했다.



카셰어링 시스템

카셰어링 사이트를 통해 자동차를 공유할 수 있다는 것을 확인했다. 현지인 인터뷰에 따르면 생각보다 많은 사람이 이용하진 않지만 유용한 방법이라고 한다.

www.autotrement.com



보행 네트워크

보행자 중심임을 확인할 수 있었던 부분 중 하나는, 중심부로 갈수록 적어지는 자동차 숫자였다. 교통량이 적은 도로를 주차 공간으로 활용한다고 한다.



프랑스_스트라스부르



시청 앞에서 시민 인터뷰를 하던 중, 우연히 도로행정담당 공무원과 이야기를 나눌 수 있었다.

우리는 스트라스부르의 교통체계에서 배울 점을 '교통체계의 분산'에 초점 맞췄지만, 그분께서는 '인간 중심'을 우선 강조하셨다.

인간 중심의 인프라 건설에 초점을 맞추면, 자연스럽게 교통체계는 간소화되고, 친환경 인프라의 구축 또한 함께 이루어진다는 것이었다.

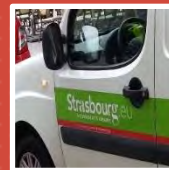
★ 탐방 주제와는 별도로

가장 놀라웠던 점은 스트라스부르에 대한 시민들의 인식이었다. 우리나라의 경우 '도시와 시민은 하나의 공동체이다'라는 인식은 드문 편이며 시청은 단순히 행정집단으로 생각되는 경우가 많은데, 스트라스부르는 그렇지 않았다.

도시의 인프라가 이 정도의 친환경 인간 중심이 될 수 있었던 큰 이유중 하나는 시청에 대한 시민의 무한 신뢰에 기인한다는 것을 인터뷰를 통해 알았다.

★ 우리나라에 적용한다면

인간 중심의 신축 인프라를 기반으로 한 뉴타운 개발 시, 시청(혹은 대기업)의 이미지를 강하게 심어주어 시민들의 참여도를 높이는 전략이 선행되어야 성공할 것이다.





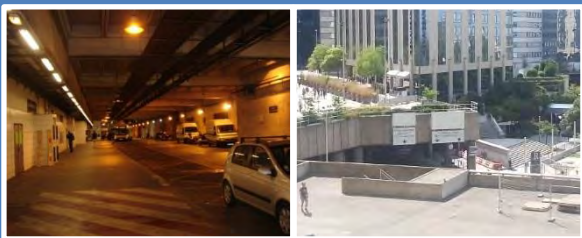
프랑스_라데팡스

프랑스 파리의 상업지구인 라데팡스 기존의 지상 교통체계를 혁신적 규모로 지하화 하여 그 공간을 시민에게 돌려주고 새로운 인프라 건설의 미래를 제시하고 있다.

모범적인 지하화란 무엇인가?



하루 평균 15만 명이 이용하는 교통 시스템을 모두 지하화하고 그 위에 건축물 및 시민 공간을 조성. 복층 구조를 통해 교통 효율을 극대화했다.



라데팡스를 가로지르는 7km의 메인도로를 지하화하고 지하에 2만6000여대 규모의 주차장을 마련하여 도심의 고질적 문제였던 주차난 해소.

차 보다 보행자를
우선하고, 도로 보다 공원을
앞서 생각하는 파리의
도시계획 원칙에서
모범적 지하화를 배운다.



벨기에_블록식도로

벨기에는 연안에 위치하고 있어 일찍이 풍력, 조력, 태양열 등의 청정에너지 사용률이 높은 편이다.

최근, 낡은 인프라를 개·보수하는 공사가 다수 진행되고 있으며 그 과정에서 친환경과 안전을 위한 새로운 도전을 관찰할 수 있었다.

? 기존 벨기에 도로 형식은?

탐방 중 유럽의 많은 보행자용 도로는 우리나라처럼 짝어낸 보도블록이 아니라 돌과 자갈 등을 끼워 맞추어 도로를 만든 형식이 많다는 것을 쉽게 알 수 있었다. 그런데 예비 조사 대로 브뤼셀에는 자동차 도로마저 많은 경우가 블록 형식으로 건설된 것을 볼 수 있었다.

기존 벨기에 도로 형식은 시가지에서 찍은 오른쪽 사진과 같이 블록식이 대부분이었다. 블록 형식 도로는 승차감이 나빠며 소음이 발생한다는 단점이 있지만, 자동차와 같은 동하중이 지나갈 경우 그 하중을 블록들이 분산시켜 받아주므로 주위 유적과 건물이 있는 지반에 영향을 덜 끼치기 때문에 침하 위험이 적다. 이에 반해 아스팔트 타설의 경우 아스팔트 전체가 하중을 받으므로 주위 지반을 끌고 내려가 침하될 가능성이 블록 형식에 비해 더 크다. 또한, 우천 시 물 빠짐이 매우 우수하다.



? 우리가 직접 느꼈으며 시민들이 겪고 있던 불편은?

현재 브뤼셀 전체가 공사 현장이라고 해도 과언이 아닐 만큼 중심 도로만 벗어나면 시가지마다 공사가 진행 중이었다. 과거의 블록 형식 도로를 갈아엎고 새로운 아스팔트를 타설하는 작업을 진행 중이었는데, 어떠한 이유로 수도에서 대규모 공사를 계속 진행하게 되었는지 우리는 몸소 느낄 수 있었고 이에 대한 시민의 의견을 들을 수 있었다.

밤에도 차가 도로를 단순히 지나가기만 해도 우르르 하는 굉음이 울린다. 또한, 마치 보도블록이 이가 빠진 것처럼 도로의 이가 빠져있어 아스팔트의 포트홀보다 훨씬 큰 규모의 구멍이 발생하기도 한다.

공사 현장 주변을 지나가던 베르홀스트 씨는, 도로를 달릴 때마다 규칙적인 진동으로 인해 차체에 무리가 가는 느낌을 받았으며 큰 hole에 놀란 적이 한두 번이 아니라고 했다.





벨기에_블록식도로

그렇다면, 새로운 공사에 대한 벨기에의 새로운 기술 도입은 어떤 것들이 있을까?

? 공사 현장 방문

동의를 구해, 브뤼셀의 공사 현장 중 한 곳에 대한 간략한 설명을 듣고 사진을 찍을 수 있었다. 기존의 블록 형식의 도로를 걷어내고 있으며 벨기에의 이곳 저곳에서는 단순히 새로운 도로를 타설하는 것 뿐만 아니라 그와 함께 새로운 시도가 있다고 말해주었다.

도로를 걷어내는 이유는 이전 슬라이드에서 사전 조사에서 알 수 있었던 것 처럼 도로의 소음과 나쁜 승차감 등으로 인한 낮은 효율성 문제에서 비롯되었다. 그래서 도로를 뒤집고 새로운 아스팔트를 깔기도 하며 배관 등을 수정한다고 한다.

새로운 시도 들에는 벨기에 근교 마을의 작은 규모의 도로에서 주로 이뤄진다는 대답을 들을 수 있었다.



? 벨기에의 새로운 시도들

새로운 공사와 함께 이곳 저곳에서 많은 시도들이 이뤄지고 있다. 대표적인 것을 두 가지 꼽아보도록 한다.

첫째, 고속도로에 도입되는 새로운 관리 체계이다. 교통의 안정성 및 친 환경성 강화를 위해 선도 차량과 후속 차량 간 무선통신 관리 체계를 도입한다. 그 무선통신을 통해서 선도 차량이 후속 차량을 자율 제어함으로써 마치 차들이 기차와 같이 일정 간격으로 이동할 수 있게 된다.

둘째, 자전거 도로와 같이 작은 규모의 도로에서 우선적으로 시행되는 새로운 기술이 있다. 도로의 동결 방지를 위해 영하의 온도에서도 얼지 않는 최신 아스팔트를 사용한다던가, 태양열 발전을 통해서 열을 내는 열선을 깔아 겨울에 도로의 동파를 방지해 결국 인프라의 손상을 막고 그 기능을 최대한으로 발휘할 수 있게 한다.





벨기에_블록식도로

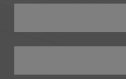
For,



유적지 보존



우수 품질
교통 인프라



“

유적지에는 주위에 영향을 덜 끼치는 블록 형식을 도입하되 새로운 도로 건설 시 벨기에처럼 신진 기술 시도 필요성이 있다.



3. 하반기 탐방



지금까지 우리와 함께 걸어온 인프라, 그러나 너무 오래 같이해왔기에 치료가 필요한 인프라.
그것에 대해 우리가 직접 나가서 알아올 것은 무엇일까?

후반기 Questions

- 네덜란드에서 도심 공사 시 사용하는 장비는?
- 네덜란드, 혹은 다른 나라들에서 이전에 사용하던 장비는 어떤 것들이 있을까?
- 그 장비의 경제성은 이전의 것과 비교해서 어떤 장점이 있을까?
- 현재 네덜란드가 진행중인 프로젝트, 그 프로젝트 공사를 위해서 시도되고 있는 사례들은?
- 새로운 시도에서 얻을 수 있던 장점들은 어떤 것이 있을까?
- 독일의 핵심 도로 교통 기술을 선도하는 BAST에서는 어떤 기술들을 개발 중일까?
- Annual Report에 대한 설명을 듣고 대표적인 사례들을 공부해 오자.
- 지속적인 유지관리를 위한 시스템 설립을 위해 어떤 연구가 행해지고 있을까?
- 문제를 점검하기 위한 기술은 어떻게 연구되고 있을까?
- 환경을 위한 연구로는 어떤 것들이 진행될까? 그것이 실제로 경제성이 있을까?
- 이탈리아의 베네치아는 수상교통이 매우 발달했으며, 육상 교통은 없다고 해도 과언이 아니다. 그 수상 교통을 직접 이용해보고 장 단점을 느껴보자.
- 수상 교통이 만약 편리하다고 해도, 우리나라에 그것을 적용할 수 있을까?
- 일반적인 육상 교통에 수상 교통을 추가했을 때 얻을 수 있는 효용은 무엇일까?
- 이탈리아 베네치아의 수상 교통 체계는 어떻게 이용되고 있는가?
- 우리나라에서 적용할 수 있다고 한다면, 어떻게 노선을 만들어야 합리적일까?



네덜란드_젠트리 크레인

Sustainable Opportunities, Sustainable Future 라는 슬로건으로 네덜란드의 수도 암스테르담은 2020년까지 거대한 프로젝트를 진행 중이었다.

‘암스테르담은 현재 공사 중’이라는 표현을 쓸 수 있을 정도로 메인 도로가 모두 공사 중이었으며 이곳에서 우리는 보완된 공사설비-젠트리 크레인의 모습을 볼 수 있었다.

도로와 같이 좁고 긴 지역을 공사 할 경우 어떤 장비를 사용할 수 있을까?



기존 타워크레인



젠트리 크레인



네덜란드_겐트리 크레인



겐트리 크레인(Gantry Crane)

주로 조선소에서 골리앗 크레인이라는 이름으로 불리며 레일 위를 이동하며 3축으로 물류를 운반하는 것이 특징이다.

우리가 봤던 암스테르담 공사 현장에서는 타워크레인이 아닌 겐트리 크레인을 이용하여 도로 공사를 시행하고 있었다.

회전 반경이 크고 붕괴 사례도 있었던 타워 크레인보다 겐트리 크레인을 이용하여 도로 인프라의 유지보수 및 신축을 하는 것은 어떨까?

현장 인부도 쉽게 컨트롤 할 수 있으며 운반속도 또한 빠르다.

타워크레인과의 차이점은 운전자와 인부의 호흡이 중요하기 보다는 가시적이고 즉각적인 반응을 유도해낼 수 있다는 것을 직접 확인할 수 있었다.

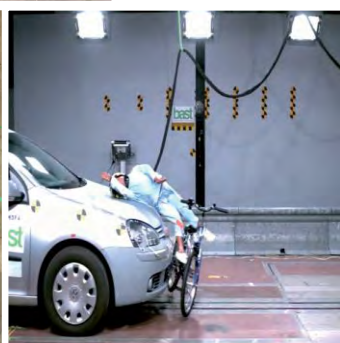
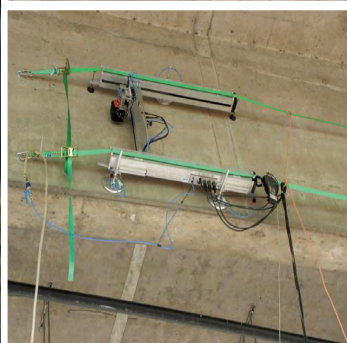
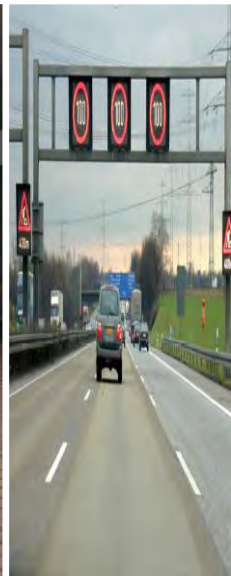
도로 인프라의 효율적 유지관리 및 신축 장비로 적합할 것으로 보인다.





독일_BAST

BAST는 독일 연방교통부 산하기관으로 연방도로의 건설 및 안전관리, 자동차 안전기술 개발, 교통안전 정책 개발 등을 수행하는 독일 최고의 교통안전 전문기관이다.



아우토반-초고속열차 ICE 등 교통인프라 강국인 독일. 이를 뒷받침하는 핵심 기관인 BAST에 방문하여 그들의 연구자료를 얻을 수 있었다. 어떠한 연구를 진행 중일까?





독일_BASt #1

독일에는 무려 4만여 개의 교량과 기타 토목 구조물들이 있다. 이러한 교통 인프라의 관리 상태는 국가경제에 중요한 영향을 끼칠 것이다. 특히 대량 인명피해와 직결되는 교량의 상태.

이러한 **교량**을 효율적으로 **검사** 하는 방법에는 무엇이 있을까?



OSSCAR
(On-Site SCanner)

OSSSCAR는 구조물 진단 스캐너이다!

독일의 우수 기관들의 합작으로 탄생한 비파괴 검사법으로서 기존의 검사법인

Eddy – 표면 검사에 강함.
수분함량에 관계없음

Radar – 내부 검사에 강함.
수분함량에 취약함

Ultrasonic – 철근에 대한 검사

세가지 검사법의 장점을 혼합한 고성능 스캐너이다.



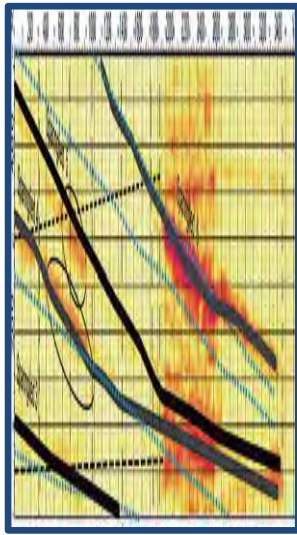


독일_BASt #1

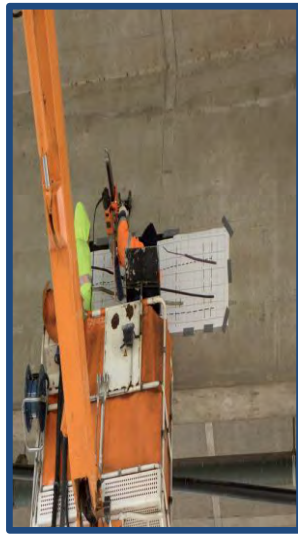
수많은 연구와 막대한 자금을 투자하여 탄생한 OSSCAR.
 OSSCAR를 이용하여 전체적 Sampling이 아닌 취약부분에 대한
 Sampling이 가능해졌다.
 시뮬레이션을 통해 어떤 방식으로 운용하는지 볼 수 있었다.



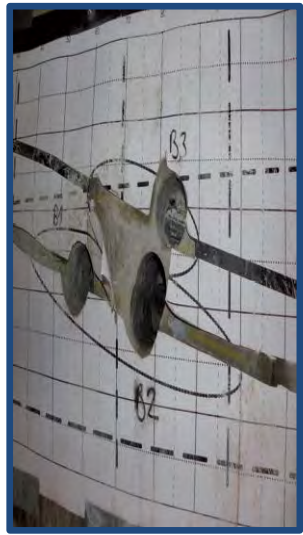
**OSSCAR
스캐닝**



**취약부분
지도 작성**



**천공
샘플링**



**취약부분 샘플
확보 및 검사수행**

기존의 스캐닝 방법들을 통합하여 취약부분을 한번에
 파악하고 필요한 부분에 대해서만 검사를 수행함으로써
 비용을 낮춘다. 교량 뿐 아니라
 모든 토목 구조물에 이용할 수도 있다.





독일_BASt #2

SSP Consult가 개발한 Frost zone map 도로에 피해를 주는 조건 중 하나인 frost에 대해 분석해 위험도를 나타내는 수식을 완성했다. 이를 이용해 독일 전역을 분석해 놓아 체계적인 관리-보수가 가능해졌다.

? Frost가 도로에 끼치는 영향 & 독일의 특별함

도로는 녹고 다시 어는 반복 과정에 의해 큰 손상을 받을 수 있다. 여러 번의 겨울을 거친 아스팔트의 경우 종종 포트홀이 발견된다.

Frost의 경우 가시적이지 않기 때문에 종종 그것이 도로에 미치는 영향을 낮게 평가하기도 하며 잘 알려지지 않았다. 포장 아래 지반에서 frost가 발생하면 얼음층을 형성하게 되고 그 얼음층은 이전의 상태였던 물보다 부피가 크기 때문에 도로의 아래 부분이 팽창한다. 도로는 밑에서 들어올려지는 힘을 받게 되며 물 양이 많고 frost의 생성이 여러 번 반복되면 포장에 큰 영향을 끼치게 된다. 결국, 도로는 교통 수단들이 가하는 동하중을 견딜 수 없게 될 것이다.

북유럽 등 추운 나라에서는 이러한 요인에 의한 피해를 방지하기 위해 추운 날씨에 일정 무게 이상의 화물 차량에 대해 완전히 도로를 폐쇄한다. 그러나, 독일의 경우 그렇게 도로를 운영하지 않아도 된다. 도로를 어떻게 관리하고 있기에 frost가 생길 수 있는 날씨에도 도로를 폐쇄하지 않아도 되는 것일까?

독일의 도로는 frost에 의한 지지력 손실에도 불구하고 그대로 동하중에 견딜 수 있도록 설계되어 있다. 그 이유는 바로 포장 두께에 있다. 독일 도로의 포장 두께는 경제성과 안정성의 중간에서 양쪽을 충족하도록 최적화되어 있다. 하중을 충분히 견딜 만큼 두껍지만, 그 두께를 최소화 한 것이다. 이 두께는 45년 이상 기후의 영향을 고려했다. 과연, 어떻게 수식화한 것일까?

? Frost map 제작 방법

Frost에 의한 피해는, 공극에 있던 물들이 동결 후 팽창함에 의해 발생하며, frost 방지 도로 포장을 구축함으로써 그것을 방지할 수 있다. 그런데, 그 포장의 두께를 잘 선택하는 것이 중요하다. 생태 및 경제적인 이유로 포장의 두께는 가능한 한 적은 재료를 사용하여 최적화 될 필요가 있다. 최적화 두께를 구하기 위해서는, 추가적인 인자와 독일 전체 에서 다른 기후 조건 을 고려할 필요가 있다. BAST의 경우 날씨에 초점을 맞추고 있다.

수식에는 FI라는 값이 사용된다. 이는 Frost Index로, 해당 지역의 추위가 얼마나 강한지 측정하는데 사용된다.

$$FI = (\text{평균 기온}) * (\text{서리 기간}) \quad [^{\circ}C \cdot D]$$

으로 나타내어진다. 항상 양수의 상수임에 유의해야 한다. 예를 들어 서리 기간이 평균 10일이며 기온이 $-5^{\circ}C$ 일 경우에는 FI값이 50이다. 이 상수를 이용해 복잡한 컴퓨터 계산을 수행한 결과, FI와 동결 깊이 사이에 명확한 상관 관계가 있음이 증명되었다. 이러한 FI에 추가적으로 지리적 위도와 경도의 영향을 받고 있는 바다 등의 고급 및 미세 기후 조건, 참조 중인 영역 위치 등의 세부 요인이 추가된 결과, 필요한 최소 두께 의 결정이 쉽게 가능해졌다.



독일_BAST #2

SSP Consult가 개발한 Frost zone map 도로에 피해를 주는 조건 중 하나인 frost에 대해 분석해 위험도를 나타내는 수식을 완성했다. 이를 이용해 독일 전역을 분석해 놓아 체계적인 관리-보수가 가능해졌다.



“ 한 위험요인에 대해 파악할 수 있도록 수식화

수식화 이후에 모든 지역에 적용하여, 위험을 한눈에 볼 수 있는 지도를 제작하여 쉬운 유지관리-보수 가능





이탈리아_수상버스

배경사진에 보이는 것은 베네치아의 수상버스 노선도이다
관광거리의 일종으로 보이지만, 섬 내 유일한 이동수단이자 필
수적 교통 인프라이다.

크고 작은 여러 개의 섬으로 이루어져있는 베네치아. 우리는
베네치아의 수상교통을 직접 이용해보며 우리나라의
교통체계에 적용할 만한 점을 찾을 수 있었다.



관광자원이 아닌
필수 교통시설의
시선으로 본다면?



인프라의 종류가 다양해진다면 그만큼 교통체계가
분산될 것이며 궁극적으로는 시민의 편의를 높이고
노후화를 늦출 수 있다!

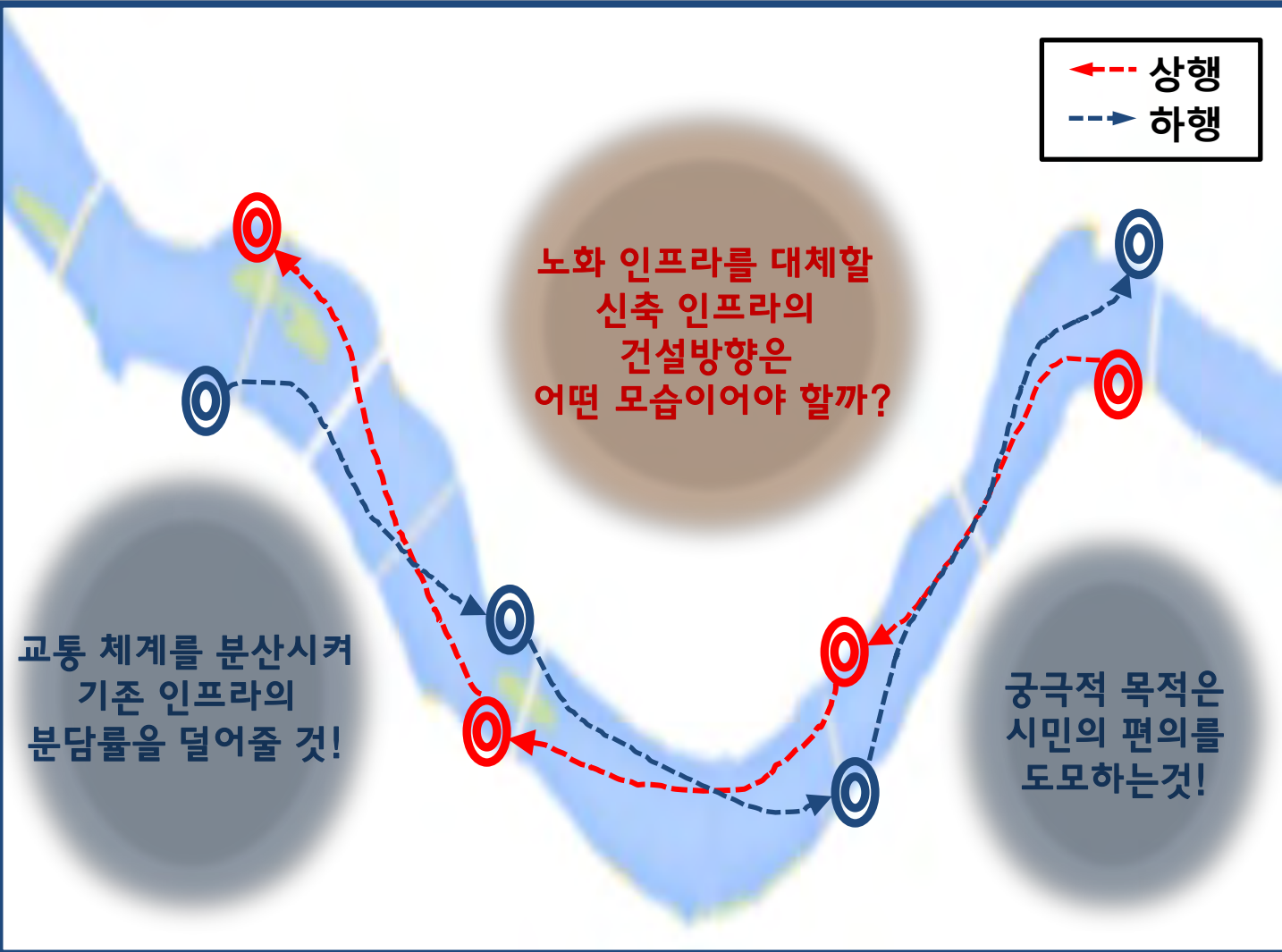


이탈리아_수상버스

이것을 서울시의 교통체계 분산에 접목해 보았다

한강을 중심으로 한 수상버스 시스템이 도입되는 시나리오로 구상해봤다.

상행-하행으로 나뉘어 운행하며 대교 옆에 설치하여 각 역간 접근성을 높였다.



RESULTS

4. 탐방 정리

* 탐방 후 느낀점

1

영국

프리캐스트 콘크리트와 유로터널을 보았다. 하지만 보고서에 쓴 내용 외에도 보고 느낀 점이 많았다. 런던도 서울과 마찬가지로 큰 강을 끼고 있는데, 수로교통을 적극적으로 발달시킨 부분에서 우리나라와 차이가 있었다. 도심을 이동하기 위한 교통수단이 하나 더 추가됨으로 인해 각각의 인프라의 수송부담률이 분담되었고, 무엇보다도 시민의 '교통 선택권'이 많아졌다는 것에 의의를 두고 싶다. 마지막 베네치아 슬라이드에 한강 수로교통 시나리오를 작성한 것도 영국에서 초기 모티브를 얻었다고 볼 수 있다.

의외로 실망스러운 부분이 많았던 프랑스. 특히 파리의 교통 인프라는 낡고 관리가 안된 모습이 많았다. 무엇보다도 파리의 시민들이 플랫폼에 소변을 봐 냄새가 많이 났고 쓰레기는 물론 지하철 자체도 많이 낡고 비좁았다. 인프라가 아무리 좋다 하더라도 그것을 사용하는 시민들의 의식수준 또한 중요하다는 것을 몸소 깨달았다. 인프라의 고령화에 대처하는 방법 중, 우리가 쓰지 못한 방법 한가지를 더 추가해야 할 것 같다. 이용자의 교통시설 주인인식을 높이는 프로그램을 통하여 인프라의 고령화를 늦추는 것!

2

프랑스

3

벨기에 네덜란드

벨기에의 수도 브뤼셀, 네덜란드의 수도 암스테르담 모두 소규모의 도시였다. 하지만 작은 도시라고 교통인프라 체계가 미흡한 것은 아니었다. 특히 두 나라 모두 인프라 재정비 사업을 시행하고 있어서, 브뤼셀의 경우는 매우 깔끔한 도로시스템을 볼 수 있었다. 가장 신기했던 점은 우리나라처럼 아스팔트로 포장된 도로가 아닌 블록식 도로를 사용한다는 것. 역사가 깊은 건물들을 보존하기 위한 노력이 돋보였다. 새로운 도로를 만들 때 단순히 최신-고성능-저소음 만을 고려하는 것이 아닌, 주변 시설을 한번 더 생각하는 자세가 필요함을 느꼈다.

독일의 아우토반은 그야말로 환상적이었다. 현지로 이민을 가신 지인을 통해 아우토반을 달려볼 기회를 맞볼 수 있었다. 시속 200km가 넘어도 안정감 있게 주행할 수 있는 고속도로가 너무 경이로웠다. 물론 BMW를 타고 달려졌기에 그랬을 수도 있지만, 고속주행을 가능하게 하는데 도로의 역할 또한 매우 중요하다고 생각한다. 의외로 아우토반에서 큰 사고가 일어나는 경우는 드물다고 한다. 지인의 말을 빌리자면, 독일사람들의 '지킬 것은 지키는' 정신이 큰 몫을 했다고. 독일 사람들의 자동차사랑은 유명한 얘기지만 그만큼 도로체계를 아끼는 모습도 엿볼 수 있었다.

4

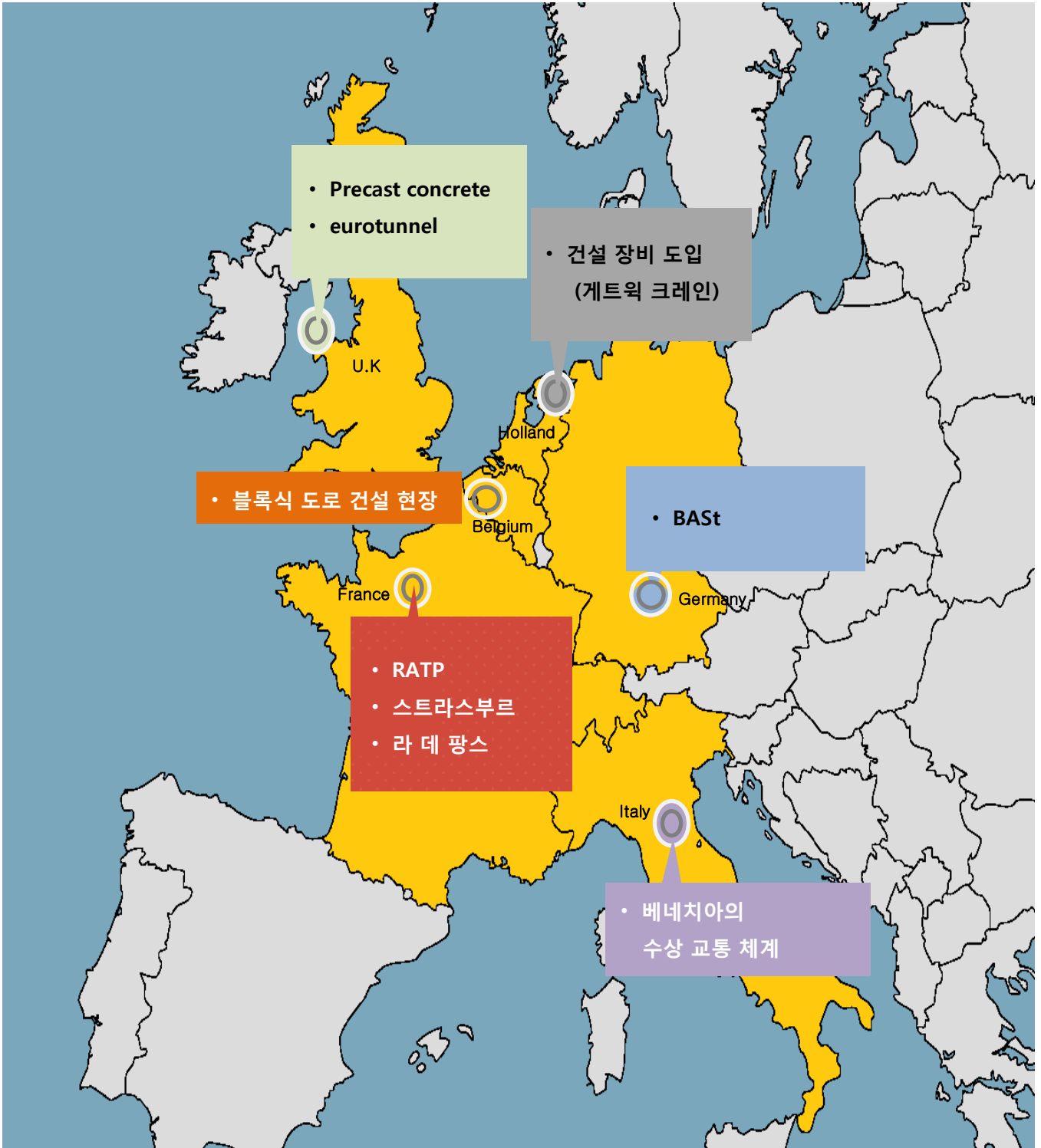
독일

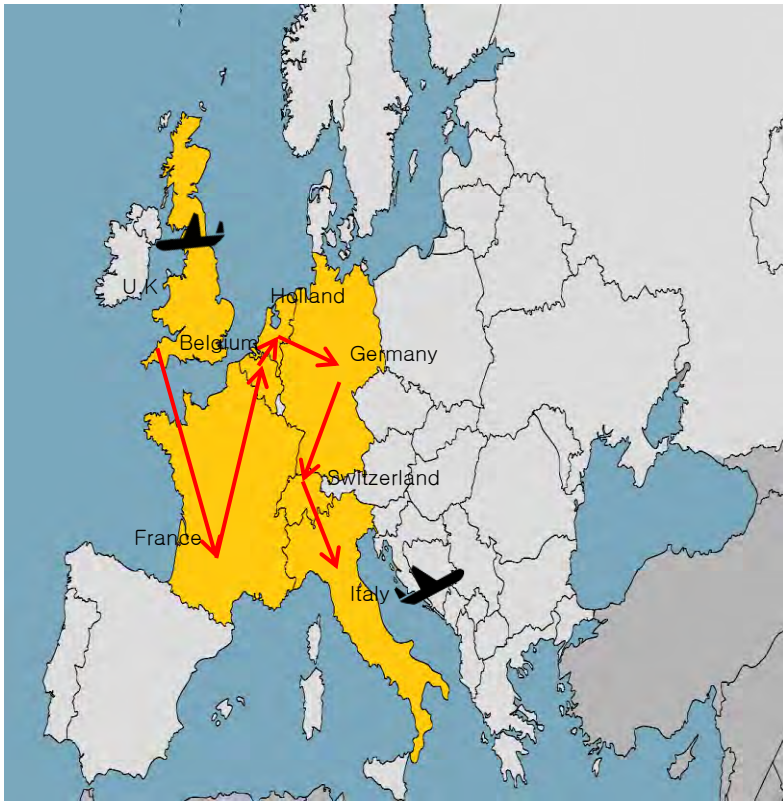
5

이탈리아

이탈리아에서 가장 감명 깊게 봤던 폼페이 얘기를 하고 싶다. 그 옛날부터 벌써 도로를 정비하고, 마차가 다닐 길을 만들고 횡단보도는 물론 상수도 하수도 시설까지 갖춘 폼페이. 유럽의 선진화된 인프라는 단순히 짧은 기간 동안에 형성된 것이 아니라는 것을 깨달았다. 그러한 유적지를 일반인에게 개방하여 몸으로 보고 느끼라고 말하는 듯한 이탈리아. 아버지의 손을 잡고 온 어린아이는 폼페이를 보며 어떤 생각을 가졌을까? 인프라는 우리 곁에 있는 당연한 것이 아니라 수많은 사람들이 피땀 흘려 만든 결과물이라는 것을 깨닫진 않았을까?

* World Map Infographic





6/26	27	28	29	30	7/1	7/2
출국, London 도착	방문 기관 계획 및 정리	Precast asphalt 기관 인터뷰	Precast asphalt 적용 사례 방문	현지인 인터뷰	Euro tunnel 답사 France로 이동	파리 교통 체계 & 시설물 파악
3	4	5	6	7	8	9
파리 근교 탐방	라 데팡스 지하화 현장학습	RATP & SNCF 방문, 답사	RER통해 이동 후 에펠탑 관람	스트라스부 르 Eco2020 체험	시청 방문 및 Eco2020 인터뷰	Belgium로 이동
10	11	12	13	14	15	16
공사현장 방문	시민 인터뷰	벨기에 문헌조사	Holland로 이동	보고서 마무리	공사현장 방문	보고서 제출 due date
17	18	19	20	21	22	23
아메르스포 르트 견학	Germany로 이동	뮌헨대학 견학	아우토반 견학	현지인 인터뷰	BAS견학	철도를 통해 베를린으로
24	25	26	27	28	29	30
뒤셀도르프 크웨일교 견학 Cancel	Switzerland 로 이동	취리히공대 견학	기관 무응답으로 Italy로 이동	베네치아 수상교통 이용	현지인 인터뷰	기관 인터뷰
31	8/1	2	3	4	5	6
휴식	로마로 이동	현지인 인터뷰	폼페이 로마 옛 도로 견학	콜로세움 견학	보고서 정리 후 제출	피렌체 도로 견학

