

도심경사로의 자전거 이용을 위한 Trampe 국내 적용성 연구

Practical Design Based on Trampe Bicycle Lift System for Urban Slope Way

최재순* · 장미홍** · 장영호*** · 윤형미**** · 이찬희*****

Choi, Jae Soon · Chang, Mi Hong · Chang, Young Ho · Yoon, Hyung Mi · Lee, Chan Hee

1. 서론

최근 정부에서는 온실가스와 환경오염을 줄이는 지속가능한 성장인 ‘녹색성장’을 신 국가발전 패러다임으로 제시하였으며, 고유가와 기후변화에 대응하기 위해 교통정책 부문에서도 환경 친화적이고 에너지 절약형 교통체계 개편이 제기되고 있다.(국토연구원, 2008) 특히, 친환경 무 에너지 교통수단인 자전거가 교통정책의 이슈로 등장하고 있으며 국내 각 광역·지방자치단체에서는 자전거 이용을 활성화시키기 위한 방안으로 자전거도로, 자전거 보관시설 등 자전거 관련 인프라 확충 사업을 실시하고 있다. 그러나, 물리적인 확장에 치중하여 지형이나, 교통상황 등 지역 특색을 고려하지 않은 채 현실성없는 자전거 도로가 건설되고 있는 실정이다. 특히 경사가 3%이상일 경우 이용에 지장을 받기 시작하며, 7% 이상일 경우, 이용에 어려움이 많은 것(이훈기·신희철 2008)으로 알려져 있는 자전거는 경사지가 많은 우리나라의 지역특성상 경사지역에서 자전거의 이용을 활성화시킬 수 있는 대안이 필요하다. 이러한 경사로를 극복하는 방법으로는 자전거 급행시스템과 같이 자전거 전용 고가도로 설치, 전기자전거(자전거 전기 충전기를 장착하여 자전거 구동계와 연결하여 전력만으로 자전거를 움직이는 형태, 자전거의 인력에 전력을 보태 경사진 도로에서도 평지와 같은 힘만으로 오를 수 있도록 해주는 형태)의 보급, 버스·트램을 이용한 자전거의 이동 방안, 또는 자전거 리프트를 이용한 경사로 이용 등이 있는데 전기자전거의 경우 값이 비싸고, 일반적인 보급이 어려운 문제점이 있으며 버스·트램을 이용한 자전거의 이동 방법은 이용의 번거로움과 불편함이 있고, 자전거 전용 고가도로 설치하는 도로 설치비용과 현실화에 어려움을 갖고 있는 실정이다. 해외의 경우, 이를 보완하기 위해 노르웨이 트론하임에서는 Trampe라는 자전거 리프트를 설치하여 성공적으로 운영하고 있다. 자전거 리프트는 경사로에서 차도와 보도의 경계부분에 설치되어 자전거 이용자들이 자전거를 탄 채 경사로를 오를 수 있도록 한 시설이다.(서울시정개발연구원, 2009)

본 연구는 노르웨이 트론하임의 Trampe를 국내 경사지역에 도입할 경우, 발생하는 문제점과 그 대책을 연구하는 것으로 서울시를 포함한 우리나라의 도심경사로에서의 자전거 이용의 활성화에 일조하고자 한다.

2. Trampe 시스템 현황

노르웨이 트론하임의 경사지 자전거 리프트시스템인 Trampe는 Jarle Wanvik이 언덕길에서 자전거 이용시 불편함을 느끼고 처음으로 고안해 내었다. Jarle Wanvik는 시뮬레이션을 통하여 Trampe를 더욱 구체화시키고 1992년 11월 실현시켰다. Trampe는 스키 리프트와 같은 구조이나 Trampe 대부분의 구조들은 사람과 차량이 레일과 레일덮개를 안전하고 방해받지 않게 건너기 위해 도로표면 아래 있다. Trampe 주요 구조는 ①시작점의 작동패널과 카드리더기, ②중착역의 전기모터, ③레일과 레일 덮개, ④추적케이블과 여러개의 발

* 서경대학교 토목공학과 전임강사·공학박사·02-940-7507(E-mail:geotech@skuniv.ac.kr)

** 서경대학교 도시환경시스템공학과석사과정

*** 서경대학교 도시환경시스템공학과석사과정

**** 서경대학교 도시환경시스템공학과석사과정

***** 서경대학교 도시환경시스템공학과석사과정



판, ⑤키 카드로 작동하는 전자 제어 시스템으로 이루어져 있다. 줄은 11개의 발판이 부착되어 있으며 내리막길에서 발판들은 리프트통로를 깨끗하게 한다. 종착역 안에 5.5kW의 전기 모터가 설치되어 있으며 추적케이블과 발판은 양쪽끝 600mm의 등근테를 돈다. 각 발판은 한명의 이용자만이 가능하고 발판들은 레일뿔개 위에서 작동하며 레일뿔개 안에 덮여진 상태에서는 작동하지 않는다. 트론하임에 있는 Trampe의 레일 길이는 130m지만 최대 400m까지 연장가능하며 속도는 2m/초이고 발판간의 거리는 20m로 1분에 최대 6명, 1시간에 최대 360명의 이용자를 이동시킬 수 있다. Trampe 건설비용은 m당 8,000~10,000NOK(1,506,720원~1,883,400원)로 도시지역에서 일반 자전거 도로 건설비용과 같다.



그림 1. Trampe의 구조 (<http://www.trampe.no/english/>, 자전거 리프트 홈페이지)

표 1. Trampe의 개요 (<http://www.trampe.no/english/>, 자전거 리프트 홈페이지)

구분	내용
설치 길이	○ 최대 400m
이동 속도	○ 2m/초
용량	○ 300명/시간, 동시에 5명 이동 가능, 매 12초마다 이용가능(발판간의 거리 20m)
주요 구조	○ 시작지점: 작동패널과 카드 리더기, 엑셀레이터 ○ 끝지점: 전기모터(5.5kW)
	○ 추적케이블과 여러개의 발판으로 이루어진 구동렬 ○ 레일과 레일 뿔개
	○ 전자 제어 시스템(키 카드로 작동)
사고여부	○ 12년 무사고 (리프트 누적이용자 200,000명 대상, 연간 2~3만명 사용)
이용요금	○ 1년 100 NOK (한화 약 18,834원)
설치요금	○ 1m 8,000~10,000 NOK 노르웨이 도시지역에서 일반 자전거도로 개설비용과 비슷
기타 용도	○ 자전거 없이 발판위에서 균형을 잡고 이용 ○ 유모차와 같이 이용

Trampe 사용은 시작지점에서 전자키카드를 통해 작동시킬 수 있다. 이러한 전자키카드는 카드구매가 가능하고 여행자용, 일회용권을 빌릴 수도 있다. 특히, Trampe는 트론하임 시내에서 언덕에 위치한 대학교까지 연결시켜줌으로써 자전거를 주 교통수단으로 이용하는 학생들의 41%가 Trampe 설치 후 자전거를 더 많이 이용하고 있다는 설문조사결과가 발표된 바 있다.



그림 2. Trampe 사진 (<http://www.trampe.no/english/>, 자전거 리프트 홈페이지)

3. Trampe 시스템의 국내 적용성 연구

앞 장의 노르웨이 트론하임시의 Trampe 시스템이 경사지에 매우 탁월한 효과를 보유하고 있으나, 인구밀도가 높은 서울시 경사지와 트론하임과는 그 주변환경이 판이하게 다르며 이러한 경사지 리프트 설치시 많은 문제점이 도출할 수 있다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 확실하게 도출하고 이에 대한 대책을 마련하기 위해 서울시 성북구 정릉동의 서경로를 연구대상지역으로 선정하고 Trampe 시스템의 적용성 연구를 수행하였다. 대상지역은 Trampe 설치환경과 유사하게 서경대학교와 대일외국어고등학교, 대일관광고등학교가 경사지 정상부에 위치하고 있으며 최근에는 길음뉴타운의 건설로 인해 학생들 뿐만 아니라 지역거주민도 크게 늘어난 지역이다. 서경로는 송덕초등학교에서부터 서경대학교까지 이르는 도로를 명칭한 것으로 총 연장은 940m, 폭은 10m이며 평균경사도는 약 4.91°로 자전거 이용이 거의 전무한 실정이다. 적용성 연구는 전기모터 일률 산정, 그에 따른 태양열 집전판, RFID를 이용한 이용, 교차로 및 골목길에 대한 고려 등에 대해 수행하였다.

3.1 구간의 설정 및 필요전력량 산출

서경로를 두 개의 구간으로 나누어서 1구간은 경사로의 시작점인 송덕초등학교부터 310m지점까지, 2구간은 423m지점부터 749m지점까지를 설정하였다.



그림 3. 구간의 설정

Trampe 시스템에서 자전거와 탑승자를 끌어올리는 모터의 용량을 구하기 위해서는 경사도와 자전거 및 탑승자의 무게 등을 토대로 전기에너지를 구해야 한다. 우선적으로 평균경사도를 고려하여 다음의 그림과 같이 경사면 c 를 올라가는 힘(N)을 산정한다. 이때, 자전거 바퀴의 마찰력은 고려하지 않았다.

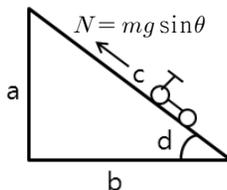


그림 4. 경사면을 올라가는 힘

여기서, 경사면 c 를 올라가는 힘(N)은 질량 m (kg)과 중력가속도 g (m/s^2), 그리고 각도 θ 를 곱한 값이다. 계산의 편의를 위해 질량(kg)은 건장한 성인의 무게(85kg)와 평균 자전거의 무게(15kg)의 합을 100kg으로 하고



중력가속도(g) 9.8m/s²을 적용하면 100×9.8×sin4.91=83.87kgm/s²의 값이 산정되며 이 힘에 Trampe 시스템에 적용하고 있는 경사를 오르는 속도 2m/s을 곱하면 일률, 즉 전기에너지 166.74w가 산정된다. 최종적으로 이용자수, 발판의 수와 2인 탑승시 안전 등을 고려하면 약 5kW의 전기모터를 통해 구간별 기계운용이 가능하다. 이 상과 같이 산정된 5kW의 전기모터의 전력을 충당하기 위해 태양열 집열판 이용을 계획할 경우, 44×54cm 규격의 30w급 이용시 167개가 소요되고 면적으로 환산하면 396,792cm²이다.

표 2. 전력량에 따른 태양열 집열판의 규격 (A국제무역회사)

model	Maximum power (Pm)	Maximum power current (Im)	Maximum power voltage (Vm)	Short circuit current (Isc)	Open circuit voltage (Voc)	power (Tolerance)	Weight per piece	Size of module (mm)
CR060M	60Wp	3.30A	18.2V	3.50A	21.8V	±10%	5.6kg	829×542
CR057M	57Wp	3.15A	18.0V	3.45A	21.6V			
CR055M	55Wp	3.06A	17.8V	3.37A	21.6V			
CR053M	53Wp	2.98A	17.8V	3.35A	21.6V			
CR050M	50Wp	2.92A	17.2V	3.31A	21.4V			
CR042M	42Wp	2.56A	16.3V	3.16A	21.2V			
CR045M	45Wp	2.47A	18.2V	2.65A	21.6V	±10%	4.4kg	630×540
CR042M	42Wp	2.35A	17.8V	2.57A	21.4V			
CR040M	40Wp	2.28A	17.6V	2.53A	21.4V			
CR037M	37Wp	2.16A	17.1V	2.46A	21.2V			
CR032M	32Wp	1.92V	16.5V	2.37A	21.0V			
CR030M	30Wp	1.64V	18.2V	1.76	21.6			
CR027M	27Wp	1.54V	17.6V	1.70	21.4	±10%	3.3kg	440×540
CR025M	25Wp	1.44V	17.2V	1.63	21.4			
CR023M	23Wp	1.26V	18.2V	1.32	21.6			

3.2 전자태그(RFID) 기술을 통한 Trampe 이용자 확인 자동화

RFID(RFID, Radio Frequency Identification) 시스템이란 물품에 소형칩이 내장된 전자태그를 붙인 후 전파를 이용하여 전자적으로 물품의 취득, 이동, 처리, 유통현황 등을 실시간 관리하는 시스템을 말한다. 이러한 RFID를 통한 통합형 개인편의서비스 시스템이 서울 도심형 Trampe의 구체적 실현화에 있어 반드시 필요하다. 기존 Trampe 시스템에서는 사용자가 Trampe의 진입에 앞서 멈추어 티켓이나 정기권을 손으로 직접 기계에 투입하거나 확인시키는 방식을 이용하고 있는데, 이는 이용자가 많지 않을 시에는 크게 문제가 되지 않으나 이용자가 많아질 경우 이용흐름을 늦추어 혼잡의 원인이 되어 운영의 효율성이 크게 저하된다. 또한, Trampe의 원래 목적이 아닌 화물의 운반이나 놀이의 용도로 티켓이나 정기권을 구매하여 이용할 가능성도 무시할 수 없다. 이러한 문제점을 보완하기 위해서 RFID를 통한 통합형 개인편의서비스 시스템을 이용하는 것이 바람직하다. 사용자는 Trampe 이용을 위해서 국가 및 지자체에서 운영하는 통합관리소에서 사용자의 신원과 개인 자전거의 확인을 통해 통합관리소의 데이터베이스에 정보를 입력하고 RFID칩을 제공받는다. 이때, 사용자는 RFID칩의 유효기간만큼의 액수를 지불하고 사용기간동안은 더 이상의 추가요금이나 신원확인없이 Trampe를 자유롭게 이용하게 된다. 특히, 통신인프라가 세계적으로도 유명한 우리나라의 경우, RFID 정보확인시간이 매우 짧은 것으로 예상되어 거의 논스톱 이용이 가능할 것으로 판단된다.

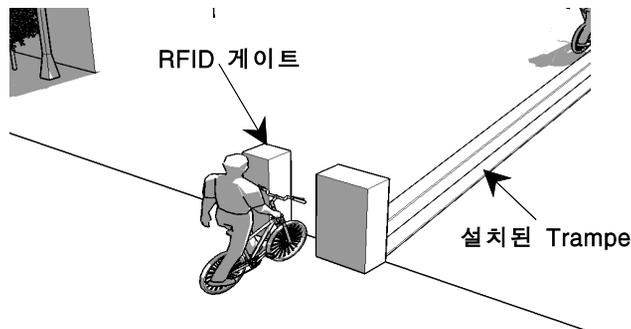


그림 5. RFID 가상 적용 사례

3.3 Trampe의 운행주기와 교차로 교통신호의 연동을 통한 차량과의 충돌해소방안

경사로 중간에 교차로가 존재하게 되면 Trampe의 설치에 있어 문제점을 가지게 된다. 특히, 자전거 이용자의 안전이 크게 문제될 수 있다. 3거리 또는 4거리 교차로에서 전기에너지에 의해 계속적으로 운영되는 Trampe의 레일은 우회전 또는 좌회전 차량과 충돌할 가능성이 항상 존재한다. 물론 자동차 운전자들이 사람과 자전거의 이용을 우선하는 의식이 가장 중요하지만 의식전환만을 기대하고 있을 수는 없기 때문에 이러한 교차로에서의 문제해결방안을 실제 대상지역의 교차로를 통해서 모색해 보았다.



그림 6. 교차로 현황사진

해당지역의 교차로문제를 해결하기 위한 방안으로서 구상한 것은 Trampe의 운행주기와 교차로 교통신호의 연동을 통하여 차량과의 충돌 위험성을 제거하는 것이다. 먼저 교차로의 교통신호가 Trampe의 진행방향과 일치할 때 Trampe는 평소와 같이 운행되고 우측 혹은 좌측 신호대기 차량은 대기하게 된다. 이와 반대로 교통신호가 Trampe의 진행방향과 일치하지 않게 되기 전에는 약 5초의 여유를 두고 Trampe의 구간운행을 정지시킨다. 5초의 여유를 가지는 것은 교통신호가 바뀌는 것과 동시에 Trampe의 운행을 멈출 경우 교차로 한가운데에서 운행이 멈추게 되는 불상사가 일어나는 것을 방지하기 위함이다.

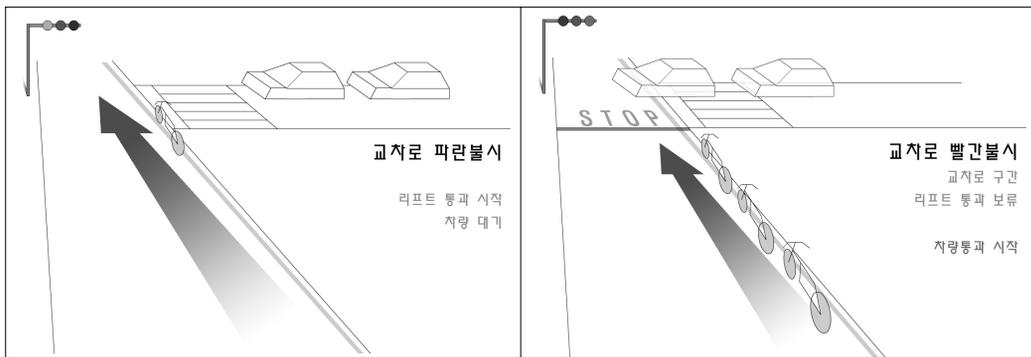


그림 7. 교차로 Trampe 운영 (청신호 및 적신호시)

교차로의 적색신호시의 경우, Trampe 구간이 연결된 모든 구간은 일시적으로 모두 운행을 멈추게 되므로 비효율적일 수 있다. 이에 대한 해결방안으로 아래의 그림과 같이 교차로 근처지점의 Trampe의 레일을 지표면 안쪽에서 2개로 구분해서 설치하여 긴 구간의 레일은 Nonstop으로 계속 운행이 되고 짧은 구간의 레일은 신호주기에 맞추어 Go and Stop을 반복하도록 운영하는 방법이 있을 수 있다. Trampe의 사용자가 타고 올라오는 발판은 2개의 레일이 겹치는 구간에서 긴 구간 레일에서 짧은 구간 레일로 레일교차를 하게 되며 특히, 교차로 이전에 일정수준이상의 긴 직선구간이 있는 경우, 효과적일 수 있다.

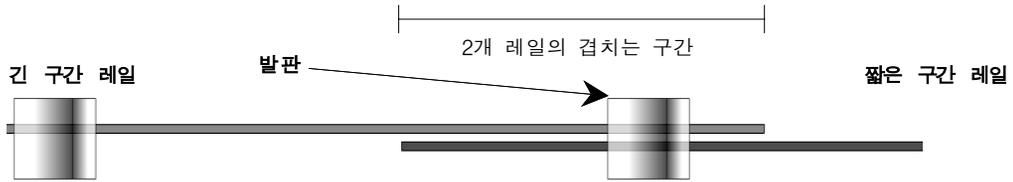


그림 8. 교차로 적신호시 Trampe 대기구간의 운영

다만, 그림 8과 같은 시스템을 운영하는 경우, 교차로 지중에 모터와 레일을 설치해야 하는데 이 설치 기간 동안 자동차 도로 운용에 큰 불편을 줄 수 있다. 또한, 이상과 같은 교차로에서의 운영계획이 간단한 교통신호와 연동으로 간주할 수 있으나 교통상황이 항상 같을 수 없기 때문에 위험감지센서와 날씨 및 계절에 따라 변화하는 노면의 상태 등을 고려하여 운영상의 문제들을 계속적으로 관측해야 한다.

이상과 같이 신호등이 설치된 교차로가 아닌 골목길 등에서는 다음과 같은 방안이 적절한 것으로 판단되었다. 물론, 일반 골목길에 Trampe를 설치하기 위해서 교통신호등을 신설하는 방법도 있을 수 있지만 비용 측면 뿐만 아니라 Trampe의 운행 효율도 크게 저하될 수 있다. 그러므로, 사전조사를 실시하여 이러한 골목의 유형을 차량통과가 일정수준 이상으로 많은 지점과 그렇지 않은 지점으로 구분하고 일정수준 이상의 지점에는 신호기를 설치하여 상기와 같이 운영하는 것이 바람직하며 차량통과가 일정수준에 못 미치는 지점에서는 Trampe의 구간을 짧게 끊어 이용자가 골목을 건넌 후 Trampe에 다시 오르도록 하게 하는 것이 바람직하다. 또한, 횡단구배가 심하거나 곡선이 심한 구간 역시 Trampe의 레일은 짧게 끊어 설치하게 되면 효율적인 운영을 도모할 수 있다.

4. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 경사지가 많은 우리나라의 특성을 고려하여 자전거 이용의 활성화를 위해 현재 노르웨이 트론하이머에서 운영 중인 자전거 리프트 시스템 Trampe를 국내 도입하고자 이에 대한 적용성 연구를 수행하였다.

적용성 연구를 위해서는 Trampe 시설환경과 유사한 서경로를 대상지역으로 하여 실제 운영계획과 함께 발생가능한 문제점에 대한 대책을 제시하였다. 적용성 연구에 있어서 시설운영분야로 필요 전기에너지는 태양열 집열판을 통해 공급하는 것으로 하였으며 이용시스템은 RFID를 사용하도록 하였다. 또한, 교차로에서의 이용자 안전을 위해 교통신호의 연동과 함께 효율적 운영을 위한 중복레일의 운영 등을 제안하였다.

향후, 본 연구와 같이 경사지에서의 자전거 이용 활성화 대책들이 강구되면 현재 한강변의 레저전용 자전거 도로가 아닌 실생활에서의 자전거 이용이 크게 활성화될 수 있을 것으로 판단된다.

참고 문헌

1. 홍석기, 한영주, 이신해(2009), “시민의 자전거 생활문화 공간”, 서울시정개발연구원.
2. 이훈기, 신희철 (2008), “자전거 급행도로 시스템 도입연구”, 교통연구원.
3. 국토연구원(2008), “녹색도시구현을 위한 자전거 이용 활성화 방안”, 국토연구원 국토정책Brief 201호.
4. <http://www.trampe.no/english/> (자전거 리프트 홈페이지)