

하이퍼루프의 노선대 선정을 위한 가치중심적 접근

Value-Centered Approach for Corridor Selection of Hyperloop

백재욱*†, 이병주*, 유호식*

Jae-Wook Baek*†, Byung-Joo Lee*, Ho-Shik Yoo*

초 록 하이퍼루프는 최고속도 1,220km/h 구현을 위해선 회전반경의 제약이 너무나 크므로 통상적인 노선선정 방법으로는 합리적인 노선을 선정하기 어렵다. 본 연구는 이러한 제약사항을 검토하고 캡슐(capsule)로 불리는 차량의 주행성능 등을 분석하여 최고속도의 유지를 위한 노선대 설정을 검토·제시하고자 한다. 본선과 지선으로 네트워킹 되는 통합방식은 운행효율성을 확보할 수 있다.

주요어 : 하이퍼루프, 노선선정, 노선검토, 가치공학

1. 서 론

본 연구는 하이퍼루프의 구축·건설을 위한 노선선정의 방법을 제시하고자 한다. 노선의 선정은 통상 개략검토, 노선선정, 노선설계라는 과정으로 이루어지며 노선대의 설정을 위한 기본적인 실현방법을 연구대상으로 하였다. 이를 통해 하이퍼루프의 구축망 및 노선 설정·계획시 활용할 수 있다. 노선선정은 지역 여건, 환경 등에 미치는 영향을 최대한으로 고려하고 안정성, 기술성, 시공성, 경제성 등을 감안하여 가장 합리적인 노선을 선정하는 것으로 철도설계의 과정 중 기본적이면서도 가장 중요한 단계이다. 가장 대별되는 특성으로 하이퍼루프는 최고속도 1,220km/h로 주행을 위해서는 곡선반경이 상당히 커 통상적인 철도노선 선정계획으로 접근하기 어렵다.

2. 본 론

2013년 8월에 Tesla와 SpaceX의 웹사이트를 통해 발표한 초고속 교통수단인 하이퍼루프는 승객의 안전을 위해 중력가속도가 0.5g로 제한되어 튜브(tube)로 칭하는 선로의 곡선반경 및 기울기는 주행속도별로 제한을 가진다[1]. 제시값을 직선보간법으로 적용하면 Table 1과 같이 속도별 최소곡선반경을 결정할 수 있다.

Table 1 속도별 최소곡선반경

속도	최소곡선반경	속도	최소곡선반경
-	-	700	8,500
100	800	800	10,600
200	1,600	900	12,900
300	2,300	1,000	16,200
400	3,100	1,100	19,600
500	4,100	1,200	22,900
600	6,300	1,220	23,500

최고속도로 주행하기 위해선 루프의 곡선반경은 최소 23,500m 이상 되어야 하며 설계속도 350km/h인 고속선 규정인 자갈도상 6,100m, 콘크리트도상 4,700m와 비교하면 차이가 많다. 동일한 속도에서 비교하면 최소곡선반경은 2,700m라 캡슐(capsule)로 불리는 차량의 주행성능이 향상된 것으로 볼 수 있다.

캡슐형 열차가 진공에 가까운 튜브 속을 자기부상해서 달리기 때문에 공기저항이 거의 없고 마찰력의 영향도 받지 않아 거의 음속을 낼 수 있다. 제안한 것을 토대로 하이퍼루프의 차량성능을 추정하면 Table 2와 같다.

직선 레벨구간에서 최고속도로 도달하기 위해선 7.6km가 필요하고 45초가 소요되는 것으로 추정되어 한국형 고속열차인 KTX-산천(300km/h 도달 거리/시간은 16.4km, 317초)과 크게 차이가 난다. 견인뿐만 아니라 제동성능도 뛰어나 최고속도에서 정지까지 50초, 8.5km가 필요한 것으로 분석되었다(KTX-산천은 74초, 3.2km).

† 교신저자: (주)유신 (jwbaek@yooshin.com)
* (주)유신 철도본부

Table 2 가·감속 성능 추정

(a) 가속성능 : 가속에 대한 거리(km), 시간(초)				
속도	거리	누적거리	시간	누적시간
0	0.0	0.0	0.0	0.0
480	1.2	1.2	17.4	17.4
890	2.8	4.0	14.7	32.1
1,220	3.7	7.6	12.6	44.7
계	7.6		44.7	

(b) 감속성능 : 가속에 대한 거리(km), 시간(초)				
속도	거리	누적거리	시간	누적시간
1,220	0.0	0.0	0.0	0.0
890	4.5	4.5	15.5	15.5
480	2.7	7.2	14.0	29.5
0	1.3	8.5	20.0	49.5
계	8.5		49.5	

하이퍼루프의 최고속도 구현을 위해선 곡선 반경의 제약이 크고 가·감속성능도 다르므로 전통적인 노선계획과는 다른 실현방법이 필요하다. 노선선정은 앞서와 같이 지역여건 등을 고려해야 하므로 통상 이용수요의 확보·확충을 위해 접근성이 뛰어난 도심 중심에 설치되는 역은 사업 추진과 경제적인 측면에서 개발상황과 지형조건을 고려하여 수송 루트(route)를 결정할 필요가 있다[2].

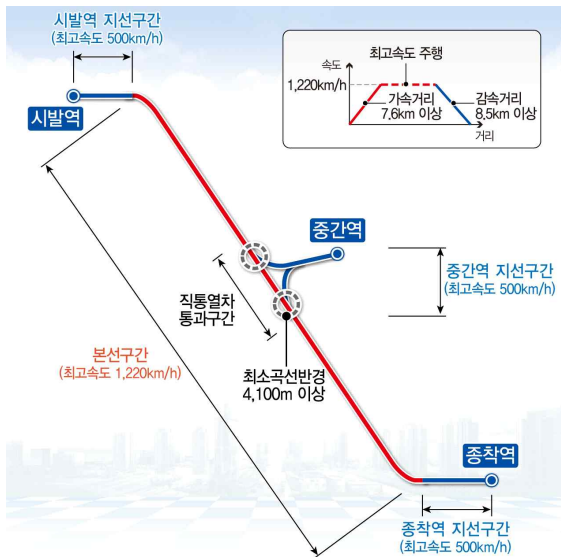


Fig. 1 하이퍼루프의 노선대 설정방법

본 연구는 이러한 이유로 노선대의 설정을 위해(Corridor Components) Fig. 1과 같이 최고속도 주행이 가능한 본선(main line)과 도시에 입지된 역으로 현황에 맞추어 분기·인입되는 지선(branch line)으로 크게 구별하고자 한다. 본선과 지선으로 구별하는 노선선정 방법

은 하이퍼루프 노선계획을 최적화할 수 있는 하나의 방안으로 이용이 가능하며 서로 네트워킹되어 운행효율성을 높일 수 있다. 지선은 현황과 여건 등에 맞게 공로를 따라 낮은 속도로 도심부까지 오는 루트이다. 본선과 지선으로의 구별은 중간역을 경유하지 않는 직통열차를 고속으로 유지하기 위해서이다.



Fig. 2 노선선정 방식의 비교

기준이 되는 상한속도는 본선에서 최고속도로, 지선은 500km/h로 정하여 이 구간에서의 곡선반경은 4,100m 이상으로 설정하여야 한다. 참고로 Fig. 2는 기준과 하이퍼루프 노선선정의 방식을 비교한 것이다. 본선은 철도의 간선(幹線)을 의미하는 기반이 되는 노선이며, 지선은 통상 고밀도로 개발되어있어 지장없이 최고속도의 충족이 어려워 지형과 개발 상황에 맞게 속도수준을 정한 것이다.

3. 결론

가치공학(VE, Value Engineering)은 체계적이고 시스템적인 대안의 발굴 및 선정 방법론으로[3] 차량의 성능의 유지하기 위한 노선대의 설정을 위해 착안사항을 구체화할 수 있는 VE 관련기법을 적용하여 하이퍼루프에 적합한 새로운 노선선정 방식을 제시·검토하였다.

참고 문헌

[1] Elon Musk (2013) Hyperloop Alpha(Hyperloop Preliminary Design Study Technical Section).
 [2] Hyperloop One (2016) FS Links Pre-feasibility study Stockholm~Helsinki.
 [3] 김광수 (2012) 원가절감 및 신제품 개발을 위한 가치공학실무, 민영사.