고속선구에 광역교통서비스 제공을 위한 고속철도와 급행전철 혼용운용 고찰

Considering combined operation method with the wide area rapid-transit and high speed-transit for wide area traffic service offer at high speed track section

노병국* 김용배** 차기식***

Roh, Byoung-Kuk Kim, Young-Bea Cha, Ki-Sik

ABSTRACT

According as zone of life of big city is expanded by new city development etc.., need special skill master plan compensation which can be systematic for wide area traffic problem solution and confusion expense minimization in the metropolitan area because wide area of capital region traffic is gone continuously and continues. Accordingly, Kyonggi Province suggested rapid-transit railway achievement that can connect Seoul Gangnam in 20 minutes with Dongtan new city recently

MLTM(Ministry of Land Transport and Maritime Affaris) announced "Capital region railway network improvement plan research services (2007.12)" result that Gangnam High-speed railway route (Suse ~ Dongtan ~ Pyeongtaek) construction for offer High-speed railway service to capital region and Kyonggi southern part area inhabitantses and need to line capacity tribe solution by Seoul-Busan high-speed railway second-stage and Honam high speed railroad completion.

Is judged that need examination about wide area rapid-transit railway combined application operation that take advantage of rail track reserve capacity of High-speed railway for utilization efficiency elevation of country and efficient investment of national finance according as High-speed railway and Gangnam rapid-transit railway route that is suggested in Kyonggi Province are overlaped.

Therefore, in this research, I wish to quote investment efficiency plan of railroad business by that different kind's train is run in uniformity track by presenting combined application operation plan and working expenses curtailment effect etc. that is optimized through analysis of roadbed and E & M technology condition, intermediate station plan, train operation planning etc. in case of wide area rapid-transit railway and high-speed railway run combined application.

국문요약

신도시 개발 등으로 대도시의 생활권이 확대됨에 따라 수도권 교통의 광역화가 지속적으로 진행되고 있어 대도시권내의 광역교통문제해소 및 혼잡비용 최소화를 위한 체계적이고 지속 가능한 장기 마스터플랜 구상이 필요하게 되었다. 이에 따라, 최근 경기도에서는 동탄 신도시와 서울 강남을 20분대에 연결할 수 있는 대심도 급행전철 사업을 구상하였다.

국토부에서는 경부고속철도 2단계와 호남고속철도 완공에 따른 선로용량 부족해소와 수도권 및 경기 남부지역 주민들에게 고속철도 서비스제공을 위한 강남권 고속철도 노선(수서～동탄～평택) 건설이 필요한 것으로 “수도권 철도망 개선방안 연구용역(2007.12)” 결과를 발표하였다. 경기도에서 추진 중인 광역급행전철과 강남권 고속철도 노선이 중복됨에 따라 국토의 이용 효율성 향상과 국가재정의 효율적 투자를 위해 고속철도의 선로 여유용량을 활용한 광역급행전철 혼용에 대한 검토가 필요할 것으로 판단된다.

따라서, 본 연구에서는 고속철도와 광역급행전철을 혼용 운행할 경우 노반분야 및 E & M 기술조건, 중간역 계획, 열차운영계획 등의 분석을 통해 최적화된 혼용운영 방안과 사업비 절감효과 등을 제시함으로써 동일 선로에서 이종의 열차가 운행됨에 따른 철도사업의 투자효율성 제고 방안을 제시하고자 한다.

* 책임저자 : 노병국, 한국철도시설공단, 건설계획팀, 부장
E-mail : rohbk@hanmail.net
TEL : (042)607-3912 FAX : (042)607-3899
** 정회원, 한국철도시설공단, 건설계획팀, 과장
*** 정회원, (주)서현기술단 철도사업부, 이사

1. 서 론

최근 지구온난화 등 환경적인 문제가 세계적인 문제점으로 대두되어 친환경적이고 대량 고속수송이 가능한 교통서비스인 철도건설사업이 주목을 받고 있다. 또한 수도권 주변의 택지개발계획이 활발히 진행되고 있어 광역철도계획이 다수 추진되고 있다. 그러나, 철도건설사업의 경우 막대한 예산이 필요로 하는 국가사업으로 계획단계에서 노선의 성격 및 기능, 사업의 목적, 경제성 등을 고려한 시설계획이 매우 중요하다.

특히 "수도권 철도망 개선방안 연구용역(2007.12)"에서 제시한 강남권 고속철도 노선(수서~동탄~평택)과 경기도에서 추진중인 삼성~동탄간 광역급행전철 노선이 중복됨에 따라 고속철도 노선의 선로여유용량을 이용한 광역교통망 서비스 제공의 가능여부에 대한 연구가 필요한 것으로 판단된다.

따라서, 본 논문에서는 혼용운행에 필요한 시설물 계획, 특히 광역급행전철의 중간역 설치에 따른 열차운영계획 및 저속, 고속혼용 운전이 가능한 E&M 계획 등을 분석하고 이에 따른 투자비를 분석하여 철도사업의 투자효율성이 극대화되는 방안에 대하여 기술할 것이다.

2. 혼용운행시 시설물 계획

2.1 노반분야

우리나라의 경우 대부분의 지형이 산악지형으로 이루어져 있어 철도 건설시 터널이 차지하는 비중이 크다. 철도 건설, 특히 고속철도 건설시 터널단면적에 따라 사업비의 범위를 결정하게 된다. 최근 호남고속철도 건설계획에서 사업비 절감을 고려하여 선로중심간격을 4.8m로 축소, 터널단면적을 95㎡로 축소하였다. 또한 터널의 방재와 관련하여 안전성 분석(QRA)을 통한 체계적인 방재기준을 수립하도록 제시하고 있다.

따라서, 고속열차와 광역급행전철을 혼용운행하는 장대터널의 경우 고속철도를 기준으로 터널단면을 계획하여야 하며, 열차 운행속도 차이, 광역급행전철의 중간역 대피에 따른 위험기준 등 정량적인 안전성 분석(QRA)을 수행하여 효율적인 대피통로, 방재구난지역 설치 등 방재관련 시설물 계획이 필요하다. 또한, 장대터널내 위치하는 정거장의 경우 열차승객은 물론 승강장 대기인원의 신속한 대피를 고려한 비상대피통로 계획이 필요하다.

환기의 경우 터널내 차량의 가속 및 제동 등 주행에 의한 발열, 열차운행에 따른 비산먼지 등이 발생하게 되므로 이를 제거하기 위한 환기설비가 필요한데 고속철도보다는 정차횟수가 많은 광역급행전철 운행에 따른 환기설비 계획이 지배적이므로 이를 고려한 환기시설물 계획이 필요하다.

따라서, 고속열차와 광역급행전철 혼용운행을 고려한 노반시설물 중 장대터널 계획에서는 방재 및 환기설비를 고려한 터널계획이 필요하며, 전체 사업비 중 상당한 부분을 차지하므로 사업비 최소화를 고려한 터널계획이 필요하다.

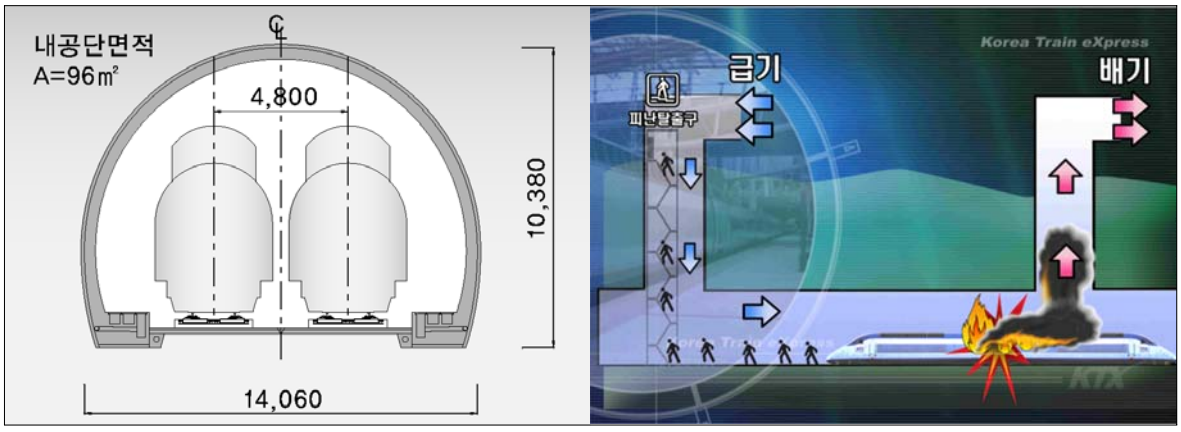

그림1. 터널계획

2.2 정거장분야

노선계획시 정거장의 위치는 인구 및 경제적 현황, 연계 교통현황, 국가기간교통망 및 지역개발계획 등을 고려한 수송수요 예측을 통하여 선정하게 되나, 역간 거리는 열차의 표정속도를 결정하게 되는 주된 인자가 된다. 고속철도 정거장의 경우 역세권 인구 및 장거리 이용 승객이 많은 곳으로 선정하게 되며 표정속도의 향상을 고려하여 최소 50km이상 역간거리를 확보하도록 계획한다. 그러나, 광역철도의 경우 지역간 여객수송을 주된 목적으로 하며 광역급행전철의 경우 약 3~10km 간격으로 거점역을 기준으로 설치하게 된다.

따라서, 혼용운행을 고려할 경우 광역급행전철 중간역에서는 고속열차의 통과가 필연적으로 발생하게 되며 이를 고려한 정거장 시설계획이 필요하다. 특히 장대터널내 터널정거장의 경우 풍압에 의한 승객의 안전 및 쾌적성 확보가 최우선적으로 고려되어야 하며, 광역급행전철의 대피에 따른 열차 안전 확보 및 승객의 대기 시간 축소가 가장 필요하게 된다.

참고적으로 일반적인 지상구간에서의 고속열차 통과속도에 따른 풍속 및 풍력등급은 다음과 같다.

도표 1. 홈단에서 측정점까지의 풍속(m/s)

거리 / 열차속도	0.8m	0.9m	1.0m	1.1m	1.2m	1.3m	1.4m	1.5m	1.6m
200 km/h	7.73	7.22	6.76	6.34	5.95	5.59	5.26	4.94	4.65
250 km/h	9.66	9.02	8.45	7.92	7.44	6.99	6.57	6.18	5.81
300 km/h	11.59	10.83	10.13	9.50	8.92	8.39	7.88	7.41	6.97

도표 2. 풍력 등급

풍력등급	풍속(m/s)	설 명
5	8.0~10.8	잎이 많은 나무가 흔들린다. 연못의 수면파가 인다.
6	10.8~13.9	큰 가지가 움직인다. 전선이 움직인다. 우산쓰기가 곤란하다.
7	13.9~17.2	소목 전체가 움직인다. 바람방향으로 걷기가 곤란하다.
8	17.2~20.8	작은 가지가 부러진다. 바람방향으로 걸을 수 없다.
9	20.8~24.5	인가가 파손되거나 훼손된다. 굴뚝이 무너진다.
10	24.5~28.5	나무 뿌리가 뽑힌다.
11	28.5~32.7	넓은 범위의 파괴를 수반한다.
12	32.7 이상	상동

상기 표에서 보듯이 열차의 통과속도가 200km/h 이상일 경우 풍력등급 5이상으로 나타나며, 터널내의 경우는 그 이상의 풍속이 나타날 것으로 예상된다. 따라서, 고속철도 통과선을 고려한 광역급행전철 정거장의 경우 통과선이 승강장과 충분히 이격되도록 계획되어야 하며, 스크린도어 설치시 풍압에 대하여 충분한 내구성 및 안전성을 확보하도록 계획하여야 한다.

고속열차와 광역급행전철을 혼용 운행하는 정거장의 경우 역시 고속철도 통과선을 고려한 배선계획을 수립하여야 하며 상호 열차승객의 환승을 고려한 승강장 계획이 필요하다. 이 경우 환승동선이 최소화되도록 계획하여야 하나, 상호 요금체계 및 정산방식이 상이하여 2-Gate 방식을 고려한 환승동선 계획이 필요하다.

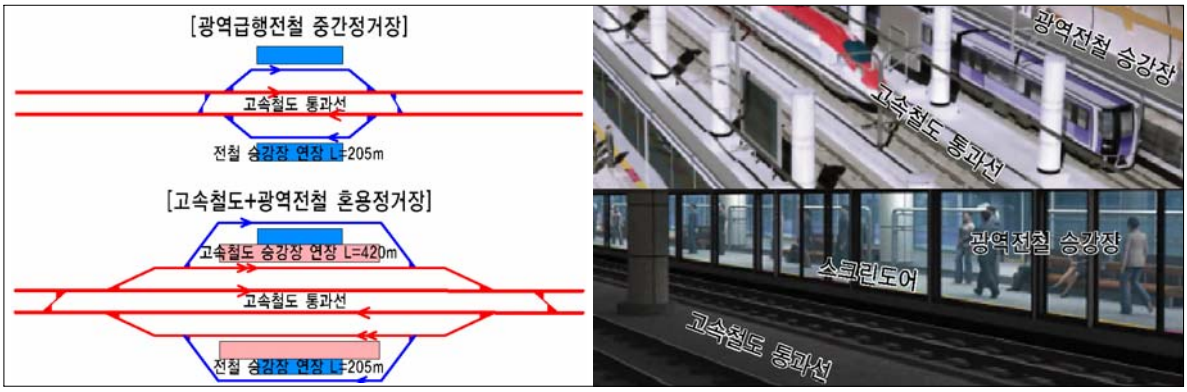

그림2. 정거장 배선 계획

2.3 E&M분야

전차선분야의 경우 열차의 설계속도에 따라 전차선 및 조가선의 장력, 선종, 전차선 높이 및 가고, 장력 조정장치 등이 검토된다. 경부고속철도 및 호남고속철도의 경우 350km/h 설계속도에 따라 전차선 설계기준을 정립하여 적용하였다. 광역급행전철 혼용운행의 경우 고속철도 전차선 설계기준을 적용할 경우 압상량 등 일부 차량제원을 만족하도록 설계하면 기술적인 문제가 없는 것으로 판단되며, 광역급행전철 차량의 팬터그래프간 거리가 절연구간 거리 이내로 조정될 경우 운행에는 문제가 되지 않는다.

도표 3. 고속철도 전차선 설계기준

구분		경부고속철도	호남고속철도
설계속도		350km/h	350km/h
전기방식		단상 AC 25kV 60Hz	단상 AC 25kV 60Hz
최대경간		63m	65
전차선	선종	홈경동선 Cu 150㎟	홈경동선 Cu 150㎟
	가선장력	2,000N	2,60N
조가선	선종	Bz 65㎟	Bz 116㎟
	가선장력	1,400N	2,000N
전차선 높이		5,080㎜	5,080±10㎜
전차선 가고		1,400㎜	1,400㎜

신호분야의 경우 설계속도 150km/h 이상일 경우 기본적으로 차상신호방식을 적용하여야 한다. 따라서 광역급행전철 차량 역시 고속철도 차량과 동일한 신호체계를 구축할 경우 기술적인 문제가 없는 것으로 판단된다. 추가 건설되는 고속철도 노선의 신호방식은 경부 및 호남고속철도 직결운행을 고려하여 TVM430 또는 TVMSEI 설치가 필요하나 한국 철도망 신호시스템 신호체계 통일을 위해 국제적 표준화된 ERTMS/ETCS Level 1&2 차상신호시스템 적용을 적극적으로 분석하여야 한다.

폐색방식은 차상거리연산제어방식(Distance to go) 또는 이동폐색방식(Moving Block)을 적용하는 것이 유리한 것으로 판단되며, 이는 광역급행전철 중간역에서의 대피시 고속열차와 광역급행전철 열차 상호간 안전성을 보다 높여주는 폐색방식으로 판단된다.

광역급행전철의 경우 승강장에 고속열차 통과 풍압을 고려한 스크린도어를 설치하게 되므로 열차운행 정보를 스크린도어설비에 제공하도록 신호시스템을 구성하는 것이 필요하다.

3. 열차운영계획

3.1 열차운전시뮬레이션(TPS) 분석

고속열차와 광역급행전철 혼용운행의 경우 광역급행전철은 전역을 정차하게 되며, 고속열차는 거점역을 정차하게 된다. 이때 고속열차와 광역급행전철의 표정속도 차이가 발생하므로 광역급행전철의 대피가 불가피하게 발생한다. 따라서, 고속열차와 광역급행전철의 열차운전시뮬레이션(TPS) 분석을 통한 광역급행전철의 최소운전시격 분석이 필요하다.

따라서 본 분석에서는 광역급행전철의 운행거리를 37km로 가정하여 고속철도와 광역급행전철의 열차운전시뮬레이션(TPS)을 분석한 결과 다음과 같이 나타났다.

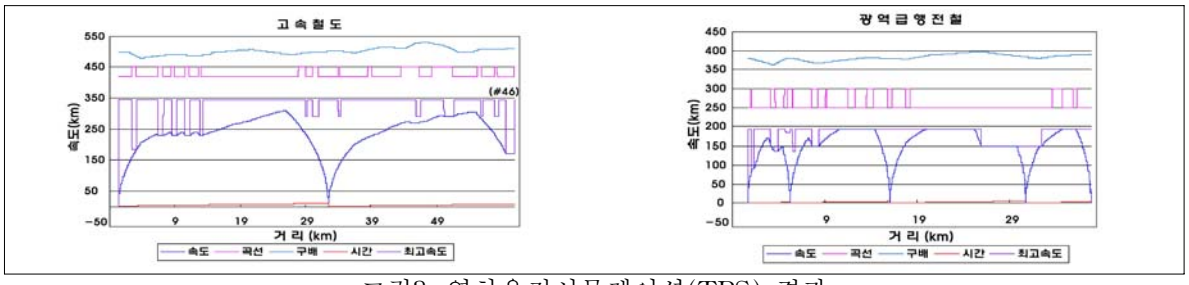

그림3. 열차운전시뮬레이션(TPS) 결과

도표 4. 열차운전 시뮬레이션(TPS) 결과 요약

구 분	고속철도(350km/h)	광역급행전철(200km/h)
최 고 속 도	314 km/h	200 km/h
표 정 속 도	195 km/h	107 km/h
운 행 구 간	37.1km	37.1km
운전시분(시점~종점)	11.4 분	21 분

3.2 열차 DIA 분석

철도 선로용량은 노선에 투입하여 운행 가능한 열차의 횟수로 표현되며, 이는 일정구간의 본선구간에서 운행 가능한 1일 최대 운행횟수를 나타난다. 그러나, 다른 열차종별이 투입되는 혼용운행의 경우 유지보수, 열차 지연 등 운행 불용시간을 고려한 선로용량 검토가 필요하며 저속열차의 고속열차 대피시간을 고려한 선로용량 분석이 필요하다.

그러나, 저속열차가 고속열차 즉, 광역급행전철이 고속열차를 대피할 경우 고속철도 대피, 통과 및 분기기 쇄정, 쇄정 해소에 필요한 지연시간이 발생하여 철도이용 서비스를 저해하게 된다. 따라서 광역급행전철 열차가 고속열차를 대피하지 않도록 하는 경우의 열차 DIA 분석을 수행하였다.

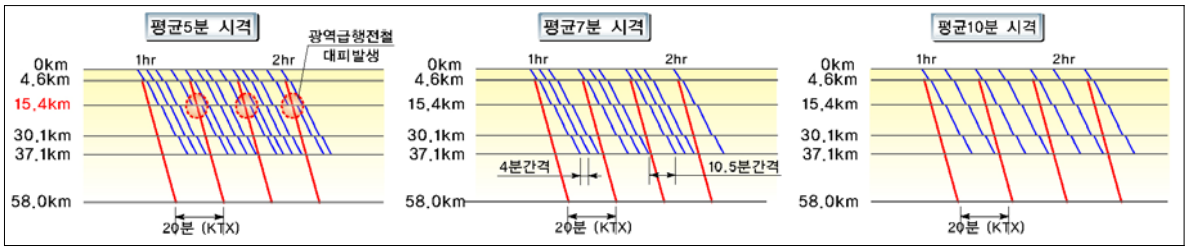

그림4. 열차 DIA 분석

고속철도 20분 간격으로 운행할 경우를 가정하였으며, 광역급행전철의 운전시격을 평균 5분, 7분, 10분 간격으로 운행하였을 경우 평균 5분의 경우 시간당 3회 광역급행전철의 중간역 대피가 필요한 것으로 분석되었으며, 나머지의 경우에서는 대피가 불필요한 것으로 분석되었다.

이 경우 수송가능한 최대가능수요를 분석하면 다음과 같다.

도표 5. 수송 최대가능수요

운 전 시 격	10 량	8 량	6 량
평 균 5 분	90,342 명	72,274 명	54,205 명
평 균 7 분	79,002 명	63,202 명	47,401 명
평 균 10 분	67,662 명	54,130 명	40,597 명
☞ 1량 63석 가정 ☞ 첨두시 혼잡도 150%(4시간), 비첨두시 혼잡도 85%(14시간) 가정			

시발역에서 출발하는 고속철도 하선의 경우에는 정시출발이 가능하나 시발역으로 도착하는 고속철도 상선의 경우 불가피하게 연착하는 경우가 발생할 수 있으므로 이를 가정할 경우의 고속철도와 광역급행전철 혼용운행 DIA를 검토하면 다음과 같다.

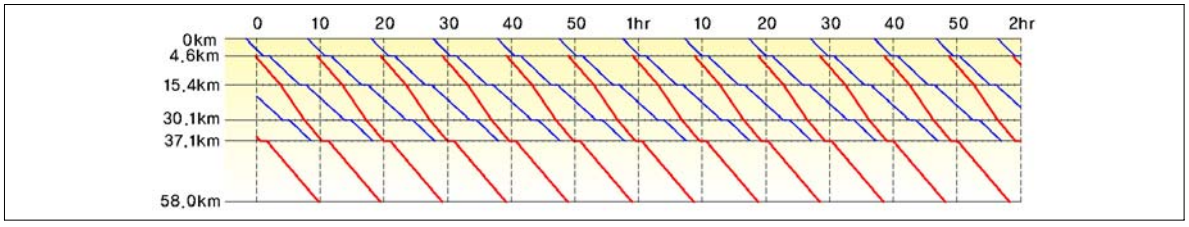

그림5. 고속철도 10분간격 운행시 DIA 분석

그림에서 보는 바와 같이 37km 구간에서 고속철도 운전시격 평균 10분일 경우 광역급행전철의 최대 운전시격은 10분인 것으로 분석되었다. 이 경우 수송 가능한 최대 가능수요를 분석하면 다음과 같다.

도표 6. 수송 최대가능수요

운 전 시 격	10 량	8 량	6 량
첨두, 비첨두시 10분	67,662 명	54,130 명	40,597 명
첨두 10분, 비첨두 20분	45,171 명	36,137 명	27,103 명
☞ 1량 63석 가정 ☞ 첨두시 혼잡도 150%(4시간), 비첨두시 혼잡도 85%(14시간) 가정			

상기 검토에서 보이는 바와 같이 고속철도 20분 간격의 운전시분일 경우의 광역급행전철의 수송 최대 가능수요 분석결과 광역급행전철의 대피를 수행할 경우 최대 9만명, 최소 4만명이 수송 가능한 것으로 분석되었으며 고속철도의 지연 등 불가피한 경우의 수송가능수요는 최대 6만7천명, 최소 2만7천명인 것으로 분석되었다.

따라서, 37km 구간의 고속철도와 광역급행전철의 혼용운행에 따른 열차운영계획을 분석한 결과 약 5만명 정도의 수요는 광역급행전철의 대피 없이 수송 가능한 것으로 분석되었다. 그러나, 열차운영계획은 정거장 입지, 도시개발계획 등을 토대로 한 면밀히 예측된 수요를 바탕으로 고속철도와 광역급행전철의 운행 시격을 검토하여야 한다.

4. 사업비 분석

사업비 분석은 크게 혼용운행을 고려한 사업비와 별도운행을 고려한 사업비로 구분하여 분석하였으며, 사업비에 적용한 단가는 철도투자평가편람(한국철도시설공단, 2006), 호남고속철도 단가(2005)를 기준으로 E/S하여 적용하여 검토하였다.

4.1 사업비 산출

고속철도 노선계획에 광역급행전철을 혼용 운행하는 것으로 가정하여 사업비를 산출하였으며, 크게 광역급행전철의 추가 노선의 노반시설물, 중간역의 정거장, 시스템, 차량구입비를 추가적으로 산출하였다. 상대적으로 비교하기 위하여 고속철도와 광역급행전철을 별도로 건설할 경우의 사업비를 산출하였으며, 광역급행전철은 고속철도와 동일하게 복선으로 계획하여 산출하였다.

4.2 분석결과

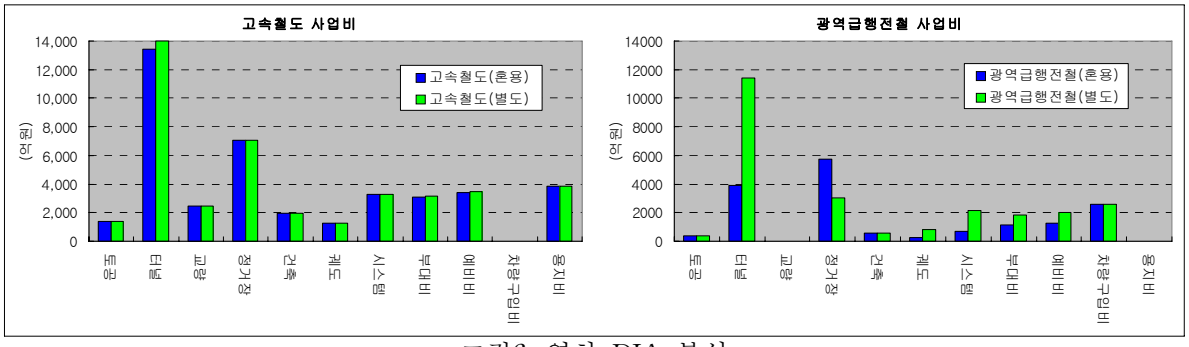

그림6. 열차 DIA 분석

고속철도와 광역급행전철을 별도로 건설할 경우의 고속철도는 약 4조 2천억원, 광역급행전철은 약 2조 5천억원으로 산출되었다. 그러나, 혼용운행 건설할 경우 고속철도는 약 4조 1천억원으로 1천억원 감소, 광역급행전철은 약 1조 7천억원으로 8천억원 감소하는 것으로 분석되어, 별도건설 대비 약 9천억원 감소하는 것으로 분석되었다.

고속철도의 경우는 별도 건설 할 경우와 혼용 운행 할 경우 사업비의 증감은 크게 발생하지 않으나, 광역급행

전철과 혼용 운행 할 경우 터널 건설연장 감소에 따른 사업비 감소에 따라 사업비가 대폭 감소하는 것으로 분석되었다.

이는 고속철도와 광역급행전철 노선이 중복될 경우 고속철도의 선로 여유용량을 이용한 혼용운행을 반영할 경우 사업비를 최소화한 건설계획이 가능한 것으로 판단된다.

5. 결론

철도교통은 대외적으로 기후변화협약 이행에 따른 이산화배출량 저감목표 이행이라는 압력이 커지고 있는 상황과 대내적으로는 저탄소 녹색성장 실현, 노령화 사회의 대두, 친환경적 교통수단의 개발 필요성, 사고에 따른 사회손실비용 및 우수한 에너지 효율성 등을 고려할 때 대내외적 변화에 능동적으로 대처할 수 있는 효율적인 수단이라는데 이론의 여지가 없다. 다만, 백화점식으로 많은 사업을 동시에 추진함으로써 투자효과를 조기에 실현하지 못하는 현 투자구도는 개선되고 있으나 앞으로도 많은 변화가 필요한 실정이다. 또한, 도심내 광역교통망 구축시 도로와의 환승 및 역할분담, 철도의 기능에 맞는 건설 및 노선 선정과 유기적 환승체계도 반드시 고려하여야 할 필수 사항이다.

이러한 점을 고려할 때 국가의 주요간선 건설과 광역교통망의 건설의 효율적인 사업대안 마련이 필요한 시기라 판단되며, 본 논문에서 고찰한 고속철도와 광역급행전철의 혼용운영은 이용객의 편리성 및 효율적 환승체계 확보, 장거리 이동과 중단거리 이동의 효율적 서비스 제공, 기반시설의 효율적 공유, 국토이용의 효율성 등 측면에서 종합적으로 검토 추진할 만한 정책으로 사료된다. 다만, 재정분담, 건설주체 및 운영주체에 대한 논란은 있을 것으로 생각되지만, 국가와 지방자치단체 및 민간 등이 협조하여 거시적이고 미래지향적인 철도계획이 되기를 기대해 본다.

이에 대하여 향후에는 선로이용률을 높이고 새로운 수요를 창출하여 화주에게 물류서비스를 확대하고 철도운영자의 경영개선에 기여할 수 있도록 운행밀도가 그리 높지 않은 고속철도 선구에 고속 콘테이너열차(최고속도 150km/hr)를 병행 운행하는 방안도 검토할 만한 가치가 있다고 사료된다.