

# 신간선 전두부 디자인의 형상변천

## The Changes of Shinkansen vehicles' nose shape

김 광 명 \*                      한 석 우 \*\*  
Kim, Kwang Myung          Han, Suk-Woo

---

### ABSTRACT

This paper describes the changes of Shinkansen vehicles' nose shape by increasing train speed and according to the stream of time. As the speed increases, the length of the nose trends to lengthen longer. But the nose length does not increase as speed improves by optimized nose shape to reduce aerodynamic drag and micro-pressure wave in tunnels.

Shinkansen vehicles nose shape can be classified into Advanced paraboloid type, Sharp-nosed type, Organic double-edged type and Flat-nosed type. In addition, it trends to be diversified and characterized more and more. In the near future, nose designs will be emphasized by the design concept including identity of each JR company based on optimized aerodynamic shape.

---

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

고속철도차량(이하 고속철)의 전두부는 고성능을 자랑하는 고속철을 대표하는 부분으로 고속 주행 시 공기저항을 줄이기 위한 기능적인 형상이 갖는 의미뿐만 아니라 차량이 가지는 기능과 특징까지도 암시적으로 포함하는 얼굴과 같은 부분이다. 고속철의 전두부 형상은 색채와 달리 고속주행에 따른 성능의 차이에 직접적인 영향을 미치는 요인으로 철도차량의 고속화에 따라 고속철의 전두부 형상 또한 변화를 같이 하여 왔다. 이제 한국은 고속철의 기술적인 측면에서는 고속철도차량의 자체제작까지 가능한 수준에 이르렀으나 차량 내외의 디자인에 관한 연구는 선진국 대비 미흡한 실정에 있다. 따라서 고속철 디자인에 있어 조형적 기능성과 형상미를 갖는 전두부 디자인의 경향을 신간선의 발전사례를 통해 예측하고자 한다.

구체적으로 본 연구는 일본의 고속철을 중심으로 속도향상에 따른 전두부의 형상변화와 시계열에 따른 고속철의 기술변화가 전두부 형상의 디자인적 특성과 변천에 미치는 영향을 알아내는 것이 연구의 중점이 된다. 이 같은 연구 결과를 토대로 향후 고속철 전두부 디자인을 위한 기초연구 자료로 활용하고자 한다.

### 1.2 연구의 방법과 범위

선행연구와 인터넷 사이트를 통하여 고속주행조건에 따른 전두부 외형 디자인의 주요 요인들을 추출하여 도식화한다. 최초의 신간선 차량부터 JR 각사에서 현재 개발 중인 차량에 이르기까지 신간선 차량의 주요 제원과 전두부 이미지를 조사한 뒤 개발 시기, 속도 등의 항목으로 재배열한다. 고속철 차량의 측면도와 입면도 외곽선 이미지를 추출한 후 각 차량의 이미지와 외곽선을 개발 시기, 속도에 따라 정리하고 비교하여 고속철 전두부 형상의 추이와 특징을 분석하여 논의한다. 신간선을 중심으로 조사 분석하며 전두부의 구성요소와 색채 변화는 범위에서 제외한다.

---

\* 철도전문대학원 철도문화디자인학과 박사과정, 정회원  
\*\* 서울산업대학교 조형대학 공업디자인학과 교수, 정회원

## 2. 고속철도차량 전두부의 외형과 고속주행조건

차량의 고속주행은 지상설비와 차량의 개선으로 가능하나 설비개량은 한계가 있고 막대한 비용 증가에 따른 경제성 손실이 초래되므로 주로 차량 쪽의 개량이 이루어지고 있다.

이에 고속주행 시 공기저항의 감소와 환경적 측면의 개선을 위한 해결안으로 차량의 외형을 중심으로 한 소단면·경량화와 차체 평활화, 전두부를 비롯한 지붕 위, 상하기기구성' 등 차체형상의 공기역학적 개량이 이루어지고 있다.

### 2.1 차체 형상의 단면, 표면 형상 개관

차체단면의 크기는 고속주행시의 공기저항뿐만 아니라 경량화와 동력비의 효율적 운영에 영향을 미치는데 (그림 1)과 같이 프랑스의 TGV는 고속주행시의 공기저항을 줄이기 위해서 일본의 재래선의 것보다도 좁은 2.8m 차체 폭과 3.4m높이를 채용함으로써 차체단면을 작게 하고 있다.

TGV-PSE(파리-남동선) 차량의 1/20 모형에 의한 풍동시험 (wind tunnel test) 및 현차 시험에서 얻어진 분석결과에서는 전체주행저항의 75%를 차지하는 공기저항 중에서도 외주표면적, 즉 차량의 [단면주(斷面周)길이\*열차길이]의 비중이 <표1>과 같이 공기저항의 66.2%로 가장 크다. 그러므로 공기저항을 줄이는데는 차체단면을 수송력을 고려하며 최대한 작게 하는 것이 바람직하다. 이에 TGV의 단면적은 신간선의 70%로 기존 재래선의 381계 진자전차와 거의 동일하다.2)

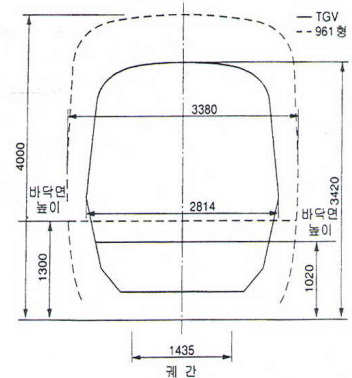


그림 1. TGV와 961형 신간선전차와의 차체단면 비교

표 1. 260km/h 속도에서의 주행저항분석(TGV)

구분	공기저항의 내용(%)	전체주행저항의 내용(%)	비고
공기저항	100	75.1	[TGV의 시방] M=390톤 L=197.7m F=7.95m2 ℓ=9.75m
양끝단부분의 형상	11.5	8.6	
외주표면적	66.2	49.7	
지붕위 기기	20.2	15.2	
디스크 브레이크	2.1	1.6	
구름저항		24.9	
전체주행저항		100	



그림 2. 500계차량의 원형차체

함쓰고 있다.

또한 차체 표면의 처리에 있어서 100계 이후의 차량의 경우 차체표면을 평활(smoothly)하게 하였는데 차량끝단부분의 요철과 문의 요철, 바닥 아래 기기의 요철을 최대한 줄이는 차체의 철저한 평활화는 공기저항을 줄일 뿐 아니라 소음, 진동을 줄이는 환경대책에도 필요하다.

2) 오노준로우 저, 백남욱,이상진,이병승 공역(2001), 철도의 속도향상, 골든벨, pp178

3) SUMIDA Shunsuke저, 백남욱,이상진 공역(2001), 세계의고속철도와 속도향상&자기부상식 철도기술, 골든벨, pp.221

## 2.2 전두부 형상

고속철의 전두부 형상은 차량의 특징을 가장 잘 표현하는 부분으로 고속주행 시 공기저항을 줄이기 위한 기능적 의미뿐만 아니라 차량이 가지는 성능과 개발 국가의 자부심까지도 상징적으로 포함하는 얼굴과 같은 부분이다. 고속철은 주행저항을 적게 하기 위하여 유선형(stream line)을 취하고 있는데, 특히 전두부 형상은 공기저항 감소뿐만 아니라 고속주행으로 터널 통과 시 발생하는 미기압파와 250km/h 이상의 속도 역에서 발생하는 주행소음(공력음) 감소에 밀접한 관련이 있다.

1990년에 조에츠 신간선에서 실시된 200계에 의한 275km/h 운전에 따라 270km/h 이상으로 주행하는 고속열차 선두부가 터널 통과 시 발생하는 압력파(pressure wave)인 미기압파(micro-pressure wave)에 의해 터널출구에서 소음 또는 저주파진동을 초래하는 것이 밝혀졌다.

열차가 터널에 들어가면 선두부(先頭部)가 공기를 압축하여 압력파(pressure wave)를 발생한다. 이 압력파는 열차의 진행과 함께 앞으로 압출되어 터널 출구에서 방출되면서 소리를 내는데 이러한 현상은 속도에 비례하여 더욱 현저하게 된다.

이에 대한 대책으로 터널출구에 압력파를 흡수하여 에너지를 방산하는 완충공(緩衝孔)을 설치하는 것과 터널 단면을 크게 하는 것, 차량선두부의 형상을 뾰족하게 하는 방법이 제시되었다.

이중 터널 단면확대나 완충공 설치에 매우 많은 비용이 소요되므로 미기압파를 적게 하는 차량의 선두형상 개량이 개선책으로 제시되었고 이에 대한 연구 결과 열차의 맨 앞에서부터 전단면에 이르는 부분의 단면적변화율을 일정하게 하여, 그 기울기를 비교적 작게 하는 것이 미기압파 감소에 효과적이라는 것을 알게 되었다.

가스프형(오리 주둥이 형상)과 썰기형을 시험하여 후자의 효과가 보다 큰 것으로 확인되어 최근의 차량은 이러한 결과를 기초로 하여 디자인되고 있다. JR서일본(西日本)의 500계는 미기압파에 의한 터널 출구에서의 소음과 미기압파에 의한 진동 문제를 해결하고 공기저항을 줄이기 위

해 선두부를 뾰족하게 한 유선형으로 하고, 선단(先端)으로부터 전단면까지 15m의 길이에 걸쳐 차체 단면적을 부드럽게 변화시키는 형상을 취하고 있다. 이는 차체길이 25m의 3/5을 점유하는 길이로 0계와 200계의 경우 맨 앞에서부터 전체 단면으로 되는데 까지 치수가 5m 정도인 것을 감안할 때 속도향상에 따른 전두부 형상의 급격한 변화를 알 수 있다. JR동일본의 E2계와 E4는 선단의 뾰족한 부분을 끊어내고 여기서부터 전단면에 연결하는 디자인으로 하여 선두부의 길이를 짧게 하고 있다. 고속철 전두부를 뾰족하고 길게 하면 공기저항이 감소하지만 운전석과 객실로 사용할 수 있는 공간이 적어지므로 속도에 따른 균형이 중요하다.

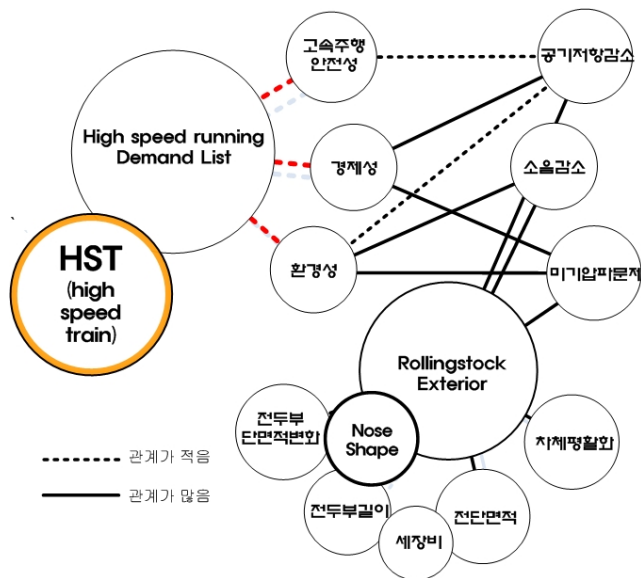


그림 3. 고속철의 고속주행조건과 외형, 전두부 형상과의 관계

700계도 500계의 연구결과를 토대로 같은 형상의 선두를 설계하고 있다. 운전석의 공간확보, 승무원의 시인성(視認性), 표지등(標識燈)의 배치등과 같은 제한 요소들과 조화를 모색한 결과, 동물의 얼굴형상과 유사한 모습이 되는 것은 흥미 있는 연구주제이다.

(그림 3)은 고속철의 고속주행조건과 외형, 전두부 형상과의 관계를 이상의 논의를 토대로 다 이아그램으로 정리하여 놓은 것이다.

### 3. 신간선 고속철도 차량 전두부 디자인의 변천

#### 3.1. 신간선

1970년에 제정된 일본의 전국 신간선 정비법에 의하면, 신간선 철도라 함은 대부분의 구간을 시속 200km이상의 고속으로 달리면서, 궤간은 1435mm이고, 또 일반 공중이 사용하는 길(도로)과 평면에서 교차하지 않아야 한다는 세가지 조건을 만족하는 철도를 말한다.

#### 3.3 속도향상에 따른 전두부 길이의 변천

0계에서 700계와 E1에서 E4까지의 신간선 중 미니신간선인 400계, E3계와 2층 열차인 E1, E4



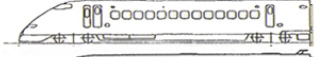
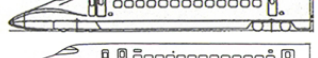
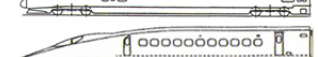
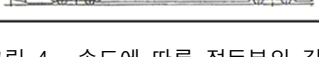
유형	속도	전두부 형상	활용 노선
0계	220km/h		산요 신간선
100계	230km/h		산요 신간선
300계	270km/h		도카이도 - 산요 신간선
700계	270km/h		도카이도 - 산요 신간선
E2계	275km/h		도호쿠 - 나가노 신간선
500계	300km/h		도카이도 - 산요 신간선

그림 4. 속도에 따른 전두부의 길이 변천

270km/h±5의 비슷한 속도로 주행하는 차량들 중에서 300계는 전두부 길이가 5m내외인 것에 비해 E2, 700계는 각각 9.1, 9.2m인 것을 통해 속도 향상에 따른 전두부의 길이증가는 공기저항 감소보다 점진적인 전단면 변화로 인한 미기압과 감소를 위한 것임을 알 수 있다. 또한 (그림 5)에서 1997년 최초 300km/h 주행을 한 500계와 2007년 영업운전 예정인 N700계가 동일한 영업운전 속도에도 불구하고 N700계가 500계보다 약 4.3m 더 짧은 전두부를 가지고 있는 것을 알 수 있다. 공기저항과 미기압과를 최적화시키기 위한 최근의 연구 결과를 보면 미기압과에 최적화된 전두부형상은 앞부분이 뭉툭하고 뒷부분이 가늘며, 공기저항을 최소화시키는 전두부 형상은 가늘고 긴 형상이다. 또한 공기저항과 미기압과의 저감을 동시에 만족시키는 디자인 결과는 이윤배반적인 두 요소의 특징상 얻을 수 없다는 것이다.4) 이상의 내용을 통해 15m이후에 전단면이 형성되는 것이 미기압과 감소에 가장 효과적이거나 N700계의 경우 뾰족한 앞부분을 제거하여 뭉툭하게 함으로 공기저항과 미기압과 감소를 최적화하고 아울러

계를 제외한 대표적인 열차의 전두부를 비교하면 (그림 4)와 같이 고속주행하는 차량일 수록 전두부 형상은 대체적으로 길어지고 뾰족해지는 것을 알 수 있다. (그림 6)과 같이 최근의 개발 차량을 보더라도 JR 동일본에서 개발중인 FASTECH360은 Arrow-line shape과 Stream-line shape의 16m나 되는 긴 선두를 가지고 있고 JR 서일본의 N700계도 기존의 700계에 비해 더 길어진 Aero Double-Wing shape의 10.7m 선두로 제작되어 차량이 고속화 될수록 전두부가 길어지는 경향은 계속되고 있다.

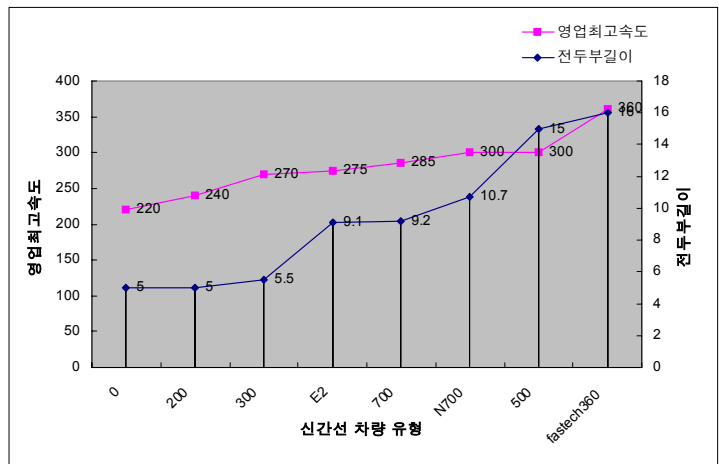


그림 5. 속도와 전두부 길이와의 관계



그림 6. 미래지향적 디자인 형상      왼쪽 - JR 규슈의 800계, 중앙 - JR 서일본의 N700, 오른쪽 - JR 동일본의 FASTECH 360

4) 이병중(2004), “한국형 고속전철 디자인”, 디자인학연구 논문집 통권 제 57호 Vol.17 No.3, pp130

전두부의 길이를 줄여 전두부와운전석에 의한 객석의 손실을 최소화한 최적화디자인이 되었음을 알 수 있다. JR동해의 700계, N700계와 JR동일본의 Fastech360으로 이어지는 차량들의 속도와 전두부 길이변화의 추이를 분석해보면 속도가 15km/h로 증가할 때 약 1.4m정도의 전두부 길이가 증가하고 있음을 알 수 있다.

### 3.2 시계열에 따른 전두부 형상의 변천

시계열에 따른 전두부 형상의 변천을 고속철의 평면을 중심으로 분석하였다. 고속철의 평면도를 영업 개시년도를 기준으로 배열한 후 이를 형태적 변화에 따라 재배열하면 (그림7)과 같다.

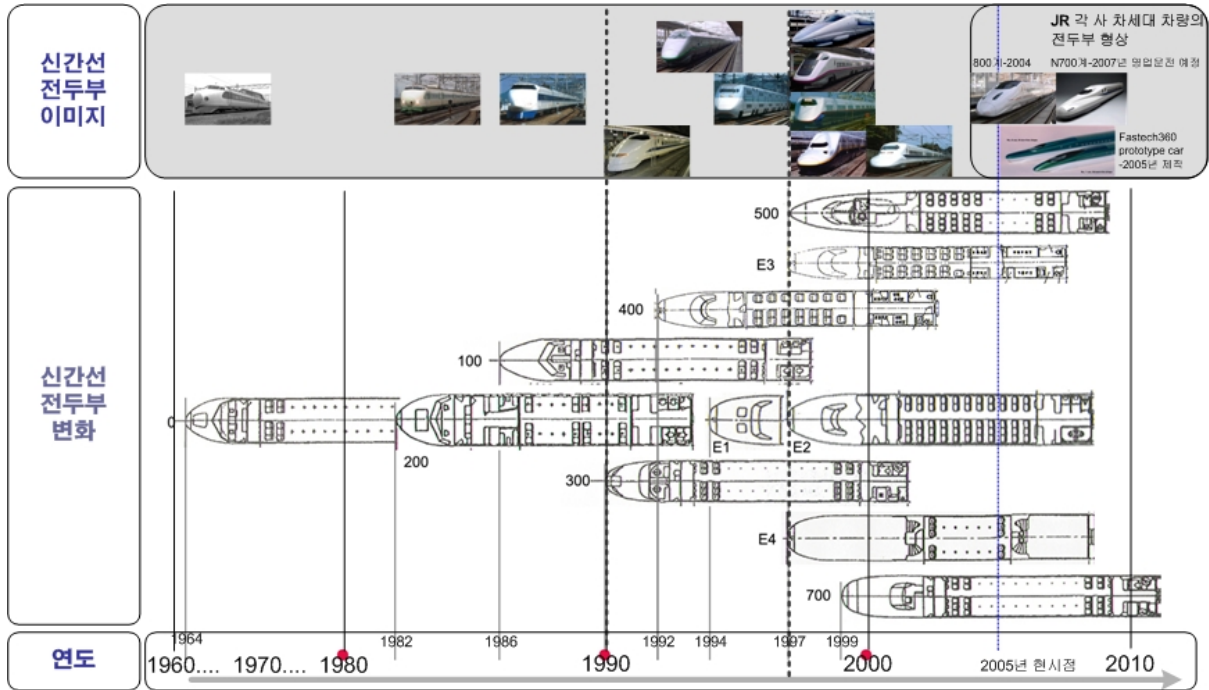


그림 7. 신간선 전두부 이미지 변화

0계에서부터 700계에 이르는 전두부의 변화를 살펴보면 0계를 기초로 한 유선형의 둥근 구형에서 발전하여 100계를 시작으로 500계에 이르는 길고 뾰족한 형태를 가지는 썰기형의 형상변화와 300계를 시작으로 700계에 이르는 오리주둥이 같이 길고 유기적인 형태로 발전하는 가스프형의 형상변화, 여러 형상이 혼합된 양상을 띠며 운전석에서 선두까지 편평한 형태를 가진 E1, E2계 등으로 나누어지는 것을 알 수 있다.

신간선의 경우 시계열에 따라 전두부의 형상이 급격히 변화되는 시점을 기준으로 시대를 구분하면 (그림 8)과 같다.

전두부의 형상이 급격히 변화되는 시점을 기준으로 1964년 0계 출범 이후 1990년 이전까지를 도입기, 300계가 출범하는 1990년부터 1997년 이전까지를 과도기, 500계가 등장하는 1997년 이후부터 현시점인 2005년까지를 성장기, 그 이후를 제2성장기로 구분하였다.

도입기의 경우 0계를 중심으로 유선형의 둥근 포물형을 중심으로 한 전두부 형상의 특징이 있으며 전두부의 길이증가와 차체평활화 등의 차이에 따라 0계보다 100, 200계 차량의 주행저항이 더 작은 것을 알게 되어 이후 고속철 전두부형상의 공기역학적 개량에 따른 속도향상의 가능성을 시사하였다.

과도기에서는 지상설비 및 공기역학적 개량으로 0계와 비슷한 편성정격출력에도 불구하고 270km/h의 최고속도를 내는 300계 등의 운행이 시작되었고 1990년 발생한 미기압파로 인해 공기저항뿐 아니라 미기압과 감소를 위한 선두형상의 개량이 요구되었다. 전두부의 형상이 새로운 국면으로 접어들게 됨에 따라 JR동일본의 STAR21, JR서일본의 WIN360, JR동해의 300X 등의 시작차(prototype car)가 제작되어 고속주행을 위한 각종 시험을 거치며 고속주행설비와 차량을 위한 연구

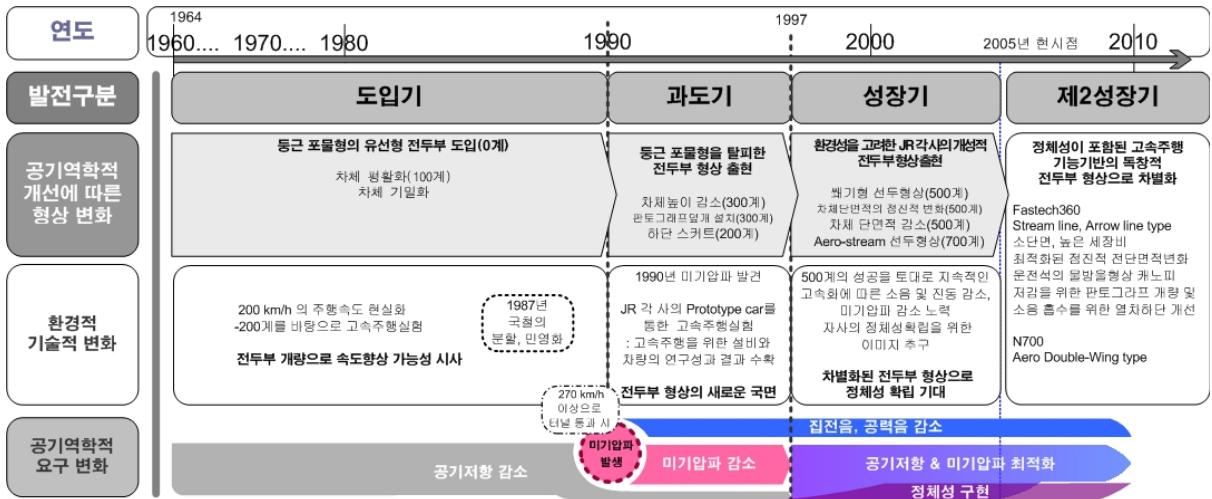


그림 8. 신간선의 발전 구분

성과를 거두며 이후 500계 등의 고속차량의 개발에 밑바탕이 된다.

성장기는 과도기의 연구결과를 토대로 500계, E2계, E4계, 700계 등 공기저항뿐만 아니라 미기압파 감소를 위해 공기역학적이면서도 뚜렷한 독창성을 가지는 선두형상의 차량들이 나타난다는 점에서 과도기와 구별된다. 가늘고 긴 전두부와 길이에 따른 단면적의 점진적 변화, JR각사를 대표하는 개성적인 다양한 형상은 성장기의 특징이다. 제 2성장기는 공기저항과 미기압파 감소의 최적화를 고려하여 고속주행기능을 기반으로 하는 독창적 전두부 형상으로 이전과 구분될 것이다.

0계에서부터 현재 개발중인 신간선 전두부를 유사한 형상으로 그룹화(grouping)하여 포지셔닝 맵(positioning map)으로 배치하면 (그림9)와 같다. 2004년에 데뷔한 800계를 포함하여 0계, 200계를 기초로 유선형의 둥근 포물형인 Advanced paraboloid형, 500계와 같이 길고 뾰족한 선두형태를 가지는 Sharp-nosed형, 700계, E4계와 N700계와 같이 선두에 큰 주름이 있어 오리주둥이 같이 길고 유기적인 형태를 가지는 Organic double-edged형, 이와는 달리 여러 형상이 혼합된 중간 형태로운전석에서 선두까지 편평한 형태를 가진 E1, E2, E3계 등의 Flat-nosed형으로 나누어지며 중심부에서 바깥쪽에 위치할수록 더욱 개성화되고 독창적인 형상을 취하고 있다.

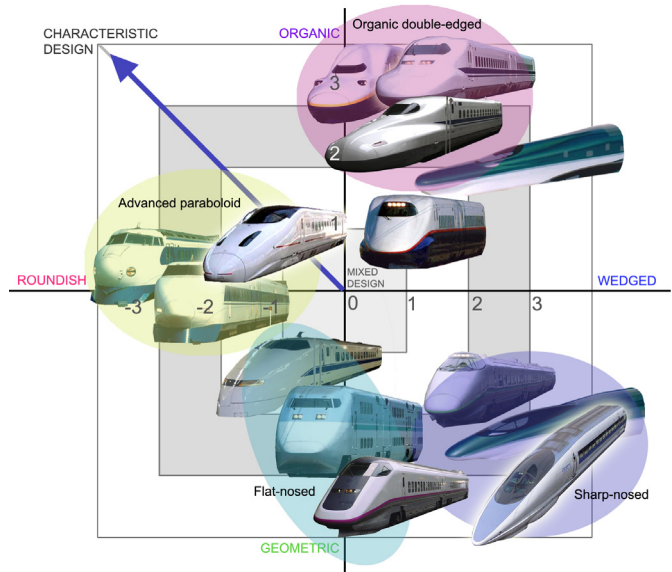


그림 9. 신간선 전두부의 Positioning map

#### 4. 결론

고속철의 전두부 형상은 차량의 특징을 표현하는 부분으로 기능적인 조형미를 갖는다.

속도와 전두부 길이가 반드시 비례하지는 않으나 고속화에 따른 전두부의 길이는 계속해서 길어지는 경향에 있다. JR동해의 700계, N700계와 JR동일본의 Fastech360의 전두부 길이와 속도를 비교한 결과 속도가 15km/h 증가하면 전두부는 약 1.4m 더 길어지고 있다.

신간선의 경우 시계열에 따라 전두부의 형상이 급격히 변화되는 시점을 기준으로 도입기, 과도

기, 성장기, 제2성장기로 구분되며 공기저항 감소, 미기압과 감소, 공기저항과 미기압과 감소의 최적화라는 시대별 요구조건이 전두부형상의 변화에 중요한 요인으로 작용하였다.

신간선 차량의 전두부는 그 형상에 따라 Advanced paraboloid형, Sharp-nosed형, Flat-nosed형, Organic double-edged형으로 구분되어지며 점차 유기적인 형상으로 다양화, 개성화되는 추세에 있다.

향후 고속철 전두부 디자인은 공기역학적인 최적화 형상을 바탕으로 회사나 국가의 정체성을 포함하는 Organic double-edged형의 디자인형상개념으로 더욱 발전되어야 한다.

고속철도 차량의 전두부 형상은 기능적 의미 이상의 상징적 의미를 포함함으로 향후 기능성과 상징성을 최적화하는 전두부 디자인도출에 관한 지속적, 심층적 연구가 요구된다.

## 참고문헌

1. 오노준로우 저, 백남욱,이상진,이병송 공역(2001), “철도의 속도향상”, 골든벨
2. SUMIDA Shunsuke저, 백남욱,이상진 공역(2001), “세계의 고속철도와 속도향상 & 자기부상식 철도기술”, 골든벨
3. 사또우 요시히코 저, 김기환,백남욱,장경수 공역(1999), “세계의 고속철도”, 골든벨
4. 이용상(2003), “해외의 고속철도발전 동향”, 한국철도기술 2003년 9,10월호
5. 이민섭(2000), “실험 및 수치적 방법을 이용한 고속전철주변의 유동장 연구”, 서울대학교대학원 석사논문
6. 장기혁(2000), “반응면기법을 이용한 고속궤도차량전두부의 최적설계”, 서울대학교 대학원 석사논문
7. 정원태(2000), “전두부형상을 고려한 터널충격성 소음해석”, 서울대학교 대학원 석사논문
8. 이병중(2004), “한국형 고속전철 디자인”, 디자인학연구 논문집 통권 제 57호 Vol.17 No.3
9. K.Ishizu, J. Miyakawa(1994), “Railway Design and Management; Aerodynamic design of JR300X frontal shape by computation fluid dynamics”, Computational Mechanics Publications Southampton Boston, pp337-344

## 참고 사이트

<http://www.krri.re.kr/>  
<http://www.irail.net/webzine/index2.html>  
[http://www.ktx.or.kr/pr/pr\\_03\\_01\\_02.jsp](http://www.ktx.or.kr/pr/pr_03_01_02.jsp)  
<http://www.railway-technology.com>  
<http://www.jreast.co.jp/e/press/20050302/>  
<http://jr-central.co.jp/english.nsf/doc/n-04-0616>  
<http://www.railfaneurope.net>  
<http://cafe.naver.com/railstar.cafe>  
<http://eriksrailnews.com/>