



京釜 高速鐵道 車輛 設計 技術에 관하여(상)

A study of train design technology of Seoul-Pusan High Speed Rail

朴 光 福*
Park, Kwang bok

목 차

(상)

- 1. 머리말
- 2. 高速鐵道の 生産性
- 3. 세계 高速電鐵 開發現況
- 4. 高速化 技術
 - 4.1 車輛의 出力
 - 4.2 粘着 係數
 - 4.3 走行 抵抗
 - 4.4 환경소음
 - 4.5 열차 운동에너지
- 5. 경부 고속전철 기술 사양
 - 5.1 TGV 시스템의 특징
 - 5.2 주요기술양
 - 5.3 설계요구사항
 - 5.4 走行 性能
 - 5.5. 推進 動力裝置
 - 5.6 走行 裝置

(하)

- 5.7 車體 構造
- 5.8 制動 裝置
- 5.9 차량 관절링
- 5.10 공기조화 시스템
- 5.11 제어 전자 회로
- 5.12 주요 전기 장치
- 6. 맺음말

1. 머리말

1962년 부터 推進 되어온 經濟開發計劃은 經濟規模의 增大는 물론 質的, 量的 成長을 이룩하였다.

그동안 高速 道路와 國道를 新設 또는 擴張하여 왔지만, 交通部門의 높은 增加추세로 高速 道路와 鐵道 輸送 容量은 限界를 초과해 交通混雜이 일어나고 있으며, 경부 고속도로에서의 교통정체에 의한 손실액은 매년 10조원이 넘는다는 보고가 있다.

정부에서는 社會間接施設 擴充事業의 일환으로 京釜 高速鐵道를 건설하여 車輛高速化에 의한 경부간의 여행시간의 단축과 대량수송을 기

하고, 기존 선로에 물자수송의 원활화를 도모하여 국가의 經濟成長과 社會發展을 계속적으로 추구하고자 한다.

京釜 高速鐵道事業은 한국고속철도건설공단이 주관하고 있으며, 土木, 建築, 電氣, 通信 및 基地는 공단에서 직접 시행하고, 코아 시스템(Core System)인 車輛, 列車制御 및 信號, 가선등은 尖端技術로서 외국으로 부터 技術移轉되어진다. 이를 위해서 코아 시스템 그룹은 주관사인 프랑스 알스톰 (GEC-Alsthom)사 외 11개 업체가 컨소시움을 이뤄 추진하고 있다.

高速鐵道 技術은 機械, 電氣, 電子, 土木, 材料 등의 尖端技術이 복합된 대형 시스템 설계 및 엔지니어링 기술이 요구되고 있으므로, 완벽

* 車輛技術士, 大宇重工業(株) 鐵車重裝備本部 次長

한 技術移轉과 철저한技術開發이 수행된다면 高速 鐵道技術은 自立을 이룰 수 있을 뿐만 아니라 鐵道車輛과 관련 技術을 크게 향상 시킬 수 있다고 본다. 따라서 본고에서는 고속철도 차량 설계기술에 관하여 프랑스, 독일, 일본등 선진 기술 현황과 현재 추진 중인 경부 고속철도 차량기술에 관하여 살펴보고자 한다.

2. 高速鐵道の生産性

高速鐵道에서 車輛의 速度를 增加시킨다는 것은 수송시간을 短縮하고, 生産性 (단위 시간당 수송량-수송거리)을 높일 수 있는 반면 車輛에 대한 運行에너지및 車輛 과 線路의 維持費가 증가한다.

$$T = \frac{S}{v} + (n+1) \cdot \frac{v}{a} + n \cdot T_0 \dots\dots\dots(\text{식 1})$$

여기서

T : 총수송시간(h)

T₀ : 정차시간(sec)

S : 수송거리(km)

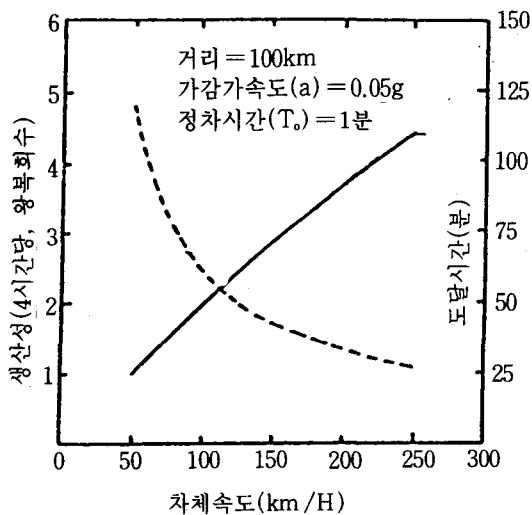


그림 1 속도와의 생산성

a : 정차와 출발하기 위한 증가 및 감가속도 (m/s²)

v : 차량의 속도 (km/h)

n : 정차장의 수

식 1은 총 수송시간 T와 차량의 속도 V와의 관계식으로 車輛의 增加 및 減加速度 a, 정차장의 수 n, 輸送距離 S 및 각 정차장에서 정차시간 T₀를 設定하여 高速車輛에 적용 할 경우 速度에 따른 총 輸送時間 T를 구할 수 있다.

그림 1은 거리 100km 떨어진 지점을 速度의 變化에 따른 4시간 동안의 輸送時間과 生産性を 나타낸 것이다.

3. 세계 高速電鐵 開發 現況

세계적으로 運行中인 代表的인 高速電鐵은 日本의 新幹線, 프랑스의 TGV(Traina Grand Vitesse : 초고속열차), 독일의 ICE (Inter City Express : 도시간 고속열차)등이 있다.

高速電鐵은 200km/h 이상의 高速으로 走行할 수 있도록 高性能의 電力供給裝置 및 制御裝置와 車輛을 구동시키는 견인 전동기가 있고, 空氣抵抗을 最少化하기 위한 유선형 선두형상 및 機器 配置등에 기술이 요구된다.

한편 高速 走行時 주행 안정성과 진동영향을 최소화 하기 위한 주행장치 설계기술과 차량 경량화 기술이 필요하고, 터널등에 高速 走行時 발생하는 압력파영향과 線路 주변영향 등에 관해 서도 높은 기술수준이 요구된다.

日本은 1964년도에 동해도 신간선을 개통하여 210km/h의 最高速度로 상업운전을 개시하였다.

신간선은 動力分散형으로 기존의 電氣動車형의 모델을 사용하였다. 그후 환경문제의 규제등으로 개발이 주춤하다 1973년부터 961형 차량을 개발하여 1979년 319km/h의 최고속도를 달성하였다.

1984년부터는 東北上越 新幹線을 最高速度

표 1 세계고속철도 속도향상 및 개발현황

()km/h

년 도	일 본	프 랑 스	서 독
	1959 : 동해도 신간선 착공	1955 : 시험 EL고속 기록 수립(331)	1936 : SL05계 기록 수립(200)
1962	신간선시험차량 기록수립(256)	-	-
1964	동해도 신간선 상업운전(210)	시험열차(EL+PC)시험(200)	EL견인TEE 개시(200)
1967	-	캐피탈호(EL+PC)상업운전(200)	-
1971	-	아키테스호, 엔탄탈호상업운전(200)	-
1972	951형 고속기록수립(286)	-	-
	신간선 운전속도 향상(230)	-	-
1973	961형 시험차 개발	TGV-001 기록수립(318)	101계 EL 기록 수립(253)
1974	산양 신간선 상업운전(210)	Z7001 전차 시험 착수	ET403형전차상업운전(160)
1975	-	Z7001 기록수립(309)	-
1979	961형 기록수립(319)	-	루프탄자 공항 특급(200)
1980	-	TGV-PSE 기록 수립(380)	-
1981	-	파리-동남선 부분 개통(260)	-
1982	동북 신간선 부분개통(210)	-	UM-AL DL기록수립(350)
1983	-	파리-동남선 완전 개통(270)	-
1984	동북 상월선 신간선개통(240)	-	ICE 열차 완성
1988	-	-	ICE 기록 수립(406.9)
1989	-	TGV-A 상업운전(300)	-
1990	-	TGV-A 기록수립(513.6)	-
1991	-	-	ICE 상업운전(250)
1992	500개 시험차 기록 수립(350.4)	-	-
1993	STAR 21 기록수립(425)	TGV-상업운전(320)	-
	신간선 운전속도 향상(260)	-	-
1994	동북, 상월신간선 2층객차(240)	TMST유로스타 개통(300)	-

240km/h로 運行하였고, 1993년부터는最高速度를 270km/h로 運行하고 있다.

1992년에는 500계 WIN350을 개발 350.4km/h달성하고, 1993년도에는 STAR 21를 개발 425km/h의 최고속도를 기록하였다.

현재 JR에서는 東海 300× 계를 개발하여 축중을 8~9톤으로 낮추고, 최고운행속도를 350km/h로 목표로 하고 있고, ATLAS(Advanced Technology for Low-noise & Attractive Shinkansen)를 개발하여 350km/h 주행시 연소음을 궤도중심으로 부터 25m떨어진 위치에서 75dB 이하의 저소음, 저진동 차량을 목표로 하고 있다.

프랑스는 1972년에 最初의 관절형 TGV 001 시험열차 (Gas Turbin Train)를 개발하여 1973년도에 318km/h의 속도를 달성하였다. 1981년 2월에 TGV PSE는 電氣驅動方式으로 세계 최고 속도인 380km/h를 기록하였으며, 그해 9월 파리-남동선을 개통하여 파리-리용간을 260km/h로 상업운전 하였다. 그후 TGV 2세대인 TGV-A(대서양선)을 개발하여 파리-르망간을 1989년 9월에 투입하여 최고 운행 속도 300km/h로 상업운전 하였으며, 1990년 5월에는 TGV-A로 최고속도 515.3km/h를 달성하였다.

1994년에는 파리-런던간을 연결하는 Eurostar

를 개발하여 운행중에 있고, 현재는3세대 TGV 인 Bi-Level TGVS (2층 객차)를 개발중에 있으며 1996년도에 투입될 전망이다.

앞으로 차세대 TGV가 종래의 개념과 다르게 개발될 것이며, 특히 환경 영향을주지않는 열차로서 최고 350km/h의 운행속도와 고출력의 유도 견인모터를 개발(12,000kw/6모터)중에 있다.

독일은 ICE를 開發하여 1985년부터 시운전을 하였고, 1988년 5월 뷔쯔버어크-홀다간의 신선로에서 406.9km/h의 기록을 달성하였다.

ICE는 1991년에 開通하여 하노버-뷔르츠 부르크(H.W)선과 마하임-슈트트가르트(M.S)선을 건설하여 動力車 2량과 客車12량을 編成하여 최고 운행속도 250km/h로 상업운전 하고 있다.

4. 高速化 技術

대표적 高速電鐵로 프랑스의 대서양에서 운용 중인 TGV-Atlantique는 차륜과 레일 시스템으로서 1990년 5월 최대속도 515.3km/h를 달성하였지만, 점착력으로 움직이는 물체에 대해 물리적 속도의 한계는 규명되지 않았다.

많은 물리적 현상이 $n > 1$ 상태로 표시되며, 열차의 速度의 경우 n 승(V^n)으로 비례한다. 따라서 車輛 고속화에 관계가 있는 物理的인자에 대하여 살펴보고자 한다.

4.1 車輛의 出力

高速에서 차량의 走行抵抗이 속도제곱에 비례하여 증가하므로 이를 이길 정도의충분한 余餘출력이 필요하다.

다음 식 2는 일반차량의 出力 계산식이다.
 $P = T(V/0.3672) \times 10^{-3}$ (식 2)

여기서 P : 정격출력(kw)

T : 인장력(kgf)

V : 속도(km/h)

인장력은 一定한 速度에서의 走行抵抗에 해당하는 것으로 最高速度일때 定格出力은 식 2에 의존하지 않고 일정한 余餘를 주어 目標를 設定해야 한다. 高速電鐵은 高出力이 요구되고 動力裝置가 大型化 되므로, 走行抵抗을 最少化할 필요가 있으며, 動力증가에 따른 制動에너지도 커지게 되므로 모든 축에 制動장치를 설치하고, 電力回生制動등을 사용하여 에너지 절감 효과를 가져오고 있다.

4.2 粘着係數

高速走行에서는 가속한계가 점착력에 의해 좌우 될 뿐아니라 高速에서 制動에중요한 역할을 하고 있으며, 動輪토크는 충분히 크고 粘着力은 상대적으로 작기 때문에 動輪이 레일면에서 미끄러지지 않고 힘을 전달 할 수 있는 최대치는 다음 식 3에 의해 정의된다.

$$T \leq W \text{(식 3)}$$

여기서 T : 견인력(kgf)

W : 점착 중량(kgf)

μ : 점착 계수

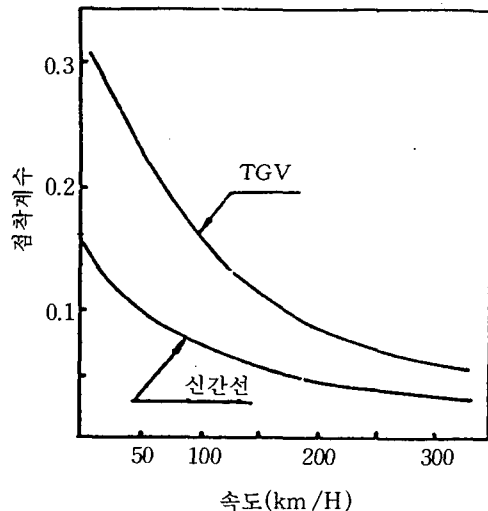


그림 2 점착계수 비교표

그림 2는 新幹線과 TGV의 점착계수를 비교한 것이다. 新幹線의 경우 점착계수가 낮아 초기에 滑走現象이 빈번하고 플랫(Flat)된 車輪을 자주 踏면 삭정하였으나, 후에 滑走檢知裝置와 증점착 研磨子を 설치하여 粘着係數를 확보했다.

新幹線의 점착계수는 $\mu = 13.6 / (V+85)$ 를 사용하고 있으며, 프랑스 경우는 100mile/h에서 0.10, 100~125mile/h에서 0.08, 125~160mile/h에서는 0.06을 쓰고있다.

4.3 走行抵抗

高速으로 車輛이 走行시는 走行抵抗이 크게 증가하여 소요동력이 커지고 동력장치의 중량이 증가하여 축당 및 선로 부담 하중이 커진다.

따라서 축당 분담 하중을 적게하고(17톤이하) 動力을 크게하는 기술과 특히250km/h이상에서는 走行抵抗의 대부분이 空氣抵抗이 차지하므로 차체형상, 전두부 형상, 차체크기 등 空氣抵抗 減少化가 최대 課題가 된다.

4.3.1 高速電鐵의 走行抵抗式

· TGV-A 대서양선(PC+10IT+PC, W2=475.4ton) $R=291+3.8V+0.0596 V^2$ (daN)(식 4)

· TGV-K 경부고속철도(PC+MT+16IT+MT+PC, W2=773.8ton) $R=458+6.15V+0.0856 V^2$ (daN) ... (식 5)

· 신간선 300계(10M+6T, W=768ton, L=400M) $R=1.356+0.01363V+(0.0105+0.000234 L) \frac{V^2}{W}$ (식 6)

· ICE(PC+10IT+PC) $R=12,330+42.6V+0.567 (V+15)^2$ (N)(식 7)

여기서 PC : 동력차
IT : 중간트레일러

M : 구동차
T : 트레일러
L : 편성 길이(m)
W : 편성중량(kgf)
V : 속도(km/h)

4.3.2 空氣抵抗式

$$Da = \frac{1}{2} \rho V^2 A \{Cdp + \frac{\lambda L}{d}\} \dots\dots\dots(\text{식 } 8)$$

여기서 Da : 공기저항(kgf)
 ρ : 공기밀도(kgf/m³)
V : 차량주행속도(m/s)
Cdp : 열차 압력 저항 계수
A : 차체 단면적(m²)
 λ : 열차측면의 수력적 마찰 저항 계수
L : 열차길이(m)
d : 열차단면의 수력직경
(4A / 열차단면의 둘레)

식 8에서 괄호안의 첫번째 항은 列車의 壓力抵抗(Form Drag)를 의미하며, 둘째항은 열차의 마찰저항을 의미한다.

$$Dt = \frac{1}{2} \rho AV^2 \{(Cdp + R)(1 - 6R) + \frac{\lambda L}{d} R^2 + \frac{\lambda L}{d}\} \cdot \frac{1}{(1 - R)^2} \dots\dots(\text{식 } 9)$$

여기서 Dt : 터널공기저항(kgf)
R : 열차 터널의 단면적 비(열차단면적 / 터널단면적)
 λ' : 터널 벽면의 수력적 마찰저항계수
d' : 터널 단면의 수력직경(m)

列車가 터널 走行時에 空氣抵抗의 增加외에도 터널進入 초기에 發生하는 터널내부에서의 壓力波의 거동은 차체에 갑작스런 抵抗을 줄 뿐만 아니라 객실 승객의 귀에 耳鳴現象을 가져와 乘車感을 阻害시키는 要因이 된다. 이러한 문제 해결을 위해서는 壓力波 解析 및 實驗을 통하여

표 2 260km/h에서의 주행저항 분석(TGV 동남선)

구분	공기저항	전체주행저항	비고
공기저항	100%	75.1%	TGV-PSE(동남선)
-양단부형상	11.5%	8.6%	W = 390 ton
-외주표면적	65.2%	49.7%	L = 197.7m
-육상기기	20.2%	15.2%	A = 7.95m ²
-디스크제동	2.1%	1.6%	ℓ = 9.75m
기계적저항	-	24.9%	(차량단면길이)
전체주행저항	-	100%	-

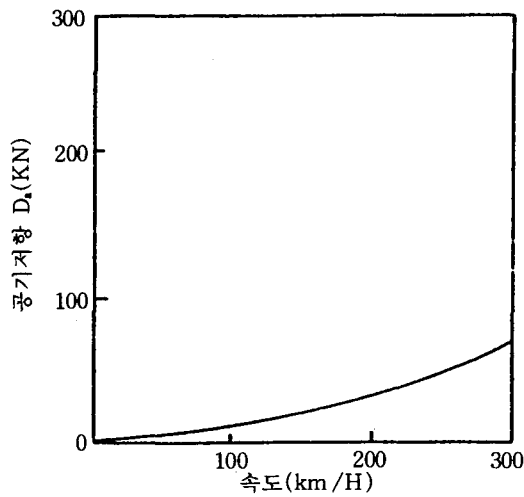


그림 3 TGV-Atlantique 열차의 속도에 따른 주행저항

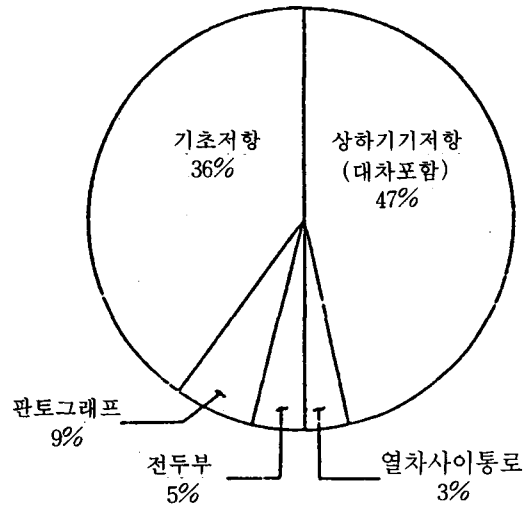


그림 5 ICE 기계저항 구성비

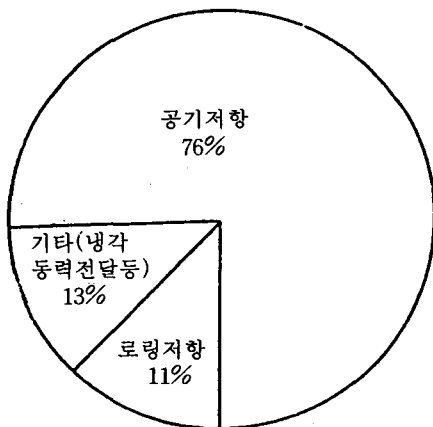


그림 4 ICE 공기저항 구성비

入出口의 形狀改善또는 터널 내부에 空氣排出通路를 설치한다.

4.4 환경소음

환경소음은 차륜/레일의 마찰에서 발생하는 마찰 및 전동소음, 차체와 공기간마찰에 의한 공력 소음, 판토타그래프의 마찰 및 공력 소음 등이 있으며, 이는차량 주행속에 따라 크게 증가한다.

특히 공력소음은 주행물체의 표면근처에서 발달되는 난류 경계층 유동이나 미소Vortex가 동

반되는 비정상 유동에 의해서 발생되므로 물체 표면상태 혹은 물체형상에 따라 공력소음 형태가 변하며, 주원인은 와류에 의한 것으로 주행속도의6승에 비례하는 것으로 알려 있으며, 통상 250km/h 주행속도 이상에서 크게 변화한다.

1) 열차소음

$$L_R = L_0 + K_1 \cdot \log(V/V_0) \dots\dots\dots(\text{식 } 10)$$

여기서 L_R : 열차소음 수준(V 속도에서)

L_0 : 열차소음 수준(V_0 속도에서)

$$25 < K_1 < 35$$

$$\leftrightarrow P^2 \# V^3 \text{ (P : 음압)}$$

2) 공력소음

$$L_a = L_0 + K_2 \cdot \log(V/V_0) \dots\dots\dots(\text{식 } 11)$$

여기서 L_a : 공력소음 수준(V 속도에서)

L_0 : 공력소음 수준(V_0 속도에서)

$$60 < K_2 < 80$$

$$\leftrightarrow P^2 \# V^6 \sim V^8 \text{ (P : 음압)}$$

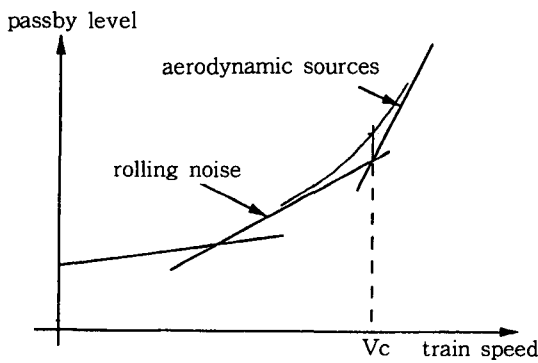


그림 6 열차 속도와 공력소음 관계

4.5 열차 운동 에너지

$$E = \frac{1}{2} M \cdot V^2 \dots\dots\dots(\text{식 } 12)$$

여기서 M : 열차 질량 (N)

V : 속도 (km / h)

예) 열차속도 $V_1 = 300\text{km/h}$, $V_2 = 350\text{km/h}$ 와 열차 중량 800톤일때 운동에너지는?

$$E_1 \approx 2,800\text{MJ}$$

$$E_2 \approx 3,800\text{MJ} \text{ (점착력 감소, 에너지 증가)}$$

따라서 열차 주행시 운동에너지가 발생되므로 300km/h 주행속도에서는 2.8×10^9 Joule의 운동 에너지를 감쇄시킬 제동장치가 요구된다.

5. 경부고속전철 기술사양

5.1 TGV 시스템의 특징

1) 일반적인 시스템 특징

- 高速成 : 300km/h 의 최고운행속도 (새마을 동차 : 150km/h)
- 新線路 : TGV 의 高速度는 新線路에서만 가능하고, 최저 곡선 반경은 4,000m이다 (기존 선로 구간 400m).
- 互換成 : 고속철도는 기존의 전철구간에서 호환성을 갖는다.
- 시스템의 經濟成 : 대량 수송에 있어서 고속 철도의 전체시스템 (토목, 건축, 고정설비, 차량)은 매우 경제적이다.

2) 차량의 구조적 특징

- 축중은 17톤으로 제한 : TGV-A등에서 입증
- 공기 역학적인 설계 : 전두 및 차체 형상의 공기저항 저감형
- 동력 집중식 : 구동대차를 전·후부에 배치
- 관절형·대차 : 차체 엔드를 관철형으로 하여 대차를 설치함으로써 차량의 경량화와 대차수를 줄여 공기저항을 감소 하였고, 소음 및 진동, 승차감을 향상 시켰다.
- 대차 : 고속 주행을 위하여 축거리가 3m이고, 견인모터는 차체 하부에 고정시켰고, 차축을 중공으로 하여 스프링 하중량을 감소 시켰다.
- 제동장치 : 구동차축에는 회생 브레이크 방식과 트레일러 차축에는 디스크 브레이크 방식을 사용한다.

- 대차의 모듈화 : 차량의 견인과 정지시에 안전성을 확보하기 위해 견인/제동작동 제어 설비를 각 대차별로 독립적인 모듈로 구성되었다.
- 전력집전 : 전력집전 시스템은 경량의 가선 시스템을 가능토록 하였다.
- 시스템 탄력성 : 선로수송 요구량에 맞게 동력대차의 수와 객차수를 조정 편성운용 할 수 있다.

5.2 주요 기술 사양

- 편성 구성 : 동력차 + 동력객차 + 16 중간객차 + 동력객차 + 동력차(20량)
- 최대 운전속도 : 300 km/h
- 편성당 최대 출력 : 13,560 kw
- 공급전력 : AC 25KV, 60HZ
- 최소 곡선 반경 : 125m
- 총 좌석수 : 935석(1등차 : 127석, 2등차 : 808석)
- 열차치수
 - 열차 총 길이 : 387.19m
 - 차폭 : 동력차 : 2.814m, 객차 : 2.904m
 - 레일에서 지붕높이 : 동력차 : 4.1m, 객차 : 3.484m
 - 판토그래프 높이 : 최대 6.6m, 최소 5.08m
- 대차
 - 구동대차 : 6셀
 - 트레일러 대차 : 17셀
 - 대차 축간거리 : 3m
 - 대차 중심간 거리 : 동력차 : 14m, 객차 : 18.7m
 - 차륜경 : 920mm(완전마모 : 850m)
- 모터
 - 모터수량 : 12셀 / 편성
 - 모터출력 : 1130 kw / 모터
 - 회전관성 : W_2 의 3.8 %
 - 기어효율 : 0.975

-중량

- 공차중량 W_0 : 692톤(중량한계 $W_0 + 5\%$)
- 운행정비중량 W_1 : 698.8톤
- 열차중량 W_2 : 773.8톤
- 최대중량 $W_3 = W_2 \times 1.2$

5.3 설계 요구사항

1) 유연성

列車는 고정편성으로 운행되며, 차량길이를 줄이기 위해 2량 및 4량의중간 트레일러를 제거 편성 가능해야 하고, 제어와 진단능력 그리고 최대속도로 운행할 수 있어야 한다.

2) 설계기준

- 화재 및 유해성 : 모든재료는 난연성 기준 NF F16-101, NF F16-102의카테고리 A1에 따라야 한다.
 - 카테고리 A1은 운전실 내장재와 객실용내장재, 의자, 커튼, 바닥재, 케이블,페인트등에 적용된다.
 - 전장품 냉매는 무독성, 환경보호, 난연성의 성질이 있어야 한다.
 - 비연소 부하시험 : 100g이하 중량의 부품, 200g/m²이하 중량의 비금속재료
- 극한 기후조건 :
 - 10℃
 - 영업운전 : 운행 가능.
 - 주 차 : 12시간이상 주차시 물탱크 물 제거
 - 10℃ ~ -25℃
 - 영업운전 : 운행 가능.
 - 주 차 : 전력공급에 의해 보조장비 가동으로 모든장비 정상, 보조장비 비가동시 물탱크물제거
- 충격 및 진동 :
 - 진동한계 : 차체, 대차, 차축에 장착된 장비

는 주축방향의 5~100HZ의주파수의 연속적인 정현파 진동에 견딜것, 전기부품은 IEC 77에 따름.

진 동	차 체	대 차	차 축
g-Peak to Peak	0.4	4.0	10.0

-충격 한계 : 차량 부품이 정상적 조건에서 랜덤 충격하중 다음조건에 견딜것.

Shock-Peak g	차 체	대 차	차 축
수 직	2	20	50
좌 우	2	10	20
길 이	3	5	10

-차체 고유진동 (장비와 취부품 설치 상태)

- 동력차 : 8Hz 이상
- 중간 트레일러 : 13Hz 이상
- 동력 객차 : 10Hz 이상

100m² 이상의 터널 통과시 공진이 없을 것

-고속선로에서의 승차감 :

- 승차감은 객실의자 높이에서 수직과 수평 방향으로 측정된 가속도로부터 계산하고, 이들 가속도는 ISO 2631에서 각각 수직과 수평가속도에 대한 곡선으로 평가하며 0.5~40HZ의 주파수 범위내에서 분석한다. 최대 300km/h의 속도로 100km의 거리에 걸쳐 매 1분간 측정된 RMS(root mean square)가 수직과 수평방향에 대해 2시간 감소 안락 범위가하여야 한다.
- 최대 속도에서 승객이 받는 최대 가속도의 JERK는
 - 가속도 : 모든방향 1.0%
 - JERK : 모든방향 0.5%

d) 소음 : 외부환경 소음과 차량 내부 소음은 최대한 감소해야 하고, 측정은NFS 31-019, NFS 31-025, NFS 31-028에

따르고, HSR선로위에서 5,000km 이상 주행한 열차의 소음수준으로 한다.

-내부소음

- 300km/h에서 객실 중앙소음
 - 구동객차 70dB(A)
 - 중간트레일러 66dB(A)
- 300km/h에서 운전실 : 78dB(A)미만
- 정차시(모든 보조장비 가동) : 객실 60dB(A) 이하
- 내부소음 터널 영향 : 300km/h 에서 100m² 터널은 7dB(A)상승

-환경소음 : 300km/h 주행시 선로 중심으로 부터 25m 에서 선로위 1.2M에서 등가소음 Leq = 91.0dB(A) 이어야 하고, 최대 93dB(A) 를 초과하지 않을 것.

-Pure tones : 소음은 300~1,000Hz 범위에서 불쾌한 Pure tones이 없을 것.

e) 안정성 : 대차는 고속선로에서 300km/h + 10%(330km/h)의 속도까지 운행시에도안정성을 유지할 것.

f) 차륜힘

-탈선계수(Y/Q)는 최고값이 1.2미만이고, 평균 0.8이하 일것.

-운중의 동적 구성품은 다음이내 일것

· 수직방향±170KN

· 수평방향±60KN

-차량의 하중균형 :

· 선로켄트, 구배, 선로 비틀림의 열악한 조

합 조건에서 최대 허용 수직윤중 감소량

은

$\frac{DQ}{Q} = 0.35$ 이하(정상주행조건),

$\frac{DQ}{Q} = 0.40$ 이하(대차1대 파손)일것.

Q : 직선로에서 차량의 공칭 수직 윤중

(N)

DQ : 선로켄트, 구배등으로 인한 수직윤

중 감소량(N)

· 대차 비틀림 : 직선 선로에서 공차 중량에서 1대차의 1차륜을 50mm 낮춰올 때 다른 모든 차륜은 선로에 접촉되어야 한다.

- 대차 회전저항 (X) : $X = \frac{M}{2Qd}$

M : 600M 곡선 통과시 대차 회전모멘트 (Nm)

Q : 공칭 수직 윤중(N)

d : 대차 차축거리(m)

g) EMI / EMC

맥동하는 고조파 전압은 EMI(Electro-Magnetic Interference)를 일으켜 가청주파수 (Audio-Frequency)의 순환전류를 사용하는 열차제어 장치에 큰 영향을 준다. 즉 고조파 전압으로 인한 전류의 주파수가 Track circuit 주파수에 근접하면 Track circuit 릴레이가 작동하여 ATC 블럭에 잘못된 신호를 주어 오작동을 일으킨다.

- 유도전류 : 열차의 주행 및 운전조건에서 선로옆의 원거리 통신 케이블에 의해 유도전류가 발생하여 모니터링 및 제어회로의 영향을 준다.

- Radio-Frequency 전류원 발생 : 전력 변환시스템의 고조파로 인한 노이즈외에 집전기와 trolley, Pantograph를 걸쳐 차량으로 흐르며, 이 전류에 의해 전파 잡음이 발생한다.

이 노이즈 전류는 넓은 주파수 대역을 가지며 trolley, Pantograph를 걸쳐 차량으로 흐르며, 이 전류에 의해 전파 잡음이 발생한다. 이 잡음으로 인해 전철 주변의 무선시설에 장애를 일으킨다.

5.4 주행 성능

편성열차의 운영여건에 따른 走行性能은 열차 중량(W₂)에서 최대운행속도 300km/h를 走行할

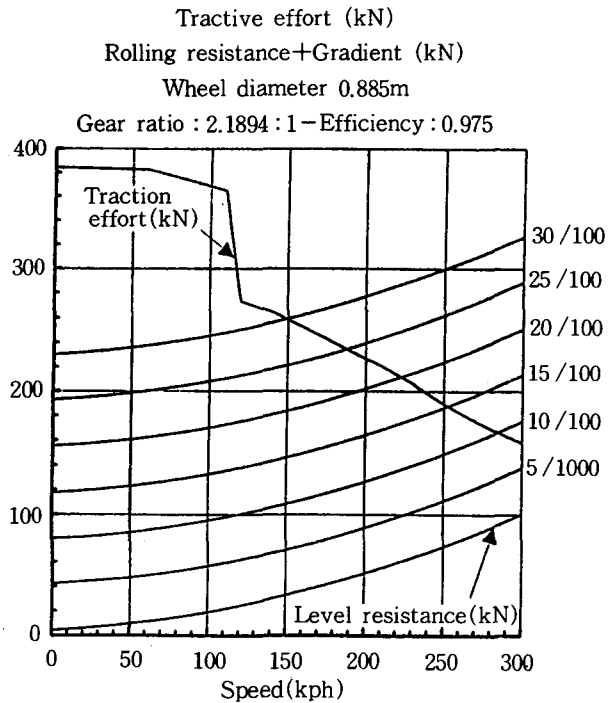


그림 7 견인력-속도 특성곡선(정상조건-12모터, 공급전원 25kv)

표 3 차량정상 출력 및 감소출력 조건에서 가속도

구 분	정상조건(12모터 구동)	감소조건(10모터 구동)
수 평 선 로	-출발시 : 0.47 m/s ²	-출발시 : 0.41 m/s ²
	-300km/h : 0.073 m/s ²	
	-200km/h 도달시간/거리 : 160초-5.0 km	
	-300km/h 도달시간/거리 : 365초-20.0 km	
구 배 선 로	-구 배 : 3.5% 출발시 : 0.1 m/s ² (신차륜 조건)	-구 배 : 3.0% 출발시 : 0.1 m/s ² (신차륜 조건)

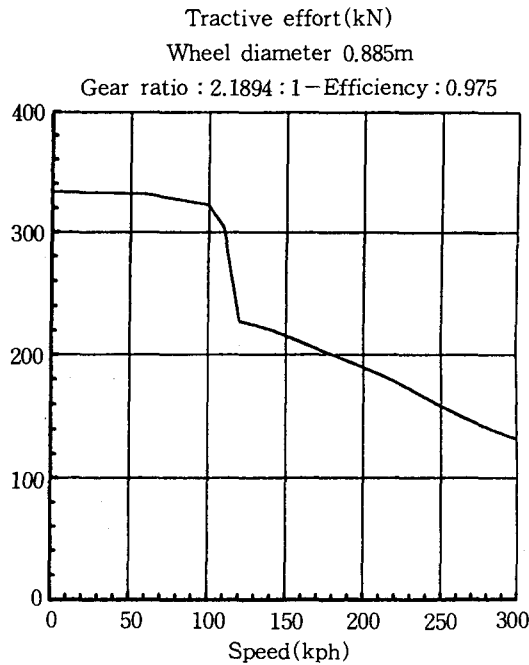


그림 8 견인력-속도 특성곡선(감소조건-10모터, 공급전원 25kv)

수 있어야 하며, 차량의 절반 마모상태에서도 가능해야 한다.

그림 7은 견인력-속도 특성곡선(정상조건-12견인 모터)이며, 그림 8은 견인력-속도 특성 곡선(감소조건-10견인모터)이다.

정상조건 및 감소조건에서 가속도는 표 3과 같다.

5.5 推進 動力 裝置

고속전철의 推進 動力 裝置는 확실한 安定成과 信賴成을 가져야 하므로 중요한 기술이다. 차량이 高速으로 走行時는 走行抵抗이 급격히 증가하며, 앞에서 살펴본바와 같이 250km/H 이상의 高速에서는 走行抵抗의 대부분이 공기저항(AerodynamicResistance)이 주 요인으로 작용한다.

1) 動力 傳達 裝置

動力 傳達 裝置는 動力集中式 과 動力分散式으로 대별되며, 動力集中式은 고속에서 필요한 짐작중량의 확보가 가능하고, 電力 集電시에 판토틀레프(Pantograph)의 수 감소로 상하진동 문제가 적어지고, 投資費用 과 補修維持費用節減등의 잇점이 있다. 動力分散式은 견인모터를 각 車輛 走行裝置에 設置하므로서 動力 效率이 높은 편이다.

경부 고속 전철, TGV-대서양선 및 ICE의 경우 모터를 차체에 취부하므로서 축중감소와 승차감이 크게 향상되었다.

2) 動力 制御裝置

철도차량의 動力 制御裝置는 GTO(Gate turn off) 사이리스터(Thyristor)는 自己遮斷能力을 가지고있어 종래의 사이리스터 보다 高壓 電流回路가 불필요한 점외에도, 스위치(Switch)속도

표 4 동력전달 장치비교

구 분	경부고속전철	TGV-대서양선	신간선(300계)	ICE
동력전달방식	집중식	집중식	분산식	집중식
모터 설치	차체	차체	대차	차체
기어 연결	모터-감속기어-트리포이드-구동기어-차축	모터-감속기어-트리포이드-구동기어	모터-구동기어-차축	모터-구동기어-연결장치-차축기어
편성동력방식	2PC + 16IT + 2MT	2M + 10T	10M + 6T	2M + 14T
총출력	13,560kw	8,800kw	12,000kw	9,500kw

가 빠르기 때문에 周波數가 높아지고 정밀한 제어 및 기기의 소형, 輕量化가 가능해졌고, 誘導障礙가 적어지는 잇점이 있어, 高速電鐵에서는主回路를 大容量의 GTO 사이리스터와 마이크로 컴퓨터를 사용한 인버터 (Inverter)에 의한 3相 AC 건인 전동기(동기, 유도)를 사용하여 축중을 감소 시키고 있다.

경부 고속 전철은 3相AC 동기 건인 전동기 (AC Synchronous Motor)를 사용하여 1130kw/모터의 출력을 내는 대용량 건인모터가 편성당 12대 설치된다.

각 구동대차는 2대의 모터가 각 축과 연결되며 한 모터 제어 블럭은 2대의 구동모터를 제어할 수 있게 되어 있다. 2개의 인버터-모터 시

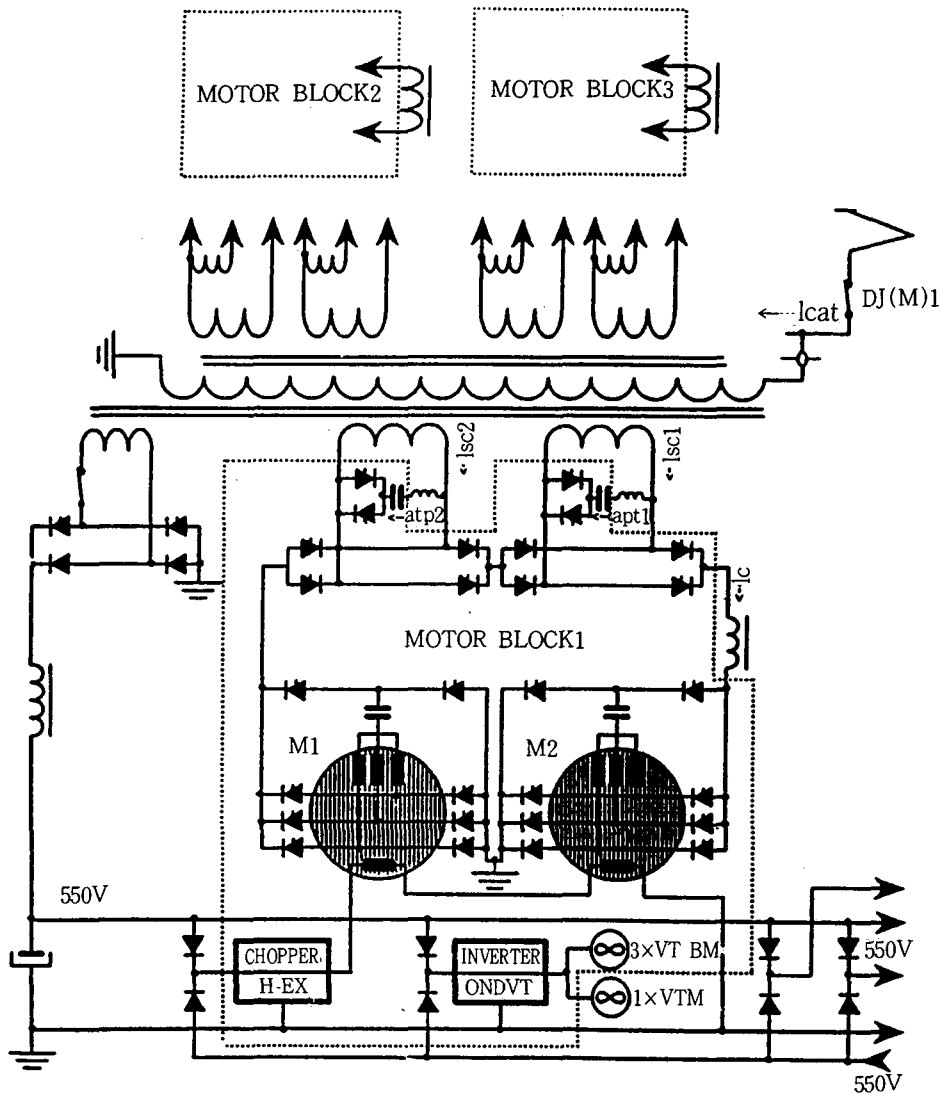


그림 9 경부고속전철 주회로도

표 5 고속전철의 견인모터와 제어방법 비교

구 분	경부고속전철	TGV-대서양	ICE	신간선(300계)
전동기 형태	동기식 AC	동기식 AC	유도식 AC	유도식 AC
통풍방식	강제통풍방식	강제통풍방식	강제통풍방식	강제통풍방식
회전속도	-	3,000rpm	535rpm	3821rpm
중 량	1525kg	1430kg	2000kg	470kg
극 수	6	4	4	4
정격전압	-	1,246V	2,050V	1,430V
출발 최대전류	-	1,000A	500A	320A
절연종류	Class 20	H 중	H 중	H 중
연속정격	1,130kw	1,100kw	1,250kw	300kw
제동력	-	650KN	320KN	372KN

(경부고속전철 견인모터는 설계중)

시스템은 직렬로 연결되어있고, 2개의 풀브리지 정류기로 부터 평활리액터를 거쳐 전원을 공급 받으며, 회전자 권선은 직렬로 연결되어 있고, 가변주파수(20~200HZ) GTO초퍼에 의해 전원을 공급 받는다.

이 초퍼는 보조 가선에 연결된 혼합 브리지 정류기에 연결되어 있고, 카테너리로 부터 전원을 공급 받지 못하면 배터리로 작동한다.

저속(80km/h이하)에서 인버터는 보조전류회로에 의해 작동 되고, 고속시에는 동기기의 역기전력에 의해 自然轉流 된다.

표 5는 고속전철의 견인 모터와 제어 방법을 비교한 것이다.

5.6 走行裝置

鐵道車輛은 일반적으로 원활한 주행과 曲線通過를 위하여 차륜담면에 기울기를준다. 이것은 車輛의 좌우 진동을 일으켜, 저속에서는 감쇄진동으로 차량의 安定成이 유지되나 일정속도 이상 고속에서는 左右振動이 發展되어 헌팅(Hunting)현상이 생기게 되고, 이 과도한 현상은 軌道の變形과 車輛의 振動에 영향을 주며, 심한 搖動은 安定成을 잃게되어 脫線하게 된다.

따라서 차량의 헌팅은 臨界速度 이상에 존재하며, 차륜의 요잉(yawing)운동과 횡방향운동 서로 연계해서 이루어지므로, 차륜과 후랜지 및 레일 형상의 심한 마모를가져온다.

고속전철에서 車輛 走行 安定成의 확보를 위하여 현가장치(suspension)의 스프링상수 조정, 요잉 剛性 增大, 固定軸 거리 및 대차간 거리 확대, 스프링 하 질량(Unsprung Mass) 감소 등을 고려하면 安定成은 증가하나, 곡선 추종성이나 후랜지 마모가 증가하므로 이를 극복하기 위한 현가장치의 스프링 상수 조정이불가결 하게 된다.

따라서 차륜 담면의 형상과 기울기는 차량 동특성에 큰 영향을 준다.

즉 차륜담면의 기울기가 크면 담면 위치별 직경차가 커서 곡선에서 추종성이 좋으나, 走行 安定成이 떨어져 乘車感이 저하된다. 그러므로 차륜담면의 형상과기울기가 車輛走行 安定成에 主要 要因으로 作用한다.

最高 走行速度를 올리기 위해서 臨界速度를 올려야 한다. 차량의 임계속도를 향상시키기 위한 주요한 요인은 다음과 같다.

-대차와 차륜간의 1차 현가장치 길이 방향

- 스프링 상수(Kx)증대
- 대차와 차체 사이에 회
- 전시 제어되는 토오크(Torgue)값 확보
- 대차의 고정축간 거리 확대
- 차량의 대차간 중심거리 증대
- 윤증이 적을수록 특히 스프링 하 질량의 최소화

이러한 요인들은 고속 주행 안정성을 가져오나 반대로 곡선 추종성이 떨어져 곡선이 심한

선로에서는 후렌지 마모가 커지는 경향이 있으므로 이점을 고려하여 대차의 현가장치 특성치 값을 고려하여야 한다.

차륜의 답면현상과 레일에 의한 차량의 臨界速度에 영향을 주는 사행동 파장 관계식은 다음과 같다.

$$S = 2\pi \sqrt{\frac{br}{\gamma} (1 + \frac{a^2}{b^2})} \dots\dots\dots(\text{식 } 13)$$

표 6 경부고속전철 대차의 일반특성

구 분	동 력 차	동력객차	객 차
스프링 하질량(축당)	2,048kgf	2,048kgf	2,003kgf
대차 스프링 질량	2,384kgf	2,502kgf	3,043kgf
2차 현가 장치상 질량	27,470kgf	27,402kgf	26,951kgf
1차 현가장치: -수직신축성	2mm / 10 ³ daN	2mm / 10 ³ daN	3.5mm / 10 ³ daN
2차 현가장치: -수직 신축성	4mm / 10 ³ daN	12mm / 10 ³ daN	17mm / 10 ³ daN
-횡 신축성	16mm / 10 ³ daN	50mm / 10 ³ daN	50mm / 10 ³ daN
공기 현가장치 탄력성: -비틀림 : 수직 수평	± 50 mm ± 120 mm 16mm / 10 ³ daN(추가용적 없이)		
-신축성 : 수직 수평	· ± 5mm : 107mm / 10 ³ daN · ± 20mm : 118mm / 10 ³ daN · ± 50mm : 112mm / 10 ³ daN		
고정 축거리	3.0 M		
최대 축 중	17 톤		
대차중심간 거리	동력차 : 14m 객차 : 18.7m		
차륜직경	920mm		

표 7 대차골조의 정하중 조건

구 분	하 중 조 건	허 용 응 력
-수직 하중	-W ₂ (열차총중량) × 2g (가압 위치 : 2차 스프링 위)	영구 변형 없을 것
-전후 하중	-총 대차중량 × 3g (가압 위치 : 차축)	영구 변형 없을 것
-비틀림 하중	-최대 정적 차륜하중의 60%를 감한 하중 (가압위치 : 대각선 스프링)	영구 변형 없을 것
-좌우 하중	-UIC 515 OR에 따른다.	영구 변형 없을 것

여기서 S : 사행동 길이(m)
 a : 축거리 /2(m)
 b : 답면 접촉간 거리 /2 (m)
 r : 차륜 접촉면의 거리(m)
 γ : 답면기울기(m)

구동 시스템은 견인 모터와 연결되는 감속 기어 유니트(Reduction gear unit)와 차축 기어 장

치에 신축성 있게 연결해 주는 트리포드 트랜스미션 (Tripod-transmission)과 차축 기어 감속기(Axle gear reduction unit)으로 구성되어 있다.

감속기어 유니트는 3개의 헬리칼 기어(helical gear)로 되어 있으며 감속비는 1.888:1이고, 차축기어 감속기 유니트는 슈퍼기어(super gear) 2개로서 감속비는 1.159:1이다. (다음호에 계속)

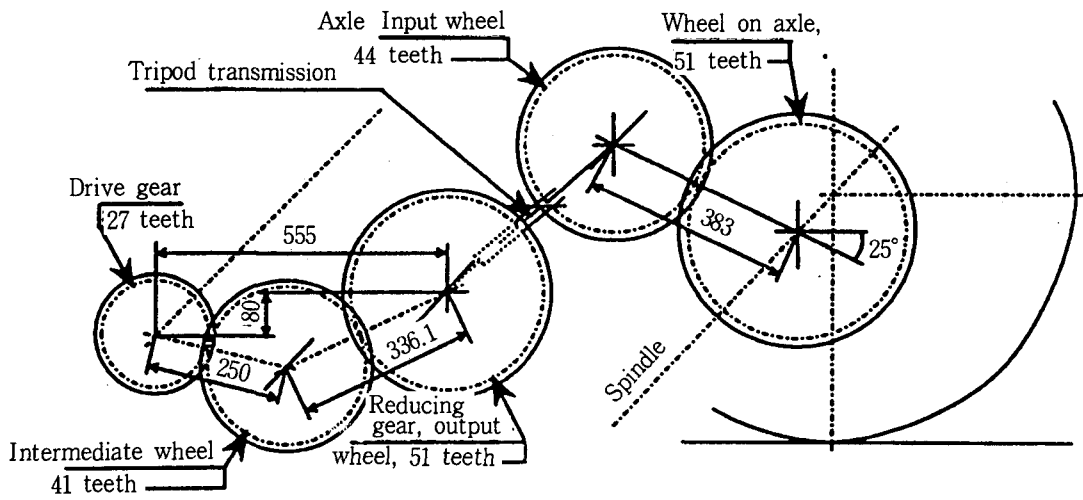


그림 10 구동시스템 기어 연결도