

# 전 기 철 도

2006. 7. 특집(特輯)

- ★ 中國이 日本의 monorail 交通 system을 選擇한 背景은 무엇일까?
- ★ “中鐵十一局” 中國의 國家西部 10大重点事業中 1点事業이 重慶都市 Monorail 건설 project이다.
- ★ 重慶의 도시 monorail은 2005년 6월 18일 開業하였다.
- ★ 中國과 日本과의 資本, 技術 交流協力은 繼續되고 있다.



(重慶市 財政局 및 軌道交通總公司의 調查團과 3協會와의 討論會 및 事務局, 日野 專務理事의 歡迎人事 2006.3.29)

## < 목 차 >

가. 중경(重慶) Monorail의 採用과 實施	1
- 中國이 도시교통 System으로 monorail을 選擇한 理由	
나. 중경(重慶) Monorail의 개요(概要)	9
- 中國에서 日本의 協力(資金·技術)에 의한 Project	
다. 중경(重慶) Monorail 車輛의 國産化	18
- 中國都市 跨座型 國産化 回顧와 應用展望	
라. 중경(重慶) Monorail의 개업(開業)	25
- 中·日都市交通 기술교류(技術交流)로 이루어 졌다.	
마. 跨座型 Monorail의 實施設計	44
- 中國, 重慶 도시교통 System의 自力設計 및 工事技術과 基準	
바. 도시교통(都市交通) Monorail의 活躍像	56
- 日本은 monorail의 展示場 -	

(사)한국전기철도기술협력회

<http://www.kreta.co.kr> 자료실

# 중경(重慶) Monorail의 採用과 實施

-中國이 都市交通 System으로 monorail을 選擇한 理由-



(사)한국전기철도기술협회

감사 田 柱 福

## 머 리 글

중경시(重慶市) 궤도교통 2호선 Project는 중경시가 직할시(直轄市)로 된 후 정비(整備)된 최대의 도시Infra시설 공사이다. 그것은 중국도시교통의 분야(都市交通分野)에서 처음으로 도입(導入)한 과좌형(跨座型) monorail 교통 System이므로 중요한 시험적 model project로 되어 있다.

이 Project의 건설과 운영의 성공은 도시도로교통(道路交通)에 의한 압력을 완화(壓力緩和)시킴과 동시에 연선의 경제발전(經濟發展)에도 촉진되고 있다.

그것은 시민의 이동(市民移動)과 환경상황의 개선(環境狀況改善)에 의하여 중국에서 가장 젊은 직할시의 도시 Image를 향상시킴과 아울러, 국내 다른 도시에 있어서 궤도교통 System의 선택(軌道交通選擇)에 새로운 구상(構想)을 重慶軌道交通總公司 沈 曉陽씨가 기고(寄稿)로 제시한 내용을 옮겨 기술한다.

## 1. Monorail 교통 System 선택의 배경(選擇背景)

重慶시는 長江 상류의 최대경제중심도시이며, 중국의 중요한 종합적인 공업도시(工業都市)이기도 하다. 또 서남지구(西南地區) 최대의 수륙교통(水陸交通)의 中心이며 대외무역(對外貿易)의 港口이다. 산간부 도시(山間部都市)로도 유명하다. 면적은 5,473평방 킬로이며, 人口 600만인을 포용(抱容)하고 있는 도시부(都市部)는 “5市街區域 多極分散型”으로 구성되어 있다. 지형조건과 경제발전의 제약으로부터 도시교통이 도시발전의 needs에 대응(對應)할 수 없게 되었다.

重慶은 전국 22개 대도시 가운데, 도시교통 여객수송에 있어서 종합적인 발전수준(發展水準)은 뒤에서 2번째 위치에 있으므로 서둘러 개선(改善)할 필요가 있다.

그래서, 현대화(現代化)의 도시공공 여객수송 교통망(交通網)의 계획과 정비(計劃整備)를 서둘러 실시하여, 쾌속교통(快速交通) System을 주간(主幹)으로 하는 地上, 地面, 地下의 여

러 종류의 교통접속방식에 의한 입체화(立體化)의 공공교통망을 정비하지 않으며 안 된다고 國家관련 부서는 1990년대의 연구평가(研究評價) 보고서에서 이와 같이 논평하고 있다. 그래서 重慶시 정부가 주도(主導)하여 궤도교통 System 계획을 완성하고, 각 공사 건설의 준비 작업에 착수하였다. 그 후 10년 동안에 改善을 걸쳐서 重慶시는 6노선 1환상선, 계 354公司참여의 light rail, 지하철도를 정비할 예정이다.

최초로 정비에 착수하는 노선은 고가노면(高架路面)을 주로 하는 궤도교통(軌道交通) 2호선이다.

### 1.1 도시의 특징(都市特徵)

重慶시 궤도교통 2호선 제1기 Project노선은 낮은 구릉지형(丘陵地形)에서 도심부(都市部)에 위치하고, 두 개의 산과 두 줄기강에 갇혀있고 좁고 긴 반도(半島)를 종관(縱貫)하고 있다.

계획총연장 19km의 노선은 다시 서쪽으로 뻗어나서 渝中區 九龍坡 大渡口區의 중요한 상업(商業) Center, 교통중추(中樞) 문예체육시설, 주택단지를 접속한다. 重慶시의 다극 분산형 도시의 지리적 특징으로 노선이 급경사(急傾斜)의 높은 산, 절곡(折曲)이 많은 도로, 복잡한 지형들을 통과하고, 특히 인구밀집(人口密集)구역과 공원을 통과하기 때문에 소음과 진동(騒音, 振動)등에 대한 환경기준이 높은 곳이다.

이상 구체적인 상황을 거울삼아, 논증(論證)과 기술경제비교를 충분히 실행해서 강력한 등판성(登坂性), 작은 곡선반경 주행성(走行性), 저소음, 경관향상성(景觀向上性)의 장점(장점)이 있는 과좌형(誇座型) monorail 교통 system을 채용하였다. 교통 system의 선택은 교통의 수요예측, 기술경제의 비교 등 계획주지(計劃主旨)에 근거해서, 총합적인 고려와 평가하는 외에 아래 항목을 주로 하여 수많은 분석을 실시(分析, 實施) 노선은 해발 180~430m, 상대고저차 250m의 구역으로서 강변(江邊)부터 산정(山頂)까지 반도를 관통하고 있으므로 구배와 경사의 길이 및 선로의 절곡 등 조건은 보통의 평원(平原) 지역의 도시에는 없는 것이다.

Monorail System의 등판능력이 60~80%, 경사의 길이 400m이상이므로, 최소반경이 겨우 100m가 됨으로 도시지형의 특징에 적응하고 있다.

보통의 鐵輪궤도 System을 채용하는 경우, 30%의 구배와 300m 반경한도(半徑限度)이므로 지하노선이 비교적 길고, 또 역지하의 깊이가 80~100m에 달하는 결점(欠点)이 있다.

### 1.2 환경의 성능(環境 性能)

노선이 인구밀집의 3대 도시 부구역을 통과하고 있으므로, 노선 주변에 주거(住居)가 집중되어있고, 또 다수의 대형 상업·Office Buil, 공원, 병원, 학교 등의 시설이 있다. 鐵輪 궤도 System을 채용하면, 비교적 큰 소음의 발생은 피할 도리가 없으나, Monorail은 gumtire는 소음에 의한 주변으로의 영향을 대폭으로 저감(大幅低減)시킬 수 있다.

### 1.3 경관으로의 영향(景觀 影響)

지형조건의 한정으로 기존의 도시도로는 폭이 대단히 좁다. Monorail System은 도로 중앙의 격이대(隔離帶)와 그 상부의 공간(上部空間)을 충분히 이용하므로 도시도로쪽에 영향은 없다. 폭이 겨우 0.85m가 되는 2개의 궤도 Beam 본체가 작으므로 수목녹화(樹木綠化)에 방해(防害)가 없이, 경관에는 미관성(美觀性)이 좋다. 보토 鐵輪 궤도 System을 채용한다면, 고가선로구간에서는 기존도로 위에 평판식(平板式) 고가도상(道床)이 부설되게 된다. 또다시, 소음을 저감하기 위해서 평판식 도상양측에 소음차단시설(騒音遮斷施設)을 정비하게 된다. 그러한 시설은 도시경관에 막대한 영향(莫大影響)을 안겨주게 되는 것이다.

### 1.4 투자의 억제(投資抑制)

투자의 억제는 Project건설에 대한 하나의 중요한 지표(重要指標)이다. Monorail System의 건설투자액은 지하철도의 반분이하(半分以下)로 되어, 重慶시의 경제발전의 수준(水準)과 재정투입능력(財政投入能力)에 적응되고 있다.

보통의 鐵輪 궤도 System을 채용하면 길어지는 지하철도 선로의 부설 및 길어지는 지하역의 정비와 환경시설의 설치 등의 문제를 해결하지 않으면 안 된다. 그것에 의하여 공사건설 투자비가 대폭 오름으로 정부는 重慶궤도교통의 최초 노선정비에 착수하는 결단(着手決斷)을 망설이지 않을 수 없게 하였던 것이다.

이상과 같은 여러 가지 논술하였으나, 重慶시 monorail 교통 system의 선택은 도시지형조건의 특징, 환경요구, 투자능력 등, 여러 가지 요소(要素)를 충분히 배려(配慮)한 것이다.

## 2. Monorail 교통 System의 건설과 사용효과

### 2.1 건설의 경과(建設經過)

1990년에 시정부의 주도로 궤도교통노선 network 계획을 완성하고, 1993년에 일본국제협력사업단의 전문가가 重慶에서 project의 F/S 조사를 전개하였다.

1994년에 국가계획위원회(國家計劃委員會)는 항목건의서(項目建議書)를 심사한 후부터, monorail 교통 system의 도입에 동의(導入同意)하였다. 그 후 中日 양국 정부는 동안건을 엔차관계획(円借款計劃) List에 넣도록 승인하였다. 1995년부터 1998년까지 F/S 보고서, 환경보고, 국산화연구보고서, OECF에 의한 특별안건형성촉진조사(特別案件形成促進調査) 및 中日合作 monorail 기술육성의 설립(技術育成設立) 등 전기(前期)기술준비 작업을 완성하였다. 1999년에 국가계획위원회는 항목건의서를 승인하고, F/S 보고서의 심사평가를 완성하여 2000년에 F/S 보고서를 승인하였다.

重慶시 궤도교통 2호선 제1기공사는 國家西部十大重奘 Project로서 2000년 12월에 정식으로 착공하였으며, 노선은 較場口에서 大堰村에 이르고, 연장길이 14.35km(지하 2.2km), 역사 14개소(지하 3개소), 열차분수 21분, 차량대수 84량, 총투자액 35.5億元(그

가운데, 엔차관 271億円=20億元)이다.

2002년 10월에 전선구간 토목공사가 완성되고, 궤도 Beam도 가설하였다. 2003년 12월에 전선구간의 궤도와 전기설비개통이 실현(實現)되었다.

2003년 국가발전개혁위원회(國家發展改革委員會)는 新山村으로의 4.8km 연장선을 제 1기 공사에 넣어서 실시할 것을 승인함으로써 총연장이 19.15km, 역사가 18개소, 총투자액이 43億元이 되었다.

2004년 6월에 제 1기공사는 선로에서의 test 운전이 시행되고, 2004년 11월에 觀光운전을 개시하였다. 2004년 12월 28일에 제 1기공사는 시운전(試運轉)을 시작하여, 2005년 6월 18일에 重慶市 軌道交通 2号線 第 1期線은 정식으로 개통(開通)과 함께 영업(營業)을 시작하였다.

## 2.2 기술의 특징(技術特徵)

과좌형 monorail 교통 system은 통상의 철륵궤도 System과 비교하면 등판능력(60%)이 높고, 곡선반경(본선 100m, 보조선 50m)이 작고, 주행소음(70db)이 낮은 등의 특징이 있고, 독특한 과좌형 차량으로 주행하는 것이다. 그것을 위한 공사실시에는 세 가지 기술요점(技術要点) 즉, 궤도보(軌道桁), 분기(分岐), 차량대차(車輛台車) System의 기술문제를 해결하지 않으면 안 된다. 그것은 국내에서 새로운 과제이며, 공사 중에 中日관계자의 기술협력(技術協力)에 의해서 모든 것을 해결(解決)하도록 되었다.

### (1) 궤도(桁 : Beam) System

起動 Beam 폭 0.85m, 높이 1.5m, 길이(S pan) 20~40m이며, 중간에 궤도가 급전용의 것이다 차량이 이 I형의 궤도 Beam에 올라타고 주행한다. 궤도 Beam은 하중(荷重), 안내(案内), 급전(給電) 등의 여러 가지 기능(機能)을 갖는 중요한 제품(鐵筋 콘크리트, 鋼構造)이며, 제조와 조립방법에 대하여 수준 높은 기술이 요구된다. 그래서 아래와 같은 중요한 기술문제를 해결하지 않으면 안 되었다.

① 여러 가지 평면과 종단면이 있는 線形軌道桁을 제조하기 위해서는 移動 거푸집 및 유효적으로 支承의 變形을 억제할 수 있는 재료와 제조기술이 필요하다. 또, 이 이동거푸집으로 제조된 궤도 Beam은 정도오차(精度誤差)가 2mm이상이 되어서는 안 되고, 300만회의 동태피로(動態疲勞)시험과 파괴(破壞)시험을 받지 않으면 안 되는 것이다.

② 뒤에 인장공법(引張工法)의 제조에 의한 prestressed 궤도 Beam은 支承, 전차선등을 설치하기 위해서 고정위치와 정도를 규정하고 있는 여러 가지의 insert가 붙어 있으나, 주강지승(鑄鋼支承)과 T형 Alumi 架台, 網體電車線 등은 중국 내에서 처음으로 製造되는 것이다.

- ③ 佛圖關公園의 궤도 Beam 가설시공용 도로에 파손을 피하고, 시공의 위험지역과 교  
통혼잡구역에서의 궤도 Beam의 가설을 보장(保障)하기 위해서, 특히 monorail 架橋  
機와 궤도 Beam 運搬車를 개발하였다.

(2) 분기(分岐) System

Monorail System의 분기기는 길이 5.5m의 多段式 강계조 Beam으로서 구조적으로  
關節式 또는 關節可携式의 2종류가 있다.

관절식은 절각식(折角式)의 단차(單差), 3차, 5차의 3종류가 있으며, 통과속도는 비  
교적 낮다.

가요식은 곡선식(曲線式)의 단차(單差), 2차의 2종류가 있으며, 통과속도는 빨라서  
본선에만 사용되고 있는 것이다.

분기 Beam에는 급전, 신호등의 System이 붙어 있으나, 그 전체의 이동(移動)이  
15sec(초)이내에 신호의 발신(發信), 해정(解錠), 이동(移動), 쇄정(鎖錠) 신호의 受信을  
완성되도록 요구되고 있다.

그러기 위해서는 제조정도(製造精度), 기계전기설비의 제어(制御)와 안전상의 신뢰성  
(信賴性)의 요구가 아주 높고, 제조와 조립의 난도(難度)가 대단히 큰 것이다.

中外 기술과 제품개발에 의하여 관절식 분기의 산업화(産業化)가 실현되고 있다.

(3) 차량과 대차(車輛, 台車) System

대차 본체의 3면에 차륜(車輪)이 장착(裝着)되어 있다. 본선의 곡선반경 100m에 적  
합한 대차는 차량제조업의 중요한 부분이다.

히다찌(日立) 제작소로부터 모든 제조도면(圖面)과 대차중요부품의 제조기술(製造技  
術)을 도입(導入)하고, 技術과 借款에 의한 合作生産방식을 採用하게 하여 monorail  
차량을 제조하고 있다.

- ① 첫 회째의 차량(2열차, 8량)은 히다찌 제작소의 공장에서 제조와 함께 中國측 기술  
員과 기술 勞動者의 육성(育成)을 위해서 실행할 것.
- ② 2회째의 차량(15열차, 60량)은 長春客車廠에서 重慶製의 大斷面 Alumi材를 사용하  
여, Alumi合金차체를 제조하였으나, 조달 또는 히다찌 제작소의 중요부품(台車 등)  
을 사용하였다.
- ③ 마지막 차량(4열차, 16량)은 모든 설비에 관해서 長春客車廠에서 국내제품과 중요  
부품을 조달하고 점차로 國産化實現목표를 달성함과 함께 제 2기 工程車輛과 3호선  
차량의 제조에 착수하며 더욱더 차량의 國産化率을 향상시킨다.

#### (4) 기 타

상기한 중요기술의는 공사실시중에 24m 장대 Span 궤도 Beam의 개발 및 3경간 30m 연속궤도 Beam 시험 등의 혁신(革新)과 모색(摸索)을 이루어, 26m 대단면의 지하역사의 안전시공 및 시가지 상업거리 지하와 지면의 폭파작업(시민에게 영향 없이), 하천연선(河川沿線)의 교지주(橋支柱)의 토목공사(流砂방지), 장대 Span의 逆 T형 궤도 Beam의 현장제조(여름, 고온계절시공), 시가지 시공에 의한 교통혼잡 감소 등 중대한 시공난제 및 토목건축, 설비, 차량 Sub System의 단계적인 총합시험 등 System의 난제를 해결(難題解決)하고 있다.

### 2.3 공사의 건설비(建設費)

제 1기 공사는 총연장 19.15km, 총 투자액 43億元으로서 입찰, 감리, 주요 재료의 집중조달과 건설비의 항목마다 심사제도(審査制度)에 의해서 투자를 유효하게 억제, 품질을 확보하게 되었다.

공사비 계산과 입찰 후의 시공과 조달계약의 이행과 결산의 실황(實況)에 의하여 평균 킬로의 총합(總合)건설비가 2.3億元/km이 되었다. 그 중에는 평균건설비로서 표준의 지면 고가역(地面高架驛 : 길이 200m, 폭 20m) 2,000萬元/1역, 지하역(길이 : 200m, 폭 20m) 1億元/1역, 복선궤도 Beam 2,000萬元/km, 분기 500萬元/基, 차량 100萬dollar/兩, 그 외 급전, 신호, 통신, 환경대응설비의 비용이 지하철과 거의 같은 Level에 있다. 통상의 철륵궤도계통의 건설비와 비교하면, 전체로서는 토목건축비용의 비율이 낮고, 차량설비비용의 비율이 그것보다 조금 높게 되어 있다.

완전히 고가선로를 채용하고, 역간거리 1.5km 이상으로 설정하면, 또 차량, 신호의 국산화율을 조금 더 향상시키는 경우에 System의 총합건설비를 1.5~2億元/km로 저감(低減)시킬 수 있다. 그것은 국외 동등 Level의 monorail system 건설비보다 훨씬 낮아서, 중국 내에서 상당선로조건과 동등 Level의 고가 light rail 건설비보다도 낮은 것이다.

### 2.4 경관의 효과(景觀效果)

경관의 효과는 도시궤도교통계획, 건설, 운영상에서 신중히 고려(慎重考慮)해야 될 중요요소(要素)이다. 重慶시 궤도교통 2호선은 계획 작성 시 최대한으로 도시경관에 영향을 감소시킬 것을 목표로 해서 기존 도로의 중앙격이대(中央隔離帶 : 中央分離帶)의 이용에 따른 고가지주(支柱)의 설치계획을 최적화(最適化)하여야 하며, 동시에 山水都市의 특징을 근거로 喜陵江 연선도로의 주행 및 도시 森林公園 통과로 인한 관광특징이 있는 선로를 설계하였다. 산뜻한 궤도곡선, 지주구역의 입체녹화(立體綠化), 다채로운 neon sign은 山水도시의 경관에 훌륭한 효과를 주었다. 시운전후 작년이래, 전국각지로부터 指導者, 專門家, 學者 및 관광객이 山城의 특징을 구체화한 선로의 경관에 높은 평가(評價)를 주었다.

## 2.5 환경보전의 효과(環境保全效果)

환경에 영향은 도시계획 교통계획, 건설, 운영상에서 신중히 고려 해야 될 또 하나의 중요한 요소이다.

더욱이 市民은 공사건설기간의 같은 System의 운영에 의한 도시환경과 시민생활로의 영향에 높은 관심을 갖고 있다. 重慶시 환경감시측정(監試測定) Center가 환경평가보고와 국가환경보호의 관련규정에 의거 2005년 4월에 佛圖關公園구역에서 독립감시측정을 하였으나, 그 측정보고에 의하면, 과좌형 열차운행시, 선로로부터 12m 떨어진 장소에서의 소음값(騒音値)이 각각 64.0db(상선), 57.8db(하선)이 되었고, 역과 궤도선로구역의 총합전계강도(電界強度)와 자계강도(磁界強度)가 국가의 「電磁輻射保護規定」의 관련기준과 요구 data를 초과하지 않았다.

오수(汚水)는 국가오수배출표준(輩出標準)의 1급에 이르고, 열차주행에 의한 선로의 진동(振動)이 크지 않으므로 국가기준(基準)에도 적합하다.

특히 시운전후의 반년이래, 선로주변 환경감시측정(環境監視測定)도 주민의 enquête조사에 의해서 각 항목의 환경지표(指標)가 모든 요구를 만족하였고, 주변 환경에 어떠한 영향도 없었다. 그것에 대하여 시민은 대단히 만족하고 있다.

## 3. Monorail 교통 System의 사용과 보급의 배경(普及, 背景)

### 3.1 건설공사의 실시에 따른 기본적인 결론

- ① 8량 편성, 2.5분 간격의 운행이 편도(片道)당 통근시간대 3~4万人/回の 교통수요를 만족할 수 있다.
- ② 지형 등 조건에 적응할 수 있는 고가지주를 설치하는 경우, 도로의 중앙분리대를 충분히 이용한다는 것은 환경녹화에 유리(有利)하며, 지주의 체적(支柱體積)이 작기 때문에 이 설치에 의한 여러 종류의 관로(管路), 회선(回線)의 이동 및 건물철거의 양이 적다.
- ③ 궤도 Beam의 공장제조, 가교기 등의 가설방법 채용에 의해서 공사 중의 도시도로 교통에 영향이 최소한으로 이루어져 건설공기도 단축되었다.
- ④ 열차운행시 소음이 낮아, 주변환경과 주민생활에 영향이 작았다.
- ⑤ 설비의 국내화(국산화)정도가 높아서, 건설비용은 일반 지하철의 1/2~1/3로 되어서 도시궤도교통망(都市軌道交通網)의 신속한 발전(迅速發展)에 유리하다.
- ⑥ 동 System은 편리하고 쾌속(便利快速)하므로 환경에 정겹게 조화되고 또, 연선 부동산의 발전(不動產發展), 토지가격의 증가(土地價格增加), 여객의 집중화(旅客集中化) 등 총합적인 수익의 취득(收益取得)에도 촉진(促進)될 수 있다.

### 3.2 전국으로의 보급(全國普及)

重慶기 궤도교통 2호선 안건은 中國에서 최초의 model project였으며, monorail 교통기술이 성숙(成熟)되어 주요기술의 國産化가 이미 실현되었다. 차량은 기술적으로 우수한 성



능을 갖추었으며, 낮은 주행소음, 강한 등판능력, 작은 곡선반경, 훌륭한 구조물 등의 장점(長點)이 있다.

그것은 重慶의 山水都市의 지형조건에 적응되고, 아름다운 山河의 再生이라고 하는 지속적인 환경보호전략(保護戰略)에도 부합되고 있다.

더욱이 中西部 지구도시의 경제실력과 중량수송수요(中量輸送需要)의 현상에 적응하여, 국내 다른 도시에서의 사용에도 넓은 전망(展望)이 보이고 있다. 重慶시는 아래와 같은 사용과 보급작업에 착수하고 있다.

- ① 앞으로, 계속 경험을 살려서 신선건설(新線建設)을 서둘러 전개(展開)한다. 이미 계획된 monorail 교통 System은 2호선과 3호선이 있으며 합해서 99km, 총투자액 약 200億元, 단계적으로 건설을 실시하여 十字型으로 하는 中 수송량의 여객수송교통 주간선로(主幹線路)를 형성한다.
- ② 시내외 전문회사참여의 中外合併 monorail 工程公司는 이미 설립되어, 重慶시내의 monorail 공사건설을 주로 하여, 전국으로 보급작업을 전개하여 간다.
- ③ 시내외의 회사와 협력해 나가면서, 重慶시의 시장수요, 공업우세(工業優勢)를 충분히 이용하여 monorail 설비의 産業化와 市場化를 促進하여 나간다.

끝.

[참고인용 문헌]

モノレール(誌) No.109 - 日本モノレール協會 2005 -

※ 特輯/重慶 monorail 開業と 都市 monorail 國際 Symposium