

미국 뉴욕 지하철 사전기술인증(PQ)용 대차개발 소개  
**Introduction to the truck development for NYCT(New York City Transit)  
Truck Pre-Qualification**

강성욱\*                      양방섭\*\*                      김철근\*\*\*  
Kang, Sung-Wook          Yang, Bang-Sub              Kim, Chul-Kun

-----  
**ABSTRACT**

The objective of this project is to get the qualification for participation in any procurement conducted by NYCT by proving Hyundai-Rotem's capability of truck development according to NYCT Pre-Qualification program. The scope of the PQ program is to develop the new fabricated truck from NYCT's old-fashioned casting truck and to operate the new fabricated truck in normal NYCT passenger service during 1 year. In this paper, the characteristics of the new fabricated truck in terms of design, manufacture and tests criteria are mainly introduced comparing with the domestic and European-style trucks.

-----

**1. 대차 개발 개요**

**1.1 개발 배경**

미국내 최대 전동차 운영사인 뉴욕 전동차(NYCT)는 “모든 자본재 조달은 사전 기술과 품질이 인증된 업체로부터만 가능하다”는 자체 조달규정에 따라, 차량제작사의 입찰 참가조건으로 사전 자격 인증을 요구하고 있다. 당사는 미국시장의 본격적인 참여 및 확대를 목표로 2009~1010년경 예상되는 1000여량의 대규모 교체 및 신규 물량 수주 추진을 위해 완성차 사전 자격인증 획득 과제를 착수하게 되었다.

또한, NYCT는 미국시장 전동차 운영에 대한 선도적인 역할을 하는 시행청으로 NYCT PQ 자격획득은 당사 차량 제작 능력에 대한 검증 수단일 뿐만 아니라, 미국내 전체 시장 확대 및 정착을 위해 차량 제작사로서의 당사의 입지를 확보키 위해 필수적인 것으로 판단되었고, 더불어 NYCT PQ 자격획득 과정에서 미국의 까다로운 기술 검증 절차를 통해 당사의 차량 설계 능력 향상 및 향후 사업에 시행착오를 최소화할 수 있을 것으로 예상되었다.

-----  
\* 현대로템주식회사 기술연구소 주행장치개발팀, 선임연구원, 비회원

E-mail : kswook@hyundai-rotem.co.kr

TEL : (031)460-1228 FAX : (031)460-1788

\*\* 현대로템주식회사 기술연구소 주행장치개발팀, 책임연구원

\*\*\* 현대로템주식회사 기술연구소 주행장치개발팀, 수석연구원

## 1.2 개발 범위

본 개발과제는 전체적으로 차체, 대차 및 System Integration 3가지 세부과제로 구성되며, 본 논문에서는 대차개발 과제에 대한 내용을 다루고자 한다.

대차개발 과제의 개발 범위는 기존 NYCT R44 차량에 적용된 주강형 볼스타 대차를 견인전동기, 제동장치, 현수장치등 모든 대차 부품은 완벽한 호환성을 유지시키면서 대차 프레임 및 볼스타만 용접구조용 대차로 개발하는 내용으로, 개발되는 대차 프레임 및 볼스타는 NYCT 최신 공고사양인 R160을 만족하도록 설계 / 해석 / 제작 / 시험을 통한 검증 및 승인과정을 거친 후, 1년간 현차 영업운행을 통해 최종적으로 문제없음을 입증하게 된다.

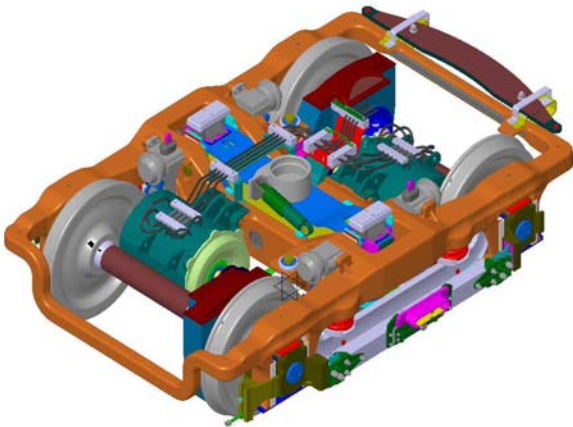


그림1. NYCT R44 주강대차 모델링 형상

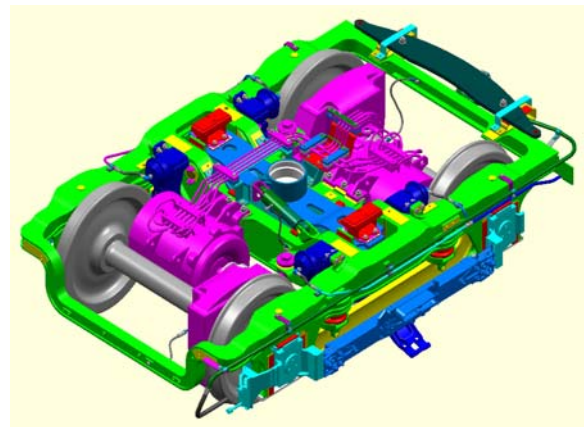


그림2. NYCT PQ용용접대차 모델링 형상

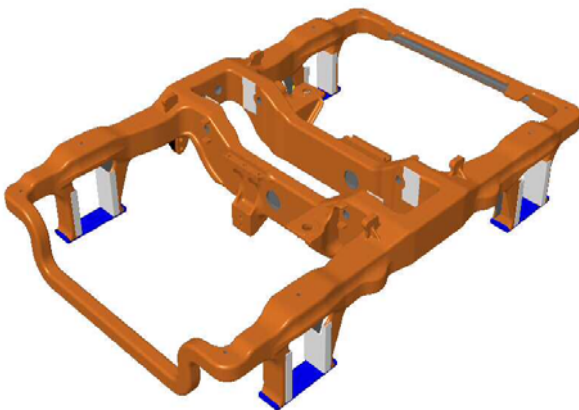


그림3. NYCT R44 주강형 대차프레임

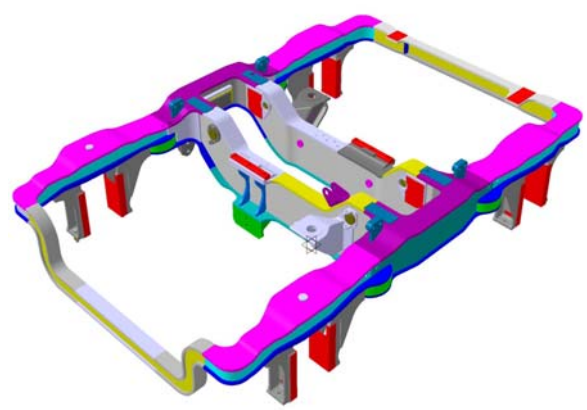


그림4. 용접구조형 대차 프레임

### 1.3 대차 개발 진행 현황

본 개발과제는 2004년 3월 착수되었다가 투자 예산 문제등으로 잠정 중단된 이후, 2007년 하반기에 본격적으로 재개되어 현재 개발이 진행중에 있으며, 구체적인 개발일정 및 진행현황은 다음과 같다.



## 2. 미국 철도차량용 대차의 설계, 제작 및 시험의 특징

### 2.1 설계적 측면

(1) 미국 철도차량용 대차 설계시 국내 및 유럽 철도차량과 차별되는 특징은 기본적으로 모든 규격을 국제규격(ISO)이 아니라, 다소 생소하고 방대한 미국규격을 따라야 한다는 점이다. 예를 들어, 인치단위계적용은 물론이고, 볼트/너트 및 강재등과 같은 기본적인 것에서부터 용접설계(AWS D1.1), 하중조건에 이르기까지 설계에 전반적인 모든 부분이 미국규격(ASME, ASTM, ANSI, SAE, IFI, AWS, MIL, CFR, APTA, AAR 등)의 적용을 받게 된다. 따라서, 설계시 각종 관련 규격을 검토해야 하고, 자재 구매에 애로사항이 발생하는 등 최초 프로젝트 수행시 많은 시행착오를 경험할 가능성이 많다.

### (2) 하중 조건

아래표와 같이 미국 NYCT R160 공고사양서는 국내 및 유럽규격에 비교하여 매우 엄격한 하중조건을 요구하고 있다. 예를 들어, 정하중 조건에서 허용응력이 항복강도의 50%이하를 만족해야 하며 수직/좌우/전후/모터/제동 등 모든 하중을 동시에 적용하여 작용응력을 계산하여야 한다.

표 1. 규격별 허용응력 및 하중조건 비교

설계하중 조건 비교	구분	허용응력	하중조건	대차당 하중	대차중량
	JIS 도시철도	100% (항복강도 330MPa 기준)	수직/좌우/전후/비틀림/모터/제동/덴퍼 하중조건별 해석	수직 30톤 (국내대차)	7톤
	UIC	85~95% (항복강도 360MPa 기준)	수직/좌우/전후/비틀림/모터/제동/덴퍼/리프팅 수직하중과 함께 하중조건별 해석	수직 38톤 (인도대차)	8톤
	NYCT	50% (항복강도 360MPa 기준)	수직/좌우/전후/모터/제동 종합적인 하중조건 해석	수직 22톤 (+좌우 10톤) (+전후 15.4톤)	7톤으로 제한

(3) 피로강도기준

또한, 아래 그림과 같이 피로 강도 수준도 유럽규격(UIC 및 DIN) 및 일본규격(JIS)과 등가 비교할 경우 매우 엄격한 평가 기준을 요구하고 있으며, 보다 상세한 용접 조인트별로 용접 피로 내구등급을 구분하고 있다.

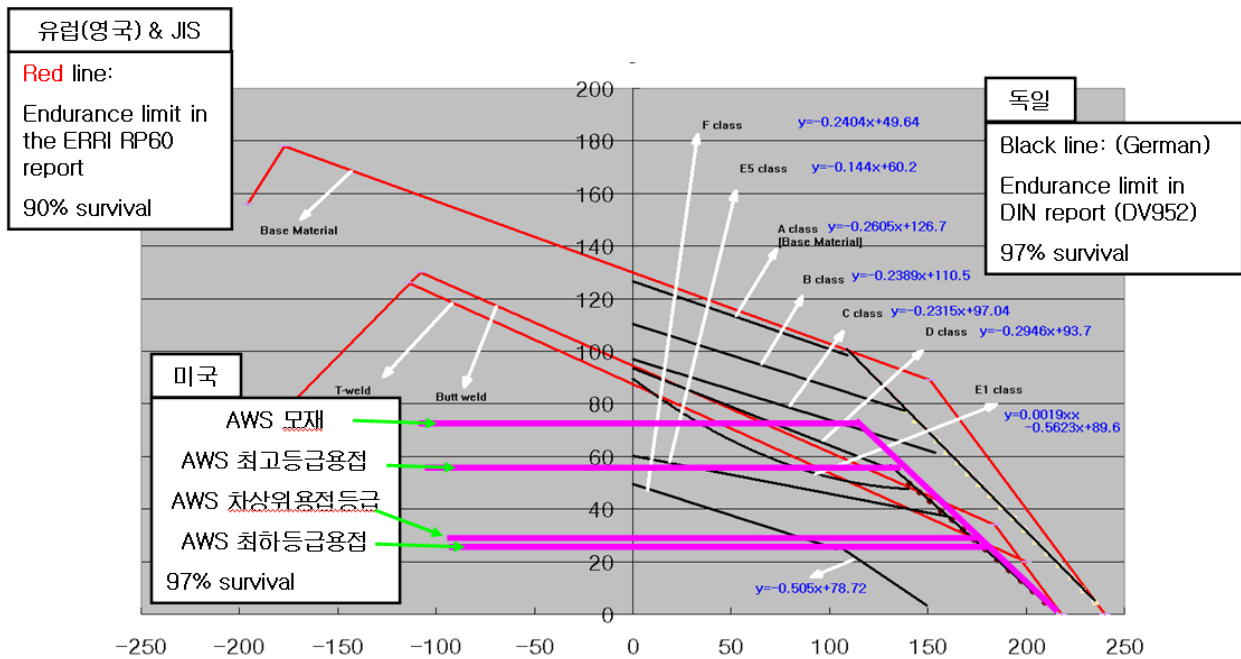


그림5. 규격별 대차프레임 피로강도기준 비교

2.2 제작적 측면

제작적 측면에서 국내 및 유럽 철도차량과 차별되는 가장 큰 특징은 AWS 규격에서 규정하고 있는 구체적인 용접시공에 대한 제반 조건들에 대해 규정된 인증과정을 거쳐야 한다는 것이다.

표 2. AWS 용접시공관련 인증 방법 및 내용

구분	인증자	인증내용		
용접 절차에 대한 인증	CWE (Certified Welding Engineer by AWS)	WPQ	Welding Procedure Qualification	용접 Joint 영상 인증 (영상에 따라 해석조건 상이)
		WPS	Welding Procedure Specification	용접 사양 인증 (전압, 전류, 자세, 용접봉등)
		WQ	Welder Qualification	시험을 통한 용접사 인증
용접 품질에 대한 인증	CWI (Certified Welding Inspector by AWS)	상기의 용접절차 인증내용을 현장에 상주하면서 품질관리		

### 2.3 시험적 측면

(1) 미국 NYCT R160 공고사양서는 대차 후레임의 구조해석결과와 정하중/피로하중 시험결과를 비교하여 15% 오차범위이내 있어야 한다는 요구조건이 있어서, 시험 결과에 따른 구조해석에 대한 상세 조정이 필요하다.

(2) 또한, 상기 하중조건에서 설명한 것과 같이 많은 종류의 다축하중(수직/좌우/비틀림/건인/제동)을 동시에 작용해야 함에 따라 시험조건이 기존 국내 및 유럽규격에 따른 시험과는 일정 부분 차별성을 갖는다고 판단된다.

## 3. 기술 축적 목표 및 파급 기대 효과

본 개발과제를 통해 다음과 같은 기술 축적 및 파급효과가 기대된다.

### 3.1 설계기술

- (1) Safety Factor가 가장 높은 설계기술 확보 및 고강성 프레임 구조물에 대한 설계가능성 입증
- (2) 용접 + 주강 구조체에 대한 설계기술 확보
- (3) 주강 구조물을 용접 구조물로 전환시키는 설계기술 확보

### 3.2 해석기술

- (1) AWS D1.1에서 규정한 용접형태별 분류에 대한 피로평가기술 확보
- (2) 구조해석과 하중시험 결과의 오차율 15% 이내 기준에 대한 평가기술 확보
- (3) 동하중 시험을 통한 대차 가속도 데이터 확보 및 향후 미국 유사 프로젝트에 데이터 활용

### 3.3 생산기술

- (1) AWS D1.1에 의한 Welding Procedure (WPS, WPQ, 용접사 인증 및 관리) 기술 확보
- (2) 두께 16mm이상의 후판 용접 프레임 제작 기술 확보

## 4. 결 론

- (1) 미국 철도차량용 대차에 대한 설계/ 제작/ 시험적 측면에서 국내에서는 다소 생소할 수 있는 특징

들을 소개하였고, 본 개발과제를 통해 기대되는 기술 축적 및 파급 효과등에 대해서도 예상해 보았다.  
(2) 향후 본 개발과제가 성공적으로 완료되면, 본 과제를 통해 축적된 설계, 해석 및 생산 기술에 대한 구체적인 내용을 소개하는 기회를 마련하고자 한다.

#### **참고문헌**

1. NYCT R160 Technical Specification
2. NYCT R44 Technical Specification
3. AWS D1.1 (2004) Structural Welding Code - Steel
4. APTA RP-M-009-98 Recommended Practice for New Truck Design
5. APTA SS-C&S-034-99 Standard for the Design and Construction of passenger Railroad Rolling Stock
6. 49 CFR 213 - Track Safety Standards
7. 49 CFR 238 - Passenger Equipment Safety Standards