

IAT 시스템 구축에 따른 차체 구조건전성 평가 연구

심재석*, 한훈희*, 구정서*[†], 조정길**, 한병연***

Jaeseok Shim*, Hoonhee. Han*, Jeongseo Koo*[†], Jeonggil Cho**, Byeongyeon Han***

Abstract In the study, we conducted analysis of structure and fatigue with a structural design standard of ASCE APM to review a design before making a railway vehicle for establishing IAT(Intra Airport Transit) system. We have conducted the tests under 12 load conditions considering maximum and normal operating load to evaluate structural stability of it. Based on the results, in maximum operating loads, we got 186.2 [MPa] which is the highest result value with the application of a safety factor of a compression load. This satisfies the criteria of yield strength which is less than 450 [MPa], as well as the criteria for the other loads. In normal operating loads, maximum stress satisfied a criteria which are 0.75 times less than fatigue strength of the material and within Infinite fatigue life after applying ASCE APM and ERRI B12/RP17 standards..

Keywords : IAT, Maximum operating load, Normal operating load, yield strength, Goodman diagram

초 록 본 연구에서는 IAT(Intra Airport Transit) 시스템 구축에 따른 차량 제작 전 설계 검토를 위해 ASCE APM 의 구조 설계 기준 하에 차량의 구조 및 피로분석을 수행하였다. 구조건전성 평가를 위해 최대운영하중 및 일반운영하중을 고려하여 총 12 가지의 하중조건을 적용하였다. 해석결과 최대운영하중조건에서는 압축하중 조건이 안전율을 적용 후 186.2[MPa]로 가장 큰 결과 값을 얻었고 항복강도 허용기준 460[MPa] 이내에 만족 하는 것을 확인 하였다. 그 외 조건에서도 항복강도 허용기준에서 모두 만족하는 것을 확인했다. 일반운영하중조건에서는 ASCE APM 규정과 ERRI B12/RP17 규정을 적용 후 피로평가를 실시한 결과 최대 응력이 소재 피로강도의 0.75 배 이하로 만족하고 무한 수명 내로 만족하는 것을 확인하였다. 따라서 차량 제작 전 설계 검토를 위한 구조 및 피로분석에서 모두 기준 내에 만족하는 것을 확인하였다.

주요어 : IAT, 최대운영하중조건, 일반운영하중조건, 항복강도, Goodman diagram

1. 서 론

자동여객수송시설(IAT : Intra Airport Transit) 시스템은 공항 내 출·입국 및 환승 여객을 수송하기 위해 여객 터미널과 탑승동간 지하터널 900m 구간을 운행하고 3편(편당 3량)의 차량을 운영하며 일 평균 45,000명 최대 61,000명 편도 785회 50~65km/h로 운행하는 순환열차로 계속 늘어나고 있는 여행객의 수요에 능동적으로 대처하기 위해 여객터미널과 탑승동

[†] 교신저자: 서울과학기술대학교 철도차량시스템공학과 (koojs@seoultech.ac.kr)

* 서울과학기술대학교 철도차량시스템공학과

** 여주대학교 자동차과

*** (주) 우진산전

사이에 입·출국 및 환승에 편의를 제공한다. 본 연구에서는 인천국제공항의 3단계 자동여객 수송시스템 (IAT : Intra Airport Transit) 구축사업의 일환으로 차량 구조건전성평가 연구를 위한 ASCE APM 구조 설계 기준을 소개하고, 이 기준 하에 차량의 구조 및 피로분석을 수행한 결과를 제공한다.

2. 본 론

2.1 차(車) 중량 분류

해석에 적용되는 차량 중량은 AW0, AW1, AW2 이 세가지로 분류된다. AW0은 공차중량을 나타내며 AW1은 승객들의 모두 앉아 있는 상태의 중량이고 AW2는 만차 상태의 중량을 나타낸다.[1] 해석에 적용 된 차량의 중량은 Table 2.1과 같다.

Table 1 weight categorize of Vehicle

	Car body weight [kg] (Including equipment = 9900 [kg])	Passenger weight [kg]		Car body weight on the suspension [kg]		Bogie weight [kg]	Vehicle weight [kg]	
	M_C	M_{P^*}		M_{U^*}		M_{B^*}	M_{AW^*}	
AW0	12700	M_{P1}	0	M_{U0}	12700	2400	M_{AW0}	17500
AW1		M_{P1}	6389	M_{U1}	19089		M_{AW1}	23889
AW2		M_{P2}	11115	M_{U2}	23815		M_{AW2}	28615

2.2 ASCE APM 구조 설계 기준

차량 제작 전 설계 검토를 위해 ASCE APM의 구조설계 기준을 제공한다. 이 기준 하에 차량의 구조 및 피로분석이 수행 될 것이며, 그 결과는 최종 설계 검토 시 사용된다.[2] 다음 하중 케이스는 APM 차량의 차체 구조와 기타 설비를 설계하는데 고려된다.

2.2.1 최대운영하중 (극단 하중)

최대운영하중조건에서는 1) 수직하중, 2) 횡 방향 하중, 3) 길이 방향 하중, 4) 조합하중, 5) 압축하중, 6) 잭킹(Jacking)하중, 7) 리프팅(Lifting)하중 8) 지붕 하중, 9) 바닥하중 총 9가지 조건을 고려 하여 해석을 했다.

2.2.2 일반운영하중 (피로 하중)

일반운영하중조건에서는 1) 수직 하중(수직피로하중), 2) 횡 방향 하중(횡 방향 피로 하중), 3) 길이 방향 하중(길이 방향 피로 하중) 총 3가지 조건을 고려하여 해석을 했다.

2.3 차체 구조를 위한 유한요소해석

2.3.1 최대운영하중

본 연구에서는 차량의 구조건전성 평가를 위해 신뢰성이 검증된 유한요소해석프로그램인 Hyperworks[3] 제품군을 사용하였다. 해석결과 최대운영하중조건에서는 Fig 1과 같이

압축하중 조건에서 안전율을 적용 후 186.2[MPa]로 가장 큰 결과 값을 얻는 것을 나타내었고 Table 2에서는 항복강도 허용기준 460[MPa]로 이내에 만족하는 것을 확인하였다. 또한 다른 조건에서도 항복강도 허용기준에서 모두 만족하는 것을 나타낸다.

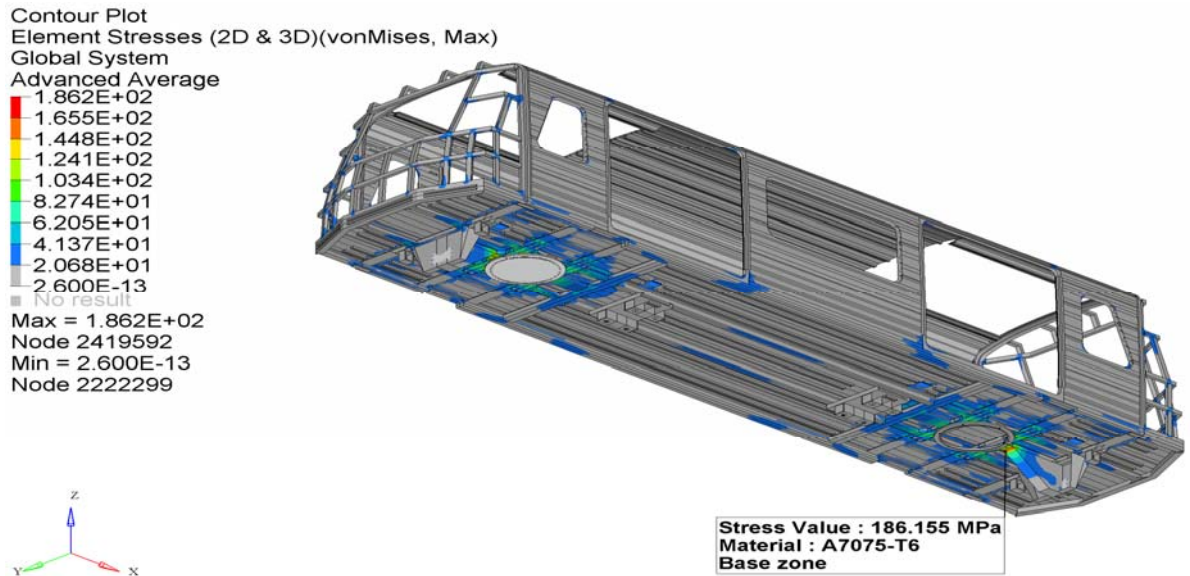


Fig. 1 Compressive Load result of Maximum operating load conditions

Table 2 Result of Maximum operating load conditions by ASCE-APM

Load case	Results of FE analysis				Limits [MPa]	Evaluation		
	Location	Material	Von Mises stress [MPa]	Safety Factor [MPa]			Result	
Maximum operating load	Vertical Load	Under frame	6N01S-T5	57.4	86.1	111 [Weld zone] [6~12mm]	Pass	
	Lateral load	Under frame		56.9	85.4		Pass	
	Longitudinal Load	Under frame		63.0	94.5		Pass	
	Combined Load	Under frame		69.0	103.5		Pass	
	Compressive Load	Under frame	A7075-T6	186.2	186.2	460 [Base zone]	Pass	
	Jacking Load	Under frame	6N01S-T5	65.7	98.6	111 [Weld zone] [6~12mm]	Pass	
	Lifting Load	Gate Bottom		70.8	106.2		Pass	
	Roof Load	Concentration		Roof frame	34.6	34.6	205 [Base zone] [~6mm]	Pass
		Uniform distribution		Gate top	29.4	29.4		Pass
Bottom Load	Bottom Surface		5.3	5.3		Pass		

2.3.2 일반운영하중

일반운영하중조건에서는 ASCE APM 규정과 ERRI B12/RP17 규정을 적용하였다. Table 3은 유한요소해석결과 ASCE APM 규정을 적용하여 최대응력이 소재 피로강도의 0.75배 이하로 만족하는 것을 나타낸다. 그리고 Table 4와 Fig 2는 유한요소해석결과를 바탕으로 ERRI B12/RP17 규정을 적용하여 Goodman 선도로 나타낸 결과 무한수명을 갖는 것을 나타낸다.

Table 3 Result of Normal operating load conditions by the ASCE-APM

Load case		Results of FE analysis			Limits [MPa]	Evaluation
		Location	Material	Von Mises stress [MPa]		Result
Normal operating load	Vertical Load	Under frame	6N01S-T5	46.0	58.5	Pass
	Lateral Load	Under frame		38.8		Pass
	Longitudinal Load	Under frame		46.5		Pass

Table 4 Fatigue analysis by ERRI B12/RP17

	Vertical Load	Lateral Load	Longitudinal Load	Mean stress [MPa]	Stress amplitude [MPa]
Location	Under frame			38.6	7.9
Material	6N01S-T5				
Principal stress [MPa]	30.7	39.1	46.5		

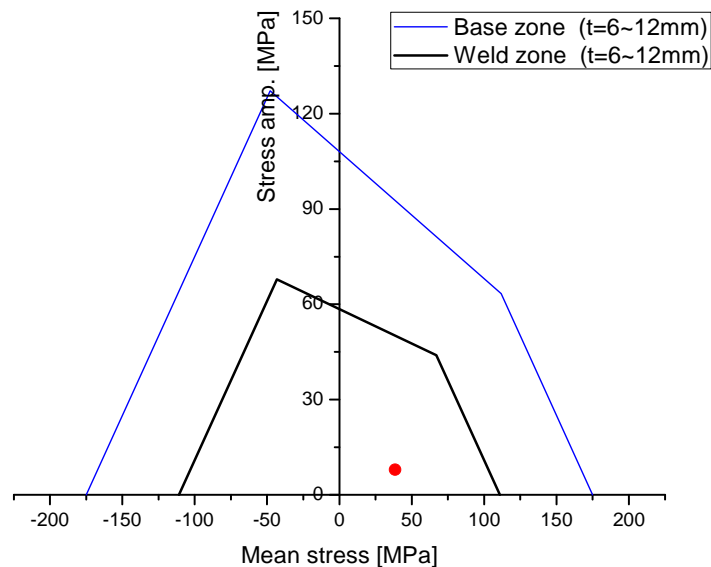


Fig.2 Fatigue analysis by The Goodman diagram

3. 결 론

인천공항 IAT 3단계 차량 대차의 구조건전성 평가를 수행하였으며 ASCE-APM standards와 ERRI B12/RP17 standards에 근거하여 결과를 얻었다. 1) 구조해석에서는 최대운영하중조건에서는 모든 조건에서 항복강도 허용기준 내에서 만족하는 것을 확인 하였다. 2) 피로평가에서는 ASCE-APM standards 와 ERRI B12/RP17 standards 두 가지 규정을 적용하였는데 유한 요소해석결과 ASCE-APM 규정을 적용하여 최대응력이 소재 피로강도의 0.75배 이하로 만족하는 것을 확인하였고, ERRI B12/RP17 규정을 적용하여 Goodman 선도로 나타낸 결과 무한수명을 갖는 것을 확인하였다. 따라서 차량 제작 전 설계 검토를 위한 구조 및 피로분석에서 모두 기준 내에 만족하는 것을 확인하였다.

참고문헌

- [1]. Automated People Mover Standards, American Society of Civil Engineers, 2006
- [2] P.Connor , (2011), Railway Passenger Vehicle Capacity
- [3] Altair, (2013), HyperMesh Desktop Introduction