

주행면 단차에 의한 AGT 교량 충격에 관한 실험적 연구

A Experimental Study on the Impact of AGT Bridge by the Prominence of Railway Surface

최성규* 조선규** 이안호*** 송재필****
Choi, Sung Kyu Cho, Sun Kyu Lee, An Ho Song, Jae Pil

ABSTRACT

Rubber wheeled AGT(Automated Guide-way Transit) system is a prominence transportation system for urban area, because of its low construction cost and management, low noise and vibration and fine exterior view. AGT system uses concrete tracks. Concrete can be easily damaged by the impact, change of temperature and external loads. The fault of concrete track is harmful not only to riding quality but also to bridge. Therefore, in this study, the effects of railway prominence to the bridge are surveyed by experimental method. The experiment was executed for PSC bridge at AGT test line in Kyungsan. And the test results for 5mm, 10mm prominence and without prominence are compared and investigated, according to the vehicle speed.

1. 서 론

고무차륜 형식 AGT 시스템은 시공 및 유지관리 경제성, 적은 소음과 진동, 미려한 외관 등으로 도심 교통난의 해소책으로 가장 각광받고 있는 교통시스템이다¹⁾. AGT 시스템은 차륜이 고무인 이유로 차륜 주행면을 연속 철근 콘크리트 포장(CRCP, Continuously Reinforced Concrete Pavement)을 주로 사용한다. 연속 철근 콘크리트 포장은 무근콘크리트 포장과 비교하여 줄눈의 간격을 길게 할 수 있고, 구조물을 일체화 시킬 수 있는 장점이 있으나 콘크리트 구조물 중 유일하게 균열 발생을 허용하는 공법이다.²⁾ 이와 같이 AGT 시스템 콘크리트 주행면은 재료의 특성상 스포일 등의 외부 하중과 온도변화 및 충격 등에 의해 균열이 발생하여 손상을 받기 쉽다. 따라서, 주행면에 손상이 있을 경우 차량 및 교량의 진동이 증가하여 승차감을 저해할 뿐만 아니라 교량에도 악영향을 미칠 것으로 판단된다. 이에 본 연구에서는 AGT 교량 주행면에 단차가 발생하였을 때 교량 및 차량에 가해지는 충격량을 실험에 의해 평가하였다. 실험은 경북 경산의 경전철 시험선의 지간 30m PSC 단경간 교량을 대상으로 하였으며 주행면에 10mm의 인위적인 단차를 설치하고 최저속에서 60Km/h까지 20Km/h 단위로 AGT 차량을 주행하여 단차에 여부 따른 교량 충격량을 비교, 검토 하였다.

* 서울산업대학교 철도전문대학원 철도건설공학과, 석사과정, 정회원

E-mail : skchoi@bseng.co.kr

TEL : (02)767-5445 FAX : (02)767-5497

** 서울산업대학교 철도전문대학원, 교수

*** 한국철도기술연구원, 책임연구원

**** 슈어테크 BMS사업부, 부장

2. 실험교량 시험

실험교량 시험은 경북 경산의 경량전철 시험선 중 지간 30m의 PSC 교량을 대상으로 하였다. 실험대상 교량의 제원은 표 1에 보이는 것과 같다. 시험은 정적재하시험 2회와 동적재하시험을 수행하였다. 동적재하시험은 단차가 없는 경우와 단차 10mm가 있는 경우에 대하여 수행하였으며 주행속도는 최저속(약 5km/h), 20km/h, 40km/h 그리고 60km/h로 하여 각각 2회씩 수행하였다. 측정 센서는 그림 5와 같이 변형률계 4곳에 2개씩 8개, 변위계 2개 그리고 가속도계 2개를 좌우 주거더에 설치하였다. 그러나 변형률계의 경우 설치 위치가 단면 중립에 가까워 그 변화 폭이 작고 더욱이 AGT 선로에 고압 전류가 흘러 전기적 노이즈 유입되어 유효한 데이터를 얻지 못하였다. 계측은 동적 계측기를 사용하여 초당 100회 빈도로 계측하였다. 그림 1.은 실험대상 교량과 센서를 설치하는 광경이고 그림 2.는 현재 경량전철 시험선에 운행중인 고무차륜 AGT 차량이다. AGT 차량은 현재 2량이 제작되어 운행중에 있으며 본 실험에서도 2량을 재하하였다. AGT 차량은 길이 9.14m, 폭 2.4m, 높이 3.4m로 일반 버스보다 약간 작은 크기이고 공차시 중량은 약 16ton, 만차시 중량은 약 19ton이다³⁾. 본 실험에서는 공차로 재하하였다.

인공단차는 그림 3.과 4.에 보이는 것과 같이 두께 10mm, 길이 300mm 그리고 폭 100mm의 강철판을 지간 중앙 주행면에 접촉하여 사용하였다. 일반적인 콘크리트 노면의 손상은 노면 안쪽으로 파이는 형태의 요철이 발생하나 시험 여건상 교량구조물 손상이 불가하여 그림 3.과 같은 돌출 단차를 사용하였다.

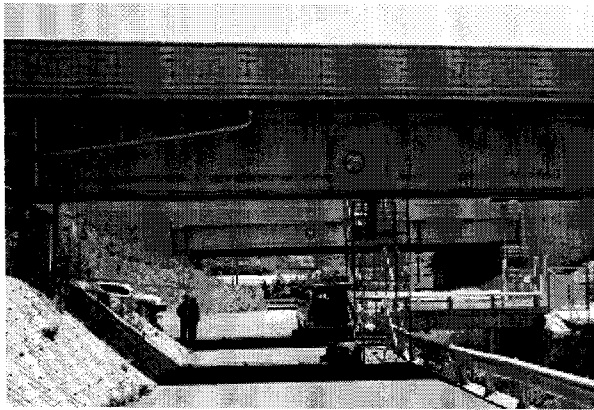


그림 1. 시험 교량



그림 2. AGT 차량

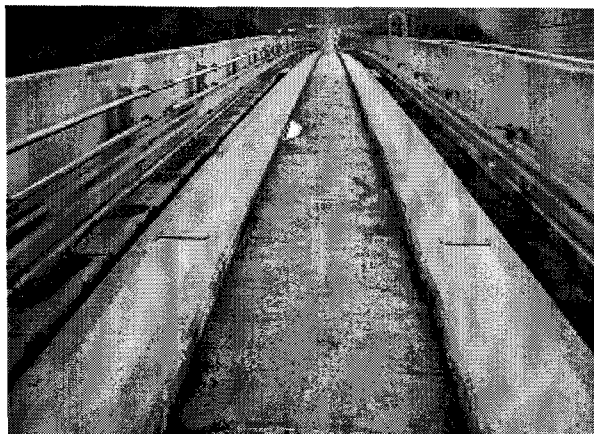


그림 3. 주행면 단차 설치



그림 4. 주행면 단차

표 1. 시험 교량 제원

형식	PSC 교량	
경간 (m)	30	
거더 수	2	
주거더	탄성계수 (kN/m)	2.55×10^7
	단면적 (m ²)	0.6953
	단위 길이 당 무게 (kN)	17.393
	단면2차모멘트 (m ⁴)	0.3385
	비틀림 상수 (m ⁴)	0.0080
가로보	탄성계수 (kN/m)	2.55×10^7
	단면적 (m ²)	0.7080
	단위 길이 당 무게 (kN)	17.711
	단면2차모멘트 (m ⁴)	0.01848
바닥판	탄성계수 (kN/m)	2.55×10^7
	두께 (m)	0.300
	단위 길이 당 무게 (kN/m)	40.776

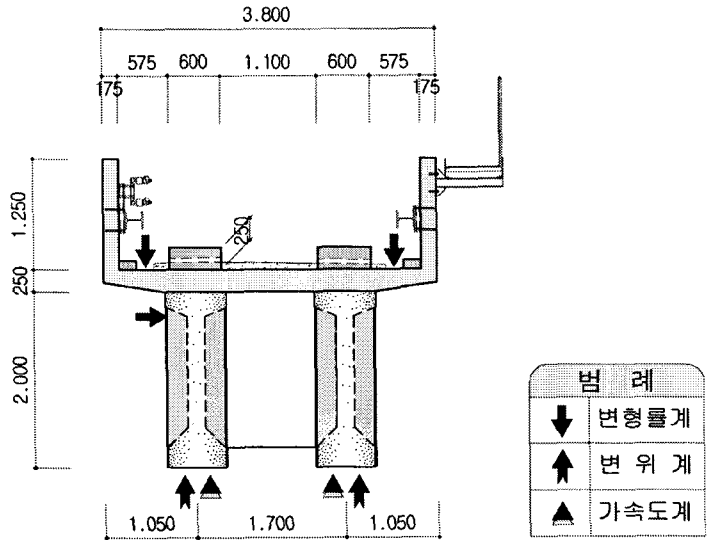


그림 5. 교량 단면도 및 센서 부착 위치

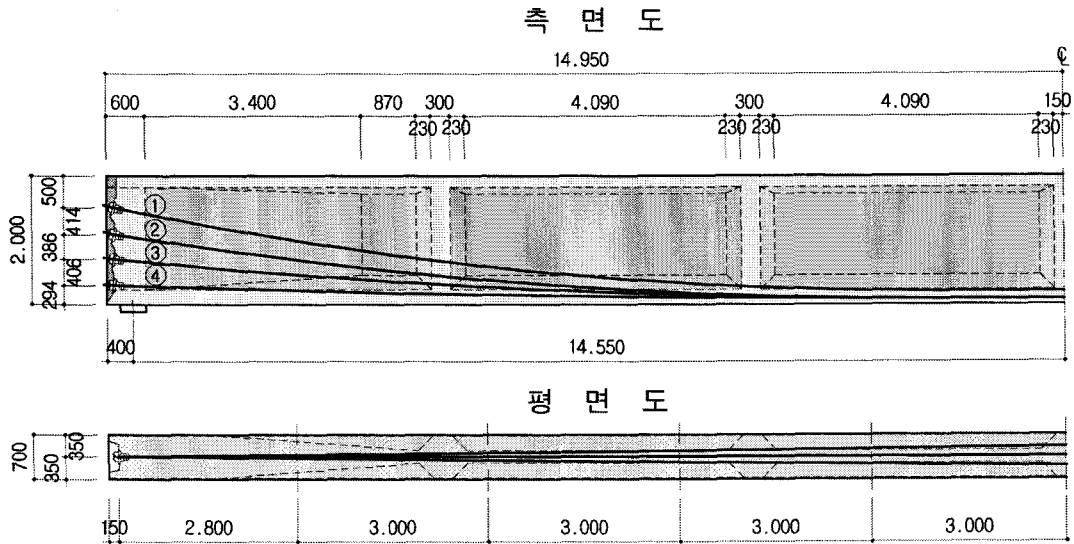
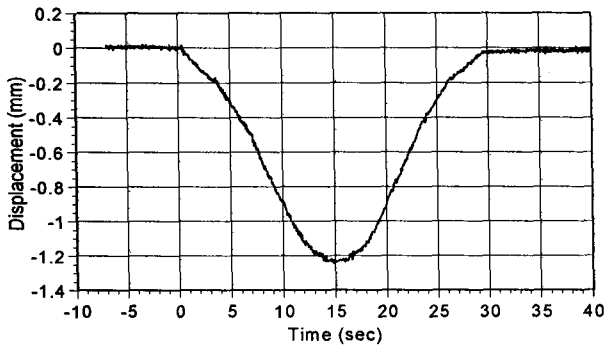


그림 6. 시험교량 측면도 및 평면도

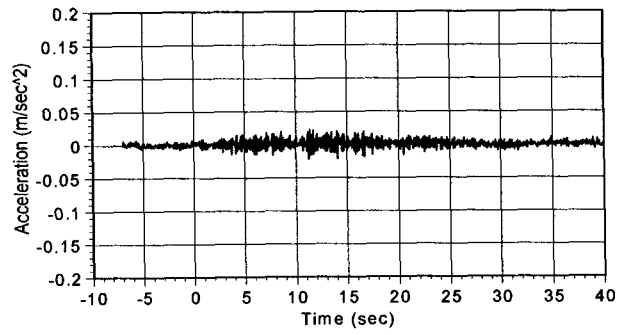
3. 실험 결과

그림 7.에서 10.은 대표적인 실험 결과로 그림 7.과 8.은 AGT 차량이 최저속도(약 5km/h)로 주행시 단차가 없는 경우와 지간 중앙에 10mm 단차가 있는 경우의 변위와 가속도를 나타내었고, 그림 9.와 10.은 AGT 차량이 40km/h의 속도로 주행시 교량의 변위와 가속도 시간 이력곡선이다. 그림 7.에서 10.에 보이는 것과 같이 단차가 있는 경우 최대 변위는 약간 증가하는 경향을 보이나 가속도 응답은 큰 폭으로 증가함을 확인 할 수 있다. 표 2.는 단차 유무에 따른 최대 변위와 동적증가계수를 속도별로 나타낸 것이다. 실험 결과 전반적인 속도에서 교량의 동적 증가계수가 증가하는 경향을 보이나 그 증가량은 최대 8.8%로 미미하였다.

표 3.은 단차 유무에 따른 교량의 최대 가속도응답을 나타낸 것으로서, 변위는 단차가 있는 경우 최대 8.8% 증가하였으나 가속도 응답 최대값은 602.9%까지 증가하였으며, 일반적인 경량전철의 주행속도인 20km/h ~ 60km/h에서 약 150% 증가함을 확인할 수 있다.

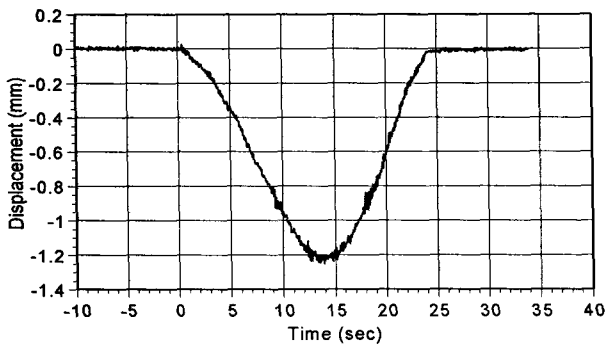


(a) 변위

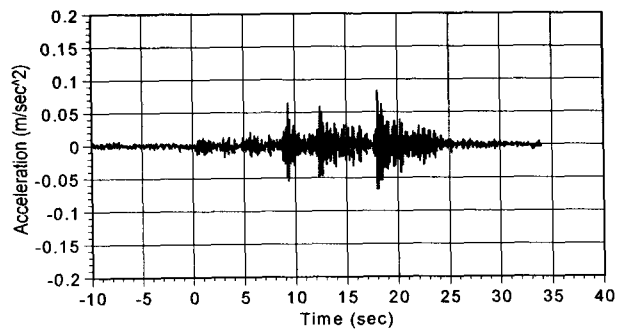


(b) 가속도

그림 7. 단차 없는 경우 교량 응답 (주행속도 : 5Km/h)

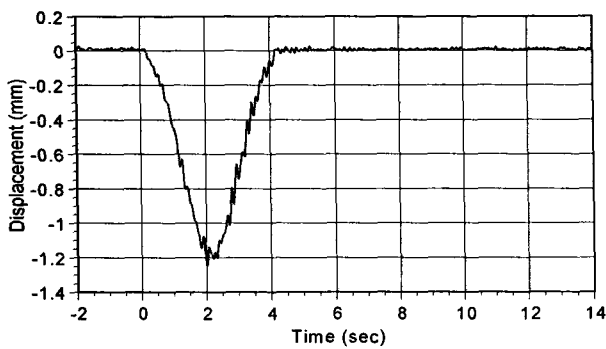


(a) 변위

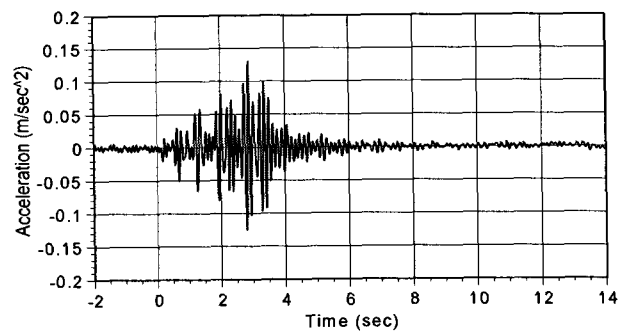


(b) 가속도

그림 8. 10mm 단차가 있는 경우 교량 응답 (주행속도 : 5Km/h)

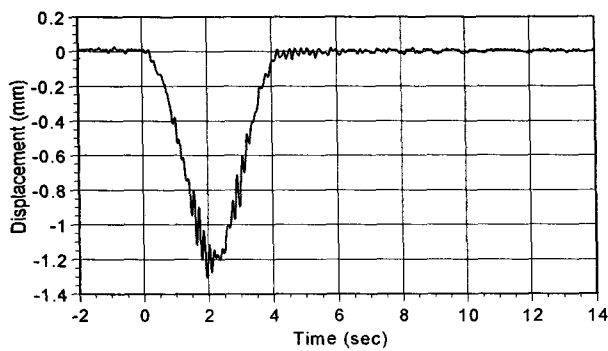


(a) 변위

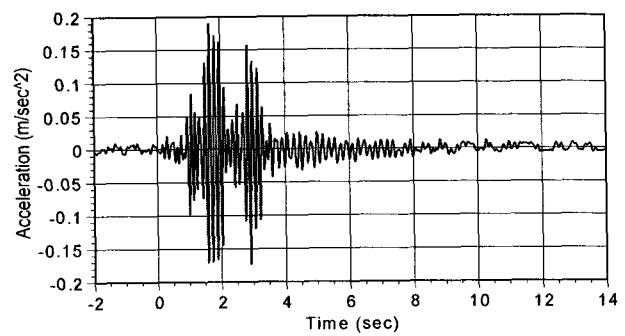


(b) 가속도

그림 9. 단차 없는 경우 교량 응답 (주행속도 : 40Km/h)



(a) 변위



(b) 가속도

그림 10. 10mm 단차가 있는 경우 교량 응답 (주행속도 : 40Km/h)

표 2. 단차 유무에 따른 최대변위

Test Scheme			단차가 없는 경우		10mm 단차가 있는 경우		동적증가계수 증가량 (%)
			최대 변위 (mm)	동적증가계수	최대 변위 (mm)	동적증가계수	
정적 시험	1차	변위계#1	1.0874	-	1.0874	-	-
		변위계#2	1.1017	-	1.1017	-	-
05Km/h	1차	변위계#1	1.2725	1.170	1.2568	1.156	98.8
		변위계#2	1.3103	1.189	1.2917	1.172	98.6
	2차	변위계#1	1.2454	1.145	1.3051	1.200	104.8
		변위계#2	1.2539	1.138	1.2847	1.166	102.5
20Km/h	1차	변위계#1	1.3074	1.202	1.3012	1.197	99.6
		변위계#2	1.3069	1.186	1.3257	1.203	101.4
	2차	변위계#1	1.2919	1.188	1.2412	1.141	96.0
		변위계#2	1.2935	1.174	1.3233	1.201	102.3
40Km/h	1차	변위계#1	1.2431	1.143	1.3033	1.199	104.9
		변위계#2	1.2368	1.123	1.3326	1.210	107.7
	2차	변위계#1	1.2437	1.144	1.3036	1.199	104.8
		변위계#2	1.2569	1.141	1.2663	1.149	100.7
60Km/h	1차	변위계#1	1.2364	1.137	1.2539	1.153	101.4
		변위계#2	1.2474	1.132	1.2129	1.101	97.3
	2차	변위계#1	1.3202	1.214	1.4080	1.295	106.7
		변위계#2	1.2889	1.170	1.4022	1.273	108.8

표 3. 단차 유무에 따른 최대가속도

Test Scheme		단차가 없는 경우	10mm 단차가 있는 경우	동적증가계수 증가량 (%)
		최대 가속도	최대 가속도	
05Km/h	1차	0.03192	0.09189	287.9
	2차	0.02321	0.13994	602.9
20Km/h	1차	0.13604	0.19957	146.7
	2차	0.12445	0.20307	163.2
40Km/h	1차	0.15002	0.26917	179.4
	2차	0.13087	0.18963	144.9
60Km/h	1차	0.15002	0.17770	118.5
	2차	0.22787	0.33635	147.6

4. 결론

본 연구에서는 AGT 교량에서 주행면에 단차가 발생하였을 경우 교량에 가해지는 충격량을 실험을 통해 평가하였다. 실험 결과 단차에 의한 변위량 증가는 8.8에 그쳤으나 가속도 응답은 일반적인 경량 전철 주행속도에서 약 150% 증가함을 확인할 수 있었다. 가속도 응답의 증가는 교량에 가해지는 충격량이 증가함을 뜻하므로 교량에 단차가 발생하는 경우, 교량에 가해지는 충격량이 증가하여 교량의 내구성을 저하시키고 아울러 AGT 차량 승차감에도 악영향을 미칠 것이다. 그러므로 교량 단차발생에 따른 교량 수명의 단축과 AGT 차량의 승차감 저하를 방지하기 위해서는 교량 노면에 대한 관리 기준 마련 및 적절한 노면 요철관리가 이루어져야 할 것으로 판단된다. 이를 위해서는 보다 정밀하고 다양한 요철에 대한 실험을 통해 노면 요철이 AGT 교량 내구성과 AGT 차량 승차감에 미치는 영향을 분석하여야

하며, 또한 다양한 AGT 교량 타입과 주행면 요철에 대한 AGT 교량과 차량 그리고 주행면 요철에 따른 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 경량전철 교량설계 기초를 확보해야 할 것이다.

참고문헌

- 1) 서울특별시지하철건설본부 (1999), 도시신교통시스템.
- 2) 남영국, (2004년), “도로포장공학”, pp.351-357.
- 3) 건설교통부, “경량전철 표준과 연구결과 보고서”, 1998
- 4) 송재필 (2002), A study on dynamic response analysis and vibration serviceability of bridge-AGT vehicle interaction system, 박사학위논문, 중앙대학교.