

플로팅 웨도 슬래브-방진장치의 편칭전단 안정성 및 피로응력 해석 Stability of Punching Shear and Analysis Fatigue Stress of Joint of Low Vibration Floating Slab-Anti Vibration equipment

박성재† 마창남* 박명균** 이두화*** 조수익****
Sung-Jae Park Chang-Nam Ma Myung-Gyun Park Du-Hwa Lee Su-Ik Jo

ABSTRACT

Railway has been pointed to the efficiency of transportation, rapid transit, and comfortable train ride. the construction of railway near the downtown area and station building are increasing for maximization of utilization and convenience. but the heavy of transportation and rapid transit lead to increase noise and vibration. The noise and vibration of railway may cause the civil appeal, decline in the serviceability and insufficiency of environmental standard. In this study, floating slab vibration and repeated connection of devices to support joints and fatigue stress analysis of punching shear performance review was conducted to evaluate the safety.

1. 서론

최근 철도는 과거와 달리 대량수송화, 고속화, 쾌적화를 지향하고 있다. 또한 열차의 활용성 및 이용자 편의성 증대를 위해 도심지 및 건물인접구간을 통과하는 철도부설은 증가되고 있는 실정이다. 그러나 열차의 대량수송화, 고속화는 과거에 비해 증가된 소음 및 진동을 유발하며, 이는 인접지역의 민원 유발, 구조물의 사용성 저하, 소음 및 진동관련 환경기준치 초과 등 다양한 문제를 야기할 수 있다. 현재 한국시설공단과 한국철도기술연구원을 중심으로 최고 시속 400km 고속열차의 연구개발이 착수됨에 따라 시운전 및 상용화 지원을 위한 웨도진동저감기술을 정립하고, 일반철도 선하역사에 개발된 저진동 웨도시스템의 현장부설 및 성능검증을 통하여 향후 차세대 고속철도 웨도시스템에 적용할 수 있는 기술을 확보하여 상용화를 목표로 하고 있다.

본 연구에서는 플로팅웨도 슬래브 방진장치 연결부의 진동 및 반복에 대한 받침연결부 피로응력 해석과 편칭전단 검토를 수행하여 안전성을 평가하고자 하였다. 검토결과 받침연결부 강재의 상부와 하부에 대하여 허용응력범위를 만족하였고, 편칭전단 검토결과 최대연직하중보다 전단강도가 크므로 안전한 것으로 판단된다.

† 책임저자 : 정희원, (주)삼보기술단, 기술연구소, 팀장
E-mail : parksungjae@paran.com
TEL : (02)3433-3351 FAX : (02)3433-3190
* 정희원, (주)삼보기술단, 기술연구소, 대리
** 정희원, (주)삼보기술단, 구조사업본부, 본부장
*** 정희원, (주)삼보기술단, 회장
**** 정희원, 한국철도시설공단, KR연구원, 팀장

2. 지진동 플로팅 슬래브-방진장치 연결부

본 연구에서 고려한 플로팅 슬래브구조는 그림 1과 같은 슬래브 단면을 설정하였다. 그림 1과 같이 슬래브를 관통하는 원형관을 레일외측부에 일정간격으로 설치하고, 원형관의 외부에는 돌출부를 구성하여 슬래브 콘크리트와 동일한 거동을 유도하였다. 또한 원형관 내부에는 방진재가 고정될 수 있도록 내부돌출부를 구성하였으며, 이를 통해 방진재를 통해 전해지는 반력이 원형관에 전달될 수 있도록 하였다.

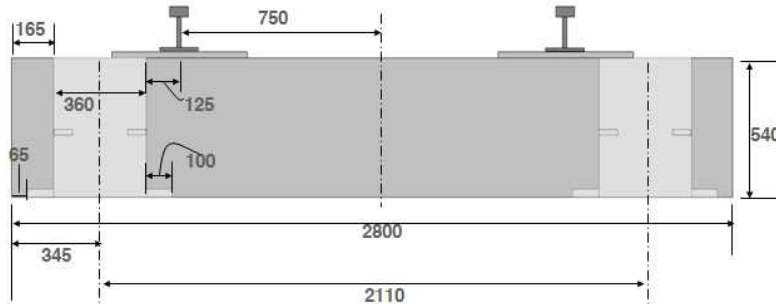


그림 1. 플로팅 슬래브 개념도

2. 2방향전단(편칭)검토

2방향으로 거동하는 철근콘크리트 슬래브 또는 기초판에 대한 공칭전단강도 V_c 는 (식2.1), (식2.2) 및 (식2.3)에 의해 구한 값 중 가장 작은 값으로 하여야 한다(콘크리트구조 설계기준, 2007).

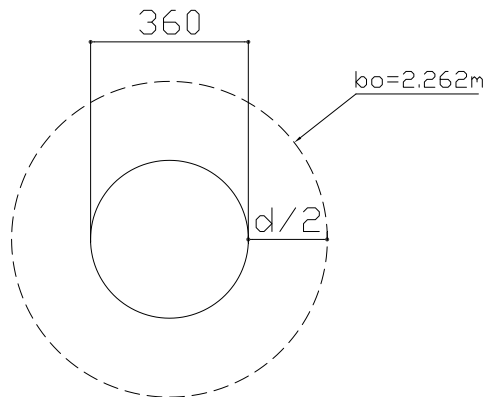


그림 2. 편칭전단검토 위치

표 1. 편칭전단검토

구분	최대연직하중 (V_u)	위험단면 길이 (b_o)	β_c	α_s
Punching Shear 검토위치 (기둥전면 $d/2$)	378.98kN	2.262m	1.857	40

$$V_{c1} = 1/6 \times (1 + 2/\beta_c) \times \sqrt{f_{ck}} \times b_o \times d \quad (\text{식2.1})$$

$$V_{c2} = 1/6 \times (1 + (\alpha_s \cdot d)/(2 \cdot b_o)) \times \sqrt{f_{ck}} \times b_o \times d \quad (\text{식2.2})$$

$$V_{c3} = 1/3 \times \sqrt{f_{ck}} \times b_o \times d \quad (\text{식2.3})$$

여기서, β_c : 집중하중이나 반력을 받는 면적의 짧은변에 대한 긴변의 비

α_s : 내부기둥에 대해서 40

외부기둥(모서리기둥 제외)에 대해서 30

모서리기둥에 대해서 20

f_{ck} : 설계기준강도

b_o : 위험단면 둘레길이

d : 유효높이

위의 식을 계산한 결과 콘크리트가 부담하는 전단강도(ϕV_c) 1941.02kN는 최대연직하중(V_u) 378.98kN 보다 크므로 안전한 것으로 판단된다.

3. 피로응력 검토위치 설정 및 피로해석

슬래브-방진장치 연결부의 검토 위치는 크게 2곳으로 구분하여 슬래브 웨도에서 피로응력 집중이 예상되는 2곳을 그림 2와 같이 선정하여 검토를 수행하였다. 응력범주는 A형으로 200만회 이상을 허용응력범위로 하여 해석을 수행하였다. 표 3은 피로검토 결과를 보여주고 있다.

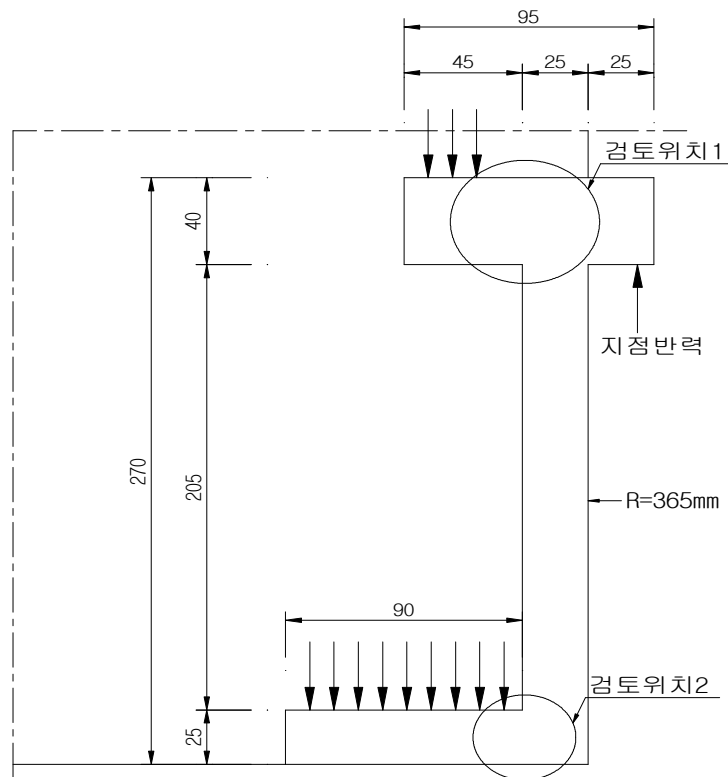


그림 2. 연결부 검토위치

표 2. 허용피로응력 범위

구분	상세구분	응력종류	응력범주	허용응력범위, f_{fat} (MPa)	
				2백만회 미만	2백만회 이상
검토위치1	압연면 또는 매끈한면을 가진 모재	인장 또는 교번	A	168	168
검토위치2	압연면 또는 매끈한면을 가진 모재	인장 또는 교번	A	168	168

표 3. 피로검토결과

구분	단면적 (mm ²)	반력에 의한 최대응력(MPa)	반력에 의한 최소응력(MPa)	설계응력범위 (MPa)	허용응력범위 (MPa)	판정
검토위치1	14578.95	14.3	-0.475	14.776	168	O.K
검토위치2	30748.34	6.780	-0.25	7.006	168	O.K

4. 결 론

본 연구에서는 플로팅 슬래브-방진장치의 펀칭전단검토 및 피로검토를 수행하였으며, 받침연결부 강재의 상부와 하부에 대하여 피로검토를 수행한 결과 모두 허용응력범위를 만족하여 안전한 것으로 판단된다. 또한 콘크리트가 부담하는 전단강도가 최대연직하중보다 크므로 안전한 것으로 판단된다. 검토 결과 펀칭전단검토와 피로검토 결과 모두 안전한 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 미래철도기술개발사업의 연구비지원(과제번호 07미래철도A02)에 의해 수행되었으며, 저자들은 이에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 건물을 통과하는 도로 및 철도진동의 방진설계 및 방진재료개발 연구, 건설교통부, 연세대학교, 2004
2. 피로효과를 고려한 레일패드의 정적스프링계수 변화에 따른 콘크리트 슬래브 궤도의 거동분석, 서울산업대학교, 박용걸, 2007
3. 방진방법별 방진효과 분석, 한국철도기술, 황성근, 2000
4. Esveld, C. (1989), "Modern Railway Track", Head of quality Control and Rail Technology NS Permanent Way Department.
5. Grag, Vijay K. and Dukkipati, Rao V. (1984), "Dynamic of railway vehicle systems", Academic Press.