충돌하중을 받는 U-채널 교량 측보의 구조적 안정성에 관한 연구

A Study on the Structural Stability of Edge Beam of U-Channel Bridge Under Impact Loads

최동호* · 나호성** · 이광원***
Choi, Dong Ho · Na, Ho Sung · Lee, Kwang Won

Abstract

U-Channel Bridge is effective bridge type, because its edge beam performs role of barrier and enables to reduce additional dead loads. Nevertheless, there is possibility of bridge collapse under impact load due to car crash. Also, edge beam must have ability to induce safe driving and prevent falling accidents. Therefore, this study carries out analysis of behavior of edge beam and slab and evaluation of structural stability under impact loads, based on Korean Highway Bridge Design Specifications and AASHTO LRFD Bridge Design Specification. According to analysis result, the maximum stress of edge beam and slab satisfies specification of allowable stress.

key words : U-Channel Bridge, Edge Beam, Impact Load, Structural Stability

1. 서 론

U-채널 교량은 일반적인 교량 형식과 달리 측보를 슬래브 측면에 배치하여 교량 방호벽의 역할을 동시에 수행하는 교량형식이다. 따라서, 추가 고정하중을 감소시킬 수 있는 효율적인 교량형식임에도 불구하고, 측보의 파괴시 전체 교량의 붕괴로 이어질 수 있는 위험 요소를 가지고 있다. 또한, 방호벽의 역할을 수행하는 측보는 운전자에게 안전운전을 유도하고 교량 아래로 차량 추락을 방지할 수 있어야 한다. 그러므로 UCB 측보의 차량 충돌에 따른 거동 분석 및 특성 파악이 필요하다고 판단되며, 본 논문에서는 U-채널 교량 측보의 차량 충돌의 영향 검토를 위한 국내외 설계기준을 검토하고, 국내 도로교 설계기준 및 AASHTO LRFD 설계기준에 근거하여 U-채널 교량 측보 및 슬래브의 안정성 검토를 수행하였다.

2. 도로교 설계기준에 근거한 U-채널 교량의 안정성 검토

2.1 하중조건 및 모델링

차량 충돌 하중에 대한 방호벽의 안전성 검토를 위해 적용한 하중은 U-채널 교량 측보의 상면에 수평방향으로 3.75kN, 측보 상면에 수직력 1.0kN/m를 적용하여 해석을 수행하였고, 각 부재의 자중 및 활하중, 측보의 종방향 긴장력 및 슬래브의 횡방향 긴장재의 긴장력을 하중으로 재하하였다. 그림 1은 도로교 설계 기준에 근거하여 적용한 충돌하중의 재하도이다. 또한, U-채널 교량 측보에 차량 충돌하중을 적용하였을 경우, U-채널 교량 측보의 안전성과 긴장재의 안정성을 평가하기 위하여 지간 20m~45m, 폭원 12m의 최적 단면을 바탕으로 U-채널 교량의 슬래브를 판요소, 측보를 프레임 요소를 이용하여 모델링하고, 측보의 종방향 긴장재 및 슬래브의 횡방향 긴장재를 트러스 요소를 이용하여 모델링하였으며, 모델링 형상은 그림 2와 같다.

* 정회원 · 한양대학교 토목공학과 부교수 · E-mail : samga@hanyang.ac.kr
** 한양대학교 토목공학과 박사과정
*** 한양대학교 토목공학과 석사과정

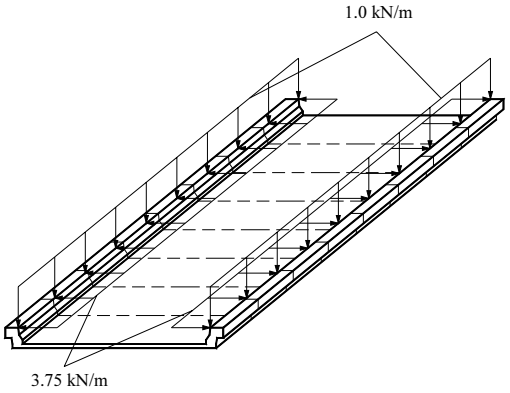

그림 1. 도로교 설계기준에 근거한 하중재하도

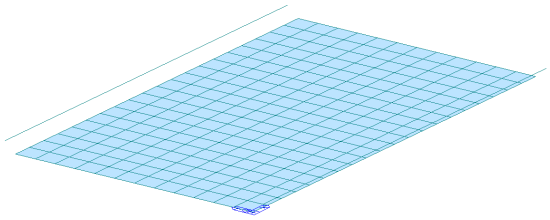

그림 2. U-채널 교량의 모델링

2.2 해석 결과

도로교 설계 기준에 근거한 U-채널 교량 측보의 차량 충돌 해석 결과, 측보 및 슬래브에서 발생하는 최대 응력은 설계 허용 응력 값을 만족하고 있음을 알 수 있다. 표 1은 도로교 설계기준에 근거한 지간별 차량 충돌해석 결과이고, 그림 3은 충돌하중을 재하하였을 경우의 응력도이다.

표 1. 도로교 설계기준에 근거한 U-채널 교량의 충돌해석 결과

(단위 : MPa)

구 분		발생 응력	허용 응력	검토 결과
지간 20m 폭원 12m	측보	3.60	20	O.K
	슬래브	12.23	20	O.K
지간 25m 폭원 12m	측보	3.46	20	O.K
	슬래브	11.87	20	O.K
지간 30m 폭원 12m	측보	3.89	20	O.K
	슬래브	11.73	20	O.K
지간 35m 폭원 12m	측보	3.55	20	O.K
	슬래브	11.58	20	O.K
지간 40m 폭원 12m	측보	2.86	20	O.K
	슬래브	11.46	20	O.K
지간 45m 폭원 12m	측보	2.64	20	O.K
	슬래브	11.37	20	O.K

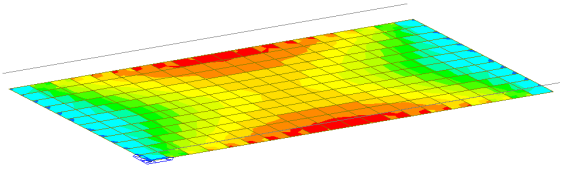

그림 3. 충돌하중 재하시 응력도

3. AASHTO LRFD 설계기준(2007)에 근거한 U-채널 교량의 안정성 검토

3.1 하중조건 및 모델링

AASHTO LRFD 설계기준(2007)에 근거한 차량 충돌 하중 재하시 U-채널 교량 측보의 안정성 검토를 위해 적용한 차종별 충돌하중은 표 2와 같고, 그림 4는 충돌하중 재하도이다. U-채널 교량의 모델링은 측보에 차량 충돌하중을 적용하였을 경우, 측보의 안정성을 평가하기 위하여 지간 45m, 폭원 12m의 최적 단면을 바탕으로 U-채널 교량 슬래브를 판요소를 이용하여 모델링하고, 측보의 종방향 긴장재 및 슬래브의 횡방향 긴장재를 트러스 요소를 이용하여 모델링하였다. 또한, 측보에 작용하는 충돌하중에 대해 차종별 충돌 하중을 고려하여 중앙 지간에 차량 충돌하중을 재하하였다. 모델링 형상은 그림 5와 같다.

표 2. AASHTO LRFD 설계기준에 근거한 차종별 충돌하중

구 분	TL-1	TL-2	TL-3	TL-4	TL-5	TL-6
횡방향하중, F_t(N)	60000	120000	240000	240000	550000	780000
종방향하중, F_L(N)	20000	40000	80000	80000	183000	260000
수직력, F_v(N)	20000	20000	20000	80000	355000	355000
종방향 하중분배길이, L_L(mm)	1220	1220	1220	1070	2440	2440
횡방향 하중분배길이, L_t(mm)	1220	1220	1220	1070	2440	2440
수직력의 분배길이, L_v(mm)	5500	5500	5500	5500	12200	12200
유효충돌 높이, H_e(mm)	460	510	610	810	1070	1420

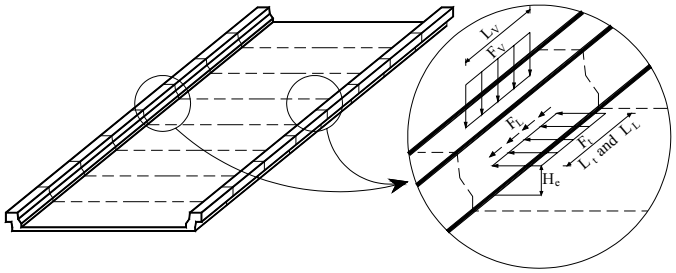

그림 4. AASHTO LRFD 설계기준에 근거한 하중재하도

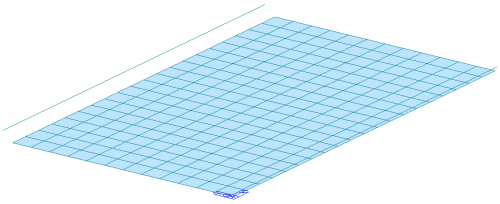

그림 5. U-채널 교량의 모델링

3.2 해석 결과

AASHTO LRFD 설계 기준(2007)에 근거한 U-채널 교량 측보의 차량 충돌해석 결과, 각 부재에서 발생하는 최대응력은 설계허용응력 값을 만족하고 있음을 알 수 있다. 표 3은 AASHTO LRFD 설계기준(2007)에 근거하여 충돌하중을 재하 하였을 경우의 충돌해석 결과이고, 그림 6은 충돌하중을 재하하였을 경우의 응력도이다.

표 3. AASHTO LRFD 설계기준에 근거한 U-채널 교량의 충돌해석 결과

(단위 : MPa)

구 분		발생 응력	허용 응력	검토 결과
TL-1	측보	5.69	20	O.K
	슬래브	8.24	20	O.K
TL-2	측보	9.54	20	O.K
	슬래브	10.12	20	O.K
TL-3	측보	11.87	20	O.K
	슬래브	13.24	20	O.K
TL-4	측보	12.24	20	O.K
	슬래브	14.85	20	O.K
TL-5	측보	14.89	20	O.K
	슬래브	16.99	20	O.K
TL-6	측보	17.14	20	O.K
	슬래브	18.24	20	O.K

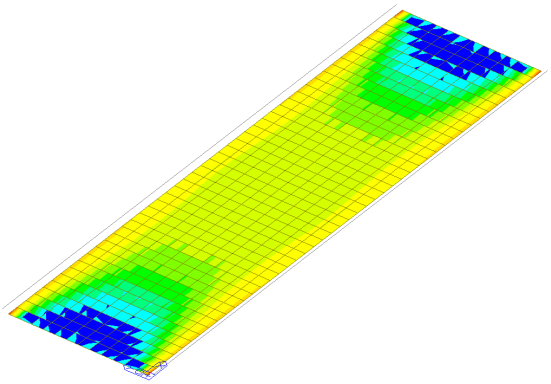

그림 6. 충돌하중 재하시 응력도

4. 결 론

U-채널 교량의 차량 충돌에 따른 구조계에 미치는 영향 분석 및 특성 파악을 위하여 국내의 도로교 설계기준과 AASHTO LRFD 설계기준(2007)에 제시하고 있는 충돌조건 및 충돌하중을 재하하여 충돌해석을 실시하였다. 도로교 설계 기준 및 AASHTO LRFD 설계기준(2007)에 근거한 U-채널 교량 측보의 차량 충돌 해석 결과, 측보 및 슬래브에서 발생하는 최대응력은 설계허용응력 값을 만족하고 있음을 알 수 있다.

감사의 글

이 논문은 건설교통R&D정책 · 인프라사업, "성능중심의 건설기준 표준화" 과제('06~11) 연구결과의 일부입니다.

참고문헌

1. H. E. Ross, H. S. Perera, D. L. Sicking & R. P. Bligh, "Roadside Safety Design for Small Vehecles", NCHRP-318, 1989.
2. W. L. Beason, H. E. Ross, H. S. Perera & M. marek, "Single-Slope Concrete Median Barrier", TRR-1302, TRB. 1991.
3. 한국도로교통협회, "도로교 설계기준", 2005.
4. American Association of State Highway and Transportation Officials, "AASHTO LRFD Design Specifications", 2007.