

차량 주행시 연속Pontoon형 부유식 교량의 동요 특성

The Motion-Characteristics for a Floating Bridge of Continuous Pontoon type according to running vehicles

홍관영* · 김정민** · 이계희***

Hong, Kwan Young · Kim, Jung Min · Lee, Gye Hee

1. 서 론

본 연구는 부유식 교량에 차량 통행시 연속Pontoon의 동요량을 검토하기 위하여 Explicit Code를 적용하여 해석을 수행하였다. 부유식 교량은 탄소성모델로 모델링하였으며, 차량의 차륜은 탄성모델, 차체는 강체모델로 모델링하였다. 부유식 교량은 차량통과시 평균의 동요범위를 평가하여 평균의 연속 갯수를 결정하였으며, 차량주행조건은 2차선 2대 주행, 1차선 2대 주행으로 고려하였다. 평균은 길이20m×폭3m의 평균을 2줄×5칸으로 배치한 Case1과 길이40m×폭6.5m의 평균을 1줄×5칸으로 배치한 Case2의 이상 두가지 Case로 고려하였다. 평균의 재질은 콘크리트이며, 계류조건은 와이어 계류와 강관말뚝 계류로 고려하였다. 동요량 해석은 비선형 유한요소해석 프로그램인 ANSYS/LS-DYNA를 사용하였다.

2. 모델링

2.1 연속Pontoon

연속Pontoon 모델은 2 Case로 고려하였으며, Case1은 길이20m×폭3m×높이1m의 평균을 10,716개의 솔리드(Solid)요소로 모델링하여 2줄×5칸으로 배치되었으며, Case2는 길이40m×폭6.5m×높이1.15m의 평균을 46,744개의 솔리드(Solid)요소로 모델링하여 1줄×5칸으로 배치와 평균간 전단기가 고려되었다. 콘크리트는 Case1의 경우 설계강도 45MPa, Case2의 경우 설계강도 50MPa를 적용하였다.

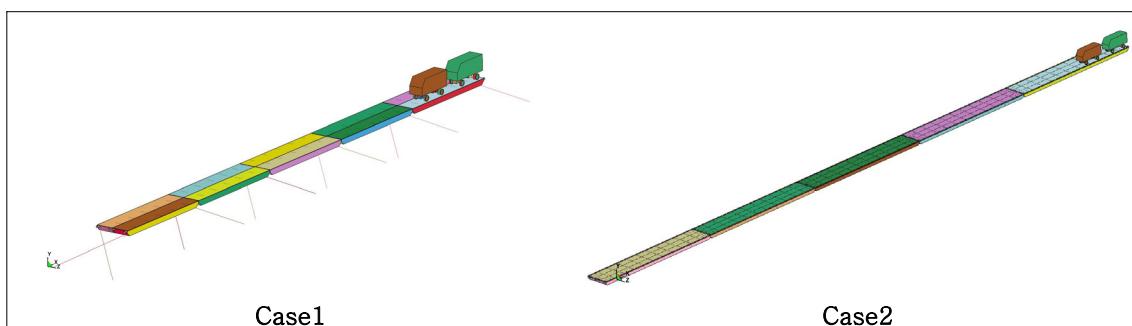


그림 1. 연속Pontoon 모델링 및 배치

평균간에는 충격완충장치인 고무재는 $C_{10}:0.612 \times 10^6 \text{ Pa}$, $C_{01}:0.153 \times 10^6 \text{ Pa}$ 의 Mooney-Rivlin 상수를 적용한 솔리드(Solid)요소로 모델링하였으며, 연결장치인 연결강선은 강성이 $5.293 \times 10^6 \text{ N/m}$ 인 인장만 받는 범

* 비회원 · 오션스페이스(주) 과장 · 공학석사 · E-mail : kyhong@oceanspace.com - 발표자

** 비회원 · 오션스페이스(주) 대리 · 공학석사 E-mail: jmkim@oceanspace.com

*** 정회원 · 목포해양대학교 해양시스템공학부 부교수 · 공학박사 · E-mail : lghlsk@mmu.ac.kr

(Beam)요소로 모델링하였다. 계류조건은 Case1의 경우 와이어 계류로 강성이 3.641×10^4 N/m인 인장만 받는 빔(Beam)요소로 모델링하였으며, 고정단 경계조건은 병진변위 고정, 회전변위 자유로 고려하였다. Case2의 경우 강관말뚝 계류이며, 폰툰당 전후 측에 2개의 파일가이드가 위치하고, 수직방향 병진변위와 수직축 회전변위만 자유, 나머지는 고정으로 고려하였다. 또한 폰툰의 부력은 상향으로만 작용하므로 이를 고려하기 위하여 인장만 받는 빔(Beam)요소로 고려하여 폰툰에 자중을 적용하였다. 부력스프링의 강성은 부력성능을 고려하여 Case1 1,435.61N/m, Case2 4,374.96N/m로 적용하였다.

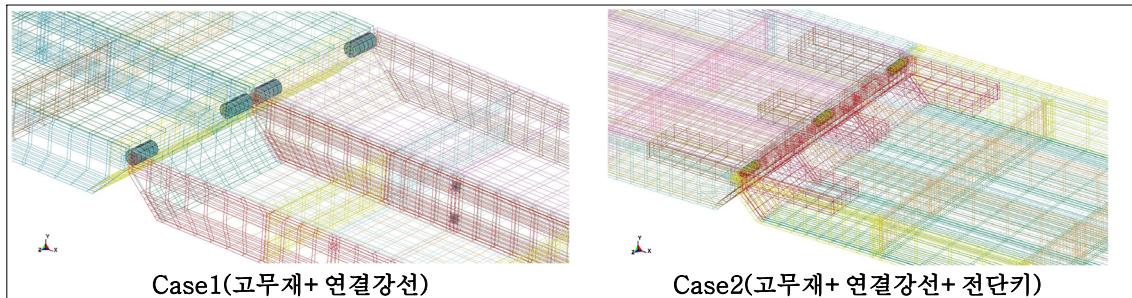


그림 2. 폰툰간 연결부 모델링

2.2 차량

차량의 총중량은 50kN으로 고려하였으며, 적용제원은 전장7m×전폭2.5m×높이4m으로서 Solid 요소로 모델링하였다. 작용하중은 전륜 10kN, 후륜 40kN이 작용하도록 고려하였다. 차량은 시속 47km로 운행하는 것으로 고려하였으며, 이를 환산한 13.06m/s를 적용하였다. 차량의 제동하중은 50kN의 10%인 5kN이 작용하는 것으로 고려하였으며, 작용높이 1.8m에 대해서 9kN·m의 모멘트도 작용하는 것으로 고려하였다.

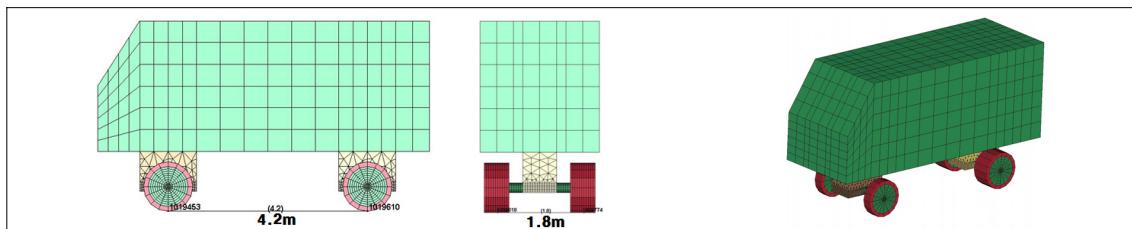


그림 3. 차량 모델링

3. 해석 Case

동요량 해석은 2종류의 폰툰에 대해서 차량의 이동하중과 제동하중을 고려하여 총 8Case를 수행하였다. 콘크리트와 콘크리트의 마찰계수는 정적 0.5, 동적 0.375, 고무와 콘크리트의 마찰계수는 정적 0.6, 동적 0.6을 고려하였다.

표 1. 해석 Case

폰툰	주행 조건	주행 속도	하중상태	비고	계류방식	폰툰간 연결
Case1	1	47km/hr	자중+차량 이동하중	2차선 2대 주행	와이어 계류	고무 재+연결 강선
	2		자중+차량 이동하중	1차선 2대 주행		
	3		자중+차량 제동하중	2차선 2대 주행		
	4		자중+차량 제동하중	1차선 2대 주행		
Case2	1	47km/hr	자중+차량 이동하중	2차선 2대 주행	강관말뚝 계류	고무 재+연결 강선+전단키
	2		자중+차량 이동하중	1차선 2대 주행		
	3		자중+차량 제동하중	2차선 2대 주행		
	4		자중+차량 제동하중	1차선 2대 주행		

4. 해석결과

연속폰툰의 동요량은 차량에 의한 동요량 발생과 연결된 폰툰에 의한 동요 영향 등이 복합적으로 작용 하므로 5칸의 폰툰 중에서 중앙에 위치한 폰툰을 기준으로 검토하였다.

폰툰의 동요량 검토 결과, 주행조건별 중앙폰툰 가운데에서의 동요량은 길이 20m × 폭 3m인 Case1이 길이 40m × 폭 6.5m인 Case2보다 주행조건에 따른 동요량의 변동이 심한 것으로 검토되었다. 이는 Case1 폰툰의 동요주기가 동시간대 같은 위치에서 작용하는 차량하중에 더 민감하게 반응하기 때문인 것으로 판단되며, 따라서 연속폰툰에 차량이 주행하기 위해서는 폰툰이 일정한 수준의 규모를 가져야 하는 것과 적절한 계류방식의 적용이 필요하다고 판단된다.

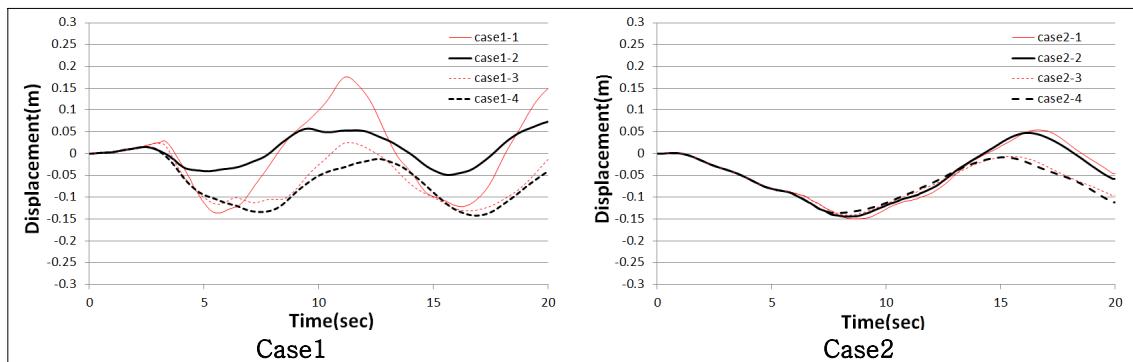


그림 4. 주행조건별 중앙폰툰 동요량

폰툰 Case별 중앙폰툰 트림(Trim) 검토 결과, 차량 2대가 2차선으로 나란히 주행할 경우 Case1 폰툰이 Case2 폰툰의 트림(Trim) 변동보다 더 극심한 것으로 검토되었으나, 차량 2대가 1차선으로 주행할 경우 Case1 폰툰보다 Case2 폰툰의 트림(Trim) 변동이 더 큰 것으로 검토되었다. 이러한 결과는 앞서 차량 주행에 필요한 폰툰의 일정 수준의 규모는 폰툰의 길이와 관련이 있기 때문인 것으로 판단된다.

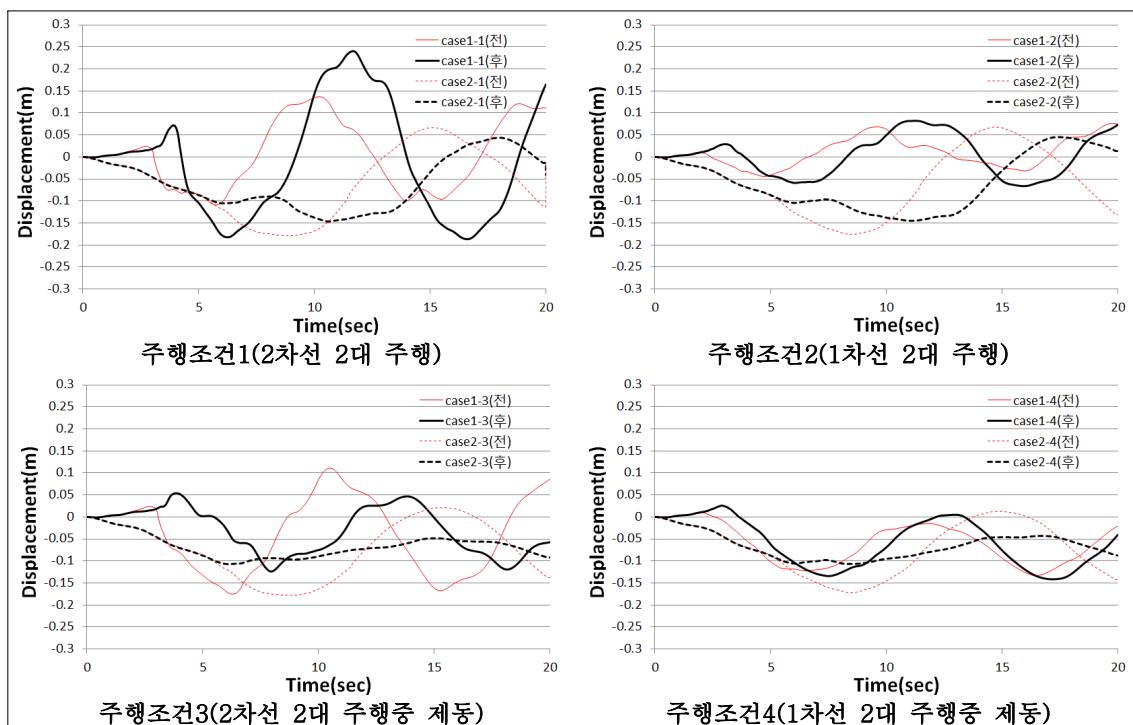


그림 5. 폰툰 Case별 중앙폰툰 전·후축 동요량

주행조건에 따른 폰툰간 단차 변동을 검토한 결과, 단위폰툰간 연결부에 전단키와 같은 장치를 고려한다면 차량의 주행하중에 대한 동요 민감도와 폰툰 길이의 트림(Trim)의 동요에 대한 폰툰간 단차를 크게 줄일 수 있는 것으로 검토되었다. 이는 폰툰간 연결부에 전단키와 같은 장치를 고려할 경우, 폰툰의 동요량을 크게 감소시키지는 못하지만 폰툰간 단차의 감소나 차량의 주행하중 변동에 따른 폰툰의 동요변동 차이를 감소시켜 일정한 동요특성을 나타내는데 기여하는 것으로 판단된다.

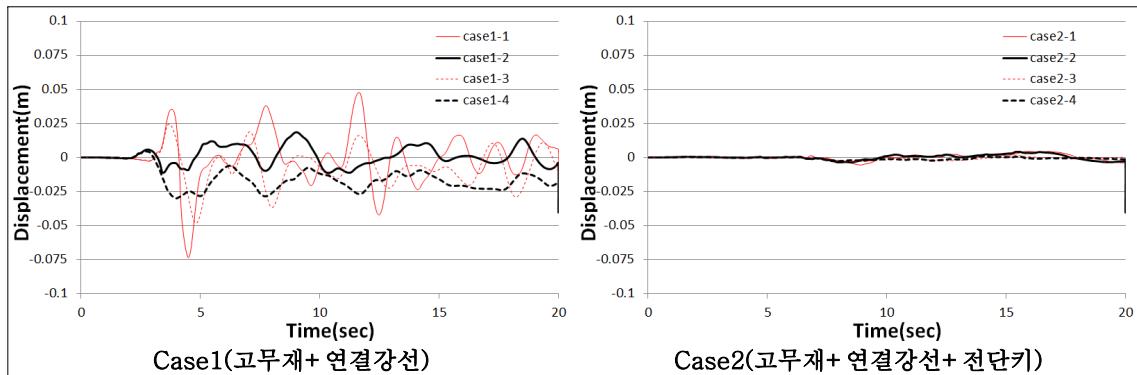


그림 6. 주행조건별 폰툰간 단차변동

5. 결 론

본 연구에서는 연속폰툰형 부유식 교량에 차량 주행시 폰툰의 동요특성을 검토하였으며, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 연속폰툰에 차량이 주행하기 위해서는 적절한 계류방식의 결정과 단위 폰툰이 일정한 수준의 규모를 가져야 하며, 그 일정 수준의 규모는 단위 폰툰의 길이와 관련이 있는 것으로 판단된다. 따라서 차량의 주행조건과 단위 폰툰의 길이와의 관계에 대한 폰툰의 동요특성 연구가 필요한 것으로 사료된다.
- 연속폰툰의 폰툰간 연결부에 전단키와 같은 장치의 고려는 폰툰 동요량을 획기적으로 감소시키지는 못 하지만 폰툰간 단차감소와 주행조건별 폰툰 동요변동을 감소시킴으로서 차량의 주행성을 향상시키는데 기여하는 것으로 판단된다. 따라서 차량의 주행성을 위해서 폰툰간 연결부에 대한 연구가 필요한 것으로 사료된다.

참고문헌

- 도로교설계기준, 건설교통부, 2005
- Mohammad Saeed Sief. and Yoshiyuki Inoue. (1998) Dynamic analysis of floating bridges, *Marine Structure*, Vol. 11, pp. 29–46.
- Fu Shixiao., Cui Weicheng., Chen Xujun. and Wang Cong. (2005) Hydroelastic analysis of a nonlinearly connected floating bridge subjected to moving loads, *Marine Structure*, Vol. 18, pp. 85–107.
- Jong-Shyong Wu., Po-Yun Shih. (1998) Moving–Load–Induced Vibrations of a Moored Floating Bridge, *Computers & Structures*, Vol. 66, No.4, pp.435–461.
- LS-DYNA (2003), LS-DYNA Keyword User's Manual: Version 970, Livermore Software Technology Corporation, Livermore, CA.