

신축이음장치에서 나사 풀림을 방지하기 위한 앵커시스템

Anchor system in order not to Unscrew of Expansion Joint for Bridge

하상수* 최동욱** 이진용***
Ha, Sang Su Choi, Dong Uk Lee, Chin Yong

ABSTRACT

The failure of expansion joint for bridge is generally occurred on the non-shrinkage mortar and other problem is the release of anchors in expansion joint due to the impact and vibration during the driven car on the bridge. In this study, to overcome the failure of expansion joint by the failure of non-shrinkage, the elastomeric mortar is developed. The pull-out capacity developed elastomeric mortar compared with that of non-shrinkage mortar. Moreover the anchor system which can be change easily and prevent a fracture of expansion joint is developed.

요 약

교량 신축이음장치의 파손 유형은 주로 후타재(무수축 모르타르)와 관련된 부분에서 많이 발생된다. 또 다른 문제는 중차량 통과에 따른 충격과 진동하중으로 인해서 신축이음장치를 후타재에 고정하기 위해서 사용하는 앵커 풀림 현상이다. 본 연구에서는 무수축 모르타르의 파괴에 따른 신축이음장치의 파손을 방지하기 위해 탄성콘크리트를 개발하였다. 개발된 탄성콘크리트와 현재 주로 사용하고 있는 무수축 모르타르의 인발성능을 비교하였다. 또한, 후타재와 신축이음장치를 일체화하여 후타재의 파손을 방지하고 신축이음장치를 쉽게 교체할 수 있는 앵커 시스템을 개발하였다.

1. 서 론

교량용 신축이음장치의 파손 유형은 크게 무수축 모르타르(후타재)의 손상에 의한 것과 신축이음장치를 후타재에 고정하기 위하여 사용되는 앵커 풀림현상에 의한 것으로 대별된다. 무수축 모르타르의 손상은 신축이음장치에서 가장 빈번하게 발생되며 신축이음장치의 성능에 관계없이 무수축 모르타르의 상태에 따라 그 수명이 결정된다. 실제 현장에서는 무수축 모르타르가 손상된 경우 무수축 모르타르만 보수하는 경우는 극히 드문 일이며, 후타재와 신축이음장치를 새로 설치하는 경제적인 부담을 안고 있다. 앵커 풀림현상은 차량 통과시 소음을 발생하고, 위험을 초래할 수 있으므로 차량 통과시에는 앵커가 풀리지 않고, 해체 및 교체가 가능한 앵커 시스템 개발이 필요하다.

* 정회원, 한경대학교 건설공학연구소 연구교수
** 정회원 한경대학교 건축학부 교수
*** 정회원, (주)케어콘 대표이사

2. 실험

2.1 인발성능 실험

신축이음장치의 앵커는 후타재와 신축이음장치를 일체화시키며, 차량통과시 앵커에 인발하중이 작용하므로 적정한 문힘깊이를 확보하여야 한다. 문힘깊이가 크면 인발성능은 높아질 수 있으나 시공성 저하를 초래하므로 인발성능과 시공성을 고려하여 문힘깊이를 결정해야 한다. 본 연구에서는 문힘깊이를 앵커 지름의 10배와 15배로 계획하였으며, 앵커지름은 20mm를 사용하였다. 사용된 앵커는 그림 1과 같으며, D30인 강봉(SS400)을 이용하여 전조방식으로 제작하였다. 실험체 형상은 300mm x 500mm x 300mm인 직육면체 중앙에 계획된 문힘깊이 만큼 앵커를 설치하였다(그림 2 참조). 실험체는 표 1과 같이 후타재 종류(무수축 모르타르, 탄성콘크리트 1, 탄성콘크리트 2)와 문힘깊이($L_d=10d_b, 15d_b$)를 변수로 하여 동일 실험체를 3개씩 계획하였다.



그림 1. 앵커 형상



그림 2. 실험체 타설 전



그림 3. 실험 상황

표 1 실험체 일람

실험체명	후타재	문힘깊이(L)	앵커지름(d_b)	앵커 항복강도	후타재 압축강도
		$d_b, (mm)$	mm	MPa	28일 재령, MPa
Mor-10 d_b (1)-(3)	무수축 모르타르	10, (200)	20	618	40
Mor-15 d_b (1)-(3)		15, (300)	ditto	ditto	
CM-10 d_b (1)-(3)	탄성콘크리트 1	10, (200)	ditto	ditto	31
CM-15 d_b (1)-(3)		15, (300)	ditto	ditto	
EC-10 d_b (1)-(3)	탄성콘크리트 2	10, (200)	ditto	ditto	21
EC-15 d_b (1)-(3)		15, (300)	ditto	ditto	

실험은 그림 3에 나타난 바와 같이 프레임에 실험체를 고정하고 1000kN 액츄에이터와 실험체 밖으로 돌출된 앵커를 체결한 후 실험체가 파괴될 때까지 가력하였다. 실험체 표면에서 15cm 떨어진 위치 (loaded end)에 2개의 변위계를 설치하였으며, 순수 미끄러짐 변위를 측정하기 위하여 앵커 하부(free end)에 변위계를 설치하였다. 또한, 앵커의 변형율을 측정하기 위하여 실험체 표면에서 5cm 떨어진 위치에 철근 변형계이기를 설치하였다. 실험체의 파괴는 그림 4와 같이 모두 뿔힘파괴에 의해 최종파괴 되었으며, 인발시 하중은 69.8kN~138.9kN 값(앵커의 재료시험에서 얻은 항복하중의 36%~72%의 수준)으로 나타났다. 이 값은 앵커 하나당 받는 인발시 하중으로 신축이음장치에 차량이 통과하는 하중이 116.6kN 보다 작은 값을 가지나, 차량 폭 내에 앵커를 2-3개 정도 설치가 가능하므로 충분히 안전한 값을 확보할 것으로 판단된다. 각 실험체의 하중단(loaded end)에서의 응력도 변위 곡선을 그림 5에 나타내었으며, 실험결과는 표 2와 같다. 그림 5에 나타난 바와 같이 최대하중을 받은 이후에는 슬립에 의해 하중이 급격하게 저하되는 것을 알 수 있다. 동일 조건에서 문힘깊이가 큰 실험체가 작은 실험체에 비해 인발하중이 높게 나타났으며, 기존에 사용해왔던 무수축 모르타르를 후타재로 사용한 실험체에 비해 탄성콘크리트를 후타재로 사용한 실험체가 더 우수한 인발성능을 보여주고 있다.



(a) 무수축 모르타르

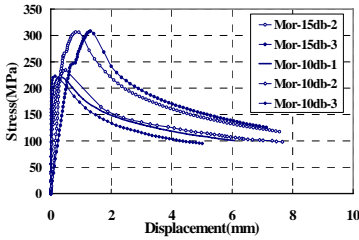


(b) 탄성콘크리트 (CM계)

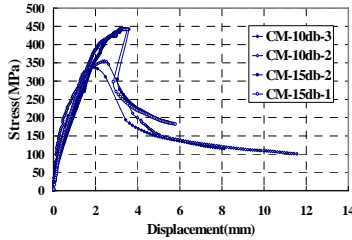


(c) 탄성콘크리트 (EC계)

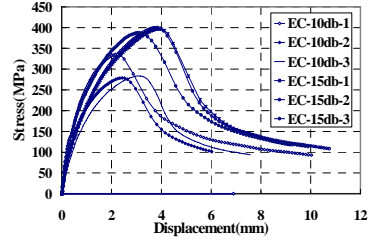
그림 4. 실험체 파괴사진



(a) 무수축 모르타르



(b) 탄성콘크리트 (CM계)



(c) 탄성콘크리트 (EC계)

그림 5. 응력 도 변위 곡선

표 2 실험결과

실험체명	최대하중	최대하중 시 변위	응력 f_s	변형률	A	f_y	f_s/f_y	파괴모드
	kN	mm	MPa	micro	(mm ²)			
Mor-10db(1)	69.8	0.51	222.2	1741	314	ditto	0.36	뿔힘파괴
Mor-10db(2)	73.6	0.67	234.5	1811	314	ditto	0.38	ditto
Mor-10db(3)	70.0	0.41	223.0	1308	314	ditto	0.36	ditto
Mor-15db(1)	-	-	-	-	-	-	-	-
Mor-15db(2)	96.1	0.93	306.1	2069	314	ditto	0.50	ditto
Mor-15db(3)	96.8	1.31	307.0	2228	314	ditto	0.50	ditto
CM-10db(1)	-	-	-	-	-	-	-	-
CM-10db(2)	111.5	2.41	355.2	3324	314	ditto	0.57	ditto
CM-10db(3)	106.2	1.97	337.8	3028	314	ditto	0.55	ditto
CM-15db(1)	138.7	3.52	441.6	-	314	ditto	0.71	ditto
CM-15db(2)	138.9	3.59	442.2	-	314	ditto	0.72	ditto
CM-15db(3)	-	-	-	-	-	-	-	-
EC-10db(1)	105.4	2.15	335.5	3265	314	ditto	0.54	ditto
EC-10db(2)	87.5	2.43	278.7	2717	314	ditto	0.45	ditto
EC-10db(3)	89.0	3.06	283.5	2352	314	ditto	0.46	ditto
EC-15db(1)	124.6	3.90	396.9	5091	314	ditto	0.64	ditto
EC-15db(2)	125.5	3.87	399.8	4876	314	ditto	0.65	ditto
EC-15db(3)	121.6	3.12	387.2	4285	314	ditto	0.63	ditto

3. 앵커 시스템 개발

신축이음 장치와 후타재를 연결하는 앵커는 지름 4cm인 두께 23mm인 원형에 앵커에 맞는 압나사로 된 캡에 체결된다(그림 6(a)참조). 또한, 캡은 신축이음장치의 상판에 캡과 동일한 크기의 홈 속에 위치한 후, 캡과 상판을 관통하는 지름 15mm의 홈을 내서 용접하게 된다(그림 6(b)참조). 따라서 후타재에 매립된 앵커는 캡의 나사선으로 고정되고, 캡은 신축이음장치의 상판에 용접되므로 지속적인 반복하중에 의한 나사 풀림현상은 발생되지 않을 것으로 판단된다.

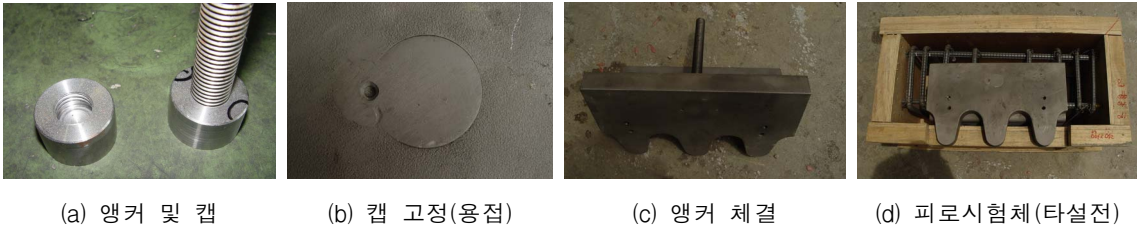


그림 6. 앵커 시스템

나사 풀림 현상이나 앵커를 체결한 부분에서 손상여부를 파악하기 위하여 피로시험을 수행하였다. 피로시험을 후타재를 무수축 모르타르를 사용한 것과 EC계의 탄성콘크리트를 사용한 것을 대상으로 하였다. 피로시험은 교량이음 신축이음장치 시험방법(KS F 4425)에 따라 최소 22.54kN, 최대 116.6kN 하중을 3Hz 이하의 주파수로 2,000,000회 시험한 후 손상여부를 육안으로 확인하였다. 피로시험체 및 피로시험 상황 그리고 실험 후 실험체를 그림 7에 나타내었다. 실험 후 실험체를 모두 확인해 본 결과 앵커를 체결한 부분에서의 손상은 확인되지 않았다. 또한, 앵커의 캡을 제거하여 앵커와 신축이음장치가 분리되는 것을 확인하였다.

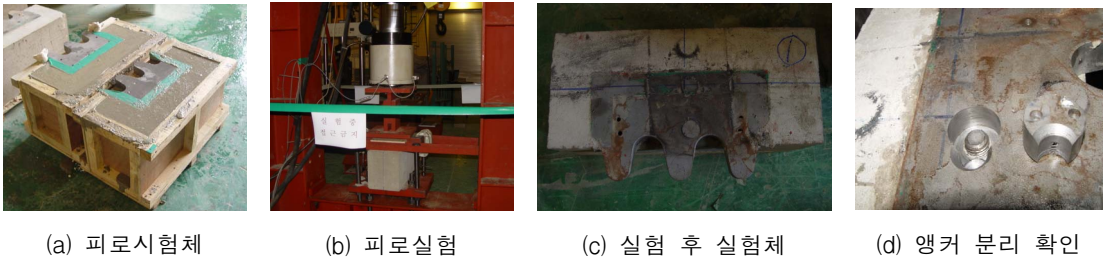


그림 7. 피로실험 및 앵커 분리 확인

4. 결론

1. 개발된 탄성콘크리트를 후타재로 사용한 실험체가 기존에 사용된 모르타르보다 우수한 인발성능을 보여주었으며, 향후 탄성콘크리트를 후타재로 사용할 수 있을 것으로 판단된다.
2. 나사가 풀리지 않은 앵커 시스템을 개발하고 피로시험을 통하여 이를 확인하였으며 해체시 앵커를 분리하여 해체가 가능한 것을 확인하였다.

감사의 글

이 논문은 R&D/06건설핵심C08의 지원 하에 이루어진 연구결과로 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. ACI 440 Committee, "Guide for the Design and Construction of Concrete Reinforced with FRP Bars (ACI 440.1R-06)," American Concrete Institute, Detroit, Michigan, 2006.
2. Eshani M. R., Saadatmanesh H., and Tao S., "Design Recommendations for Bond of GFRP Rebars to Concrete," ASCE J. of Structural Engineering, Vol. 122, No. 3, Mar. 1996, pp. 247-254.
3. 유영준, 박지선, 박영환, 김공환, "유리와 탄소섬유로 제작된 하이브리드 FRP 로드의 인장특성에 관한 실험연구," 콘크리트학회 논문집, 한국콘크리트학회, Vol. 18, No. 2, 2006, pp. 275-282.