

낙하충격에 따른 볼트인장력에 대한 와서의 영향

김동학, 서기석, 방경식, 이경호*, 조천형*, 최병일*

한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

*원자력환경기술원, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

dhkim@kaeri.re.kr

32개의 M24 고장력볼트를 이용하여 뚜껑을 체결한 방사성폐기물을 운반하기 위한 IP-2형 운반용기의 낙하충격에서 와서의 영향을 알아보았다. LSA-II 또는 LSA-III, SCO-II로 분류된 선량율이 20~200 mRem/hr의 DOT-17H 드립(직경 620mm X 높이 890mm)에 적재된 방사성폐기물 드립 8개를 운반하는 용기로 적재중량은 3.2 톤이며 총 중량은 9.64 톤이다. 방사선 차폐를 위하여 35 mm의 탄소강을 사용하였다. 이러한 차폐체는 차폐의 기능뿐만 아니라 운반용기의 구조재료의 역할도 수행한다. 드립 간 간격은 100 mm로 내부크기는 2,980mm X 1,540mm X 910mm이며 차폐체의 외부크기는 2,050mm X 1,610mm X 980mm이다. 여기에 결속 및 인양을 위한 각 모서리에 8개의 모서리쇠를 설치하고 Fork-Lift Pocket을 설치하였다. 구조물의 적층 시에 구조물을 지탱하고 낙하충격에서 완충효과를 위하여 각관을 부착하였다. 전체의 볼트를 일차적으로 체결하고 이후에 대각선 방향으로 200 N·m로 체결한 이후에 전반적으로 한번 더 체결하였다. 이때 볼트에 스프링와셔와 평와셔를 사용하거나 스프링와셔만을 사용하거나 와셔가 없는 상태로 시험을 실시하였다. 낙하높이는 30 cm로 낙하에 따른 영구변형이 적도록 하였다. 각 모서리의 중앙의 볼트에 힘센서(PCB사의 Model 206C)를 부착하여서 낙하충격에서의 볼트인장력을 측정하였다. 또한 낙하 충격이후에 볼트를 풀기 위한 토크를 측정하였다.

그림 1은 힘센서로부터 측정된 볼트인장력을 나타낸다. 대체로 와서를 사용하지 않는 경우에 볼트인장력이 가장 크다. 낙하충격에 따른 와서의 변형에 의하여 볼트인장력이 감소한 것으로 사료된다. 두 가지 종류의 와서를 사용하는 경우에 Bolt Force 4에서는 다른 모든 경우의 볼트인장력에 비하여 가장 큰 볼트 인장력을 보이지만 다른 경우에 비하여 평균값은 더 낮은 값을 보인다. Table 1은 볼트인장력의 최대값과 최소값을 나타낸다. 이때 와서를 사용하지 않는 경우, 볼트인장력이 급격하게 변하는 시간에 대한 값은 고려하지 않았다. 와서를 사용하지 않는 경우에 평균 최대값과 최소값의 절대값이 가장 크며 스프링와셔와 평와셔를 모두 사용한 경우 평균 최대값과 최소값의 절대값이 가장 적다. Bolt force 4는 스프링와셔를 사용한 경우의 다른 위치에 비하여 낮은 최소값을 보이며 스프링와셔와 평와셔를 모두 사용하는 경우에는 높은 최대값을 보인다. 스프링와셔에 의하여 볼트 인장력의 변화를 증가시키는 것으로 사료된다.

낙하 충격 이후의 볼트를 풀기 위한 토크를 측정하였다. 와서를 사용하지 않는 경우에 볼트를 풀기 위한 토크의 최대값이 476 N·m, 최소값이 137 N·m이며 평균은 273.5 N·m로 다른 경우에 비하여 가장 크다. 즉, 볼트가 잘 풀리지 않는다. 스프링 와셔만을 사용한 경우 최대값이 334 N·m, 최소값이 20.5 N·m이며 평균은 177.7 N·m로 스프링와셔와 평와셔를 모두 사용한 경우(최대값: 306 N·m, 최소값: 105, 평균: 205 N·m)에 비하여 최대값은 더 크지만 평균값과 최소값은 더 작다. 즉 편차가 더 크다. 스프링 와셔에 의한 충격에 의한 편차가 크다는 것을 알 수 있다. 와서를 사

용함에 따라서 볼트의 체결에 따른 플랜지의 탄성변형량이 더욱 증가하게 되고 이로 인한 볼트를 풀기위한 토크를 감소하게 된다.

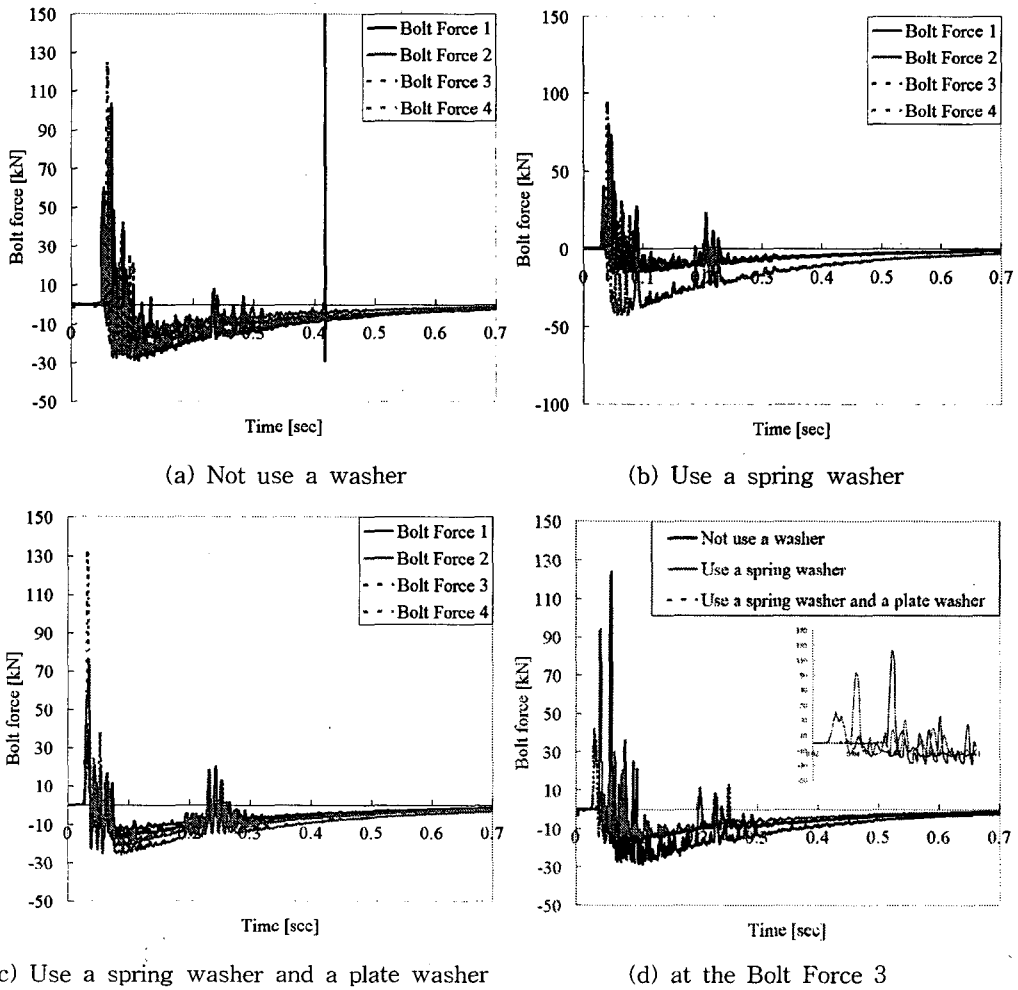


Fig. 2 Bolt tensions obtained from the force sensor.

Table 1. The maximum and the minimum bolt force.

		Bolt Force 1	Bolt Force 2	Bolt Force 3	Bolt Force 4	Average
Not use a washer	Max.	103.4	79.6	124.2	97.9	101.3
	Min.	-29.3	-18.9	-28.9	-26.6	-25.9
Use a spring washer	Max.	73.4	80.5	94.0	61.0	77.2
	Min.	-13.7	-14.9	-16.8	-42.7	-22.0
Use a spring washer and a plate washer	Max.	36.0	76.3	41.8	131.5	71.4
	Min.	-14.6	-26.1	-18.4	-21.6	-20.2