

부소파제용 계류라인의 비선형 응답특성 연구

정동호·김현주·문덕수

한국해양연구원 해양심층수연구센터

서론

부소파제는 해수면 위에 부유된 상태로 외해의 파랑을 차단하는 구조물인데, 일정 위치에 유지시키기 위해서 계류라인을 사용하게 된다. 계류라인의 재질은 수심에 따라서 천해에서는 주로 체인이 사용되며, 심해에서는 나이론로프와 체인을 혼용해서 사용하기도 한다. 체인을 계류용으로 이용할 때에는 발생할 수 있는 체인의 상태에 대한 구조해석을 수행하여 해양환경조건에서 체인이 안정할 수 있도록 구조해석을 수행해야 한다. 본 연구에서는 천해에서 부소파제의 계류라인으로 적용되는 체인에 대한 구조해석을 수행하였다. 특히 체인의 일부분이 해저면에 놓여 있고 일부분은 매달려 있는 경우에 발생할 수 있는 비선형 장력성분에 대한 분석을 수행하였다.

본론

부소파제는 일반적으로 널리 알려져 있는 방파제의 일종인데, 부체를 해수면에 위치시켜서 입사파랑을 쇄파시키는 구조물이다. 일반적으로 수심이 약 10m를 넘어설 경우에 부소파제가 고정식 방파제에 비하여 경제적인 것으로 알려져 있다.

현재 한국해양연구원에서는 전남 바다목장화 사업을 추진하고 있는데, 이 사업의 일환으로 부소파제를 설치하여 배후 해역을 보호하여 양식 시설 영역의 확대를 계획하고 있다. 부소파제 설치 예정 해역은 수심 약 30m 지점으로써, 천해역 계류방식이 사용되며 따라서 체인을 이용하여 부체를 계류시키게 된다. 체인을 이용하여 계류시킬 때에는 해양환경 특성에 따라서 크게 2가지 모드가 발생할 수 있다. 그 첫째는 체인의 일부분이 해저면 위에 놓여져 있고, 일부분은 부체에 매달려 있는 상태이다. 둘째는 조류와 파랑 표류력에 의해서 부체가 흘러가서 체인의 전체 부분이 모두 해저면으로부터 떨어져 있는 상태이다. 전체적으로 발생하는 체인의 장력값을 살펴 본다면 두 번째 모드에서 큰 장력이 발생하게 된다. 그러나, 첫 번째 모드에서는 부체의 운동에 의해서 체인의 상단부는 강제가진을 받게 되며, 이것은 해저면 위에 놓여 있는 체인의 일부분이 해저면에서 떨어지거나 다시 해저면에 놓여지는 반복적인 과정이 발생하게 된다. 이 때 체인이 해저면에 터치다운 되는 조건에 따라서 체인에는 장력이 거의 0인 상태가 될 수 있으며, 따라서 이 경우에는 큰 장력변동이 발생하게 된다. 따라서 이와 같은 비선형적인 장력 변동에 대한 해석이 수행되어야 한다.

본 연구에서는 체인에 대한 장력해석을 수행하였는데, 체인에 대한 운동방정식을 유도한 후에 이에 대한 해를 수치해석적인 방법을 적용하여 구하였다. 체인이 해저면 위에 놓였다가 떨어졌다 하는 경우에는 장력이 거의 0에 가깝게 되는 반면에, 일반적

인 체인에 대한 운동 방정식에서는 장력이 0이 되는 경우에는 특이해(singular)가 발생하게 된다. 따라서 본 연구에서는 굽힘강성을 고려하여 장력이 작게 나타날지라도 구조해석이 가능하도록 구성하였다. 체인에는 굽힘강성이 거의 없지만, 체인 연결부위에서 발생하는 회전관성력 성분을 표현하기 위해서 굽힘강성을 사용하였다.

그림. 1에서는 일정 주기와 진폭으로 체인의 상단부에서 강제가진 될 때 시간에 따른 장력변화를 보여주고 있다. 그림. 1 (a)는 가진주기 2s, 가진진폭 0.5m 인 경우에 장력의 시간변화를 보여주고 있으며, 그림. 1 (b)는 가진주기 8s, 진폭 0.5m인 경우에 대한 해석결과를 보여주고 있다. 장력의 최대치를 고려해 본다면, 8s 가진주기에서 크게 나타나지만, 장력의 변동치는 가진주기가 2s 인 경우에 보다 크게 나타난다는 것을 볼 수 있다. 또한 2s 가진주기에서 장력은 0을 나타내는 것을 볼 수 있다. 가진주기 8s, 가진진폭 1.5m의 열악한 조건에 대한 해석을 수행하였는데, 이 역시 장력의 변동치가 가진주기 2s, 가진진폭 0.5m 경우와 비슷하게 나타났다. 즉, 파랑주기가 짧고 파고가 작은 경우일 지라도 체인에 작용하는 장력은 크게 나타날 수 있다는 것을 알 수 있다.

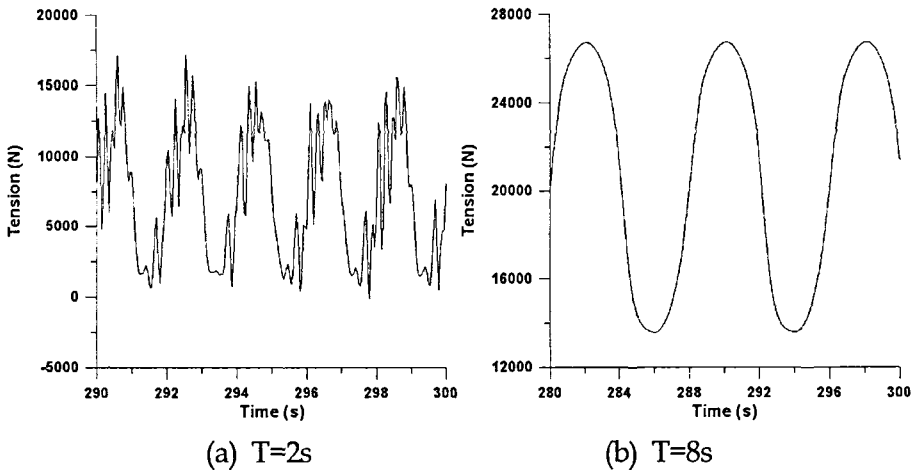


그림. 1 정현파 조건에서 강제가진될 때 체인 상단부에서의 장력 변화

결론

본 연구에서는 부소파제의 부체를 일정위치에 유지시키기 위한 계류시스템에 대한 구조해석을 수행하였다. 해석을 통하여 계류라인으로 체인이 사용된다면, 파랑주기가 짧은 경우에도 체인에 발생하는 장력이 스냅하중(snap load) 형태로 작용하여 체인의 변동하중이 크게 발생할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 따라서, 이와 같은 하중 성분을 체인 설계 시에 잘 반영해야 할 것이다.

후기) 본 연구는 해양수산부 “전남다도해형 바다목장 기반조성 사업”의 일원으로 수행되었음.