

오목구조형씰발변환자의 기하학적정수변화에 따르는 정수압특성

박명일, 리의환

씰발변환자를 수중음향변환자로 리용할 때에는 공기중에서와는 달리 수중에서의 물 깊이에 따르는 정수압안정성을 고찰하는것이 중요한 문제로 나선다.[1-4] 그것은 변환자가 아무리 성능이 우월하다고 해도 정수압에 견디지 못하고 파괴되면 변환자는 자기의 사명을 다할수 없기때문이다.

선행연구[1]에서는 볼록구조형씰발변환자의 부하압력한계가 2MPa정도이고 오목구조형씰발변환자의 부하압력한계는 6MPa정도라는것을 밝혔지만 그것에 대한 구체적인 해석 및 실험결과에 대해서는 밝히지 않았다.

우리는 금속모자의 두께와 홈깊이변화에 따르는 정수압파괴한계를 볼록구조와 오목구조의 씰발변환자에 대하여 해석하고 오목구조형씰발변환자에서 금속모자의 기하학적정수변화에 따르는 변환자의 림계파괴압력을 고찰하였다.

1. 정성적해석과 유한요소해석

류체력학적압력을 받는 씰발변환자의 파괴는 4가지 력학적과정 즉 금속모자의 변형, 접합층의 기계적파괴, 압전사기에서의 분극해소 및 균열발생과정을 거쳐 일어난다.

외부응력은 금속모자에 의하여 압전사기요소에 전달되며 이 응력이 압전사기의 분극해소응력에 도달하면 변환자특성에서 비가역현상이 발생한다. 금속모자에 가해지는 정수압이 모자의 견딤세기를 초과하면 모양변형이 일어나 모자가 파괴되며 에폭시접합층의 자름세기를 초과하는 응력도 발생한다. 결국 변환자의 파괴가 금속모자의 변형으로부터 일어나므로 금속모자에 가해지는 응력분포를 고찰한다.

그림 1에 씰발변환자의 일반적구조를 보여주었다. 그림 1에서 $D_1, D_2, D_3, h_c, t, h_p$ 는 각각 압전사기의 직경과 금속모자의 밀직경과 옷직경, 모자홈깊이와 두께, 압전사기의 두께이다.

그림 2에 볼록구조형씰발모자와 오목구조형씰발모자에 가해지는 힘들을 보여주었다.

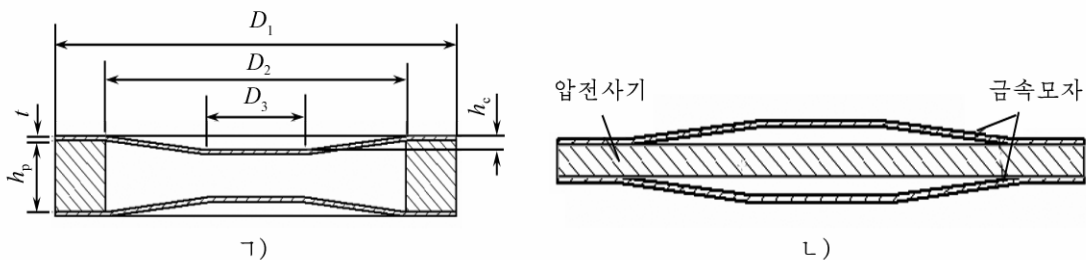


그림 1. 씰발변환자의 일반적구조
ㄱ) 오목구조형, ㄴ) 볼록구조형

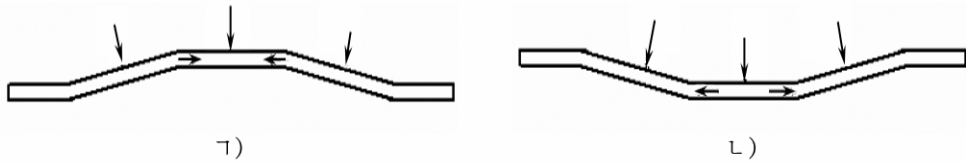


그림 2. 볼록구조형썸발모자(Γ)와 오목구조형썸발모자(L)에 가해지는 힘

그림 2에서 보는바와 같이 볼록구조형썸발모자의 경사진 부분에 가해지는 힘들은 모자옷부분을 서로 량옆에서 누르는 힘으로 분해되며 결과 금속모자옷부분은 량옆에서 누르는 힘을 받는 동시에 우로부터 수직으로 직접 가해지는 힘을 받게 된다. 판의 안정성문제로 보아 금속판이 누름힘을 받으면서 그것에 수직인 힘을 받으면 그만큼 구부러짐변형에 대한 역세기가 약해져 쉽게 구부러진다.

한편 오목구조형썸발모자의 옷부분은 량옆으로 당겨지는 힘을 받으면서 동시에 위에서 수직으로 작용하는 힘을 받게 되므로 력학적으로 볼 때 금속판의 역세기가 증가하여 모자옷부분이 구부러지는 효과가 줄어들게 된다.

이러한 정성적고찰로부터 오목구조형금속모자가 볼록구조형에서보다 모자변형의 견지에서 보다 높은 부하압력에도 견딜수 있다는것을 알수 있으며 유한요소해석을 리용하여 이것을 검증하였다.

ANSYS해석에서 변환자직경을 $D_1=12.7\text{mm}$, 금속모자의 밑직경과 옷직경은 $D_2=9\text{mm}$, $D_3=3\text{mm}$, 금속판의 두께는 0.2mm 로 정하고 금속모자의 홈깊이를 $0.1\sim 1\text{mm}$ 범위에서 변화시키면서 볼록구조형썸발변환자와 오목구조형썸발변환자의 파괴압력한계를 고찰하였다.

그림 3에 파괴압력한계를 모의해석하기 위한 변환자의 2차원축대칭모형을 주었다.

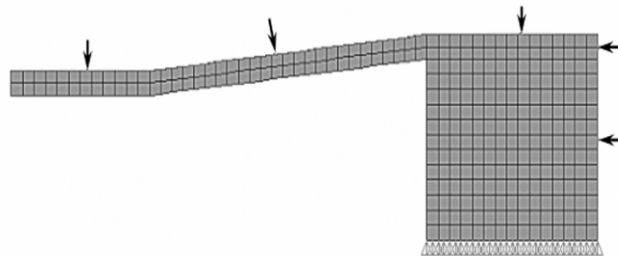


그림 3. 파괴압력한계를 모의해석하기 위한 변환자의 2차원축대칭모형

금속모자의 파괴가 모자옷부분의 변형으로부터 시작된다고 보고 모자옷부분이 구부러지는 응력한계를 금속모자재료로 리용하는 황동재료의 류동한계구간(115MPa)으로 정하고 변환자의 결면에 가해지는 부하압력을 0.2MPa 로부터 0.2MPa 간격으로 증가시킬 때 금속모자의 옷부분에 집중되는 환산응력이 금속의 구부러짐세기와 같아지게 되는 부하압력값을 찾아내는 방법으로 해석을 진행하였다.

그림 4에 썸발변환자의 림계파괴압력을 보여주었다.

그림 4에서 보여주는바와 같이 각이한 금속모자의 홈깊이에서 오목구조형썸발변환자의 압력한계가 볼록구조형썸발변환자의 압력한계보다 약 2배 높다.

이로부터 오목구조형썸발변환자는 볼록구조형썸발변환자에 비하여 정수압에 견딜수 있는 압력한계가 약 2배정도 높다는것을 알수 있다.

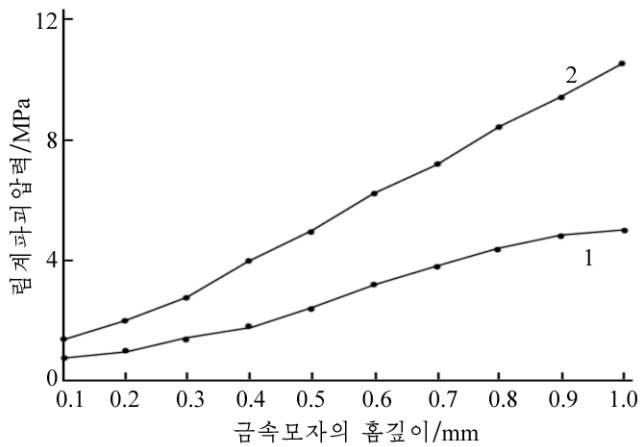


그림 4. 씰발변환자의 림계파괴압력

1-불록구조형, 2-오목구조형

2. 실험 및 결과분석

씰발변환자에서 금속모자의 각이한 홈깊이에서 모자변형이 일어나지 않는 최소외부압력을 계산하는 방법으로 파괴압력한계를 결정하였다. 이것을 실험적으로 확증하기 위하여 압력탱크에 변환자를 넣고 압력을 증가시켜 변환자의 내압특성을 검사하였다.

류체정력학적압력에 따른 씰발변환자의 파괴한계측정은 압력에 따른 주파수-전도도특성의 비가역변화를 측정하는 방법으로 진행하였다. 즉 외부압력을 1기압(0.1MPa)씩 올렸다가 본래상태로 내리운 압력에서의 주파수-전도도특성이 가역적인가 비가역적인가를 측정하는 방법으로 진행하였다. 홈깊이가 서로 다른 5종(150, 300, 400, 600, 800 μ m)의 씰발변환자를 각각 4개씩 40개를 불록구조형과 오목구조형으로 제작하여 실험을 진행하였다.(그림 5)

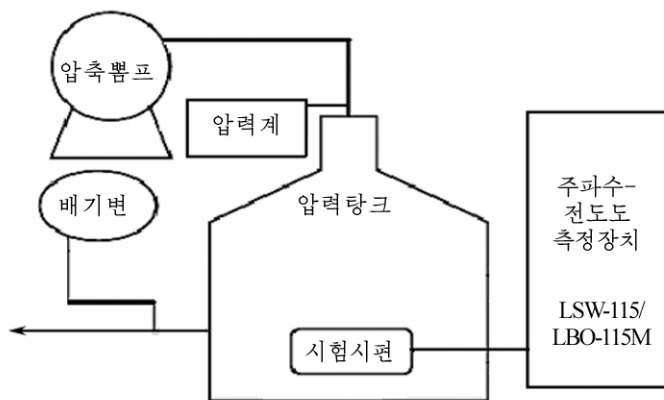


그림 5. 류체정력학적압력에 따른 림계파괴압력측정체계

같은 홈깊이를 가진 시편들에 대한 림계파괴압력측정결과와 유한요소모의결과를 그림 6에 주었다.

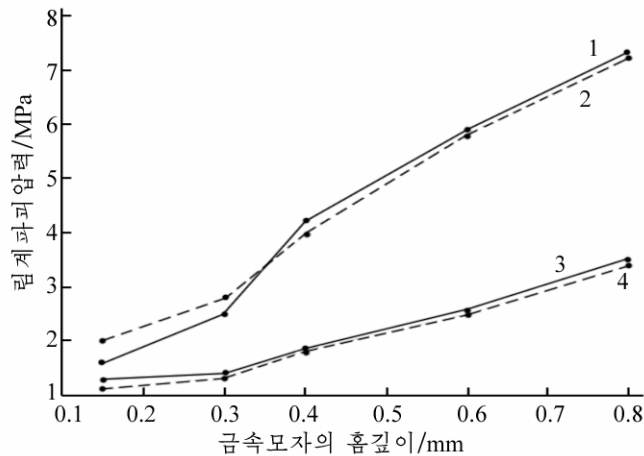


그림 6. 같은 홈깊이를 가진 시편들에 대한 림계파괴 압력 측정 결과와 유한요소모의 결과
1, 2는 오목구조형심발변환자의 모의값과 실험값,
3, 4는 볼록구조형심발변환자의 모의값과 실험값

그림 6에서 보는바와 같이 유한요소모의값과 실험값은 서로 유사하며 오목구조형심발변환자가 볼록구조형심발변환자에 비하여 압력파괴한계가 2배정도 크다.

맺는 말

금속모자의 홈깊이변화에 따르는 림계파괴압력을 볼록구조와 오목구조의 심발변환자에 대하여 해석하고 비교함으로써 오목구조형심발변환자가 볼록구조형심발변환자에 비하여 정수압에 견딜수 있는 림계파괴압력이 2배정도 크다는것을 밝혔다.

참고 문헌

- [1] J. Zhang; Mat. Res. Innovat., 2, 252, 1999.
- [2] E. Uzgur; IEEE Journal of Oceanic Engineering, 32, 2, 408, 2007.
- [3] T. Jun; Mat. Res. Innovat., 18, 2, 412, 2014.
- [4] F. Bejarano; Sensors and Actuators, A 210, 182, 2014.

주제108(2019)년 12월 5일 원고접수

On the Hydrostatic Pressure Characteristics with the Various Geometric Parameters in Concave Cymbal Transducer

Pak Myong Il, Ri Ui Hwan

We analyzed the hydrostatic pressure tolerance with the various cavity depth of metal endcaps in the standard and concave cymbal transducers by using ANSYS for comparison. As a result, the pressure limit in the concave cymbal transducer was almost 2 times as large as in the standard cymbal transducers.

Keywords: concave cymbal transducer, pressure limit, metal endcaps, hydrostatic pressure