

## 특집

유체-구조 연성 진동

선박과 해양구조물의  
접수진동에 관한 연구동향

김 영 복\*

(경남대학교 조선해양T공학과)

## 1. 초기의 선박접수진동 연구동향

오늘날에는 선박진동에 미치는 주위 유체에 관한 영향은 잘 알려진 사실이 되었지만, 20세기 이전의 선박진동해석에 있어서는 물의 영향을 전혀 고려하지 않았다. 선박진동에서 접수효과를 다루기 시작한 연구는 20세기 초 Gümbel로부터 시작된 것으로 알려져 있다. Gümbel은 1901년 발표된 그의 논문에서 처음 선박진동에 미치는 물의 영향에 대해 언급하였는데, 선체진동에 수반된 주위의 물의 진동가속도 때문에 진동관성력이 3/4정도 증가한다고 기술하였다. 아쉬운 것은 그의 주장을 뒷받침할 만한 계산이나 공기중과 수중 실험에 의한 진동계측 결과비교 등 검증에 관한 기술이 없었다는 것이다. 이에 이어 1906년에는 Yokota가 선체진동 계산방법을 발표하였는데, 이것은 선체와 상이한 변단면보의 진동방정식을 도식적으로 푸는 방법이었다. Terada는 Yokota의 논문을 검토한 후, 선체와 함께 진동하는 물의 관성력이 수반하리라는 것을 생각하고 보의 공기중과 수중에서의 고유진동수 차이를 조사하였다. Yokota가 실험한 어뢰함정의 모형선을 빌려서 공기중과 수중에서의 고유진동수를 계측하였는데, 그 결과 수중에 떠 있을 때의 함정의 고유진동수가 공기중에서의 고유진동수의 약 80%에 해당한다는 사실을 밝혔다. 당시 함정의

모형선은 목재로 제작되어 있었는데, 1907년 이후에는 다시 Yokota가 같은 모형선을 다른 재료로 제작하여 유사한 실험을 수행하여 좀 더 실선에 접근한 실험 결과를 얻으려는 노력을 계속 이어갔다.

1921년에 Lamb, H.은 선박에 쓰이는 대표적인 부재에 해당하는 평판 중에서 원판에 대한 접수진동에 관해 논문을 발표하였다. 이는 선박을 구성하는 국부구조부재로서 대표적인 평판 또는 보강된 평판을 물에 접수시킨 후 진동을 계산 또는 실험계측하여 주변 유체의 영향을 파악하려는 연구이며, 이를 통해 얻어진 유체의 진동특성을 실선에 확대적용하여 유체부가수질량 및 모멘트의 영향을 고려하려는 시도였다. 때로는 물이나 기름으로 채워진 탱크에 대한 진동을 계산을 위해 사용되기도 하였다.

1924년에 Nicholls, H. W.는 박판의 중공보를 이용하여 탄성변형에너지는 중급힘모멘트에 의한 에너지, 전단력에 의한 에너지와 중력에너지로 구별하고, 운동에너지는 상하방향속도기여분, 각속도 기여분 및 수중의 유선을 따라가는 유체 유동에너지로 구별하여 각각의 기여분을 Tobin 방식에 따라 300 ft 선박을 이용하여 수치계산하여 비교한 연구를 발표하였다. 계산결과 굽힘과 전단에너지의 비는 16%이고 단면의 회전관성에너지는 무시할만 하며, 부가수 질량은 배수량의

\* E-mail : ybkim-1@kyungnam.ac.kr / (055) 249-2718

약 50 %가 됨을 밝혔다. 또한  $30" \times 2" \times 0.312"$  통관에  $1.25"$  두께 목재를 접착한 직사각형 단면보와 정삼각형 단면보를 사용한 선박모델에 대해 공기중과 수중에서의 진동수를 계산하고 실험을 통해 측정하여 부가수 질량을 구하였다. 이는 그 후에 Kumai, T.에 의해서도 입증되었으며, 이에 추가하여 비틀진동에 대해서는 물의 부가수 질량 관성모멘트를 무시할 수 없음을 계산을 통해 입증하였다.

1927년과 1930년 사이에 Moulin, E. D.와 Brown, A. D.는 균일단면보의 모델에 미치는 부가수 질량에 관한 모형실험 결과를 발표하였다. 이 결과를 이용하여 수평진동의 2절진동 고유진동수를 추정하는 간략식을 제시하였다.

1929년에는 Lewis, F. M.은 미국조선학회논문집에 부가수 질량이 선체진동에 미치는 영향에 관해 기술한 논문을 게재하였는데, 이 논문은 선박진동에 있어서의 부가수 질량 영향에 관해 이론적인 접근방법을 제시한 논문으로서 이후 유명한 논문이 되었다. 이 논문에서 Lewis는 선체상하진동에 있어서 부가수 질량에 의한 진동에너지는 전체에너지의 약 50 %가 중앙부에 위치하고, 길이방향 분포상태는 수선면 면적크기에 비례한다고 하였다. 또한 부가수 질량 선박의 길이방향 분포상태는 선형에 따라 달라진다는 것을 이론적으로 입증하였다. 회전타원체에 대한 부가수 질량 계산결과로부터 얻은 3차원 수정계수  $J$ 를 사용하여 2차원 계산결과를 수정하는 방법을 제시하였다. 이 논문에서는 선체단면을 수학적 형상으로 정형화시키기 위한 방법으로 단면형상 근사 등각사상함수를 사용하였는데, 이를 통해 투영된 등각사상함수에 의한 2차원 선체단면형상이 이론계산에 사용하는 것이 가능하게 되었으며, 이를 Lewis 단면이라고 부르게 되었다. 그 이전부터 부가수 질량을 유도하기 위한 이론식을 유도하려고 연구 중이던 일본의 조선학자들에게는 이 논문이 획기적인 논문이 되었으며, 이후로부터 일본 조선학자들은 이 방법을 선체 부가수 질량을 계산하는 일반적인 방법

으로 채택하여 많은 연구를 진행시켰으며, 그 결과 실무에 적용할 수 있는 많은 유용한 결과를 얻어냈다.

1930년에는 Taylor, J. L.가 부가수 질량에 관한 여러 가지 기본적인 문제를 수학적으로 취급하는 방법에 관한 논문을 발표하였다. 이 논문의 Part I에서는 단면형상을 여러 가지 원호의 조합으로 이루어진 주상복합체로 가정하고, 이러한 구조체가 무한수역에 잠겨 있어서 진동하는 경우의 2차원 부가수 질량 계산예를 제시했다. Part II에서는 유체역에 대해 2차원 속도포텐셜 함수를 도입하고 자유수면의 경계조건을 적용하여 해를 구하는 방법에 관해 기술하였다. Part III에서는 유한수역에서 진동하는 주상체에 대한 부가수 질량 계산 예를 몇가지 보였다. Part IV에서는 3차원 부가수 질량 계산예를 보이고 있는데, 무한장 원통과 회전타원체를 수학적 모형으로 채택하였는데, 이것은 Lewis의 회전타원체와는 다른 단면을 가진 모형이었다. 또한 Taylor는 회전관성을 고려하지 않았으며, 따라서 3차원 수정계수  $J$  값이 Lewis의 값보다 작게 나타났다. 같은 해 Taylor, J. L.는 RINA 논문에 실선진동계측 자료를 근거로 감쇠계수를 계산한 결과를 발표하였으며, 이와 더불어 수평진동의 부가수 질량에 대해 선체양단에서는  $0.6d^2$ , 중앙부에서는  $0.8d^2$ 에 비례한다는 사실을 밝혔다.

1933년에 Watanabe는 횡동요의 걸보기 관성력에 관한 논문을 발표했는데, 이 계산방법은 그대로 선체비틀진동의 부가관성모멘트 계산에 적용할 수 있는 방법이다. 이때 빌지용골에 대한 영향을 이론적으로 고찰하였는데, 빌지용골을 갖는 선박의 단면을 등각사상함수로 나타내고, 이 단면에 대해 2차원 부가수 질량 관성모멘트를 구하였다.

같은 해 Koch는 선체상하, 수평진동에 있어서의 2차원 부가수 질량의 천수영향을 실험적으로 조사한 논문을 발표하였다. 유체의 속도포텐셜을 전기적으로 유추해 내는 방법을 사용하였는데, 직사각형 형상의 수조에서의 실험에서는 직

사각형 단면의 구조체를 유한수역에서의 선체 중앙부단면으로 간주하고, 상하진동 때는 수직 방향에서 선체모델과 같은 크기의 동일한 형상의 금속판을 준비하고 수평진동일 때는 선체와 동일하게 금속판을 준비한 후에 각각의 진동모드에 따라 금속판의 전위차를 측정함으로써 부가수 질량의 크기를 구하는 방법을 사용하였다. 이에 따라 구한 2차원 부가수 질량 계수인 Lewis의  $C_v$  값과 Landweber의  $C_H$  값이 잘 일치하고 있음을 입증하였다.

## 2. 2차 세계대전 이후의 선박접수진동 연구동향

이전까지는 선체진동 연구초기 때의 접수진동에 관한 연구동향이였다. 선체진동연구와 병행하여 접수진동연구의 역사를 개략적으로 살펴보면 다음과 같이 요약해 볼수가 있다. 즉, 1920년대에서 30년대로 넘어오면서 부터는 주기관이 증기기관에서 디젤기관으로 변경되는 과정에서 야기되는 선체진동문제가 주를 이루었다. 제2차 세계대전이 발발한 즈음부터는 선박의 제작에 리벳보다는 작업효율이 우수하고 튼튼한 전기용접에 의해 선체를 건조하는 경향을 보이게 되었고, 일반화물선과 유조선의 선속이 크게 빨라지게 되었는데, 이에 따른 선체진동문제도 다양한 양상을 띄게 되었다. 프로펠러는 그중의 하나로 고속선의 등장으로 프로펠러 날개수 해당 차수에 해당하는 선체표면력으로 작용하는 프로펠러 변동압력이 커지게 되었으며, 이로 인해 선체고차진동과 거주구 진동 응답이 커지게 되었다.

1947년에 Prohaska는 2절 선체상하 고유진동수 계산방법을 소개하면서, 특수수선형 단면의 상하진동에 대한 2차원 부가수 질량 계산결과 및 모형실험 결과를 보여주고 있다. 이 단면은 Lewis의 단면중 선체선수 bulb를 갖는 단면 및 bilge keel을 갖는 단면을 찾아냈으며, 이것중 후자는 Watanabe의 단면과 동일한 것임을 밝혔다.

이를 그는 Watanabe의 hydro-trochoidal coordinate 라고 명명하였다.

1948년에는 Yoshiki 등에 의해 선체진동 부가수 질량의 천수 및 측벽효과를 이론적으로 계산하고, 모형실험 계측을 통해 검증한 결과를 발표하였다. 이때 사용한 모델은 원다면과 원통 실린더였으며 유체의 속도포텐셜함수를 이용하여 2차원과 3차원 부가수 질량을 계산하였으며, 진동수 실험에서는 완전 물수인 경우와 반 물수인 경우에 대해 측벽과 바닥면이 있을 때와 없을 때의 진동수를 계측하여 서로 비교함으로써 측벽과 바닥면이 부가수 질량에 미치는 효과를 추정하였다.

1950년에 들어서는 독일의 Kurt Wendel이 독일 조선학회지에 부가수 질량 및 관성모멘트에 관한 논문을 발표하였다. 그의 논문에서는 Lamb가 사용한 타원단면형에 대한 이론해석을 시도한 결과와 Koch의 유추실험 및 Lewis의 계산결과를 소개하면서 정사각형 단면과 bilge keel이 있는 단면에 대한 자신의 계산결과를 보여주고 있으며, bilge keel의 유용성을 입증하였다.

1957년에 Landweber는 선체의 수평진동에 대해 Lewis form 단면의 2차원 부가수 질량을 이론적으로 계산하고, 이를 통해 자유수면이 존재할 때와 물수 때의 2차원 부가수 질량계수를 제안하였다.

1960년에는 Kito는 선박내 탱크에 물이 채워져 있을 때 이의 부가수 질량을 이론적으로 계산하였다. 그 외에 직사각형 수로 진동문제도 다루었는데 수로 측벽 사변이 모두 진동하는 경우에 대한 부가수 질량을 구하였다. Tomita는 4가지 주상체 단면에 대한 부가수 질량의 수심에 따른 변화를 계산하여 Prohaska공식을 개선한 식을 제안하였다. 이후로도 Havelock, Marwood & Johnson 등 많은 학자들에 의해 선박이 운항하는 강이나 수로 등의 항로에서의 유체의 경계조건에 따른 부가수 질량의 변화에 관한 연구가 수없이 이어져왔다. 1969년도에 Kumai는 선체 화물창 중앙부 바닥판의 관성효과가 선체거더 진동에 미치는

영향에 관해 연구하였으며, 2차원 부가수 질량관성모멘트 증가비율을 계산하였다.

1960년대 이후에는 선박대형화와 고속화로 인해 야기되는 선체진동 문제를 해결하기 위한 국제협업체가 속속 등장하게 되었으며, 이 때 이후 나타나게 된 선박의 대형화 경향은 새로운 선체진동과 거주구 진동문제를 일으키게 되었다. 선체진동연구의 초기에 해당하는 1900년대 초부터 1960년대 초기에 이르는 이 시기에는 부가수 질량이 선체진동에 미치는 영향을 2차원적인 단면을 통해 정식화하고, 실험을 통해 3차원 수정계수를 찾으려는 연구가 계속해서 이루어져 왔다. 이때는 공학계산용 전산기의 발달이 아직 이루어지기 전이었으며, 현재의 전산시스템을 이용해 수치해를 구하는 과정을 상상할 수 없는 시기였기 때문에 당연히 이론적인 완전해를 구하는 것이 필요했으며, 이에 따라 2차원형상을 가정한 이론해석 방법이 주로 시도될 수밖에 없었던 시기였다.

### 3. 최근의 선박 및 해양구조물의 접수진동 연구동향

1970년대 부터는 진동을 위한 수치계산에 전산기가 본격적으로 도입되게 되었으며, 이후로 선체진동해석에 있어서 비약적인 발전이 이루어지게 된 시기이다. 이 시기에도 평판의 접수진동해석을 위해 고전적인 방법을 사용한 연구가 전산수치해석 기법의 연구와 병행하여 계속해서 진행되고는 있었지만, 많은 연구가 접수된 선체의 부가수 질량을 구하기 위해 수치해석기법을 이용하기 시작하였다. 이것은 2차원 선체단면을 수학적인 형상으로 정형화시키기 위한 방법으로 단면형상 근사 등각사상함수를 사용하고, 투영된 등각사상함수에 의한 2차원 선체단면형상에 대한 2차원 부가수 질량을 이론적으로 계산한 후에, 모델실험을 통해 3차원 수정계수를 구하는 작업을 대신할 수 있는 방법이 개발된 것을 의미한다.

1975년도는 Fujii, K. 등은 유체와 유체를 담고 있는 탱크의 연성진동해석기법에 관해 연구 결과를 논문으로 발표했는데, 이 논문에서는 판이론을 이용하여 평판이 굽힘변형을 받을 때를 가정해서 진동방정식을 정식화하였고, 수치해석을 위해 FEM기법을 사용하였으며, 해석시간을 단축시키기 위해 효과적인 매트릭스 해석기법을 채택하였다. 또한 실제 선박에 간편하게 적용하기 위해, 물에 잠긴 탱크구조 내부에 종부재와 결합된 web frame의 진동문제를 에너지방법으로 정식화하여 고유진동수와 진동모드를 구하는 실험치와 비교하여 잘 일치함을 보였다. Lamb의 원판에 대한 고유진동 해석결과와 상기의 에너지방법에 의한 계산결과와 비교하여 잘 일치함을 보였다.

1991년에 발표한 Endo, H.의 논문에 의하면 유탄성(hydroelasticity) 문제를 상사법칙에 의해 정식화하여 유탄성해석 기본식을 유도하였다. 이 논문의 목적은 Tonmosenko 방정식을 변형하여 선체의 비틀진동방정식을 개발하기 위한 것인데, Kumai에 의해 상하굽힘과 전단변형에 의한 선체진동의 자유진동해석에도 적용되었다. Froude수를 기반으로 부유체를 따라 운동하는 유체거동에서의 상사성을 가정하여 부유체의 운동특성을 기술하였다. 따라서 유체와 구조가 기하학적으로 완전히 유사성을 유지하면서 운동한다면 단일한 한 개의 운동방정식으로 유체와 구조물의 운동을 함께 표현하는 방정식을 유도하였다. 자유진동수 민감도해석을 통해 모든 매개변수들의 기여도를 평가하였다. 결론적으로 1) 중공보 구조물의 경우에는 정적 복원력효과 상사는 낮은 진동모드 범위에 있고, 탄성특성모드의 범위는 고차모드에 있으며, 2) 상사성 특징은 상하굽힘모드 진동에서는 굽힘강성, 전단강성 순으로 기여도가 나타나며, 비틀모드 진동에서는 전단강성, 비틀강성의 순으로 기여도가 높으며, 3) 전단강성 상사 기여도는 특히 고차모드에 있음을 밝혔다.

1992년에는 Ergin, A.와 Price, W. G. 등이 유한



한 수심의 물속에 잠겨있는 실린더형 부유체에 대해 동적 특성해석기법에 관한 연구논문을 발표했는데, 이 기법이 최근에 선체진동해석에 자주 적용되고 있는 유탄성해석기법 중의 하나이다. 이 논문에서는 유탄성해석기법을 정식화하고 길이 1.284 m, 반경 0.18 m, 두께 3 mm인 박판 구조이면서 양단의 뚜껑을 평평한 셸 구조로 막은 mild steel로 제작된 실린더를 택하여 수치해석과 실험을 통해 고유진동수를 구하고 상호 수치를 비교한 연구결과를 보였다. 이때 잠수된 실린더 잠긴 수심의 깊이에 따라 고정시킨 테더의 위치도 변경시켜 가면서 자유수면과 경계조건의 영향과 천수 영향 등도 실험과 수치해석을 통해 검토하였다. 이전에 잠수체에 대해 추구된 연구에서는 무한장이며 접수면이 특별한 단일 좌표로만 표현 가능한 경우외에는 해를 구할 수 없다는 문제점을 가지고 있었다. 이를 극복하기 위한 한 방법으로 상기 논문의 연구에서는 최근에 Gear에 의해 개발되어 주로 수중 잠수체의 폭발문제에 적용하고 있는 유탄성기법인 DDA(double asymptotic approximation) 기법의 장단점을 검토한 후에, 이 기법은 내재된 해석결과의 부정확성과 불확실성에 대해 아직 검증이 덜된 점을 지적하고 있다. 결국 세 번째 대안으로서 Bishop 등이 제안한 유체구조의 단일 방정식을 세우는 기법을 채택하게 되었는데, 그 이유는 이 기법이 가지고 있는 두 개 파트의 해석기법에 있다고 설명하고 있다, 첫째는 dry or in-vacuo 해석인데, 이는 구조가 자유롭게 in-vacuo(공기 중)에서 외부 감쇠나 외력이 없이도 진동하는 문제에 적용될 수 있으며, 둘째는 접수해석(wet analysis) 기능인데, 이는 유연한 탄성체로 취급되는 구조체에 유체거동을 외력으로 데입시켜 한 식으로 정식화하여 풀 수 있는 기능이다. 이 기법을 이용하여 상기에서 설명한 실린더 셸 구조체에 대해 공기중과 수중에서 수치해석과 실험을 수행하고 고유진동수를 구한 후 상호 값을 비교하여 잘 일치함을 확인하였다. 이를 실선에 적용한 두 가지 예에 대해서도

기술하였는데, 하나는 SWASH(small waterplane area twin hull)에 적용한 예이고 다른 하나는 공해 상에서 불규칙파를 맞으며 계류되어 있는 jack-up rig에 적용한 예이다. 이들 실선박과 해양구조물에 유탄성해석기법을 적용하면 구조물의 동적거동과 구조물 임의 위치에서의 응력값을 정확히 추정하여 얻을 수 있게 된다. 이것이 유탄성해석을 하는 이유이다. 이 논문에서는 잠수체의 유체동역학적계수 행렬이 전 자유도에 대해 연성되어 있는데, 이 행렬의 off-diagonal term들은 diagonal term에 비해 무시할 정도로 작기 때문에 diagonal term으로 만 이루어진 유체동역계수 행렬로 취급해도 무방하다고 언급하고 있다.

1980년 초기에 등장한 Brebbia, C. A. 등이 정립한 BEM(boundary element method) 기법은 임의 형상에 대한 3차원 접수진동의 유체 부가수 질량을 수치해석적으로 풀 수 있도록 도와주었다. 이는 2차원 부가수 질량을 구하고 3차원 형상에 대한 수정계수를 실험적으로 구하는 고된 작업을 이제 더 이상 수행하지 않고도 정도 높은 3차원 부가수 질량을 임의 형상의 단면에 대해 구할 수 있게 되었다. 이에 더하여 이미 1950년대 초에 FEM 수치해석기법이 개발되어 토목에서부터 공학적인 문제해결에 적용되어 왔는데, 이제 FEM 기법을 선체진동해석에 적용(Zienkiewicz, O. C.)하면 BEM 기법으로 유체력을 구한 후에는 선체구조에 유체질량을 반영하여 FEM 기법으로 대형 선박의 진동해석을 비교적 짧은 시간내에 수행할 수 있게 되었다. 대형 구조물이나 여러 가지 공학적인 문제에 광범위하게 사용되는 범용 패키지 프로그램인 NASTRAN, ANSYS, ABAQUS 또는 ADINA 등의 프로그램들에는 접수진동문제를 풀기위해 진화를 거듭하여 왔으며, 최근에는 어느 정도 해석기법과 절차를 정례화하기에 이르렀다. 예를들면, NASTRAN의 virtual fluid mass 기능은 선체와 같은 부유체에 적용하기 적합한 기능으로써 자유수면위에 떠 있는 선박의 외부 접수된 해수를 고려할 때와 선박내부의 물탱크가

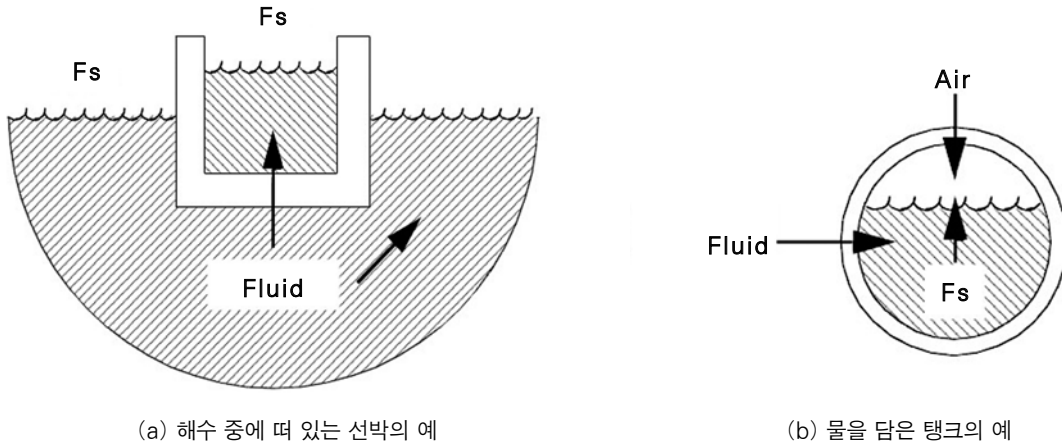


그림 1 선박 주위의 유체와 탱크 내부 유체에 대한 기상유체질량 계산 수치 모델의 예

자유수면을 가지고 있는 경우에 적용이 적합한 기능으로써 그림1의 (a)와 (b)의 두 경우가 이에 해당한다.

이에 더하여 1990년 경부터는 선체의 동적거동의 연구에서는 유체의 거동과 구조체의 거동을 동시에 해석하려는, 소위 유체-구조 연성해석(fluid-structure interaction)기법을 진동해석에 이용하려는 경향이 많아지고 있다. 따라서, 최근에 학회를 통해 발표되는 선체진동에 관한 연구된 논문에서는 대부분 FEM-BEM 기법을 혼용한 해석법에 관한 것이든지, 아니면 유체-구조 연성기법을 진동해석에 적용한 연구들로 이루어져 있다. 특히, VLCC와 같은 대형 해상구조물의 경우에는 물의 거동과 동일하게 구조체도 탄성거동을 하는 것으로 취급해야지 만 유체와 구조응답에 대한 정도 높은 결과를 기대할 수 있게 되었다. 최근 컨테이너선은 10,000 TEU를 넘어 초대형화되어 가고 있는 추세인데, 40m가 넘는 광폭과 350 m 이상의 길이를 갖는 초대형선에 대한 동거동해석을 위해서는 유탄성해석을 해 주어야 하며, 선주들의 요구동향도 대형 컨테이너선에 대해 유체탄성해석을 요구하는 추세이다.

해양구조물의 진동해석의 경우를 보면, 대개의

경우가 선박의 프로펠러나 주기관에 해당할 정도의 큰 기진력이 존재하지 않으며, 유일하게 불규칙파도와 바람에 의한 풍력이 존재할 뿐이다. 해수 중에 떠 있는 파도에 의한 해양구조물의 전체 응답문제는 더 이상 진동문제가 아니고 주파수가 1 Hz 이하로 상당히 낮은 구조물의 강제운동에 관한 문제로 전환된다. 결국 해양구조물의 동적 특성은 구조물의 운동성능에 관한 global performance를 검토하는 연구로 귀착된다. 따라서 최근의 해양구조물에 관한 동적거동에 관한 연구를 보면, 구조물의 상하운동(heave)에 미치는 유체의 부가수 질량의 변동력에 관한 연구(Tabeshpour, M. R. & Golafshani, A. A. 외, Sinda, J. K., Singh, S., & Rao, A. R.)나, 국부 진동문제로는 기름 또는 물 탱크의 국부진동문제에 관한 연구(Barlett, S. 외, 최수현)등이 있으며, 추가한다면 디젤발전기와 같은 보기류에 의한 국부진동문제가 대부분을 이루고 있다(김희원 등).

#### 4. 맺음말

선체와 해양구조물의 접수진동문제에 관한 연구동향을 고전적인 유래로부터 시작하여 최근의 경향까지를 살펴보았다.

1990년대 초기에 해당하는 선체진동에 관한 연구의 태동기에는 선체에 접수된 유체의 영향을 전혀 고려하지 않은 때도 있었다. 그 이후 유체의 진동에 미치는 영향이 실험 및 계측을 통해 밝혀지면서 이에 관한 연구가 활발히 진행되었다. 1910년대와 1960년대 초반까지는 보유추에 의한 선체진동 해석기법의 주를 이루고 있었으며, 따라서 접수된 유체의 부가수 질량과 유체관성 모멘트는 2차원 단면에 대한 이론식과 보정계수를 사용하였으며, 3차원 부가수 질량 수정계수를 고려하여 3차원으로 수정된 값을 선체진동 해석에 적용하여 왔다. 그 후 1970년대 들어서면서 부터는 FEM과 BEM 등 수치해석법의 발달과 전산기의 발달로 선체접수진동 기법에서도 많은 발전을 가져 왔으며, 이에 따라 유체력을 BEM으로

계산하여 구조물의 질량에 추가시키고, 다시 구조물의 진동을 FEM기법을 이용해 해석하는 FE-BEM 기법이 일반적으로 많이 사용하는 기법으로 대중화되었다. 상용화된 범용 패키지 프로그램들은 이런 추세를 선도하여 기술개발을 이끄는 역할을 담당하였다.

최근의 추세를 보면, 선박이 점점 대형화되어 가면서 유체-구조 상호작용해석(FSI)의 필요성이 더욱 강조되고 있다. 현재의 추세라면 대형 선박과 해상구조물에는 유탄성해석이 일반화될 날이 멀지 않은 것으로 보여진다. 하지만 대양에 계류되어 떠 있는 해양구조물의 경우에는 여전히 부유체의 강제운동과 탱크나 장비류의 지지대 구조의 진동문제가 여전히 설계자와 연구자의 관심대상이다. **KSNVE**

[기획 : 문석준 부문리더 sjmoon@kimm.re.kr]

## “한국소음진동공학회 논문원고 집필요강 등 부분 개정”

우리 학회에서는 논문의 2중 투고에 대한 제재 조치로 논문원고 집필요강과 저작권 양도 동의서의 동의의 내용 및 조건의 내용을 일부 개정하였습니다.(2011년 6월 24일)

### 개정 내용

#### □ 논문원고 집필요강

1. 논문집의 내용은 타 잡지에 투고 또는 발표되지 않은 것으로 소음진동공학과 관련하여 독창적이며 학문적 가치가 높은 것으로 한다.

#### □ 저작권 양도 동의의 내용 및 조건

- 3.(3) 본 저작권 양도 동의서에 서명함으로써 저자는 본 논문이 학술대회에서 발표를 제외한 다른 형태로 투고 또는 발간되지 않았으며, 타인의 저작권을 침해하는 불법적인 내용을 포함하지 않았음을 서약한다.