

“「점진붕괴(Progressive Collapse)란 무엇인가?」를 읽고”에 답하며

조 상 래
 <울산대학교 교수>

본지 제29권 제3호(1992년 9월호)에 필자가 해설 기사로 기고한 「점진붕괴(Progressive Collapse)란 무엇인가?」에 대한 부산대 백접기 회원의 의견이 본지 제29권 제4호(1992년 12월호)에 발표되었다. 알차지 못한 내용, 그리고 다듬어지지 못한 표현에도 불구하고 이에 대한 의견을 발표해 주심에 먼저 감사를 드린다. 더욱이나 아직 학회지나 논문집에 발표된 글에 대한 논평이나 토의가 익숙치 않은 우리 학회의 사정을 감안하면 영광스럽기도 하다. 점진붕괴가 무엇인지를 보다 정확히 정의하고 이에 관한 연구의 필요성을 알리기 위해 백회원의 의견에 대한 본 필자의 의견과 제29권 제3호에 게재된 내용의 보충 설명을 하고자 한다.

구조물이 그 기능을 잃게되는 한계상태를 이미 밝힌 바와 같이 최종강도 한계상태(Ultimate Limit State), 피로강도 한계상태(Fatigue Limit State), 점진붕괴 한계상태(Progressive Collapse Limit State) 및 운항여건 한계상태(Serviseability Limit State)의 네 가지로 나누었다[1]. 각각의 한계상태에 대한 설명 역시 이미 주어졌지만 설명의 전개에 필요하다고 판단되어 최

종강도와 점진붕괴 한계상태에 대한 설명을 여기에 다시 옮기기로 한다.

- 최종강도 한계상태 : 구조물이 견딜 수 있는 최대하중보다 큰 하중이 작용되어 붕괴가 되는 경우
- 점진붕괴 한계상태 : 어떤 사고에 의해 구조물에 국부적인 손상이 발생된 후 손상구조물이 견딜 수 있는 최대하중(즉 잔류강도)보다 큰 하중이 작용하여 붕괴되는 경우

한계상태의 분류에 대한 백회원의 의견은 건전상태(손상을 입지 않은)인 구조물의 잉여강도와 손상된 구조물의 잔류강도를 함께 묶어 최종강도 한계상태로 하고 점진붕괴 한계상태를 없애는 것이 어떠냐는 것이다. 한계상태를 나누게 되면 다음으로 각 한계상태가 발생할 확률(즉 구조물이 부여된 기능을 잃을 확률)을 구하게 되는데 백회원의 의견대로(최종강도, 피로강도, 운항여건 한계상태의 세가지)분류하는 경우의 문제점으로 각

한계상태에 도달할 확률을 구하는 과정의 어려움을 먼저 들 수 있다.

손상이 없는 구조물인 경우는 구조물이 견딜 수 있는 최대하중과 구조물에 작용되는 하중에 관한 정보가 제공되면 최종강도 한계상태에 도달할 확률을 구할 수 있다. 하지만 구조물이 어떤 사고에 의해 손상을 입은 후 큰 하중을 받아 붕괴되는 경우는 손상이 발생할 확률을 모르는 채 손상구조물의 잔류강도에 관한 정보만 가지고는 우리가 설계, 건조할 구조물의 한계상태에 도달할 확률을 구할 수 없다. 이 때문에 최종강도 한계상태와 점진붕괴 한계상태는 독립적인 사건이 되는 것이고 따라서 이들을 별도로 다루어야 하는 것이다.

구조 부재가 붕괴되는 요인에 대해 가장 많이 접할 수 있는 것인 기둥(Column : 축압축력을 받는 가늘고 긴 부재)을 예로 들어 설명을 해보자. 기둥의 단면적을 나타내는 치수에 비해 길이가 굉장히 길고 가는 장주(Slender Column)의 경우는 작용 압축력을 단면적으로 나눈 평균 응력이 재료의 항복응력에 훨씬 못미치는 값에서 급작스레 탄성좌굴(Buckling) 현상이 발생하게 되고 이때의 하중치가 이 기둥이 견딜 수 있는 최대 압축력이 된다. 이와 반대로 길이가 굉장히 짧은 단주(Stocky Column)의 경우는 평균 압축응력이 재료의 항복치에 도달(Yielding)할 때 붕괴되는 것으로 간주할 수 있다. 그러나 우리가 주로 사용하는 경우인 중간주(Intermediate Column)의 경우는 탄성좌굴과 항복의 상호작용(Interacion)에 의해 붕괴하게 된다. 선체나 해양구조물에 사용되는 대부분의 구조 부재는 기둥으로 치면 중간주에 해당하게 되어 탄성좌굴과 항복의 상호작용에 의한 붕괴가 가장 많이 발생하게 된다.

항복에 의하거나 또는 항복과 탄성좌굴의 상호작용에 의해 붕괴되는 탄성좌굴에 의한 붕괴처럼 급작스러운(Catastrophic) 것이 아니고 점진적으로(Progressively) 붕괴된다. 또한 여러 구조 부재의 결합체인 선체나 해양구조물은 부정정(Redundant) 구조물로서 한 두개의 구성 부재 붕괴가 곧 바로 구조 시스템의 붕괴로 이어지는 것이 아니고 부분적인 붕괴가 점진적으로 진행되어 구조물 전체의 붕괴에 도달하게 된다. 다시 말하면 선체나

해양구조물의 최종강도 한계상태는 점진적으로 도달되는 한계상태라고 할 수 있다.

백회원께서는 점진붕괴를 구성 부재가 점진적으로 붕괴되는 것으로 보고 최종강도 한계상태에 포함시키자는 의견을 제시하였는데 구조물이 큰 하중을 받아 구성 부재가 점진적으로 붕괴되어 종국에는 구조물 자체의 붕괴에 도달하는 것은 최종강도 한계상태에서 정의하고 있는 상황 바로 그 자체이기 때문에 따로 추가할 내용이 아니다. 과연 최종강도와 관련되어 점진적으로(Progressively) 붕괴되는 경우를 'Progressive Collapes'라고 부를 수 있는지는 것이 문제다. 만약 이를 인정한다면 놀웨이 선급 규정에서 정의하는 것과 혼동이 생기게 되는데 서로 다른 현상을 동일한 한 개의 명칭으로 부를 수는 없다고 판단된다.

관련 문헌을 조사해보면 Kavlie와 Soreide[2] 그리고 Amdahl, Taby와 Granli[3]는 해양구조물의 점진강도를 놀웨이 선급에서 정의하는 것과 동일한 의미로 사용하여 다루었고 제29권 제3호에서 소개하였듯이 일본의 Yao[4]는 점진적으로 붕괴되는 선체의 최종 종강도 문제를 'Progressive Collapse'로 칭하였다. 시간이 지나면 자연스럽게 정리될 문제로 보이는데 본 필자의 의견은 그 이유를 앞에서 밝혔듯이 놀웨이 선급의 분류 및 정의를 따르는 것이 좋겠다는 것이다.

다시 한번 부산대 백점기 회원의 논평에 감사드리며 앞으로 우리 조선학회에서도 토론과 논평이 활발한 분위기가 조성되는데 자그마한 기여가 되기를 희망하면서 이 글을 맺는다.

참고문헌

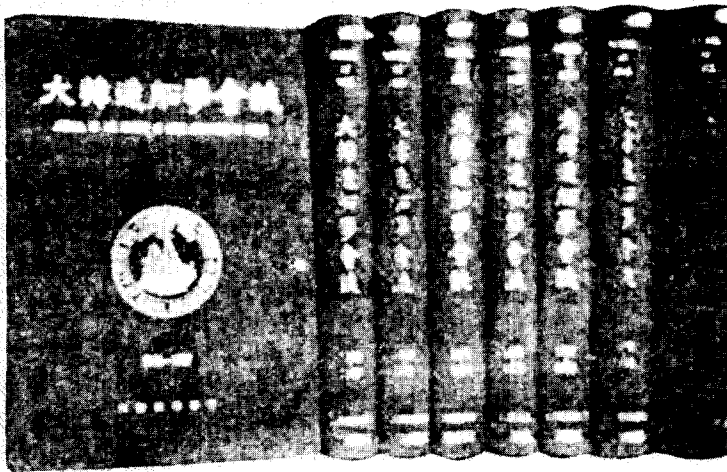
- [1] Det norske Veritas "Rules for the Design, Construction and Inspection of Offshore Structures", Oslo, 1997.
- [2] Kavlie, D and Soreide, T. "Progressive Collapse of Mobile Offshore Platforms", *Proc. 2nd Intl Sympo. on Practical Design in Shipbuilding (PRADS '83)*, Tokyo & Seoul, pp. 19-29, 1983.
- [3] Amdahl, J., Taby, J. and Granli, T. "Progressive Collapse Analysis of Mobile

Platforms", *Proc. 3rd Intl Sympo. on Practical Design of Ship and Moblic Units(PRADS '87)*, Trondheim, Norway. pp.1060-1072. 1987.

tudinal Bending", *Jour. of Society of Naval Architects of Japan*, vol. 170, pp.449-461, 1991(in English).

[4] Yao, T. and Nikolov, P.I. "Progressive Col-

대한조선학회지 제20권 1호부터 제27권 4호까지(총32권)을 4권으로 나누어 합본하였습니다. 한정된 부수를 제작한 관계로 구입을 희망하는 회원에게 신청순서에 따라 판매하고 있습니다.



4×6倍板
價格: 卷當 8,000원
(우송료 별도)

Vol.9 1983~1984, Vol.10 1985~1986 Vol.11 1987~1988, Vol.12 1989~1990

希望하시는 會員은 學會로 連絡바랍니다.

社團 大韓造船學會
法人

서울特別市 江南區 驛三洞 635-4
電話 568-7533, FAX 554-1006