

고층건물의 구조해석을 위한 컴퓨터 프로그램

이 동근

건축공학과

〈요약〉

지금까지 개발된 구조해석용 프로그램이 고층건물의 구조해석에 적합하지 못함을 개선하여 고층건물의 특성을 살린 구조해석을 할 수 있는 컴퓨터 프로그램을 개발함으로써 앞으로 세워질 고층건물을 더욱 안전하고 경제적이 되게 설계 할 수 있도록 한다.

일반적인 방법에 의한 결과와 여기서 보여 준 방법에 의한 결과를 비교해 보면 15층 이상의 건물을 설계 할 때는 일반적인 방법은 상당히 큰 오차를 가진 계산치를 얻게 하지만 여기서 제시한 새로운 방법은 실제 문제와 대단히 가까운 좋은 결과를 가져다 준다는 것을 알 수 있다. 이 새로운 방법은 충축을 예상하는 구조물의 설계에도 적용이 될 수 있으므로 그 활용범위는 대단히 넓을 것이다.

A Computer Program for Structural Analysis of High-Rise Buildings

Lee, Dong Guen
Dept. of Architecture

〈Abstract〉

Most of the strctural analysis programs are developed on such hypothesis that the hole building is built up in one step and the loading conditions are applied after the completion of the frame. But a high-rise building is built up not in one step but in as many steps as it's stories. Accordingly the dead loads must be applide through all the construction steps, while the live loads may be applied after the completion of the frame.

Here, we propose a new computer program for structural analysis of high-rise buildings. Some of the important points in this new program are as following.

1. Frame is not built in one step but in so many steps as it is.
2. Dead loads are applied through all the steps and makes the frame to deform.
3. After deformation, next step of construction and loadings are succeeded.

Comparing results from this new program with that of others, we can make such conclusion that in structural design for high-rise buildings of about 15 stories or more, we can design more economic and safe buildings by using this new program.

I. 서언

현재 국내에서 구조해석을 위해 많이 사용되고 있는 SAP IV, STRESS 등은 상당히 다양한 기능을

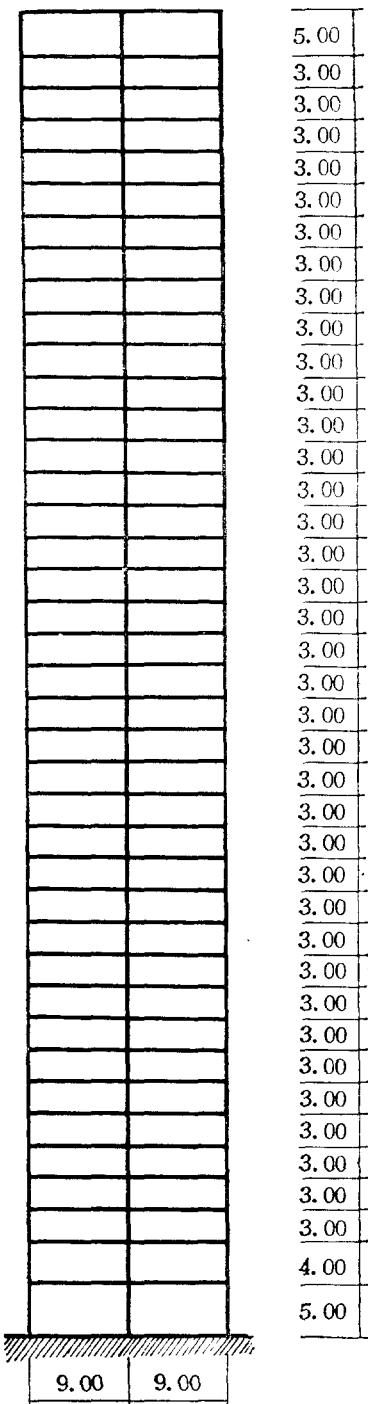
가진 우수한 프로그램으로써 그중에서도 SAP IV는 FRAME의 해석 뿐만 아니라 Plate, Pipe, Shell, Solid Element등의 해석도 가능하며 Dynamic Analysis까지 가능한 대단히 활용범위가 넓은 것으로

로 앞으로 나죽 많이 이용될 것으로 보인다. 그러나 그리 한 프로그램도 고층건물의 특성을 고려하고 있지 못하므로 그것을 이용해서 고층건물의 구조해석을 해 본 사람이면 누구나 다 예상하지 않은 결과를 얻게되어 당황하게 되었을 것이다. 그래서 본인은 이번에 고층건물의 특성을 살린 프로그램을 개발함으로써 이니 개발되어 널리 사용되고 있는 프로그램으로써는 처리가 곤란한 고층건물의 구조해석에 보다 간편적인 결과를 얻을 수 있게 되었다.

이번 작업에는 본인의 개발하여 KIST에서 일반 사용자들에게 소개한 KISTRAS라는 프로그램을 바탕으로 하였으므로 KISTRAS를 써 본 사람이면 누구나 쉽게 사용할 수 있게 될 것이다.

II. 고층건물의 특수성

일반적으로 구조해석을 할때는 구조물의 형태를 완전히 갖춘 다음에 하중이 작용하는 것으로 가정하고 있다. 따라서 컴퓨터를 이용할 때에는 구조물 전체에 대한 Stiffness Matrix를 완전히 만든 다음에 여러가지 하중상태를 적용시켜 범위나 응력을 구하고 있다. 실제로 기계의 부속이나 교량의 교각처럼 경계가 동시에 제작될 수 있는 구조물인 경우에는 그러한 가정 조건이 실제문제와 상당히 가까우므로 계산결과도 합당하다고 판단할 수 있다. 그러나 고층건물과 같이 동시에 전체를 시공할 수가 없고 중력이 작용하는 가운데 단계적으로 시공해 나가야하는 구조물에 대해서는 그러한 가정이 실제와는 상당한 차이가 있게 되는것이다. 그러한 차이점이 일반적인 구조해석용 프로그램에는 고려가 되지 못하므로 시공의 단계가 많을수록 계산결과는 오차가 커지게 되는것이다. 특히 건물의 외측기둥에는 내측기둥보다 큰 침교멘트가 걸리게 되므로 기둥단면에 작용하는 평균 압축응력이 건물의 외측기둥에는 내측기둥보다 훨씬 작게되므로 기둥의 축방향 변형률이 작게 되는데 고층건물에서는 이러한 변형률의 차이가 충수가 높아질수록 누적이 되므로 건물 상부의 보에는 하중에 의한 휨모멘트에다 역대칭 휨모멘트를 추가시키는 결과가 될것이다. 이러한 효과는 모멘트 분배법이나 처칠작법 등의 필산법에는 전혀 고려가 되지 않으며 일반적인 구조해석용 프로그램에는 지나치게 많이 고려가 되므로 그러한 문제를 보다 실제와 가깝게 취급할 수 있는 계산방법이 필요하게 된다.

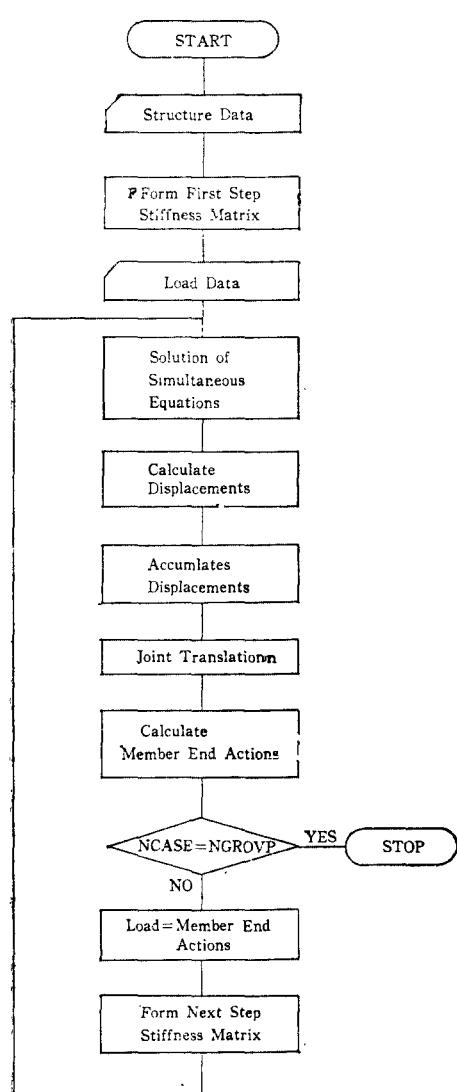


〈Fig. 1〉 고층구조물의 예

III. 합리적인 구조해석 과정

Fig.1과 같은 고층건물을 예로써 생각해 보도록 한다. 기준층의 층고는 3.00M이며 1층과 최상층은 5.00M, 2층은 4.00M이고 기둥간거리는 9.00M이다. 기둥의 단면은 최상부에서 35cm×35cm로 시작하여 맨 아래층에서는 80cm×80cm가 되는 것으로 가정한다. 각층의 보는 35cm×60cm가 되는것을 보

는층에 동일하게 사용한다. 하중은 고정하중이 2.0t/m 적재하중이 2.0t/m가 되는 것으로 가정한다. 이상과 같은 건물의 해석을 할 경우에 맨 먼저 1층의 기둥과 보가 시공이 된 후에 고정하중이 작용하고 각 절점이 변형을 일으키게 된다. 그 다음에 그 윗층의 기둥과 보가 시공이 되고 또 하중이 작용해서 변형을 일으키는 과정이 반복되면서 건물이 완성되게 되는 것이다. 이러한 과정은 그대로 계산과정에 적용시키자면 Fig.2와 같이 된다.



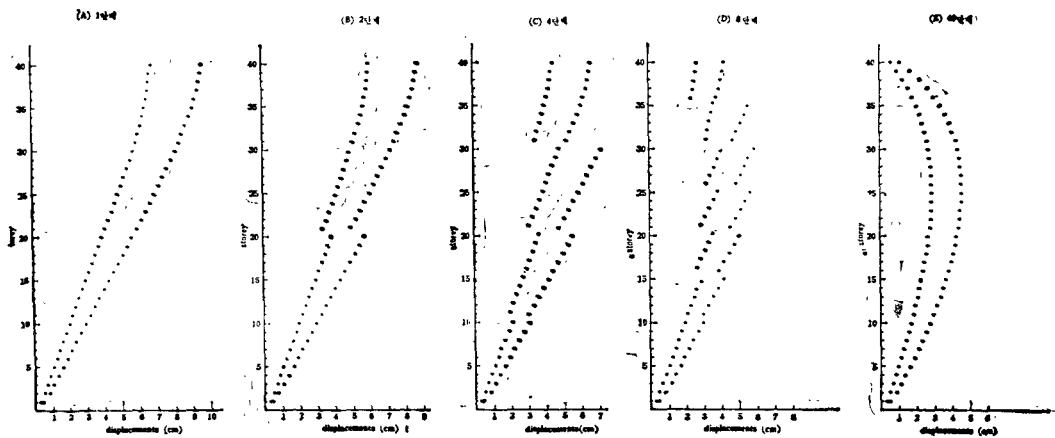
〈Fig.2〉 단계별 시공의 구조해석과정

IV. 계산 결과의 비교

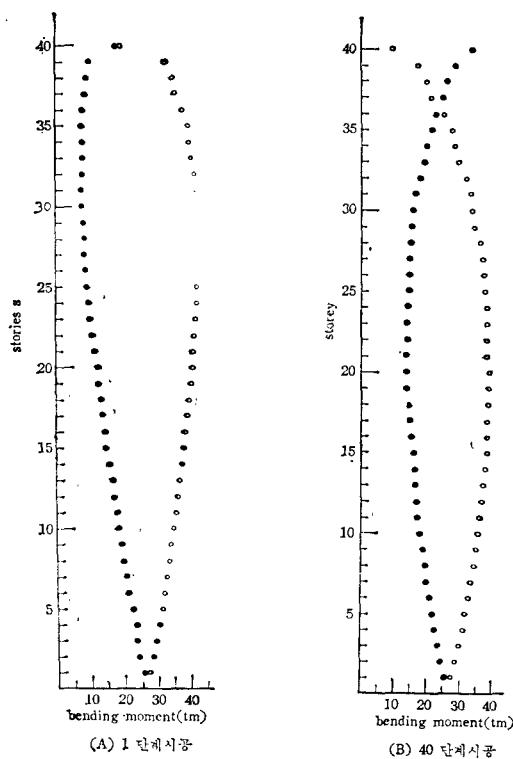
일반적인 구조해석 Program에 의한 결과를 비교해 보면 다음과 같은几点을 알 수 있다.

Fig.3은 각 절점의 수직변위를 나타낸 것인데, (A), (B), (C), (D), (E)는 각각 구조물을 1단계, 2단계, 4단계, 8단계, 40단계로 나누어 시공한다고 가정한 것인데, 여기서 전문을 1단계로 시공한다고 가정한 것이 바로 일반적인 해석법의 결과와 같게 되는 것이다. 고층건물의 실제 시공에 있어서는 최상층의 절점의 수직변위는 대단히 작게 되는데 시공단계가 세분될수록 실제에 가까운 결과를 얻게 될을 알 수 있다. 건물 외측의 절점과 내측의 절점의 변위의 차이도 시공단계를 세분할수록 적게되나 건물의 중간높이 부근에서 상당히 큰 차이가 나는 것은 실제 일어나고 있는 범위의 차이므로 그 영향이 보에 작용하는 휨 모멘트에 나타나게 될 것이다.

Fig.4는 각종 보에 나타난 휨 모멘트를 표시하는데 (A), (B)는 각각 일반적인 방법에 의한 결과(1단계로 시공하는 과정)와 새로운 방법으로 40단계로 나누어 시공한다고 가정한 결과이다. 이미 Fig.3에서 예측한 바 대로 (A)에서는 보의 외측 단부에 큰 휨 모멘트가 작용하여 내측 단부에는 작은 휨 모멘트가 작용하고 있다. 그러나 (B)에서는 건물의 중간층 부근에서 그러한 차이가 있으나 그 정도가 약하고 건물의 상부에서는 외측 단부보다 내측 단부에 더 큰 휨 모멘트가 작용하고 있다. 따라서 일반적인 프로그램으로는 고층건물을 구조해석하여 단면설계를 할 경우에는 외측 기둥과 보의 외측 단부에는 필요이상의 고강을 하게 되며 내측 기둥이나 보의 내측 단부에는 충분한 단면을 갖지 못하게 되는 문제점이 생기게 되는 것이다. 그러나 여기서 제시한 새로운 방법으로 구조해석을 하게되면 실제



〈Fig. 3〉 시공단계별 절점법위(연직방향)



〈Fig. 4〉 보의 흐름 모멘트

와 상당히 가까운 결과를 얻을 수 있게 되므로 경제적이면서 안전한 구조물을 설계할 수가 있게 된다.

그러나 시공단계를 세분할수록 계산을 반복하는 횟수가 많아지므로 초고층 건물의 설계에 각층마다 시공단계를 두게되면 계산시간이 너무 길어질 가능성이 있으므로 2층마다 또는 3층마다 시공단계를 두는것도 어느 정도 정확한 결과를 얻으면서 계산 시간을 절약하는 방법이 될 것이다. 참고로 계산시간에 관한 비교를 해 보면 Table 1과 같다.

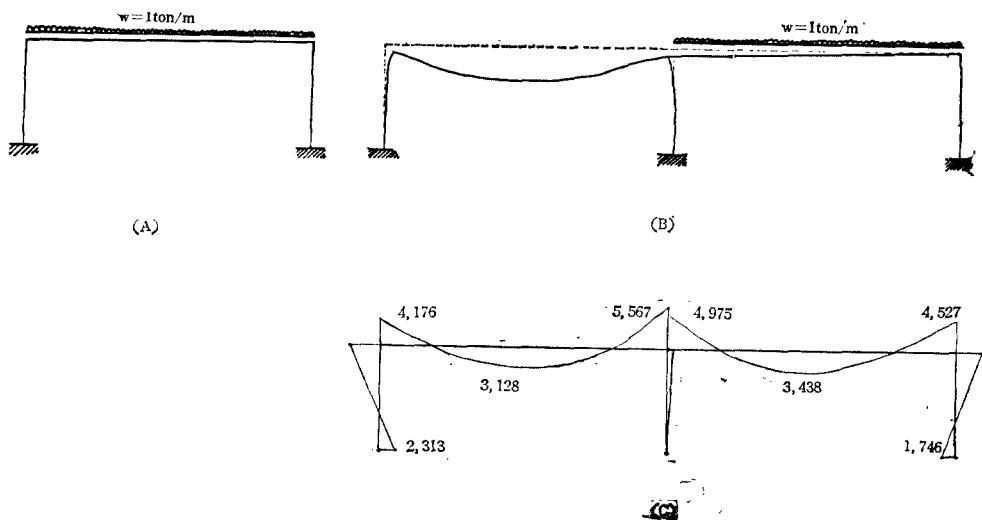
Table 1 시공단계별 계산시간 비교

시 공 단 계	계 산 시 간
1 단 계	5 분 24 초
2 단 계	6 분 18 초
4 단 계	7 분 28 초
8 단 계	8 분 46 초
40단 계	10분 29 초

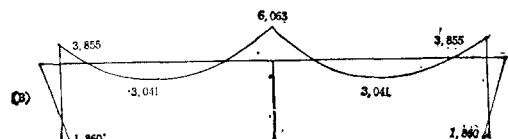
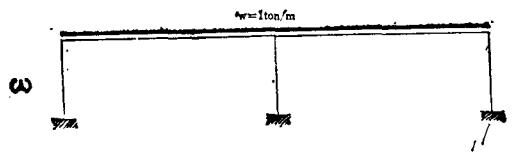
이상은 현대조선소 전산실의 IBM 370에 의한 결과로써 구조물을 각층마다 단계적으로 시공한다고 가정한다 하더라도 계산시간은 그리 큰 차이가 나지 않음을 알 수 있으며 구조물의 합리적인 설계에서 오는 경제적 이익을 막대할 것이므로 이정도의 계산시간의 차이는 전혀 문제가 되지 않을 것으로 생각된다.

V. 본 프로그램의 응용

고충건물도 한층씩 충축해 나가는 것으로 생각할 수 있으므로 이 새로운 방법으로 Fig.5와 같이 건물을 단계적으로 충축할 경우에도 해석해 볼 수가 있다. Fig.5에서 (A)와 같이 먼저 시공한 후 (B)와 같이 충축할 경우의 흡 모멘트는 (C)와 같다. 그러나 이것을 Fig.6의 (A)와 같이 동시에 시공한다고 가정하게 되면 그때의 흡 모멘트는 (B)와 같이 된다.



〈Fig.5〉 충축 구조물의 예



〈Fig.6〉 동시 시공의 예

V. 맷는 말

여기에 소개하는 새로운 구조해석법은 고층건물의 해석에는 절대적으로 필요한 것이나 이번 연구에 바탕으로 사용한 KISTRAS는 Plane Frame의 해석

만 가능하므로 SAP IV와 같은 다양한 기능을 가진 프로그램에 이러한 방법을 추가해서 사용할 경우에는 더욱 좋은 결과를 얻게 될것이며 이 방법은 구조물의 해석뿐만 아니라 구조체계에도 매우 편리할 것 이므로 고층건물이 많이 세워지게 될 현 시점에서 볼때 이 방법으로 많은 연구가 필요하다고 본다.

참 고 문 헌

1. S.J. McMINN, Matrices For Structural Analysis. SPON LONDON, 1966.
2. ZIENKIEWICZ, The Finite Element Method, McGraw Hill. LONDON, 1971.
3. William Weaver Jr., Computer Program for Structural Analysis, D. Van Nostrand. Princeton, 1967.
4. 김 문현, 이 동근, KISTRAS USER's MANUAL, KIST 전산실 토목건축부, 1975.