한국전산구조공학회
1999년도 봄학술발표회 논문집

거더 교의 3차원 뼈대 모델 해석시에 이동 하중의 자동화를 위한 소프트웨어 기법

Software Technique for Automation of Moving Load Analysis for Three-dimensional Frame Model of Girder Bridge

정 대 열*
Jeong, Dae-Yeol

ABSTRACT

In order to completely automatize the moving load analysis for the three-dimensional frame model of the girder bridge, the efficient software technique is presented, which makes use of the signal among processes. If this software technique is used in automation, the separate algorithm is not needed for the transverse loading analysis, and the complete automatic moving load analysis algorithm can be easily developed. The program, which has the complete automatic moving load analysis function, has been developed with using this software technique, and has been verified by comparing the results with the one in the famous design book.

1. 서 론

거더 교의 3차원 뼈대 모델 해석 시에는 일반적으로 교축 직각 방향으로 이동 하중에 대하여 횡방향 해석을 수행 한 후에 그에 따른 각 거더 위치의 반력을 구한 후에, 거더 별 반력을 3차원 뼈대 구조 해석 모델의 거더 위치의 이동 하중으로 처리하여, 3차원 뼈대 구조 해석을 수행하고 있다. 이때 횡방향 해석 모델링 시, 거더의 복부 위치를 지점으로 두며, 상부 슬래브 교축 방향 단위 폭에 대한 들보를 연속 들보로 사용한다. 그림 1에 이러한 과정을 간략히 도시하였다.

이러한 해석 방법의 원리는, 3차원 뼈대 구조 모델의 유한 요소 해석에 의해 자동적으로 횡분배가 이루어짐으로, 별도의 횡분배를 위한 과정을 생략할 수 있다는 데 기인한다. 다만, 이러한 경우에 자동차의 바퀴가 놓이는 횡 방향 위치가 3차원 뼈대 모델의 거더 위치와 일치하지 않기 때문에, 3차원 뼈대 모델의 거더 위치에 해당하는 하중을 구할 필요가 있다. 이런 이유로, 먼저 횡방향 해석을 하여 3차원 뼈대 모델의 거더 위치에 해당하는 하중을 구한다.

따라서 거더 교의 3차원 뼈대 모델 해석 시에 이동 하중에 대한 자동화 알고리즘에는 교축 직각 방향에 대한 자동 횡 방향 해석 기능과 3차원 뼈대 구조물에서 교축 방향으로 이동되는 하중에 대한 자동 해석 기능이 모두 포함되어야하겠다. 그런데, 이중에서 횡방향 해석을 위해서는 특별한 알고리즘이 필요하지 않고, 기존의 범용 유한 요소 해석 프로그램의 기능 만으로도 가능하다. 다만, 여기서 주목할 바는 시간적으로 횡방향 해석이 교축 방향의 자동 이동 해석보다 먼저 이루어져야 한다는 데 있다. 따라서, 본 고에서는 이러한 것을 쉽게 구현하기

* 에메랄드 소프트 기술사사무소 대표, 토목구조기술사, 공학박사

위한 소프트웨어 기법을 제시하고, 이를 C언어를 사용하여 나타내었다. 또한, 이 기법을 사용한 프로그램(PENTAGON-Bridge)을 작성한 후에, 2 개의 상자형 거더를 사용하는 2경간 연속 교에 대하여 자동 이동 하중 해석을 수행한 후, 동일한 문제에 대한 도로설계 실무 편람의 결과와 비교해봄으로써 본 논문에서 제시한 알고리즘을 검증하였다.

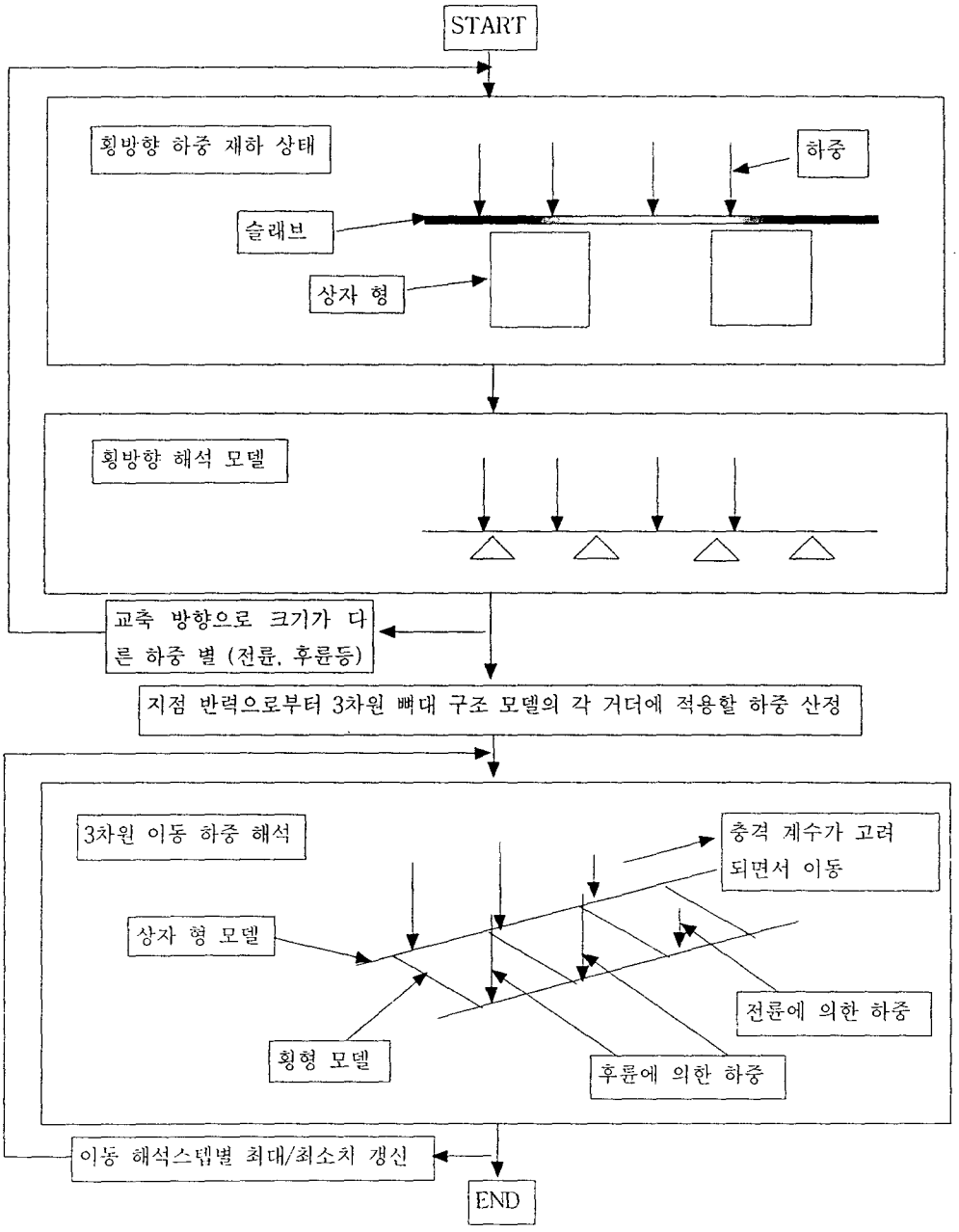


그림 1. 2-상자형 교량의 DB-24 2차선 재하시 이동 하중 해석 흐름

2. 본 론

2.1 자동화 프로세스

완전히 자동화된 이동 하중 해석을 구현하려면, 교축 방향의 자동 이동 해석을 위한 알고리즘의 초기에서 횡방향 해석을 수행하고, 횡방향 해석이 완료되면, 그 결과의 반력을 얻은 후에 교축 방향의 자동 이동 해석을 수행하면 된다. 이때, 횡방향 해석을 위해서는 특별한 알고리즘을 사용하지 않고 기존의 범용 유한 요소 해석 프로그램을 사용할 경우에는, 교축 방향의 자동 이동 해석을 수행하는 프로세스(Process : 여기서는 실행되고 있는 프로그램의 단위을 뜻하는 전산용어)에서 횡방향 해석을 수행하는 새로운 프로세스를 생성하여, 생성된 프로세스가 횡방향 해석 작업을 수행하도록 지시하고 기다렸다가, 횡방향 해석 작업이 완료되면 그 결과의 반력을 얻은 후에 교축 방향의 자동 이동 해석 작업을 수행하면 된다. 이러한 알고리즘을 그림 2에 나타내었다.

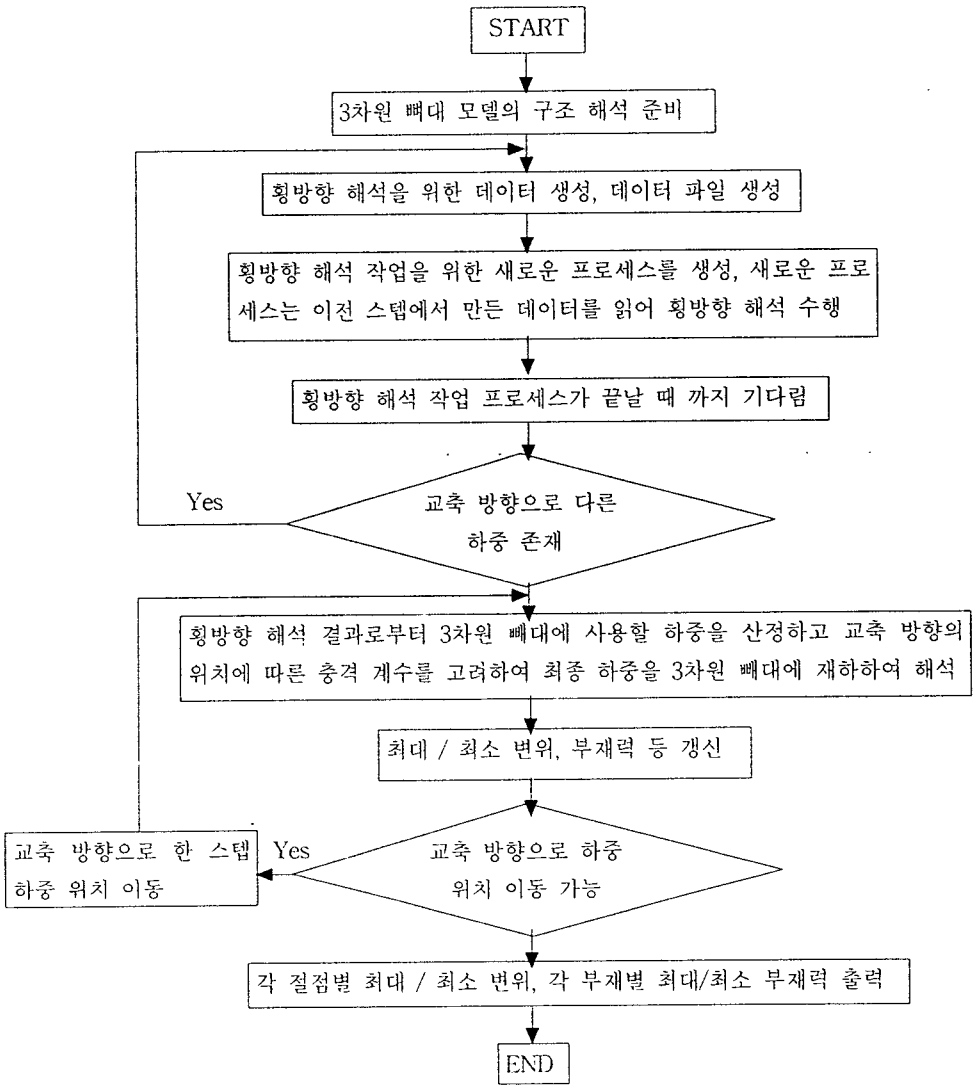


그림 2. 이동 하중 해석 완전 자동화를 위한 알고리즘 흐름도

2.2 자동화 알고리즘

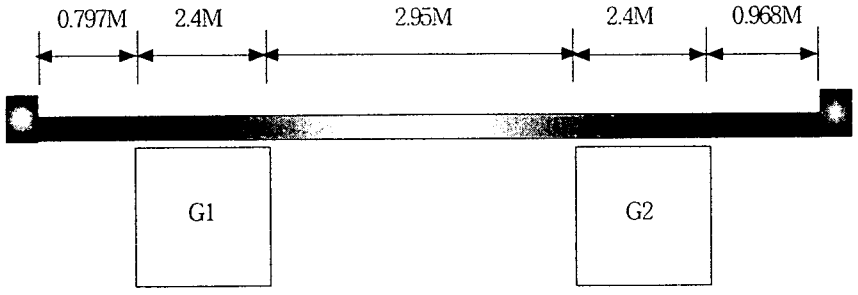
위 그림 2의 알고리즘 흐름도에서 횡방향 해석 작업을 위한 새로운 프로세스를 생성하여 횡방향 해석 작업을 시킨 후에, 작업이 끝날 때까지 기다리는 알고리즘에 대한 프로그램 소스 코드는 그림 3과 같이 작성된다. 여기서, 프로그램은 Microsoft의 Windows환경하에서 실행되는 Win32 함수를 사용하였으며, 프로그램 언어는 C를 사용하였다[1]. 그림 3에서 횡방향 해석을 수행하는 프로그램의 File 명은 "BrSolve.exe"이며, 그에 대한 입력 Data File 명은 "Input.dat"로 가정하였다.

```
STARTUPINFO sInfo;
PROCESS_INFORMATION pInfo;
char szCmdLine[500];
ZeroMemory(&sInfo, sizeof(sInfo));
sInfo.cb = sizeof(sInfo);
sprintf(szCmdLine, "BrSolve.exe %s 1", "Input.dat");
BOOL bSuccess = CreateProcess(NULL, (LPTSTR)szCmdLine, NULL, NULL, FALSE,
                0, NULL, NULL, &sInfo, &pInfo);
if (bSuccess)
{
   HANDLE hProcess = pInfo.hProcess;
   CloseHandle(pInfo.hThread);
   if (WAIT_OBJECT_0 == WaitForSingleObject(hProcess, (DWORD)200000))
   {
      DWORD dwExitCode;
      bSuccess = GetExitCodeProcess(hProcess, &dwExitCode);
      CloseHandle(hProcess);
   }
   else
   {
      CloseHandle(hProcess);
      sprintf(Errbuf,"eval_bridge_CL : %s TimeOut\n", szCmdLine);
      error_call();
   }
}
else
{
   sprintf(Errbuf,"eval_bridge_CL : CreateProcess : %s : Error\n", szCmdLine);
   error_call();
}
```

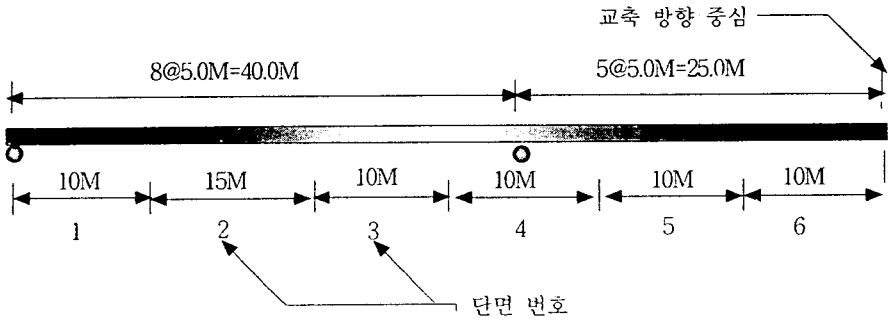
그림 3. 횡방향 해석을 위한 새로운 프로세스를 생성한 후,
새로운 프로세스가 작업을 마칠 때까지 기다리는 알고리즘에 대한 프로그램.

3. 검 증

검증에 사용된 해석 모델은 교장이 40M+50M+40M=130M인 3경간 연속 상자형 교로써, 도로 설계 실무 편람의 'Steel Box Gr.교 설계'에 나와 있는 예제를 택하였다[4]. 단면 및 교량 의 제원은 그림 6과 같으며, 제 단면의 값을 표 1에 나타내었다. 그림 7 및 표 2에 해석 결과를 정리하였다. 본 논문의 알고리즘을 사용하는 프로그램(PENTAGON-Bridge)의 해석 결과가 도로 설계 실무 편람의 결과보다 미소하게 큰 값을 보여주는 데, 이는 본 논문의 해석이 교축 방향으로 경간 당 66 등분 스텝으로 하중을 이동 시키면서 결과를 구한 반면에 도로 설계 실무 편람에서는 최대 값을 유발 시키는 하중 경우를 수작업으로 구함으로써 발생한 오차로 판단된다. 따라서, 이 결과로부터 본 고의 소프트웨어 기법을 사용하면 이동 하중 해석의 전 자동화를 쉽게 이룰 수 있다는 것을 알 수 있다.



(a) 횡 단면도



(b) 종 단면도

그림 6. 검증용 해석 모델

표 1. 검증 모델의 단면의 제 값 (단위 : Ton, M)

구 분	Ax	Ix	Iy
단 면 1	0.30788	0.15580	0.19284
단 면 2	0.31828	0.16449	0.20851
단 면 3	0.33388	0.17254	0.22454
단 면 4	0.34718	0.19392	0.28102
단 면 5	0.33309	0.17254	0.22433
단 면 6	0.31749	0.16449	0.20831
Cross Beam	0.02160	0.0069123	0.0043722

표 2.1 검증 모델의 해석 결과 최대 모멘트 비교 (단위 : ton.m)

구 분	G1 (외측 거더)		G2 (내측 거더)	
	도로설계 실무편람	PENTAGON	도로설계 실무편람	PENTAGON
제 1 경간	553.5	581.9	563.6	592.3
제 1 교각	770.3	781.6	793.1	801.0
제 2 경간	534.7	555.9	544.2	564.7

표 2.2 검증 모델의 해석 결과 최대 전단력 비교 (단위 : ton)

구 분	G1 (외측 거더)		G2 (내측 거더)	
	도로설계 실무편람	PENTAGON	도로설계 실무편람	PENTAGON
제 1 교대	81.8	83.4	83.2	85.7
제 1 교각	100.8	101.0	103.4	104.2

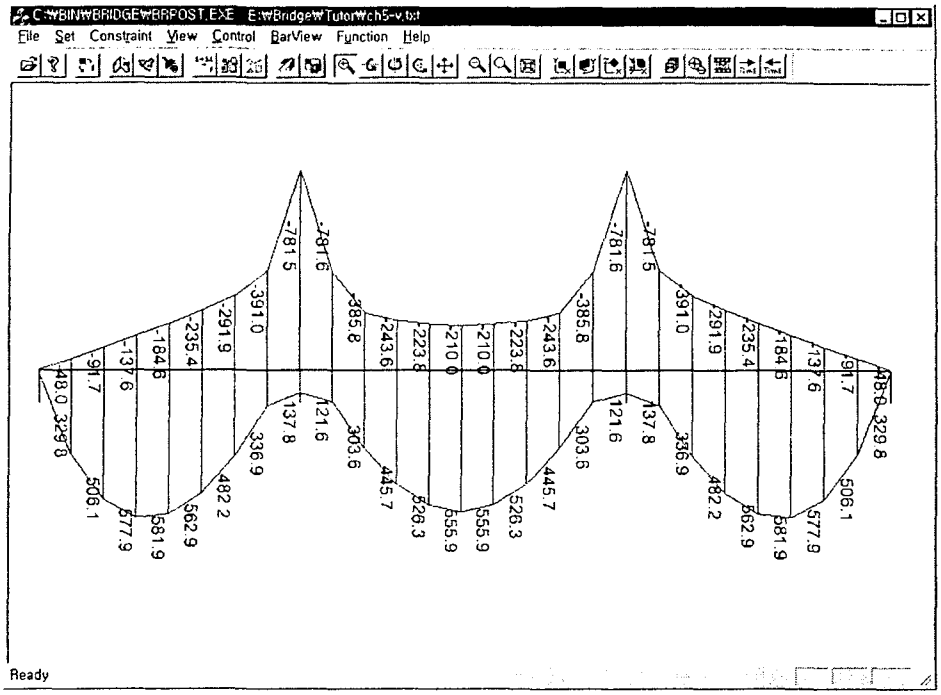


그림 7.1 검증 모델 G1(외측 거더)의 모멘트 Envelope

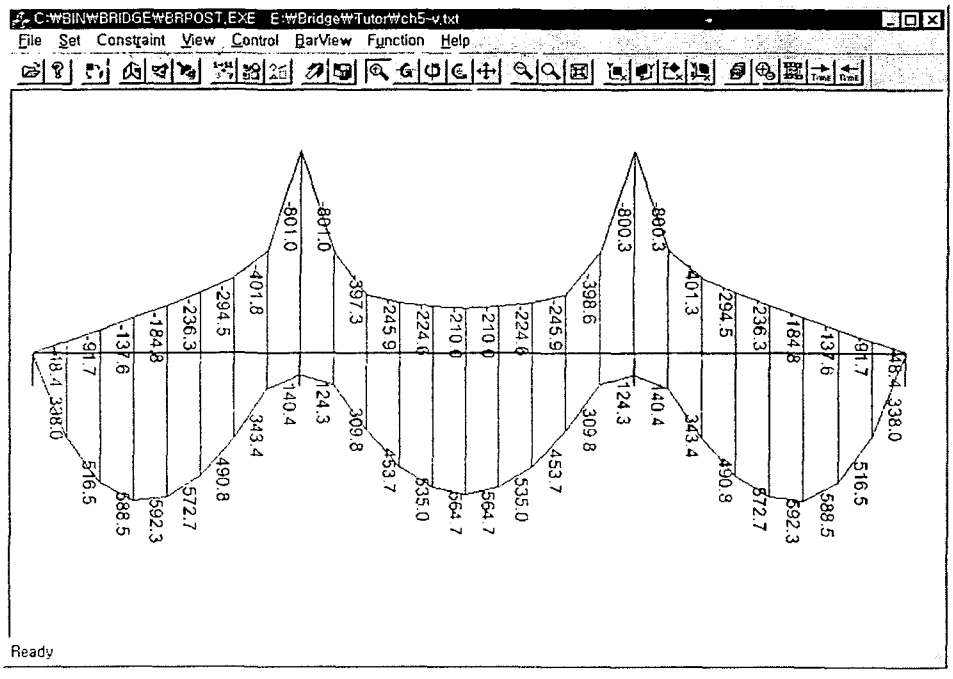


그림 7.2 검증 모델 G2(내측 거더)의 모멘트 Envelope

5. 결 론

3차원 뼈대 모델을 사용한 거더 교의 이동 하중 해석 자동화 시에, 횡방향 해석을 자동화 알고리즘에 포함함으로써 완전한 자동화를 구현할 수 있다. 그런데 자동화 알고리즘에 횡방향 해석을 포함시킬 경우에 횡방향 해석을 위한 특별한 알고리즘을 개발하지 않더라도 횡방향 해석이 필요한 시점에서 이동 하중을 처리하는 원래의 프로세스가 횡방향 해석 작업을 수행하는 새로운 프로세스를 생성하고, 새로운 프로세스의 작업이 완료된 후에 원래의 프로세스가 계속해서 교축 방향의 이동 하중 해석 작업을 수행하는 소프트웨어적인 기법을 사용하면, 자동화 알고리즘이 간단해 진다.

본 논문에서는 이러한 소프트웨어 기법을 사용하는 알고리즘 및 프로그램 소스을 제시하고, 예제를 통하여 본 논문에서 재시한 알고리즘을 검증하였다.

참 고 문 헌

1. "어드밴스 윈도우 NT", 황기태 역, 도서출판 대림, pp48-52, 1996
2. "PENTAGON-Bridge Manual", 에메랄드 소프트, 1998
3. "도로교 표준 시방서", 건설부, 1992, 1996
4. "도로설계 실무편람", 한국도로공사, pp8.87-8.100, 1996