

설계자를 위한 에스컬레이터 전용 시뮬레이션 프로그램 개발

서종휘¹, 박찬중¹, 권이석², 박태원³

- 1. 아주대학교 기계공학과 대학원
- 2. LG산전 빌딩시스템 연구소
- 3. 아주대학교 기계 및 산업공학부

Development of an Escalator Simulation Program for a Designer

J. H. Seo, C. J. Park, I. S. Kweon, T. W. Park

Abstract

When an escalator is developed or modified for improved performance, estimation of dynamic characteristics of the escalator is required. But modeling of the escalator for a design purpose is very difficult and time consuming process. Especially, it is very difficult for the designer to use the simulation model during design process because it takes time and also the designer needs to know how to use the simulation program. In order to solve these problems, a graphic user interface program that can predict dynamic characteristics of an escalator is developed for the designer. Since this program has the necessary complicated escalator model inside, the designer does not have to know how to use the simulation program and design parameters can be obtained while design is in progress. The developed designer oriented interface program is explained and an example is shown.

1. 서론

최근 산업사회에서는 제품의 성능, 품질의 향상은 물론 제품 개발기간의 단축, 개발/생산비용의 절감 등이 산업의 성패를 좌우한다.

그 결과 컴퓨터의 성능 향상과 더불어 여러 공학 분야에서 전산응용 해석기술의 적용이 보편화되고 있다. 그러나, 에스컬레이터와 같이 모델의 크기가 크고, 복잡한 동 특성을 갖는 기계계를 해석하기 위하여 전체 시스템적으로 접근한 경우는 세계적으로 드물다.

또한 일반적으로 설계자들은 이러한 전산 응용 해석 기술에 대한 전문적인 지식이 부족하여 이를 설계 단계에 적용하기가 쉬운 일이 아니다.

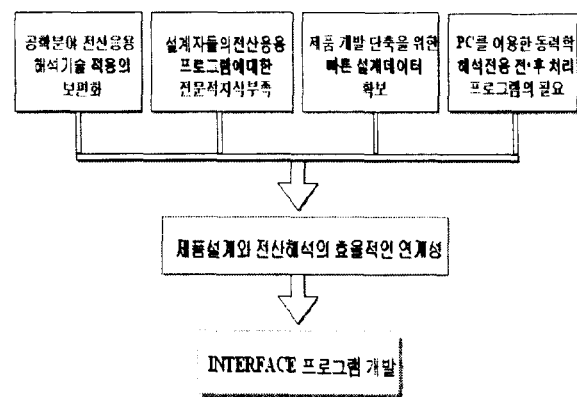


그림 1. 시뮬레이션 프로그램 개발배경

본 논문에서는 스탭롤러와 가이드레일, 그리고 상·하부 터미널기어 사이의 비선형 구름접촉을 고려한

에스컬레이터 스텝부의 동력학 모델을 최소한의 변수 값 결정으로 설계자가 쉽게 설계업무에 적용할 수 있도록 사용자 위주의 에스컬레이터 동력학 해석 전용 전·후 처리기를 개발하였다.

이 프로그램은 설계자들이 각자의 개인용 PC상에 에스컬레이터 동력학 모델을 생성 혹은 수정하여 상용 동력학 해석 프로그램인 DADS가 탑재된 워크스테이션(Workstation)과 원격으로 연결하여 해석한 후 개별적으로 필요한 결과만을 확인할 수 있도록 구성하였다. 인터페이스 프로그램은 프로그래밍 언어인 C++를 사용하였다.



그림 3. 에스컬레이터 시뮬레이션 모델

2. 에스컬레이터 구조

2.1 전체 모델

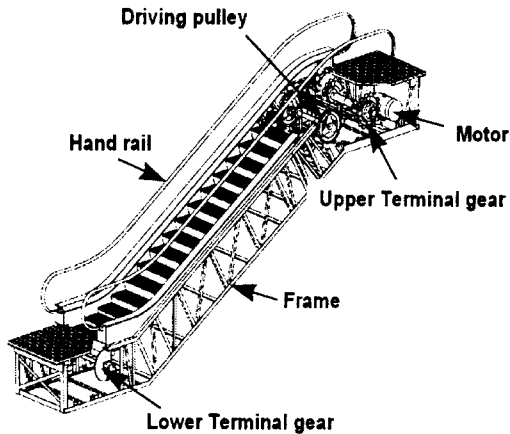


그림2. 에스컬레이터의 구조

에스컬레이터는 크게 탑승객이 승차하는 스텝부와 손으로 붙잡는 핸드레일부로 나뉘며 좌우 대칭으로 되어있다. 스텝을 구동하는 구동부는 모터와 감속기로 구성되어 있으며 모터에서 발생하는 동력은 감속기에 전달되고 체인에 의해서 스텝을 이송하는 터미널기어에 전달된다. 상부 터미널 기어가 회전하면 이에 물려있는 스텝롤러가 프레임상의 가이드레일을 따라 구름접촉을 하며 이동한다. 이때 합성고무로 된 스텝롤러는 승차하중에 따라 변형되어 마찰계수가 비선형적으로 증가하는 현상이 발생한다

에스컬레이터의 구조나 작동 동작을 고려하여 2차원으로 모델링하였으며 모든 부품이 강체로 가정되었다. 위의 <그림 3>은 개발된 시뮬레이션 프로그램에 의해 생성된 에스컬레이터의 모델이다.

2.2 스텝부의 모델

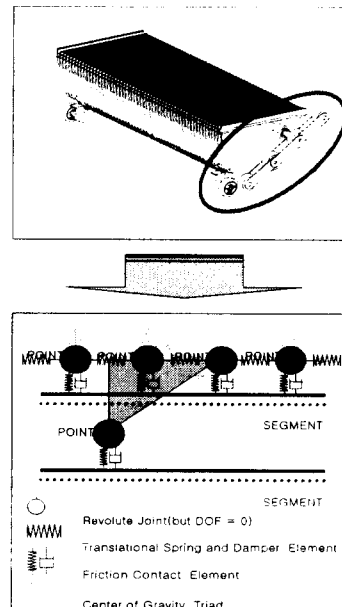


그림 4. 스텝부의 구조

스텝부는 전륜롤러, 후륜롤러, 그리고 두개의 체인롤러로 구성된다. 전륜과 체인롤러는 같은 가이드레일을 지나며, 후륜롤러가 지나는 또하나의 가이드레일이 존재한다. 각각의 스텝을 연결하는 스텝

체인은 스프링으로 간주하였으며 스프링 상수값은 인장시험으로 구하였다.

3. 시뮬레이션 프로그램의 구조

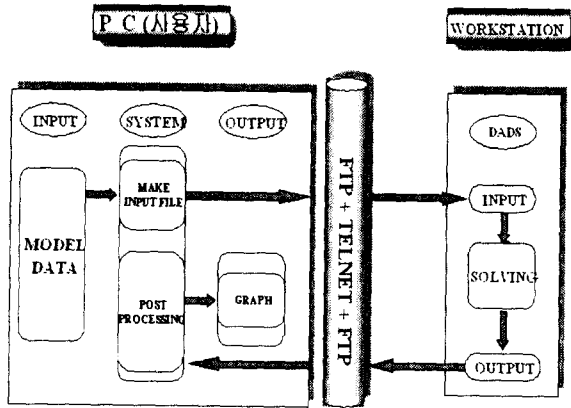


그림 5. 프로그램의 구조

에스컬레이터 동력학 해석전용 시뮬레이션 프로그램의 구조는 크게 세부분으로 나뉘어 있다. 에스컬레이터의 동력학 해석모델 구성을 위해 기본 데이터를 입력하는 입력부(Pre Processing Part), 그리고 입력부에서 생성된 DADS 입력파일을 DADS가 탑재된 워크스테이션에 보내고 해석 결과 파일을 다시 송수신 할 수 있는 인터페이스부, 해석 결과를 처리하는 출력부(Post Processing Part)로 나뉜다.

3.1 입력부(Pre Processing Part)

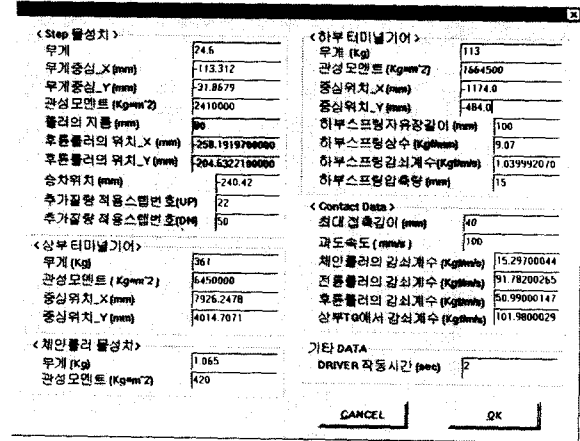
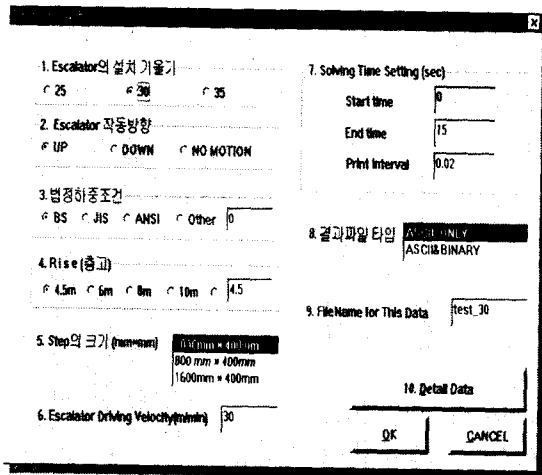


그림 6. 데이터 입력부

에스컬레이터의 동력학 해석모델 구성을 위한 세부적인 데이터를 입력할 수 있다.

<그림 6>에서와 같이 설치각, 작동방향, 승차효과를 고려하기 위한 각국의 규정, 제안사항, 그리고 스텝부를 구성하는 강체의 질량, 관성모멘트, 스텝롤러의 물성치를 입력할수 있도록 되어 있다. 입력부의 실행이 완료되면 DADS의 해석에 필요한 두 종류의 입력파일이 생성된다.

3.2 인터페이스부(Interface Part)

이 프로그램을 이용하여 입력부에서 생성된 DADS 동력학 해석용 입력파일들을 DADS 프로그램이 탑재된 특정 호스트로 FTP를 이용하여 전송한다.

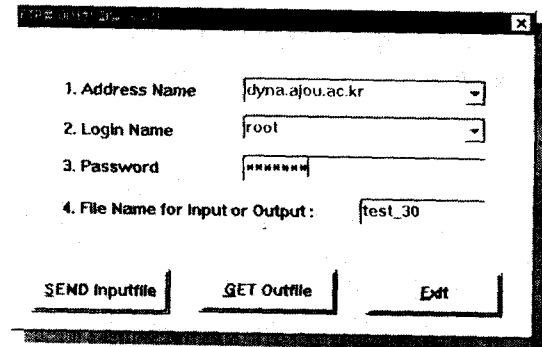


그림 7. FTP 창

이렇게 보낸 입력파일을 Telnet을 이용한 원격접속으로 해석을 수행하면 결과 파일이 생성되는데

이 결과 파일 또한 <그림 7>의 FTP창을 이용해서 다시 가져올 수 있다. 이 인터페이스부의 장점은 다른 FTP 프로그램과는 달리 정확한 호스트만 입력하면 자동으로 입력파일과 결과파일을 송수신한다는 점이다.

3.3 출력부 (Post Processing Part)

DADS 해석프로그램에 의해 해석된 결과 파일을 사용하여 스텝의 속도, 가속도는 물론 스텝 체인에 걸리는 인장력과 에스컬레이터를 구동하는 상부 터미널 기어의 토크 및 파워(Power)등의 그래프를 그릴 수 있다. 또한 가속도의 진동 특성을 구현할 수 있도록 FFT(Fast Fourier Transform)을 이용하여 주파수 분석을 가능하도록 하였다.

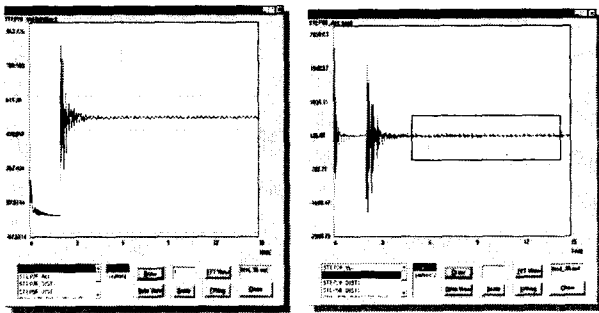


그림 8. 속도 및 가속도 분석기능

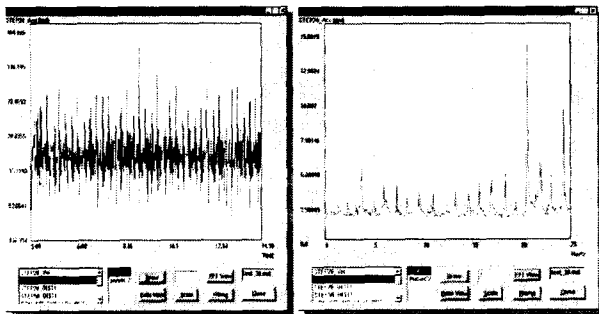


그림 9. 그래프 확대기능 및 주파수 분석기능

4. 결과 비교

4.5m급 기본 에스컬레이터 모델을 승객하중 없이 상부방향으로 500mm/s의 속도로 구동시켰을 경우

시뮬레이션을 이용한 결과와 실제 시험결과를 비교하였다. 이때의 스텝 규격은 1m×0.4m 이다. 스텝롤러의 반력에 대한 시뮬레이션 결과와 실제 시험 결과는 아래 <그림 10>과 같다.

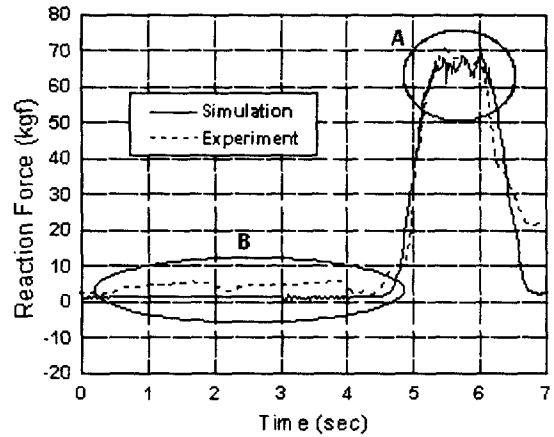


그림 10. 스텝롤러의 반력비교

그림에서 상부곡선부 A에서의 반력은 시뮬레이션한 결과값과 실제 측정된 값이 약 6%의 오차를 보이고 있다. 이는 시험장치의 무게에 의한 오차로 예상된다. 스텝체인의 인장력에 대한 시뮬레이션 결과와 실제 시험결과는 <그림 11>과 같다.

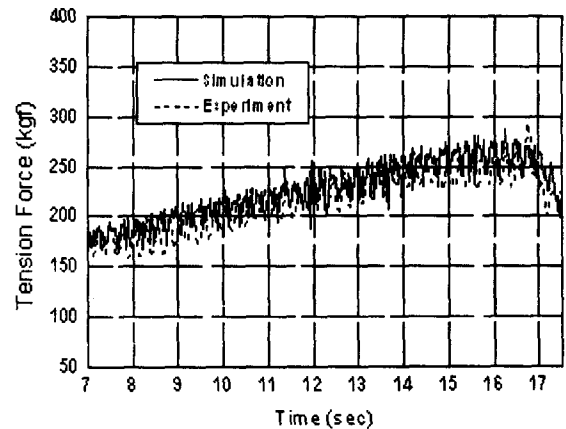


그림 11. 스텝체인의 인장력 비교

상부에서의 최대 인장력은 약 3%의 오차를 보인다. 또한 에스컬레이터의 상부방향 진행시 인장력이 증가할 때의 기울기는 약 2%의 오차를 보이고 있다.

5. 결론

본 논문에서는 에스컬레이터의 동력학 특성 해석을 위한 모델을 전문적인 지식이 없는 사용자도 적은 변수값의 입력만으로도 생성할 수 있고, 각 설계 변수값의 변화에 따른 동적인 거동을 확인할 수 있는 프로그램을 개발하였다.

각자의 개인용 컴퓨터에서 원격으로 메인프레임에 접속함으로써 해석프로그램의 활용성도 높이고 실무 적용이 쉽도록 구성하였다. 또한 개발한 프로그램을 이용한 시뮬레이션 결과를 실제 시험결과와 비교하여 개발된 프로그램의 신뢰성을 검증하였다.

향후, 에스컬레이터의 새로운 모델뿐만 아니라 구조가 다른 무빙워크(moving work) 및 다른 기계계의 시뮬레이션을 위한 연계프로그램 개발에도 응용이 가능하다.

참고문헌

- 1) Lankarani, H.M. and Nikravesh P.E., A Contact Force Model with Hysteresis Damping for Impact Analysis of Multibody Systems, Journal of Mechanical Design, Vol.112, 1990, pp.369-376.
- 2) E. J. Haug, Computer-Aided Kinematics and Dynamics of Mechanical Systems, Vol. I : Basic Method, Allyn and Bacon, 1989.
- 3) K. G. McConnell, Vibration Testing : Theory and Practice, John Wiley & Sons, Inc., 1995.
- 4) DADS 8.5 Reference Manual, CADSI, 1997.
- 5) 이상엽, Visual C++ Programming Bible, 영진출판사, 1997.