

유전자 알고리즘을 이용한 ILM교량의 최적설계 연구

A study of ILM bridge optimazation using Genetic Algorithms

한 태 연* · 이 계 희** · 윤 의 택*** · 유 상 배****

Han, Tae-yoen · Lee, Gye-hee · Yoon, Eui-Tack · You, Sang-Bae¹⁾

요 약

본 논문에서는 ILM 교량의 특성상 압축 시 응력이 발생하며, 이러한 응력의 발생위치는 본구조물의 캔틸레버화가 되었을 시 나타나게 된다. 이러한 응력을 줄이기 위하여 ILM 교량의 기본설계 과정을 유전자 알고리즘 기법을 이용하여 단면의 형고에 변화를 주어 반복수행 함으로써 최적설계를 도출해 내는 연구를 수행하였다. 유전자 알고리즘을 통하여 교배를 시켜서 세대가 올라갈수록 모멘트는 줄어들고 목적함수는 올라가는 진행 과정을 보여 줌으로써 최적화 과정을 표현하였고, 단면의 형고를 바꿔 줌으로써 ILM 교량의 최적화를 확인할 수가 있었다. 본 연구에서 수행한 유전자 알고리즘을 이용한 최적화 방법을 보여주려고 한다.

keywords : ILM교량, 유전자 알고리즘, 목적함수, 교배, 세대

1. 서 론

사회 발전에 따라 사회 기반 시설인 도로에 대한 수요가 지속적으로 증가하고 있어, 지형, 연장, 현장 여건에 따라 다양한 형태의 교량이 가설되고 있고 이에 따라 다양한 시공 방법 및 절차가 적용되고 있다. 1950년대 이후 유럽을 중심으로 개발된 프리스트레스트 콘크리트(Prestressed Concrete ; PSC)교량은 경제적, 미적 측면에서 우수한 것으로 인정되어, 케이블에 의해 지지되는 특수교량인 사장교 및 일반 거더(Girder) 교량의 대표적 형식으로 사용되고 있다.

최근 고강도 콘크리트의 사용으로 PSC 거더교는 광폭화, 장지간화되고 있는 추세이다. 하지만 PSC 거더교를 설계할 때는 구조의 복잡성 때문에 과거 설계 경험에 근거하여 초기 단면을 결정하여 구조해석을 실시한 후, 그 해석 결과에 따라 단면을 수정하고 다시 동일한 구조 해석을 수행하여 최적 단면을 찾아내는 반복적인 해석 방법을 적용하는 경험적인 방법을 따르고 있는 실정이다. 이중 연속압출공법인 ILM (Incremental Lunching Method) 공법은 경제성과 높은 품질 그리고 미적 우수성을 인정받아 1970년 후반에 국내 도입되어 연속교 설계 시 널리 채택되고 있어 시공 사례가 지속적으로 늘어나고 있는 추세이다. 하지만 ILM 교량의 장지간화에 따라 세그먼트(Segment) 압출 시 반복적으로 캔틸레버화 되는 부분에서 상당한 지점부 부모멘트에 노출되어 거더 상연에 인장응력이 크게 발생함으로써, 시공 중 발생하는 상연 인장응력이 허용응력을

* 정회원 · 오션스페이스 사원 tyhan@oceanspace.com

** 정회원 · 목포해양대학교 해양건설시스템학과 교수 lghlsk@mmu.ac.kr

*** (주)현대건설 설계과장 etyoon@hdec.co.kr

**** (주)케이엔씨 sbyou@krenc.com

초과하지 않도록 시공 단계별 해석을 수행하여 강연선 양을 최적화하고, 추진코의 소요 강성을 파악한 후 일시적으로 발생하는 인장력에 대해서는 교축 방향 철근이 부담하도록 설계하고 있다. 이러한 ILM 교량의 기본 설계 과정을 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm) 기법을 적용 반복 수행하여 최적 설계를 도출해내는 연구를 수행하고자 한다.

2. 유전자 알고리즘의 개념

생물의 진화과정을 인공적으로 모델링한 알고리즘으로써 1960년대 John -Holland에 의해 창안되었다. 자연계에 있는 생물의 진화과정 즉 어떤 세대 (Generation)를 형성하는 개체(Individual)들의 집합을 개체군(Population)이라 하며 개체군 중에서 환경에 대한 적합도(Fitness)가 높은 개체가 높은 확률로 살아남아 재생(Reproduction)할 수 있게 된다. 이때, 교배(Crossover) 및 돌연변이(Mutation)로서 다음 세대의 개체군을 형성하게 된다. 이처럼 생물의 진화과정을 모델링한 알고리즘이다.

3. 유전자 알고리즘의 목적함수 구성

유전자 알고리즘에서 목적함수라는 값은 아주 중요한 의미를 갖는다. 그 이유는 유전자 알고리즘에서 최적화를 시킬 때 자기가 목표로 한 목적함수를 기준으로 목적함수가 커지면 최적화가 되어가고 있는 것으로 판별하고 반대로 그 값이 커지면 그 목적함수를 잘못 구성하였다고 할 수 있다. 목적함수(Fitness)값이 1에 가까울수록 최적화를 시키고자 하였다. 하지만 1이라는 값은 무의미하다. 1에 가까울수록 최적화가 되고 있다는 과정이지 1이라는 숫자는 아무런 의미를 가지지 않는다. 목적함수는 1-(임의의 모멘트/실질적 모멘트)=목적함수로 두었다. 여기서, 임의의 모멘트란 최대의 나올 수 있는 모멘트를 예측한 값을 임의의 모멘트로 잡았으며, 실질적 모멘트는 프로그램을 돌려서 나온 값을 실질적 모멘트 값으로 잡았다. 괄호안의 값은 절대값을 가진다.

4. 교량의 제원과 모델링

교량의 제원과 단면의 모델링을 밑에 표1과 그림1에서 설명하였다.

표 1 교량의 제원

교량길이	런칭 (m)	경간길이	추진코길이
216m	8회압출	50m	30.5m
	1seg 15.5		
	2seg 20		
	3seg 25		
	4seg 25		
	5seg 25		
	6seg 25		
	7seg 25		
	8seg 25		

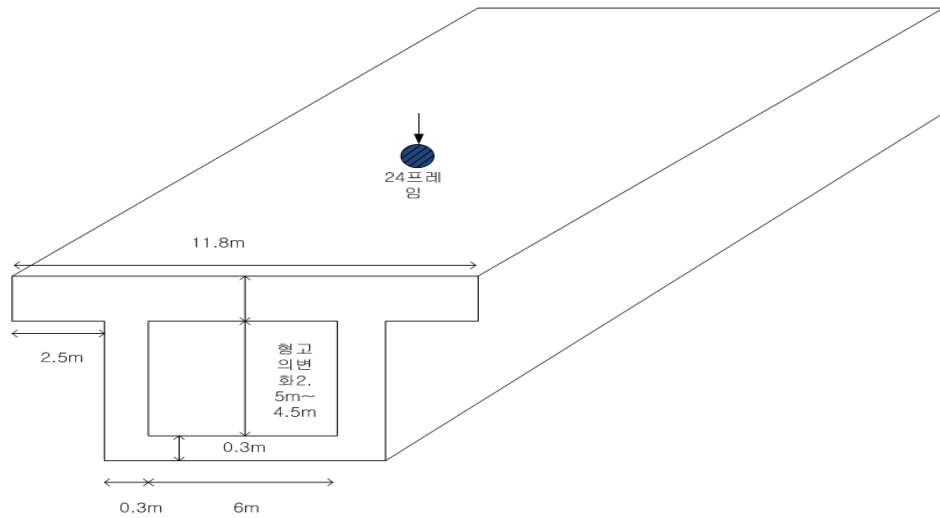


그림 1 단면형상과 해석지점

5. 유전자 알고리즘을 이용한 세대별 목적함수와 모멘트의 관계

그림2, 3은 유전자 알고리즘을 100세대 돌림으로써 적합도함수가 올라가면 올라갈수록 최적화가 되어가는 과정을 그렸고 적합도 함수가 높아지면 질수록 모멘트 값은 내려가는 것을 알수있었다. 피트니스와 모멘트의 관계는 역비례 관계라 할 수 있겠다.

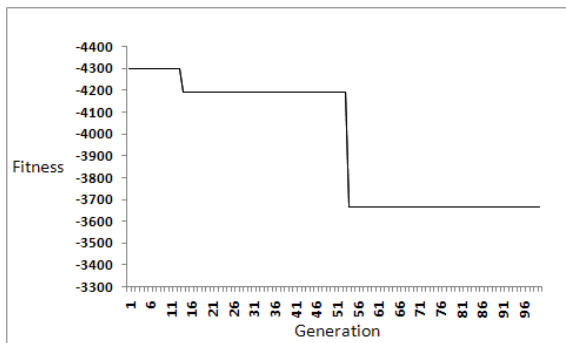


그림 2 2M 세대별 단면의 모멘트의 관계

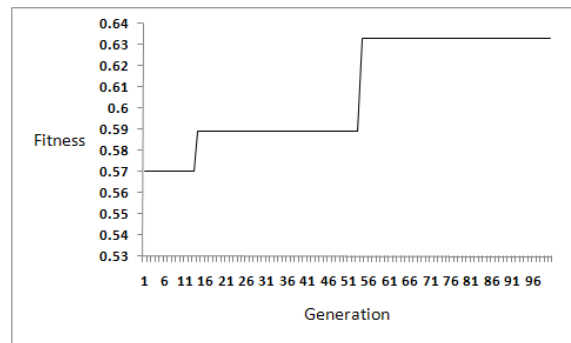


그림 3 2M 세대별 단면의 목적함수의 관계

6. 유전자 알고리즘을 이용한 단면 형상별 압출시 모멘트

유전자 알고리즘을 이용하여 100세대를 돌렸을 때, 단면의 형고 1.5m , 2.5m ,3.5m ,4.5m 각 각의 단면과 최적화된 2m 단면이 압출 될 때의 모멘트의 변화를 나타내었다. 7seg 8seg의 압출 시 모멘트의 변화를 그림 4,5에서 나타내었다.

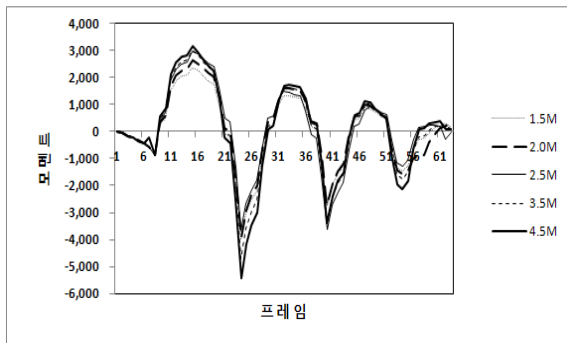


그림 4 7Seg 압출시 모멘트도

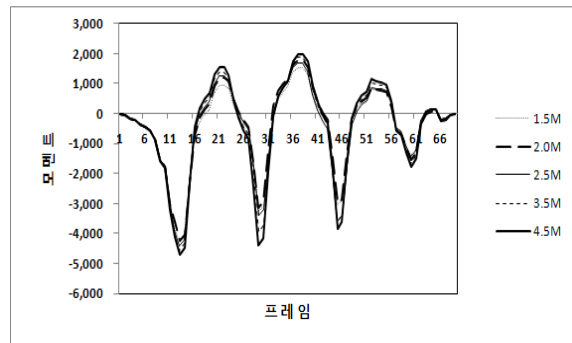


그림 5 8Seg 압출시 모멘트도

7. 결론

ILM 교량의 압출 시 부모멘트가 가장 크게 발생하는 부분에서 상부 슬래브 균열이 발생한다. 이러한 상부 균열을 최소화하기 위해서 SPC 프레임과 유전자 알고리즘을 통하여 ILM 교량의 부모멘트가 크게 일어나는 점을 해석을 수행 하였다. 유전자 알고리즘에서 목적함수를 두고 세대별로 값을 얻었을 때 모멘트 그래프는 낮아질수록 해석 값이 좋아지고 Fitness는 그 값이 커지면서 값이 좋게 나타내 지게 하였다. 단면을 정한 다음 형고를 1.5~4.5M 까지 변화를 시키고 1.5m, 2.5m, 3.5m, 4.5m 형고가 변할 때 모멘트 값은 어떻게 변화 하는지를 살펴보았다. 단면을 변화를 시킬 때 어느 선 까지는 모멘트가 줄어들었지만 그 이상으로 변화를 시키면 모멘트가 늘어나는 경향을 보였다. 그 이유는 형고를 키운다는 의미는 즉 자중을 높혀 준다는 의미이다. 이 말은 어느 정도 선까지는 자중의 영향을 받질 않지만 어느 선이 넘었을 경우 자중의 영향이 지배적이라고 할 수 있겠다. 유전자 알고리즘을 통하여 단면의 증가로 모멘트가 줄어들 을 밝혀내었다. 이 연구에서는 유전자 알고리즘을 통하여 형고만을 사용하여 모멘트를 줄였다. 하지만 ILM에서 부모멘트를 줄일 수 있는 방법은 훨씬 더 많을 것이다. 추진코의 강성을 증가, 압출코의 길이, 프리스트레싱의 배치간격 등등 모든 것이 최적화 설계를 하는데 필요한 것 들이다. 그러나 위에서 연구했던 방법만으로도 충분히 줄어들음을 밝혀내었고 앞으로 더욱 유전자 알고리즘이 활용될 것이라 생각한다. 이 유전자 알고리즘을 통하여 다른 많은 기법과 다른 모든 연구에 활용될 수 있는 가능성과 다른 모든 분야에 활용될 수 있는 계기가 되었으면 한다.

참고문헌

- 허현행 등 (1997) 유전자 알고리즘을 이용한 트러스 단면 설계, 한국전산구조공학회
- 정승인 등(2001) 교대형 유전자 알고리즘을 이용한 보강설계 최적화, 한국전산구조공학회
- 정영식 등(2003)유전자 알고리즘을 이용한 내진성능 향상, 한국지진공학회, 제 12회 기술강습회
- 윤석봉 ILM교량 시공방법 개선방안에 대한 연구, 한국전산구조공학회
- 노병문 ILM 공법 PSC 박스거더교의 최적설계, 한국전산구조공학회
- 양성운 ILM교량의 압출 추진코와 교량 상부구조의 상호작용, 한국전산구조공학회