

양자기반 진화알고리즘을 이용한 돔 트러스의 중량 최적 설계

손수덕*, 김혁진**, 이돈우***, 이승재*

*한국기술교육대학교 디자인·건축공학부

**한국기술교육대학교 건축공학과

***한국기술교육대학교 창의융합공학협동과정

e-mail:sdshon@koreatech.ac.kr

Weight Optimum Design of a Dome-typed Truss using Quantum-inspired Evolution Algorithm

Sudeok Shon*, Hyukjin Kim**, Donwoo Lee***, Seungjae Lee*

*School of Industrial Design & Architectural Engineering, Korea University of Technology
and Education

**Department of Architectural Engineering, Korea University of Technology and Education

***Interdisciplinary Program in Creative Engineering, Korea University of Technology and
Education

요 약

본 논문은 양자-연산 기반의 진화알고리즘을 이용하여 돔형 트러스 구조물의 중량 최적화를 수행하였다. 양자-연산 기반의 진화 알고리즘은 불확정적인 양자비트로 표현되는 정보를 이용해서 최적해를 탐색하는 알고리즘으로서 기존의 진화알고리즘을 양자-연산 시스템으로 표현한 것이다. 전역 최적해를 탐색하기 위해서 구현된 회전 게이트를 이용하여 돔형 트러스 구조물에 적용한 것으로서 구조 최적화 문제의 불확정성을 고려한 최적값을 얻을 수 있었다.

1. 서론

양자 컴퓨팅 또는 유사한 알고리즘의 개발에 관한 연구 분야의 주제는 양자 컴퓨터 관련 연구주제와 더불어 여러 분야 연구자들에 관심을 가지게 되었다. 해결하기 난해한 문제들의 해결뿐만 아니라 기존의 확정적 정보에서 불확정성을 지닌 정보의 표현 방법으로 전산의 개념을 바꾸어 놓았다.

양자비트(quantum bit)를 이용한 정보처리 방법으로 문제의 해결 속도를 개선하고 기존의 고전적 개념에서 새로운 개념의 변환으로 다양한 방법들이 제시하고 있으며, 다양한 공학적 문제의 적용사례가 늘고 있다. 128큐비트의 D-Wave systems의 시도와 같이 양자담금질(Quantum annealing)이라는 특정한 양자알고리즘에 특화된 컴퓨터의 개발도 주목할 만하며, 범용 양자 컴퓨터의 개발을 위한 다양한 노력은 곧 실현될 예정으로 생각된다. 이러한 시점에서 다양한 양자 정보를 이용한 알고리즘의 고안과 적용은 중요한 의미를 지닌다고 할 수 있다. 특히 조합최적화 문제를 해결하는 수단으로 이용되고 있는 알고리즘의 공학적 문제형성과 적용은 다양한 기대를 할 수 있다.^{1),2)}

양자연산기반 탐색 알고리즘(quantum search algorithm)들은 기본적으로 0과 1이 중첩된 양자비트에 대해 양자게이트

트(quantum gate) 연산을 수행하며, 이와 같은 연산자를 이용한 연산을 통하여 다음 세대의 개체를 생성해 내고, 세대수를 증가시켜 연산함으로써 개체 집단의 적합도를 향상해 최적 해를 구하게 된다.

이 과정은 양자비트의 측정과 게이트 연산 과정들이 탐색 과정에서 탐사(Exploration)와 개척(Exploitation) 이 두 가지 특성 간의 균형을 자연스럽게 유지하게 되는 것과 진화정보(evolutionary information)가 누적된다는 장점은 기존의 탐색법과 다른 장점으로 나타나며, 최소 또는 최대치를 구하는 문제에 매우 유용하게 적용할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 양자-연산 기반의 진화 알고리즘³⁾⁻⁵⁾을 이용하여 돔형 트러스 구조물의 중량 최적화를 수행하고자 한다. 돔형 구조물의 최적 설계를 위해서 변위의 제약과 응력의 제약을 고려하도록 한다.

2. 최적화 수리모형

목적함수는 구조물의 중량이다. 중량을 구하기 위한 설계 파라미터로는 단면적을 이용한다. 목적함수와 더불어 제약은 부재의 좌굴과 변위를 고려하였으며, 이를 적용한 제약식과 목적함수를 이용을 이용하여 최적해를 구하도록 한다.

기본적인 최적화 수리 모델은 다음과 같다.

$$\text{minimize } F(\mathbf{A}) = \rho \sum_{i=1}^n A_i L_i \quad (1)$$

$$\text{subject to } g_j(\mathbf{x}) \leq 0 \quad (j=1, \dots, m) \quad (2)$$

여기서, ρ , $\mathbf{A}_i$, $\mathbf{L}_i$: i 부재의 단위중량, 단면적, 길이이며, 설계변수인 트러스 부재 n 개의 단면적 $\mathbf{A}_i$ 는 상하안치를 가진다. 제약조건은 다음과 같다.

$$g_j = |\sigma_i| - \sigma_i^{\text{allowable}} \leq 0 \quad (j=1, \dots, n) \quad (3)$$

$$g_j = |\delta_i| - \delta_i^{\text{allowable}} \leq 0 \quad (j=n+1, \dots, m) \quad (4)$$

위 식에서 허용되는 응력에 대해서는 좌굴을 고려한 제약식을 이용하며, 변위에 대해서는 선형해석을 통해 구한 값을 적용한다. 부재의 좌굴에 대해서는 부재의 단면 형상을 원형강관으로 채택하고 이에 대한 구조설계 식을 제약식으로 구성하며, 부재마다 각각 적용하도록 한다.

이상의 내용을 바탕으로 돛형 트러스 구조물의 최적설계를 수행한다.

감사의 글

이 논문은 2020년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2020R1I1A1A01065032) 또한 이 논문은 2019년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2019R1A2C2010693).

참고문헌

- [1] R Feynman, "Simulating physics with computers," International Journal of Theoretical Physics, 21(6) (1982) pp.467-488.
- [2] D Deutsch, "Quantum Theory, the Church-Turing principle and the universal quantum computer," in Proceedings of the Royal Society of London A, 400 (1985) pp.97-117.
- [3] KH Han & JH Kim, "Quantum-inspired Evolutionary Algorithm for a Class of Combinatorial Optimization," IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 6(6) (2002) pp.580-593.
- [4] S. Shon & S. Lee, "Structural Optimization of Planar Truss using Quantum-inspired Evolution Algorithm," Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection, 18(4) (2014) pp.1-9.

- [5] S. Shon & J. Ha, "Parameter Estimation of Shallow Arch Using Quantum-inspired Evolution Algorithm," Journal of Korean Association for Spatial Structures, 12(2) (2020) pp.89-98.