

## 최적화기법의 농공학에의 활용



김 종 옥

공주대학교 산업과학대학 교수

### 1. 서 론

최적화기법의 개념과 기법에 관한 연구는 1960년 Schmit가 발표한 “Structural Design by Systematic Synthesis”라는 논문을 효시로 꼽는다. 그후 항공우주공학, 기계공학, 토목공학 등의 학문분야에서 구조물을 설계할 때 최적설계 기법을 이용하여 제작 및 건설경비를 줄이면서 안전성이 보장되는 최적의 구조물을 설계하고자 체계적인 연구를 계속하므로써 최적설계기법은 급진적으로 발전하기 시작하였다.

1960년 이후 최적설계 분야에서는 각종 최적화기법의 이론을 발전시키려는 연구와 이들 이론을 이용하여 실제로 최적설계값을 구할 수 있는 최적설계 패키지 프로그램의 개발에 관한 연구가 집중적으로 수행되어 왔다. 그 결과 순차비제약최소화기법(SUMT), 순차선형계획법(SLP), 순차이차계획법(SQP), 수정유용방향법(MMFD)

등 최적화기법의 이론이 다수 개발되고 발전되어 왔으며 최적설계 패키지 프로그램도 많이 개발되어 현재 상용화 되고 있는 것만 해도 ACCESS, ASOP, EAL, PARS, SAVES, SPAR, STARS, TSO, CONMIN, NEWSUMT, GRG2, OPT, OPDES, BYU, IDESIGN, DOT/DOC, GENESIS 등 약 15종 이상의 소프트웨어가 개발되어 보급되고 있다. 따라서 이제는 최적설계법에 관한 깊은 지식이 없는 사람이라도 이들 패키지 프로그램을 이용하면 각종 구조물의 최적설계를 손쉽게 수행할 수 있게 되었다. 실제로 항공우주공학이나 기계공학, 자동차공학 등의 분야에서는 이들 패키지 프로그램을 이용하여 경제적이고 안전한 최적설계를 수행하는 것을 부분적으로 실용화 하고 있다.

최적설계법을 이용하여 구조물을 설계하면 재래의 설계법에 의한 설계에 비하여 다음과 같은 두가지의 큰 장점을 갖게 된다.

첫째는 안전성이 보장되면서 가장 경제적인 설계를 할 수 있기 때문에 건설 및 제작경비를 대폭 줄일수 있고 둘째는 설계에 필수적으로 수반되는 설계치의 가정과 구조해석의 반복과정을 자동화 할 수 있기 때문에 이들 계산에 필요한 노력을 절감할 수 있으며 또한 반복되는 계산과정에서 수반될 수 있는 오류를 방지할 수 있다.

특히, 유한요소법에 의한 구조해석을 기초로 구조물을 설계하려면 설계변량의 가정과 그에 따른 구조해석의 반복수행에 소요되는 노력과 경비가 엄청나다. 따라서 이와 같이 선진화된 기법에 의한 구조해석을 기초로 구조물을 설계하려면 설계의 자동화를 기할 수 있는 최적설계법이 필수적으로 수반되어야 한다.

농공학 분야에서도 철근콘크리트, 강구조물 등 여러 가지 구조물을 설계하고 있기 때문에 최적설계법이 효율적으로 활용될 수 있는 분야인데, 농공학 분야에서는 아직까지 비선형계획기법과 컴퓨터를 이용하는 최적설계기법이 새로운 분야로 인식되는 일이지만, 극히 일부 분야에서만 연구되고 있는 실정이다.

따라서 이 글에서는 최적화기법의 이론과 발전 상황을 정리해보고 이를 기초로 최적화기법의 미래를 예측해 보며 농공학 분야에의 활용방안을 탐색해 보고자 한다.

## 2. 구조최적화의 이론

### 가. 기본개념

#### 1) 정의

구조물의 최적설계란 설계조건과 설계하중이 주어졌을 때 설계변수(design variable)에 부과된 여러 가지 제약조건(constraints)들을 동시에 만족하면서 목적함수를 최소 또는 최대화 하는 설계변수의 조합을 수학적계획법에 의하여 구해 내는 설계법이다.

여기서 설계변수란 구조요소 또는 부재들의 치수, 구조물의 형상을 결정짓는 제반변량 또는 재료 등과 같이 최적설계문제의 정식화에 기본이 되는 변수를 말하며 제약조건이란 시방서의 제반 설계제한규정과 설계하중으로 인하여 발생가능한 모든 파괴형태 또는 구조재료의 선정이나 제작상의 한계 등과 같이 유용설계(feasible design)가 이루어지는데 만족되어야만 하는 제반조건들을 말하는데 물리적인 견지에서 한계제약조건과 거동제약조건으로 분류된다.

목적함수(objective function)란 무한히 많은 유용설계 중에서 보다 경제적이고 효율적인 설계를 선택하는데 비교의 기준으로 사용하기 위하여 설계변수의 향으로 표현된 함수를 말하며 일반적으로 구조물의 건설경비, 체적, 중량 등으로 나타낸다.

#### 2) 최적화문제의 일반형식

일반적으로 최적화문제의 형식은 다음과 같은

조건을 만족하는 설계변수벡터(X)를 찾는 문제가 된다.

Minimize  $F(X)$

Subject to

$$G_j(X) \leq 0 \quad j=1, \dots, M$$

$$G_j(X) = 0 \quad j=1, \dots, L \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$X_j^L \leq X_j \leq X_j^U \quad i=1, \dots, N$$

여기서 X : 설계변수 벡터

F(X) : 목적함수

$G_j(X)$  : 제약조건식

M : 부등식 제약조건식의 수

L : 등식 제약조건식의 수

$X_j^L$  : 설계변수의 하한치

$X_j^U$  : 설계변수의 상한치

이와 같은 최적화문제에서 목적함수와 제약조건식이 모두 설계변수 X의 1차항의 결합으로 되어 있으면 선형계획문제라 하고 목적함수와 제약조건식들 중 어느 하나라도 설계변수 X의 2차항 이상의 항으로 결합되어 있으면 비선형계획문제라 한다.

선형계획문제의 최적화는 심플렉스법 등을 사용하여 비교적 간단하게 구할 수 있다. 그러나 구조물의 최적설계를 비롯한 최적화기법의 응용문제는 대부분 목적함수와 제약조건식이 설계변수에 대한 비선형 함수로 나타나게 된다. 이와 같은 형식의 최적화문제를 푸는 방법은 여러 가지 개발

되어 있다. 그 중에서 우수한 방법이라고 평가되고 있어서 현재 사용되고 있는 방법을 몇가지 소개하면 다음과 같다.

(1) 수정유용방향법 (Modified Method of Feasible Direction ; MMFD)

이 방법은 신뢰성이 있고 최소의 컴퓨터 기억용량으로 해결할 수 있는 방법이라고 평가되고 있는데 이 방법에서는 X의 초기값  $X^0$ 이 주어지면 식 (2)에 의해서 모든 제약조건식을 만족시키면서 목적함수 F(X)를 최소화 하는 방향으로 X가 개선되어 간다.

$$X^q = X^{q-1} + \alpha^* S^q \quad \dots\dots\dots (2)$$

여기서 q는 반복횟수이고,  $S^q$ 는 벡터탐색방향이며  $\alpha^*$ 는 설계변수를 바꾸어 나가는 양을 조절하는 계수이다.

(2) 순차선형계획법 (Sequential Linear Programming ; SLP)

이 방법은 여러 개의 함수계산이 요구되는 일반적인 응용문제에 효율적이라고 알려진 방법으로서 다음과 같은 과정으로 최적화문제를 푼다.

비선형계획문제의 최적화문제에서 목적함수와 제약조건식에 대하여 Taylor 급수전개를 하여 1차항까지만 고려하면 목적함수와 제약조건식이 선형화된다. 이와 같이 비선형계획문제를 선형계획문제로 순차적으로 대치하여 정확한 해에 도달할 때까지 반복하므로써 해를 구하는 방법이다.

(3) 순차이차계획법 (Sequential Quadratic Programming ; SQP)

이 방법은 최적화문제가 잘 구성되어 있다면 이론적으로는 가장 좋은 방법으로 알려져 있다.

이 방법에서는 Taylor 급수전개에 의하여 목적함수는 2차항까지를 고려하고 제약조건식은 1차항까지를 고려하여 부문제를 만들고 이 부문제를 수정유용방향법과 같은 방법으로 푸는 과정을 반복하여 정확한 해에 도달하는 방법이다.

(4) 순차 비제약 최소화기법 (Sequential Unconstrained Minimization Technique ; SUMT)

이 방법은 제약조건식을 고려하여 만든 penalty term을 목적함수에 추가시켜서 새로운 함수를 만들고 이 새로운 함수만을 제약조건 없이 최소화하는 비제약 최소화문제로 만들어 문제의 해를 구하는 방법이다. 그러나 이 방법에서는 문제 해결에 필요한 컴퓨터프로그램 내부의 Parameter 값을 사용자가 정해야 되는데 이 Parameter의 값에 따라서 해의 결과에 큰 차이가 나타나는 문제점을 갖고 있다.

### 3. 구조물에 대한 최적화기법의 발전사

구조최적화기법의 발전과정을 연대별로 정리해 보면 다음과 같다.

#### 가. 1950년대

이 시기는 구조최적화의 이론적 태동기라고 할 수 있는데 이시기에 이미 초기 단계이긴 하지만 컴퓨터를 이용한 강골조 구조물의 최적설계를 위하여 소성설계법에 비선형계획법을 응용하는 연구들이 발표되었다. 1951년에 발표된 Heyman의 연구에서는 구조설계 문제를 해결하기 위하여 수리적 계획기법(mathematical programming)을 최초로 사용하였다. 따라서 50년대는 구조최적화 이론의 태동기였다고 말할 수 있다.

#### 나. 1960년대

이 시기는 이론적 성장기라고 할 수 있는데 1960년에 구조최적화에 관한 논문의 효시로 일컬어지고 있는 Schmit의 “Structural Design by Systematic Synthesis”라는 논문이 발표된후 1960년대 후반에 이르기까지 구조최적화 이론은 급격하게 발전하였고 수백편의 주요 논문이 이 시기에 쏟아져 나왔다.

이 기간의 주요 연구는 다양한 구조설계문제를 여러 가지 수리적계획기법에 의한 최적화문제로 모형화 하는 연구나 각종 효율적인 최적화 알고리즘의 개발과 아울러 이들 기법을 실제 설계문제에 응용하는 것에 관한 연구가 대부분이었다.

이 당시 많은 연구자들은 최적화기법은 무한한 가능성을 가진 설계도구이며 전혀 새로운 개념이고 따라서 새로운 설계법으로 체계화시키기 위해

서는 아직도 많은 연구개발이 필요하다고 생각했기 때문에 이러한 구조최적화 분야의 연구개발을 열정적으로 추구하였다.

#### 다. 1970년대

70년대는 최적화기법 이론의 고도화 시기라고 할 수 있는데 이 시기의 특기할만한 주요 발전으로는 구조최적화를 위한 효율적인 NLP (Nonlinear Programming) 기법의 응용, 일반화된 최적성기준법 (Optimality Criteria)의 발전, 여러 가지 다양한 근사화 개념의 개발 등이 이루어졌다.

#### 라. 1980년대

80년대로 접어들면서 컴퓨터 산업의 기술은 눈부실 정도로 빠른 속도로 발전되어 최적설계 분야는 가속적으로 전산화 실무설계의 실제 설계도구가 될 수 있는 기회를 맞이하였으나 불행하게도 지나치게 최적화기법이 이론 위주로 발전해 왔기 때문에 실무 설계자들에게는 외면을 당해왔다.

따라서 이 시기에는 이론적인 발전은 고도화 되었으나 실무 설계자들이 이용할 수 있는 S/W 개발을 등한시 한 결과 실무설계로의 응용은 크게 발전하지 못하였다.

이 시기에 개발된 범용의 최적화 코드로는 IDESIGN, CONMIN, OPTDYN, ACCESS, ASOP, EAL, PARS, SAVES, SPAR, STARS, TSO 등을 들 수 있다.

그러나 이들 프로그램이 갖는 대단히 탁월한 설계능력에도 불구하고 이들은 대개 우주, 항공, 기계, 조선 분야의 설계문제를 다루도록 개발되었기 때문에 토목, 농공, 건축 분야에 그대로 적용하기는 어려웠고 토목, 농공, 건축분야의 설계문제를 위하여는 이들 프로그램이 수정되어 사용되어야 하므로 상기한 프로그램들이 광범위하게 활용되지 못하는 실정에 있었다.

#### 바. 근대(1990년대)

현재의 고도화된 구조최적화기법의 발전수준을 고려해 볼 때 최적설계기법은 자동화 최적설계를 위한 탁월한 능력을 갖추고 있다고 볼 수 있다. 즉 이제는 여러 재하조건하에서 부재 치수에 응력, 변위, 안정, 진동수 등의 제약조건을 받는 수백개의 설계변수를 갖는 대형구조물의 효율적인 설계가 가능한 최적설계 기술을 보유하고 있다고 볼 수 있다. 그러므로 이제는 최적화기법이 각종 구조물을 설계하는데 실제적 도구로서 활용될 수 있도록 성장되었다고 말할 수 있으며 실제로 항공, 우주, 기계공학 등의 일부 분야에서는 유용하게 활용하고 있다. 그러나 농공학 분야에서는 아직도 연구의 차원을 벗어나지 못하고 있다.

## 4. 실용화를 위한 발전방향

그동안 컴퓨터 및 최적화기법의 이론은 고도로 발전되었으나 실무설계로의 응용은 일부 첨단 구

조설계가 요구되는 항공, 우주, 선박, 기계, 자동차 등의 분야를 제외하고는 다른 분야 특히 토목, 농공, 건축 분야에서의 실무응용은 지지부진한 상태를 면치 못하고 있다. 이와 같은 문제의 주원인은 그동안 최적화에 관한 연구들이 지나치게 알고리즘 연구 위주의 이론적 연구에 치우쳐 왔고 적용사례의 제시도 실무 문제와는 거리가 멀거나 너무 단순한 교과서적인 문제에만 그쳤기 때문이다. 즉 이는 실무설계자들이 실제로 매일 취급하고 있는 구조물들의 모든 주요설계 단계에서 실무자들이 원하는 최적화문제를 효율적으로 다룰 수 있는 문제의 정식화, 모델링에 대해서는 등한시 해온 결과로 초래된 문제라 볼 수 있다. 따라서 구조최적화는 앞으로 수치적 해법보다는 최적화문제의 적절한 모델링과 단면의 선정 같은 설계문제의 정식화 기법과 관련되는 실제적으로 응용가치가 있는 최적화문제의 개발 위주로 발전되어야 한다. 즉 실제구조물의 설계에 응용할 수 있는 최적화문제를 찾아내고 가장 효율적으로 모델링하여 이를 실무 사용자가 쉽게 접근하여 사용할 수 있는 형태로 구조물의 형식과 종류별 최적설계 루틴이나 최적화 코드를 개발하여야 할 것이다.

실무에서 설계자들이 사용하기 편리한 프로그램은 다음과 같은 사항들을 만족하여야 할 것이다.

- ① 컴퓨터를 이용한 설계에 최적설계법을 도입하면 설계자의 전반적인 업무 수행에 큰 도움을 줄 수 있어야 한다.

- ② 최적설계 프로그램은 무엇보다도 사용하기 쉽고 실무 설계과정을 신속하게 수행할 수 있어야 한다.
- ③ 구조최적화는 실제 설계문제를 다룰 수 있어야 한다.
- ④ 구조최적화의 결과는 경제적인 설계는 물론 신뢰도가 높고 실제적이고 유용한 설계 결과로 되어야 한다.

지금까지 수행되어온 연구중 실제적인 최적화 문제의 예로서는 대부분 트러스와 라멘 구조 정도이다. 앞으로 구조최적화의 연구가 실무설계에 응용위주로 수행되어 설계자들이 쉽게 접근하여 사용할 수 있는 최적설계 코드의 개발 형태로 발전된다면 구조최적화는 실무설계자들에게 실무설계의 도구로서 매우 위력적이며 매력적일 수 있을 것이다.

## 5. 구조최적화의 미래

구조최적화는 현재도 실제적인 구조설계의 도구로 사용될 수 있는 수준으로 발전되어 있기 때문에 고도의 전산이용 시대가 될 가까운 장래에는 실무 설계용 도구로서 핵심 역할을 수행하게 될 전망이 매우 밝다고 말할 수 있다.

또한 앞으로는 과거 어느 때 보다 에너지와 자원이 절약되는 높은 수준의 구조설계가 요구되고 있는 점을 고려한다면 모든 구조물의 진정한 최적설계가 불가피하다는 점을 설계자들이 곧 인식하

게 될 것이다.

이와 같은 상황으로 보아 앞으로 구조최적화가 실무설계에서 활발히 이용될 것은 명약관화한 일인데 이와 같이 되려면 다음과 같은 사항들이 선행되어야 할 것이다.

- ① 실무응용 연구에 더욱 박차를 가해야 할 것이다.
- ② 현재 수준의 다양한 주요 알고리즘을 모두 포함하는 S/W를 개발하여 누구나 쉽게 이용할 수 있도록 할 필요가 있다.
- ③ 대규모 최적화문제의 체계적인 정식화 및 해를 위한 보다 효율적인 최적화기법 및 알고리즘이 개발되어야 한다.

그리고 먼 장래에는 컴퓨터 산업이 상상을 초월할 정도로 발전되어 데이터의 저장이나 처리속도가 지금보다 훨씬 빨라져 누구나 쉽게 사용할 수 있고 용량, 처리속도에 제한이 없으며 고도의 지능을 갖춘 컴퓨터 시대가 올 것이고 그 때가 오면 최적설계가 더욱더 진가를 발휘하여 모든 재래적 구조설계를 대치하고 구조설계 분야에서 유한요소법, 경계요소법, 한계상태 설계법등과 함께 핵심기술로서의 위상을 차지하게 될 것으로 전망된다. 그 때가 되면 모든 구조 설계자들은 그들이 의도하는 창의적인 설계에만 전념하게 되고 원하는 설계의 개념과 조건만 입력하면 최적의 모든 설계결과를 순식간에 얻을 수 있는 시대가 될 것이 틀림없다고 전망할 수 있다.

## 6. 농공학에의 활용

최적화기법은 그 이론이나 현재의 발전 상황으로 보아 앞으로 농공학 분야에서도 널리 활용될 수 있는 분야이다. 그러나 농공학 분야에서 최적화기법의 활용도는 현재 아주 미미한 실정이다. 그렇지만 농공학 분야에서도 최적화기법을 활용하면 막대한 양의 건설 경비를 줄일 수 있을 뿐만 아니라 효율적인 관리도 수행할 수 있을 것이다. 따라서 농공학 분야에서도 최적화기법의 활용에 관한 연구가 활발히 진행되어야 할 필요성이 있기 때문에 여기에서는 최적화기법을 농공학에 활용할 수 있는 분야를 정리해 보고자 한다.

### 가. 농업구조물의 최적설계

농공학 분야에서 최적화기법을 가장 효과적으로 이용할 수 있는 분야는 아마도 농업구조물의 최적설계일 것이다. 최적화기법에 관한 세계적인 연구 동향도 대부분의 연구가 구조물의 최적설계 분야에 치중되어 있다.

농업구조물중에서 대부분 철근콘크리트 구조물이다. 철근콘크리트 구조물의 최적설계에서는 일반적으로 설계변수를 단면 치수와 철근량으로 잡고 목적함수는 콘크리트, 철근 및 거푸집에 소요되는 건설 경비로 잡는다.

제약조건으로서는 구조공학적으로 계산되는 구조물의 각종 거동에 대한 제약조건, 시방서의 제반조건과 해당 구조물의 수리조건으로 잡으므로

서 이들 조건을 모두 만족하면서 건설 경비를 최소로 하는 철근콘크리트 구조물의 단면 치수와 철근량을 수학적계획법을 이용하고 컴퓨터를 통해서 자동적으로 구해낼 수 있게 최적화문제를 구성하게 된다.

이와 같이 최적화기법을 이용하여 구조물의 최적설계를 수행하면 첫째로, 모든 제약조건을 만족하면서 가장 경제적인 구조물을 설계할 수 있고 둘째로, 구조물 설계시 필연적으로 따르게 되는 단면 및 철근량의 가정과 구조 해석의 반복 과정에 소요되는 노력을 절감할 수 있으며 셋째로, 수작업에 의한 계산시 발생할 수 있는 오류의 가능성을 배제할 수 있게 되는 큰 장점을 갖게 된다. 따라서 각종 농업구조물의 설계에 최적화기법을 활용하면 효율적으로 구조물을 설계할 수 있다.

#### 나. 유한요소법에 의한 구조해석을 기초로 한 최적설계

현재 구조해석 방법으로 유한요소법이 가장 우수한 방법으로 알려져 있다. 특히 쉘구조물이나 3차원 연속체 같은 구조물은 유한요소법을 이용해야만 정확한 구조해석을 할 수 있다. 농업 구조물 중 쉘구조물로는 용벽, 이취담, 취수탑, 사이폰 여수토, 싸일로 등이 있으며 3차원 연속체 구조물로서는 댐, 여수토, 배수갑문 등이 있다. 따라서 앞으로 이러한 농업구조물의 설계에 유한요소법에 의한 구조해석을 기초로 하고 설계는 최적화기법을 이용한다면 가장 이상적인 설계가 될

것이다. 현재 유한요소법에 의한 구조해석을 기초로 한 최적설계를 수행할 수 있는 소프트웨어는 GENESIS, ANSYS 등이 개발되어 상용화되고 있고 이를 이용해서 실제 설계업무를 실용화하고 있다. 그러나 이들 소프트웨어간에 설계업무의 종류에 따라서는 정확성에 차이가 있으며 이들 소프트웨어는 주로 강구조물과 같이 재질이 한 가지로 일정한 구조물에서는 정확한 구조해석과 설계가 수행되지만 철근콘크리트와 같은 복합 재료로 이루어진 구조물의 경우 구조해석과 설계가 정확하지 못하다는 문제점을 안고 있다. 그러나 앞으로 이러한 문제는 철근콘크리트 부분에 관한 지속적인 연구로 해결 될 수 있을 것이다. 따라서 재래적인 방법으로 구조해석을 하기가 곤란한 농업구조물의 경우 유한요소법에 의한 구조해석을 기초로 한 최적설계를 수행하면 합리적이고 경제적인 설계를 수행할 수 있을 것이다.

#### 다. 저수지의 최적 물관리

저수지의 물 관리에도 최적화기법이 활용될 수 있다. 최근에 수자원시스템 분야에서 저수지 시스템의 계획설계 및 응용에 최적화기법을 도입함으로써 획기적인 발전을 이룩하게 되었다. 예를 들면 저수지의 물 관리에서 필요수량 결핍지수를 최소로 하는 최적 방류계수를 구하는데 순차 비계약 최소화기법(SUMT)을 이용하여 최적화 모형을 형성한 예가 있다.

저수지와 같은 수자원 시스템에 적용하는 최적



화 모형에서는 목적함수는 각각의 계획 목표에서 순이익의 합계가 최대가 되도록 하는 것으로 정하고 제약조건은 연속성, 저수지 내용적, 관개, 수력발전, 유역 상호간의 유출입, 현지 여건 및 정책으로하여 최적화문제를 형성한 후 최적해로서 관개면적의 규모, 연간 생활용수 공급량, 연간 발전수량, 적정 발전규모 등을 구하게 된다.

농업용 저수지의 물 관리를 합리적으로 수행하기 위하여 최적화기법을 도입하면 농업용 저수지의 용수를 최적 배분할 수 있어 최대의 경제적인 효과를 거둘수 있게 된다. 따라서 저수지 물 관리에 최적화기법을 도입하는 방안에 관한 연구가 다양하게 수행된다면 최적화기법을 도입하여 효율적인 저수지 물관리가 이루어질 수 있을 것이다.

#### 라. 수로 노선의 최적 설계

농업용수를 간선, 지선 및 지거를 통해 농경지에 최소비용으로 공급할 수 있는 노선을 선정하는 것은 매우 중요하다. 이와 같은 노선을 선정하는데 수학적 최적화기법을 이용하면 설계자들이 가장 저렴한 수로를 설계하기 위하여 노선, 지선수 및 위치를 결정하는데 도움을 줄 수 있으며 수로 비용을 현저하게 절감시킬 수 있다. 수로 조식을 계획할 때는 급수면적, 필요수량, 용수원 위치 및 가용수량, 용수 공급 방법, 경제성 등을 고려하여 수립해야 하므로 이들을 제약조건으로 하여 최적화문제를 형성하여 수로 노선의 최적설계를 수행할 수 있다.

## 7. 결 어

지금까지 최적화기법의 이론과 발전상황 그리고 농공학분야로의 활용방안에 대하여 소개하였다. 최적화기법을 농공학에 활용하는 방안은 지금까지 소개한 것 외에도 공정관리, 관수로망의 최적배치 등에도 활용될 수 있을 것이며 농공학 분야에서 주도적으로 최적화기법의 응용에 관하여 연구를 심도 있게 수행한다면 더욱 많은 분야에 활용될 수 있을 것이다.

고도로 발달되어 가는 첨단 기술인 최적화기법을 농공학 분야에 적절히 활용하기 위해서는 농공인들이 이를 활용하려는 노력과 농공분야에 이용할 수 있도록 접근시켜 가려는 연구가 끊임없이 수행되어 앞으로 농공분야에서 이러한 첨단기술을 활용할 수 있는 기반을 튼튼히 마련해야 할 것이다. 아울러 이 이론의 응용에 관한 연구는 물론 이 분야에 대한 교육도 끊임없이 이루어져야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

1. Kim. J. O, Y. T. Hwang & G. N. Vanderplaats, 1995, Minimum Weight Design for Bridge Girder using Approximation based Optimization Method, Journal of KSAE 37(English Edition) : 31-39.

2. Vanderplaats G. N., 1993, Thirty Years of Modern Structural Optimization, Advances in Engineering Software, 16, : 81-88.
3. 김종옥, 1995, 캔틸레버 용벽의 최적설계, 한국농공학회지 37(1) : 90-99.
4. 박병훈, 권순국, 1990, 측수로형 물넘이의 정수지 최적설계, 한국농공학회지 32(2) : 111-121.
5. 신일선, 권순국, 1987, 농업용저수지의 다목적 이용을 위한 용수의 적정배분, 한국농공학회지 29(3) : 125-137.
6. 신일선, 최우현, 1990, 수로설계의 최적화기법, 한국농공학회지 32(1) : 17-27.
7. 조효남, 1994, 구조최적화의 과거, 현재, 미래, 한국전산구조공학회지 7(3) : 4-15.
8. 한상훈, 1992, 구조설계에서 수치최적화 기법 및 연구방향, 한국전산구조공학회지 5(3) : 44-47.
5. 신일선, 권순국, 1987, 농업용저수지의 다목