

# 농업용 관수로 시스템의 최적 배치에 관한 연구

임상준\* · 박승우\*\* · 조재필\*

\* 서울대학교 대학원, \*\* 서울대학교 농공학과

## I. 서론

농업용 관수로망의 배치는 개수로와는 달리 지형적인 제약이 없거나 작으므로, 대상지구의 관개단위별로 급수가 가능하면서도, 가급적 관로망의 길이가 짧고, 관경이 크지 않도록 하여, 경제적인 관로조직을 계획하는 것이 유리하다. 이와 같이 수원공으로부터 각각의 관개단위까지 송수를 위한 관로를 배치하는 것을 관로망 배치라 한다.

주어진 물리구역에 적합한 관로망은 무한한 조합이 가능하다. 그러나, 대상지역에 적합하며, 경제적이고 안전하게 송수할 수 있는 관로망을 계획하는 것은 용이한 일이 아니며, 더구나, 관경과 관로 길이, 공사비 등을 감안하여 가장 저렴한 최적 관로망의 배치는 관수로 시스템의 설계시 중요한 요소이다.

관로망의 배치는 도면상에서 수작업을 통하여 최단 길이의 노선을 결정하는 것으로, 많은 시간과 시행 착오를 요구하며, 실제적으로 최적의 관로망을 구성하기가 어렵다. 이러한 관로망은 방향 그래프를 이용하여 적절하게 표현할 수 있으며, 그래프 이론을 통하여 수원공에서 말단 급수전까지의 최단 거리를 구할 수 있다. 또한, 120° 배치법, 최소 비용 배치법 등을 통하여 최적의 관로망을 구성할 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 그래프 이론을 이용하여 관수로 시스템을 표현하고, 최단거리의 관로망을 구성하며, 120° 배치법과 최소비용 배치법을 이용하여 최적의 관로망을 구성하도록 하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 관로망의 배치방법

관수로망의 노선은 개수로에 비하여 지형적 요인에 따른 제약조건이 적으므로 가급적 경제적인 노선이 되도록 계획한다. 일반적으로 관로망의 배치는 급수전(Hydrant)를 우선 배치하고, 각각의 관로를 배치하며, 최적 관로망의 배치는 아래의 3가지 단계로 이루어 진다 (Labye 등, 1988).

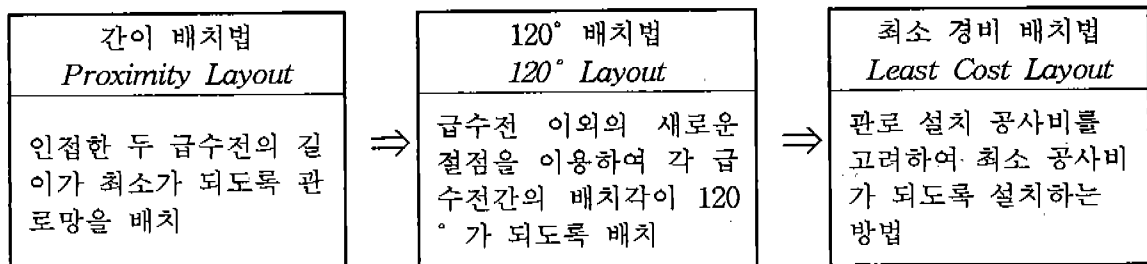


Fig. 1. 최적 관로망의 배치 방법.

## 2. 간이 배치법

농업용 관수로 시스템은 관로, 밸브나 급수전 및 양수장이나 저수지와 같은 수원공으로 구성되어 있다. 이러한 관수로 시스템은 방향 그래프 (Directed Graph)를 이용하게 쉽게 나타낼 수 있다. 이 때 밸브, 펌프 등은 정점 (node)으로 표시할 수 있으며, 이들을 서로 연결하는 관로는 모서리 (edge)로 나타내어 진다.

방향 그래프를 이용하여 표시된 관로망은 그래프 이론을 (Graph Theory)을 이용하여 수원공으로부터 말단 급수전까지의 최단 거리 노선을 구할 수 있다. 본 연구에서는 Kruskal 알고리즘 및 Dijkstra 알고리즘을 이용하여 최단거리 관로망을 구성하였다.

## 3. 120° 배치법

120° 배치법은 급수전 이외의 새로운 절점을 추가하여, 절점에서 각 급수전간의 배치각이 120°가 되도록 배치하는 방법이다.

Fig. 2에서  $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ 를 각각 MA, MB, MC의 단위 벡터라 하고, dM를 절점 M에서의 변이라고 할 경우, 아래의 식이 성립된다. 즉,

$$d(MA + MB + MC) = (\vec{i} + \vec{j} + \vec{k})dM = 0 \dots\dots\dots (1)$$

이고, 이 식을 항상 만족하기 위해서는  $\vec{i} + \vec{j} + \vec{k} = 0$  이므로, 이 때, 각 급수전간의 각은 모두 120°가 된다. 급수전의 개수가 3개 이상인 경우에도 새로운 절점을 이용하여 점차적으로 구성한다.

## 4. 최소 비용 배치법

120° 배치법은 수원공에서 말단 급수전까지의 최단 거리의 관로망을 구성한다. 그러나, 관로의 관경이나 공사비 등이 전체 관로를 통하여 일정하지 않기 때문에 120° 배치법에 의한 관로망이 최소 비용을 의미하지는 않는다. 따라서, 최소 비용 배치법은 각 관로에 대하여 가중치를 고려하여 최소 비용의 관로망을 구성할 수 있도록 하는 방법이다.

Fig. 3에서 각 관로의 가중치를 각각 a, b, c라 할 경우 식 (1)은 아래의 식 (2)와 같이 나타낼 수 있으며, 이 때, 절점 M'는 가중치에 따라 새로운 절점 M으로 이동하게 된다.

$$a\vec{i} + b\vec{j} + c\vec{k} = 0 \dots\dots\dots (2)$$

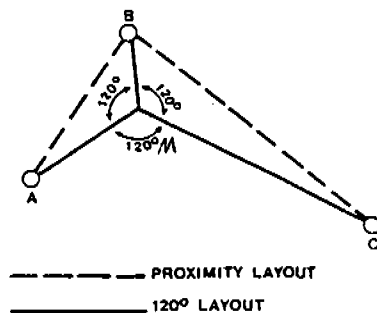


Fig. 2. 120° 배치법.

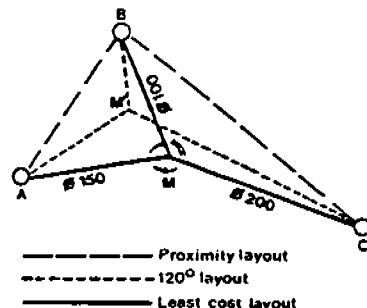


Fig. 3. 최소 비용 배치법.

## III. 연구 결과

농업용 관로망의 최적 배치를 위하여 간이 배치법, 120° 배치법, 최소 비용 배치법을 적용하였다. 방향 그래프를 이용하여 관로망을 표현하였으며, 관로망 배치 방법을 이용하여 최적 관로망을 구성하였다.