

권양장치를 리용하는 천막식줄구조

류 철 주

줄구조의 계산에서는 매개 줄의 합리적인 곡선형태를 결정하는것도 중요하지만 전체적인 줄계의 작업상태를 원만하게 하면서도 경제적인 구조도식을 선정하는것도 중요하다.

그림 1과 같은 구조물에서 기본힘반이부재를 바줄로 하고 그우에 그물을 씌워 외부환경을 그대로 보존하는 경우에 효과적인 구조도식을 리용할수 있다. 다시말하여 천막식 줄구조로서 중심에 기본지지기둥이 있고 이곳에서 뻗어나간 줄계를 주변기둥들로 받쳐주는 형식을 취할 때 내부기둥에 줄권양장치를 설치하여 그물에 실리는 일부 하중 실패로 눈하중 등을 고려하지 않아도 바줄에 가해지는 외부작용을 크게 줄일수 있다.

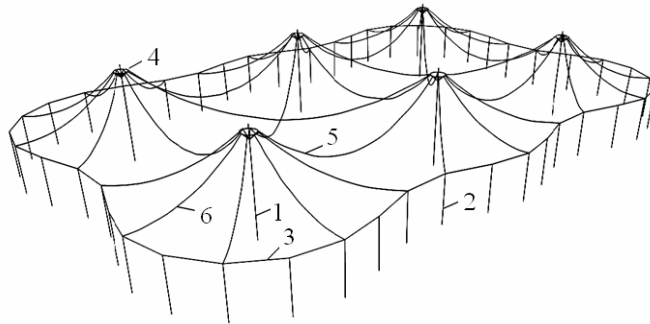


그림 1. 권양장치가 설치된 천막식줄구조

1-내부기둥, 2-외부기둥, 3-외부고리
4-바줄권양장치, 5-내부바줄, 6-외부바줄

평면크기가 $135\text{m} \times 95\text{m}$ 이고 지붕면도 큰 면적을 가지는 이 줄구조를 권양장치가 없이 해결하는 경우 강철그물의 자중이 큰것으로 하여 요구되는 그물면의 처짐을 보장하자면 많은 바줄로 계를 구성해야 하는데 1개의 내부기둥에 바줄을 설치할수 있는 수가 제한되어있고 하중분배와 계산도 매우 복잡해진다. 그러나 그림 1에서와 같이 내부기둥을 따라 바줄권양장치를 설치하면 눈이 쌓이는것을 비롯하여 외부하중이 큰 경우 권양장치로 줄을 필요한 높이까지 내려 외부하중을 제거하여 줄구조의 안전한 작업상태를 보장할수 있다.

론문에서는 바줄권양장치가 있는 천막식줄구조의 권양높이에 따르는 바줄의 계산에 대하여 보기로 한다.

줄의 계산조건을 보면 내부바줄의 경간은 45m , 최대처짐은 보통 작업상태에서 12m 이며 외부바줄의 경간은 22.5m , 최대처짐은 보통 작업상태에서 3.4m 이다.

먼저 내부바줄에 대하여 고찰하자.

내부바줄의 두 끝이 다 권양장치에 설치되는데 안전상 6개의 권양장치를 동시에 움직이므로 줄의 계산도식은 평행식 한가지만 고려하면 된다.

권양장치가 지면가까이에 내려왔을 때 줄은 땅에 닿으므로 계산하지 않는다.

그러므로 내부바줄의 최대처짐점이 지면에 닿기 전까지 해당되는 계산도식은 그림 2와 같다.

내부기둥에는 권양장치가 설치되어있으며 내부기둥으로 오는 줄끝은 권양장치에 련결된다.

줄의 자중은 $0.002\ 48\text{kN/m}$ 이고 그물망의 하중은 $q=0.05\text{kN/m}^2$ 이다.

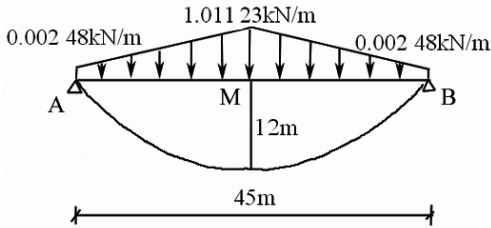


그림 2. 내부바줄의 계산도식

해석은 구조해석프로그램 SAP2000의 Cable요소를 리용하여 진행하였다.

줄에서의 장력은 끝과 중심에서 각각 $T_{A, B}=19.963\text{kN}$, $T_M=15.002\text{kN}$ 이다.

내부바줄은 좌우 대칭작업상태에 있으므로 중간지점에서의 장력은 곧 장력의 수평성분으로 되며 $H=15.002\text{kN}$ 이다.

계산도식에서 하중이 그림 2에서처럼 설정된것은 내부바줄이 그물면에서 차지하는 하중몹에 따라 계산된것이다.

다음으로 외부바줄에 대하여 논의하자.

외부바줄은 작업상태에 따라 세가지로 나누어 고찰한다.

권양장치가 내부기둥의 24m수준에 있을 때 다시말하여 정상작업상태에 있는 경우와 권양장치를 내리우는 작업을 할 때 12m수준과 지면까지 내리운 경우로 고찰한다.

바줄과 그물면에 대한 조건은 내부바줄의 계산에서와 같다.

외부바줄의 계산에서는 권양장치에 따라 줄의 한끝이 오르내릴 때 바줄의 최대처짐을 계산하여 해석에 반영하는것이 무엇보다 중요하다. 여기서 최대처짐을 계산할 때 줄길이를 아는것으로 보고 최대처짐을 계산할수 있다. 외부기둥에서 줄끝이 설치된 높이는 12m이다.

권양장치가 24m수준에 있는 경우(정상작업상태) 외부바줄의 끝점 A는 외부기둥에 고정되어있고 끝점 B는 권양장치의 정상높이(24m)에 있다.

분포하중은 외부바줄이 그물면에서 차지하는 면적비에 따라 계산한다.(그림 3)

그림 3에서 보는바와 같이 정상작업상태에서 외부바줄의 최대처짐은 3.4m이다.

해석결과를 보면 줄끝에서의 장력은 각각 $T_A=10.470\text{kN}$, $T_B=10.421\text{kN}$, 장력의 수평성분은 지점의 수평반력과 같은데 $H=10.421\text{kN}$ 이다.

권양장치가 12m수준에 있는 경우(두 지점이 같은 높이에 있는 경우) 외부바줄의 안쪽 끝점 B가 권양장치에 의해 12m수준까지 내려와 지점 A와 같은 높이에 있다.

권양장치가 내려오면서 줄의 형태와 최대처짐도 변한다.

줄의 길이변화가 매우 작다고 가정하고 정상상태에서의 줄길이를 줄의 처짐선의 방정식에 대입하여 이 경우에 해당하는 줄의 최대처짐을 계산하면 6.1m이다.

줄의 한끝을 권양장치로 내리웠으므로 줄이 그물면에서 차지하는 하중면적비는 달라지지 않는다.

해석결과를 보면 줄끝에서의 장력은 각각 $T_A=9.194\text{kN}$, $T_B=6.149\text{kN}$, 장력의 수평

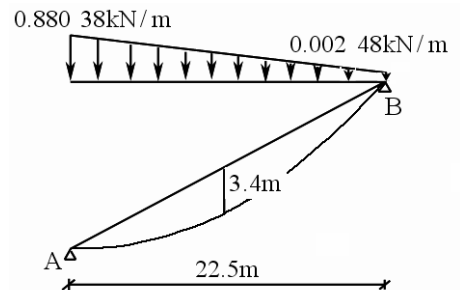


그림 3. 정상작업상태에서 외부바줄의 계산도식

성분은 $H = 4.992\text{kN}$ 이다.

권양장치를 지면까지 내리운 경우 외부바줄의 끝점 B가 권양장치에 의하여 지면까지 도달하여 두 끝지점의 높이차는 첫째 경우와 반대로 되어있지만 하중이 크지 않으므로 최대처짐은 3.4m로 볼수 있다.

해석결과를 보면 줄끝에서의 장력은 각각 $T_A = 15.396\text{kN}$, $T_B = 8.576\text{kN}$, 장력의 수평성분은 $H = 8.621\text{kN}$ 이다.

줄계에서 기본문제는 바줄선정이다.

바줄에 작용하는 내력을 결정한 후에 바줄은 그것의 믿음성, 세기저하, 재료세기 등을 고려하여 다음의 공식으로 결정한다.[1, 2]

$$N_{\text{극계}} = N \times \gamma_f / \gamma_w / k \quad (*)$$

여기서 $N_{\text{극계}}$ 는 선정되는 바줄의 계산극한세기, N 은 해석한 줄의 최대장력, γ_f , γ_w 는 믿음성결수로서 $\gamma_f = 1.6$, $\gamma_w = 0.9$ 이며 k 는 세기저하결수로서 $k = 0.81 \sim 0.85$ 이다.

표. 각 경우에 따르는 바줄의 장력

	해석경우			
	내부바줄	외부바줄 1	외부바줄 2	외부바줄 3
계산장력	19.963kN	14.320kN	9.194kN	15.396kN

내부바줄장력의 계산값은 19.963kN이다.

식 (*)에 따라 내부바줄의 계산극한세기를 구하면 다음과 같다.

$$N_{\text{극계-내}} = N \times \gamma_f / \gamma_w / k = 19.963 \times 1.6 / 0.9 / 0.81 = 43.815(\text{kN})$$

외부바줄의 계산극한세기를 구할 때에는 세경우중 장력이 제일 큰 경우의 내력을 계산장력으로 보고 계산한다.

계산한 결과 $N = 15.396\text{kN}$ 이다.

$$N_{\text{극계-외}} = N \times \gamma_f / \gamma_w / k = 15.396 \times 1.6 / 0.9 / 0.81 = 33.791(\text{kN})$$

따라서 내부바줄은 계산극한세기 43.815kN이 보장되는 줄로, 외부바줄은 계산극한세기 33.791kN이 보장되는 줄로 선택하여야 한다.

맺 는 말

바줄권양장치를 리용하면 건축면적이 큰 줄구조물을 눈하중과 같은 일부 외부하중의 요인을 고려하지 않고 설계할수 있으므로 줄구조를 구성하는 줄의 수와 그물의 하중을 최대한 줄일수 있고 이로부터 많은 자재를 절약할수 있을뿐아니라 줄구조의 운영에서도 안전성을 담보할수 있다.

줄구조에서는 줄이 기본힘받이부재인것만큼 줄계가 안정한 작업상태에서 하중을 충분히 받아줄수 있게 하는 구조도식을 결정하는것이 중요한 의의를 가진다.

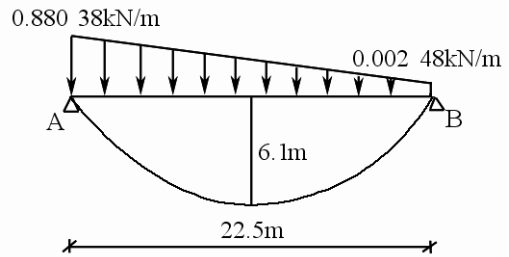


그림 4. 평행작업상태에서 외부바줄의 계산도식

참 고 문 헌

- [1] 한성규 등; 건축공학총서(구조설계 2), 공업출판사, 227~230, 주제90(2001).
- [2] 周利利 等; 结构选型技巧与实例精解, 化学工业出版社, 12, 160, 2016.

주제108(2019)년 6월 5일 원고접수

Tent-Shape Cable Structure Using Hoist

Ryu Chol Ju

In this paper we suggested a method calculating the cable structure, which could make mechanical analysis easier and make sure mechanical behavior and safety, unaffected by the influence of such big load as snow load, by using the hoist on the inner columns of the tent-shape cable structure covering large area.

Key words: cable, hoist, tent-shape