

파이프하우스의 構造安全에 關한 實驗的 研究

김 문 기 · 남 상 운* · 이 재 영

서울大學校 農工學科, *安城産業大學校 農村開發學科

Experimental Studies on the Structural Safety of Pipe-Houses

Kim, Moon-Ki · Nam, Sang-Woon* · Lee, Jae-Young

Dept. of Agr. Eng., Seoul Nat'l Univ.

*Dept. of Rural Dev., Anseong Nat'l Polytech. Univ.

1. 研究目的

우리나라 시설면적의 84.9%나 되는 파이프하우스의 경우 파이프를 지면에 30cm정도 매입한 상태이므로, 지점의 상태를 정확히 구분하기 어렵기 때문에 일반적으로 최대휨 모멘트가 크게 나타나는 힌지로 가정하여 구조해석을 해왔다. 그러나 지점의 상태에 따른 최대휨모멘트의 크기와 발생위치가 상이하므로, 보다 실제에 가까운 상태를 찾아 적용할 필요가 있을 것으로 사료된다. 한편, 파이프하우스의 경우 대부분 기초를 하지 않고 파이프를 지면에 매입한 상태이므로, 폭설시에는 부등침하로 인하여 구조물이 파손될 가능성이 있고, 강풍시에는 인발력이 생겨 기초가 뽑힐 염려가 있다. 특히 하우스의 설치장소가 40%는 밭이고 60%는 논으로 보고되고 있는데, 논 토성은 대부분 점성토의 연한지반이므로 파이프하우스의 안전성면에서 더욱 문제가 될 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 파이프하우스의 구조적 안전성을 검토하는데 필요한 기초자료를 구축하기 위하여 역학적 실험을 실시하였으며, 실험결과로부터 지면에 매입된 파이프의 지점상태를 검토하여 적합한 구조해석 모델을 찾고, 파이프를 말뚝기초로 가정했을 때의 파이프의 지지력 및 인발저항력을 구하였다.

2. 材料 및 方法

1) 지점상태의 검토를 위한 역학시험

파이프하우스에 모의하중을 재하하면서 응력을 실측하고, 지점상태를 고정과 힌지의 두가지 상태로 해석하여 이론적으로 구한 응력을 비교함으로써 적합한 지점의 상태를 찾아내고자 하였다. 모의하중 재하방법은 설하중에 대하여는 연직방향으로 추를 매달고, 풍하중에 대하여는 도르래를 이용하여 추의 무게를 수평하중으로 작용시키도록 모의하중 재하장치를 제작하여 사용하였다. 응력측정은 스트레인게이지를 파이프 외면에 부착하여 1-게이지 방법으로 측정하였다.

2) 기초의 지지력 및 인발저항 시험

지면에 매입된 파이프를 말뚝기초로 간주하여 지지력 및 인발저항을 시험하였다. 실험방법은 지지력은 항타시험을 인발저항은 재하시험을 하였다. 파이프는 농가에서 가장 많이 쓰고 있는 직경 22, 25mm의 펜타이트 파이프를 30, 40, 50cm 매입깊이에 대

하여 각각 실험을 실시하였다. 지반의 종류는 파이프하우스를 많이 설치하는 논과 밭에 대하여 연한지반(논), 보통지반(밭) 및 단단한지반(밭)의 3가지로 구분하여 실험을 실시하였다. 지지력시험 방법은 무게 9kg의 추를 30cm 높이에서 낙하시켜 매입깊이에 도달될때까지의 타격회수를 10회 반복측정하고, 항타공식으로 극한지지력을 구하였다. 인발저항력은 도르래를 이용하여 파이프에 인발력이 생기도록 재하장치를 만들어 서서히 하중을 증가시키면서 파이프가 뽑히는 순간의 총하중을 측정하였다.

3. 結果 및 考察

1) 지점상태의 검토를 위한 역학시험

파이프하우스의 지점상태를 검토하기 위하여 모의하중 재하시의 모멘트 측정치와 지점을 힌지와 고정으로 가정하여 구조해석한 결과를 비교한 것은 그림1과 같다.

대체적으로 모멘트의 측정치는 해석결과에 비하여 상당히 작은 값으로 나타났으며, 절대 최대휨모멘트도 어느경우나 해석결과가 실측결과 보다 크므로 힌지 또는 고정중 어느것으로 해석해도 안전면에서는 문제가 없는 것으로 나타났다. 그러나 응력분포의 경향이나 최대모멘트의 크기면에서 볼때 단동의 경우에는 고정, 연동의 경우 수평하중 재하시는 힌지, 연직하중 재하시는 고정으로 해석하는 것이 실측치에 좀더 가까운 것으로 나타났다.

2) 기초의 지지력 및 인발저항 시험

(1) 파이프의 인발저항력

파이프의 직경 및 매입깊이에 따라 지반종류별로 측정한 인발저항력은 표1과 같다. 한편, 측정된 인발저항력으로 부터 이론적으로 구한 파이프와 주변흙과의 마찰력은 표2와 같다.

(2) 파이프의 허용지지력

파이프의 지지력을 예측하기 위하여 실시한 항타실험 결과 파이프 직경, 매입깊이 및 지반종류별 타격회수는 표3과 같다. 타격회수에 따른 에너지 관계로 부터 Hiley공식을 이용하여 구한 지지력은 표4와 같다. 실제 말뚝기초의 지지력은 측면마찰력과 선단지지력의 합이므로 측면마찰력을 마찰에 의한 인발저항력과 같은 값으로 가정할 경우 파이프의 선단지지력은 연한지반의 경우 0~22kg, 단단한지반은 22~140kg의 범위를 나타냈다.

(3) 실험결과적 적용

한편 국내에서 많이 사용되고 있는 파이프하우스의 규격(폭 6m, 처마높이 1.8m, 지붕높이 3m, 골조간격 0.6m인 아치형 파이프하우스)에 대한 구조해석 결과 적설심 및 풍속에 따라 기초에 작용하는 최대연직하중 및 최대인발력은 표5와 같다. 표5와 표1의 인발저항력, 표4의 지지력을 비교해 보면, 25mm 파이프를 사용할 경우 적설심 30cm까지는 파이프의 매입깊이가 30cm이면 충분하나 그이상의 적설심에서는 지반의 종류에 따라 매입깊이를 증가시켜야 한다. 인발저항의 경우도 풍속 30m/s까지는 매입깊이 30cm면 충분하나 40m/s의 경우 연한지반은 매입깊이를 50cm이상으로 하거나 보강이 필요하다.

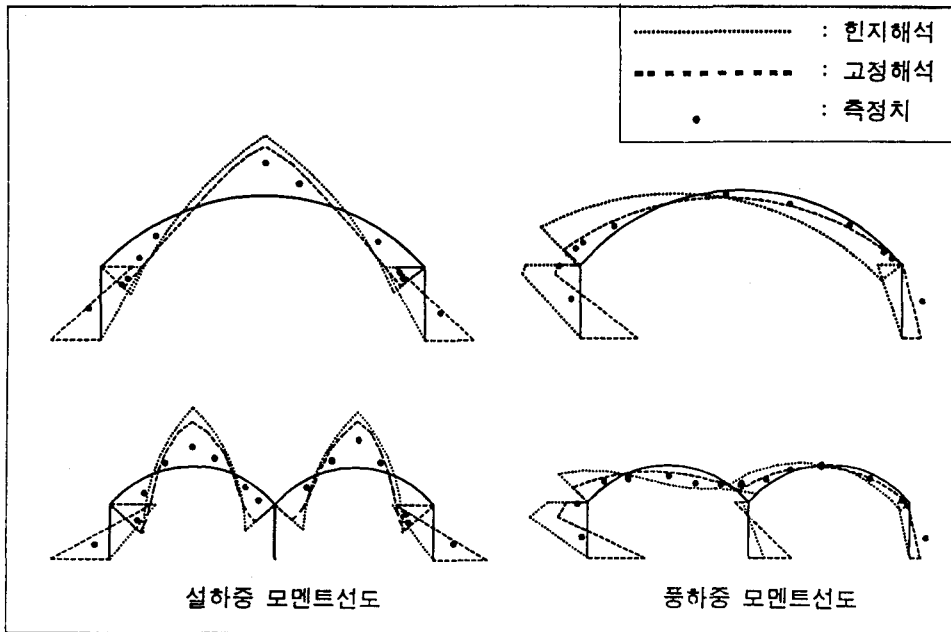


그림 1. 모의하중 재하시의 측정모멘트와 구조해석 결과의 비교

표1. 파이프 직경 및 매입깊이에 따른 지반종류별 인발저항력(kg)

파이프		연한지반(논)		보통지반(밭)		단단한지반(밭)	
직경	매입깊이	평균	표준오차	평균	표준오차	평균	표준오차
22mm	30cm	35.0	±5.1	61.0	±5.2	108.7	±3.3
	40cm	42.0	±4.1	64.0	±2.6	120.0	±4.1
	50cm	48.4	±5.4	69.4	±5.8	-	-
25mm	30cm	39.2	±3.0	74.6	±6.8	111.3	±3.3
	40cm	43.8	±2.1	84.2	±7.8	-	-
	50cm	54.0	±6.8	97.5	±8.1	-	-

표2. 지반종류별 파이프와 주변흙과의 마찰력(t/m²)

파이프	연한지반(논)	보통지반(밭)	단단한지반(밭)
22mm	1.54 ± 0.20	2.42 ± 0.18	4.79 ± 0.16
25mm	1.48 ± 0.14	2.78 ± 0.25	4.72 ± 0.14
평균	1.51 ± 0.17	2.60 ± 0.22	4.76 ± 0.15

표3. 파이프의 지지력시험을 위한 타격회수(회)

파이프		연한지반(논)		보통지반(밭)		단단한지반(밭)	
직경	매입깊이	평균	표준오차	평균	표준오차	평균	표준오차
22mm	30cm	21.4	±0.8	54.2	±2.2	80.7	± 7.7
	40cm	41.6	±1.7	80.6	±5.6	147.2	±15.1
	50cm	65.2	±2.4	105.3	±2.6	267.7	±13.4
25mm	30cm	27.4	±1.1	86.0	±2.9	89.7	±10.5
	40cm	48.0	±3.7	105.3	±4.6	201.1	±25.9
	50cm	78.2	±3.0	162.0	±7.4	313.7	±24.8

표4. 지반종류별 파이프 직경 및 매입깊이에 따른 지지력(kg)

파이프	매입깊이	연한지반(논)	보통지반(밭)	단단한지반(밭)
22mm	30cm	34.7 ± 1.3	87.8 ± 3.6	130.7 ± 12.5
	40cm	50.5 ± 2.1	98.0 ± 6.8	178.9 ± 18.4
	50cm	63.4 ± 2.3	102.4 ± 2.5	260.2 ± 13.0
25mm	30cm	44.4 ± 1.8	99.3 ± 4.7	145.3 ± 17.0
	40cm	58.3 ± 4.5	128.0 ± 5.6	244.4 ± 31.5
	50cm	76.0 ± 2.9	157.5 ± 7.2	304.9 ± 24.1

표5. 파이프하우스에 작용하는 최대연직하중 및 최대인발력

적설심 (cm)	최대연직하중 (kg)			풍 속 (m/s)	최대인발력 (kg)	
	단 동	연 동	연동꼭부기등		단 동	연 동
10	13.5	13.6	30.8	10	3.6	3.5
20	27.0	27.2	61.7	20	14.4	14.0
30	40.5	40.7	92.5	30	32.4	31.5
40	54.0	54.3	123.3	40	57.6	56.0
50	67.5	67.9	154.1	50	90.0	87.5

주) 폭 6m, 처마높이 1.8m, 지붕높이 3m, 골조간격 0.6m인 아치형 파이프하우스에 대한 구조해석 결과임.