한국소성가공학회 '96추계학술대회 논문집 pp.147~149

매설 천연가스 주배관의 하중에 미치는 배관 휨강성도의 영향
(The effects of flexural stiffness on loads of buried pipelines)

○김형식, 김영표, 김우식, 홍성호

1. 서론

청정에너지로서 각광받고 있는 천연가스는 발전, 냉난방, 취사용으로 사용량이 급격히 증가하고 있어, 현대사회를 살아가는데 없어서는 안될 필수 에너지원으로 자리잡아 가고 있다. 이에 한국가스공사에서는 전국적인 천연가스 공급을 위해 가스배관 매설공사에 전력을 기울이고 있다.

매설가스배관의 총연장이 늘어남에 따라 매설시기의 환경차이에 의한 하중변화를 예측하고, 매설후 각종 토목 공사로 인한 매설가스배관의 과부하 상태를 미연에 방지하기 위해서는 매설배관에 작용하는 하중을 정확히 분석하는 것이 필요하다.

따라서 본연구에서는 천연가스 공급 주배관 재료인 API X65의 한국가스공사 기준매설방법에 대하여 토양과 매설배관의 상호작용 측면으로서 매설배관의 설계관점에서 중요한 요소들중에 하나인 휨강성도(flexural stiffness, S_f)의 변화에 따른 하중의 변화량을 가늠해보고자 한다.

2. 본론

2.1 유한요소망

매설배관의 하중을 해석하기위해 배관의 길이 방향으로 변형이 일어나지 않는 평면변형 가정을 도입하여 배관축에 수직한 단면을 유한요소로 나타내었다. 해석은 범용 해석프로그램인 ANSYS를 사용하였으며, 그림 1에 유한요소망을 나타내었다. 그림 1에서 트렌치(trench)의 폭과 높이(배관상단부에서 지표면까지)는 한국가스공사 표준치수인 Bc(배관직경)+0.4m, 1.5m로 하였다.

배관은 2D elastic solid element 사용하였으며, 토하중에 의한 굽힘응력을 수용하기 위해 두께방향으로 3개의 element로 처리하였다.

배관을 둘러싸고 있는 토양의 경우 트렌치 외부지역은 배관과 마찬가지로 2D elastic solid element를 사용하였다. 이는 배관 매설공사의 시작부터 끝까지 이지역의 변형이 거의 없으므로

한국가스공사 연구개발원 생산연구실

탄성체로 가정하는 것이 타당하다. 그리고 트렌치 내면의 경우에는 토양거동을 잘 나타내는 비선형의 Druker-Prager 모델을 적용하였다. 특히 토양의 변형이 외부구속력에 크게 의존하므로 매설배관의 시공공정을 정확히 모사하기위해 birth-death 명령을 사용하여 트렌치 내부의 성토층을 7단계로 나누어서 차례차례 다짐되도록 하였다.

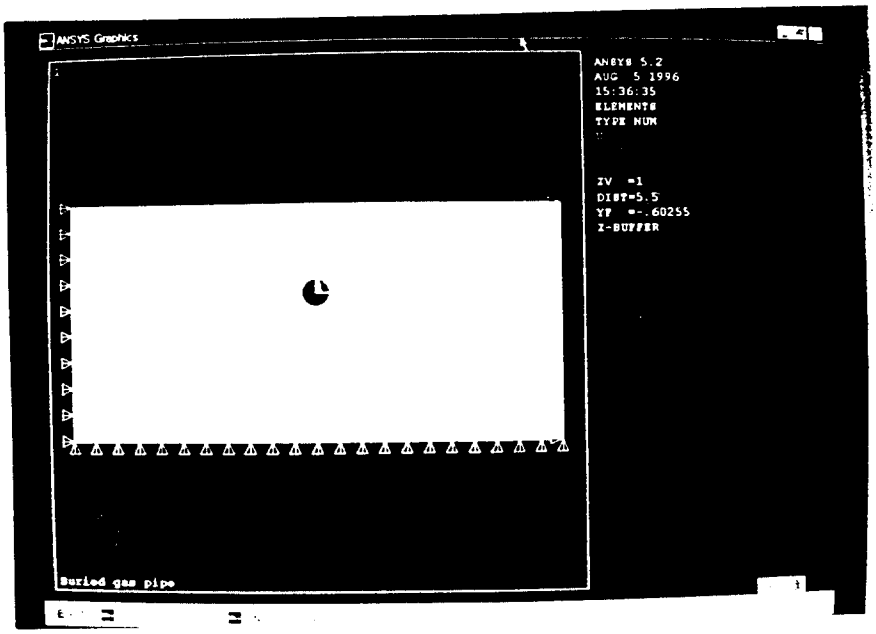

그림 1 매설배관 하중 해석에 사용한 유한요소망

2.2. 토양 및 배관의 물성

해석에 사용한 각 재료의 물성치는 표 1, 2에 나타내었다.

매설배관의 거동형식(Type of behavior)을 분류하는 계수로서 아래 식의 휨강성도와 토양의 탄성계수의 비(Y)가 사용된다.

$$Y = E_s \cdot S$$

Y값의 영역이 10^{-1}~10, 10~10^{2}, 10^{2}~10^{5} 일 때 각각 Rigid, intermadiate, flexible 변형거동을 갖는다고 한다. 토양의 탄성계수를 평균 50 Mpa로 가정하면 한국가스공사 매설가스배관은 Y값이 119~1204로 intermediate 영역에 있다.

표 1 Steel 관의 물성치

재질	직경(Bc) (m)	두께(t) (m)	탄성계수 (GPa)	휨강성도	항복응력 (MPa)	포아송비
API 5L X65	0.5898	0.0079~0.0127	207	0.0415~0.1722	448	0.3
	0.6600	0.0095~0.0191	207	0.0514~0.4181	448	0.3
	0.7620	0.0111~0.0206	207	0.0533~0.3308	448	0.3

표 2 성토, 자연 지반, 도로의 물성치

	Sand	Backfill (Silty sand)	Granular Subbase	In situ soil	ASCON
Unit mass ρ (kg/m^3)	2000	2000	2240	2000	2400
Elastic modulus E (MPa)	1-100	30	140	30	10,000
Poisson's ratio ν	0.25	0.25	0.25	0.25	0.2
Cohesion C (MPa)	0	1.724E-2	0	-	-
Internal friction angle ϕ	33	33	40	-	-

3. 비교고찰

토양성질과 내압, 외부하중을 변화시켜가며 매설배관에 걸리는 전체하중(토하중, 내압, 차량하중)의 Sf(배관의 직경, 두께, 토양성질에 의해 결정)에 대한 의존성을 분석한다.

4. 결론

일정한 토양강성도에서 배관의 휨강성도가 클수록 더 많은 토하중과 외부하중을 매설배관이 지탱할 것이다.

5. 참고 문헌

1) O.C. Young, "Buried rigid pipe", Elsevier applied science publishers, London and New York, 1984

2) A.P. Moster, "Buried pipe design", McGraw-Hill, 1990

3) Gumbel et al, "The development of a new design method for buried flexible pipe", Proc. Europipe '82, Basle(Access Conference, London)