



도시가스 배관용 되메움재 기준 개선에 관한 연구

†류영돈 · 곽채식 · 유영조 · 이수경*

한국가스안전공사, *서울산업대학교 안전공학과

(2008년 7월 14일 접수, 2008년 8월 28일 수정(1차), 2008년 9월 8일 수정(2차), 2008년 9월 8일 채택)

A Study on the Improvement of the Standards of Backfill Materials for Underground Pipelines Carrying Natural Gas

†Youngdon Ryou · Chesik Kwak · Youngjo Ryu · Sukyung Lee*

Korea Gas Safety Corporation

*Department of Safety Engineering, Seoul National University of Technology

(Received 14. July. 2008, Revised(1st) 28. August. 2008, Revised(2nd) 8. September. 2008, Accepted 8. September. 2008)

요 약

도시가스안전관리기준 통합고시에서는 도시가스배관 매설시 되메움 기초재료 및 침상재료로 모래 또는 19 mm 이상의 큰 입자가 포함되지 않은 양질의 흙을 사용하도록 규정하고 있으나, 현장에서는 대부분 모래만을 사용하고 있는 실정이며, 이로 인해 육상모래 고갈 및 수급곤란 현상이 발생하고, 건설공사비가 증가하고 있다. 본 논문에서는 되메움재가 배관에 미치는 영향을 연구하고 국내·외의 되메움재 사용실태를 조사한 후 “모래 이외의 되메움 재료”에 대한 세부기준을 제시하였다. 본 조사·연구 자료는 정부에서 가스배관의 되메움재료에 관한 도시가스안전관리기준 통합고시 기준을 개정하는 데 일조할 수 있을 것으로 본다.

Abstract – According to the Integrated Notice on City Gas Safety Management Standards, materials for bedding and foundation which are around the pipe should be sands or fine grade soil without large particle that is more than 19 mm size. However, sands are mostly used at gas pipeline construction sites and this causes a shortage of sands and an increase of construction costs. It even causes the disruption of natural environment. In order to improve the standards of backfill material, we have researched regulations in other countries and investigated the pipeline construction sites to survey the present state of backfilling. We also have studied what the bedding and foundation materials affect on buried gas pipelines. Lastly, we have suggested suitable materials for bedding and foundation besides sands. We are sure this paper help the government amend the Notice about backfill materials.

Key words : backfilling, bedding, foundation material, natural gas pipeline, coating

I. 서 론

도시가스안전관리기준 통합고시에서는 도시가스배관의 되메움 재료를 Fig. 1과 같이 되메움(Backfill), 침상재료(Bedding) 및 기초재료(Foundation)로 구분하고 있으며, 기초재료 및 침상재료로 모래 또는 19 mm 이상의 큰 입자가 포함되지 않은 양질의 흙을 사용하도록 하고 있으나[1], 동 고시에는 “양질의 흙”을 판단할 수 있는 세부기준이 없어 현장에서는 대부분 기초재료

및 침상재료로 천연모래만을 사용하고 있는 실정이다. 이로 인해 육상 모래 고갈 및 수급 곤란현상이 발생하고 있고, 건설공사비가 증가하고 있으며, 무분별한 육상 모래 채취와 굴착토의 폐기처분은 환경파괴의 원인이 되고 있다. 이에 정부에서는 “모래 이외의 되메움 재료”에 대한 세부기준을 마련하여 환경문제를 해결할 수 있는 물론 사업자로 하여금 순환골재와 같은 대체재료 개발의욕을 북돋우고자 하고 있다.

본 연구에서는 되메움재가 배관에 미치는 영향을 연구하고 국내·외의 되메움재 사용실태를 조사한 후 되메움 기초재료 및 침상재료 선정시 고려사항 및 사용

†주저자:rydon@kgs.or.kr

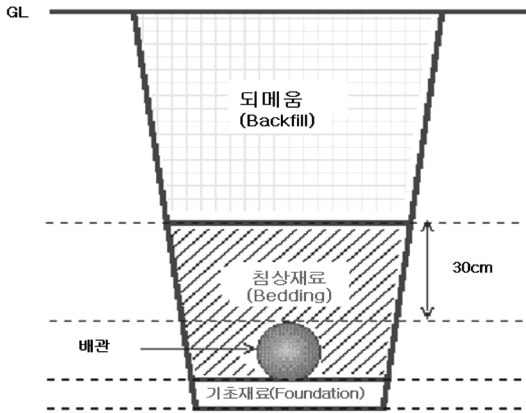


Fig. 1. Classification of Backfilling according to the Integrated Notice.

가능한 되메움재를 제시하고자 한다.

II. 되메움재가 배관에 미치는 영향

되메움재가 배관에 미치는 영향은 다음과 같이 여섯 가지로 구분할 수 있다.

첫째, 배관주위의 암석은 배관에 국부적인 손상을 발생시키고 배관의 파손을 가져올 수 있다. 석괴(石塊, 돌덩이)가 포함된 되메움재가 강관의 피복을 손상시키는 경우에는 피복 박리에 의한 배관 부식 및 편 홀이 발생될 수 있으며(Fig. 2, 3), 날카로운 금속이 포함된 되메움재가 배관피복을 손상시키는 경우에는 Fig. 4와 같이 방식 전류가 배관에 이르지 못하여 배관 부식 및 편 홀이 발생할 수 있다. Fig. 5는 도쿄가스에서 피복결합부에 부식이 발생한 것을 굴착으로 확인한 결과이다[2].

- Cathodic disbondment

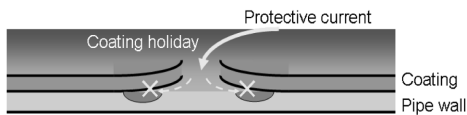


Fig. 2. Corrosion due to coating holidays.

- Contact with other nonmetallic structures

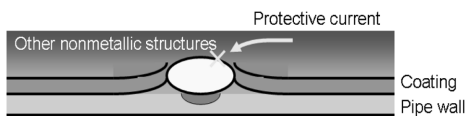


Fig. 3. Corrosion at nonmetallic contact.

- Electrical contact with other metallic structures

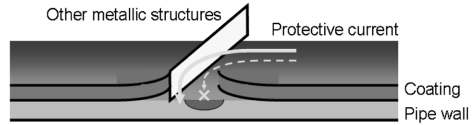


Fig. 4. Corrosion at electrical contact.

Excavation results		Number	Subtotal	
Coating holidays	Major cause of coating holidays		137 (133: Cathodic disbondment)	142
	Imperfect coating construction	10		
	Lead wires (test station etc)	10		
	Third-party damage	16		
	Electrical contact with small metallic structures	54		
	Electrical contact with large metallic structures	11		
Contact with nonmetallic structures	36			
Directly connected Mg anodes		5		
No coating holiday (misdetection)		2		
Total		144		

Fig. 5. Excavation results at Tokyo Gas.

둘째, 되메움재에 의한 배관의 외압강도도 문제가 될 수 있다. 균일하지 않은 되메움재의 경우에는 배관에 국부적인 집중응력이 발생할 수 있으며, 배관재료의 허용한계수준보다 훨씬 큰 원주방향 응력은 응력부식균열(SCC : Stress Corrosion Cracking)을 발생시킬 수 있다[3].

셋째, 연약지반의 토양에서는 부등침하(不等沈下; differential settlement; 구조물의 기초지반이 침하함에 따라 구조물의 여러 부분에서 불균등하게 침하를 일으키는 현상, 不同沈下라고도 함)가 발생할 우려가 있고, 부등침하로 인한 배관의 손상을 야기할 수 있다[1]. 연약지반이란 도로 제방 등의 인공적인 하중을 자연상태로서는 충분히 지지할 수 없는 지반을 말하며, 주로 함수비가 높고, 강도가 약하며, 압축성이 큰 지반으로 점토층, 유기질토 및 이탄, 느슨한 실트 또는 모래층, 느슨한 매립층 등을 들 수 있으며, 이러한 토양을 연약토라 한다.

넷째, 산성 토양의 사용으로 인한 강관의 부식을 야기할 우려가 있다. pH가 4이하인 경우 부식의 우려가 높으므로 적절한 산성도(pH 5~8)를 가진 되메움재를 사용하여야 한다[4,22,23].

다섯째, 되메움재가 PE(폴리에틸렌) 배관에 미치는 영향으로는 배관 표면 손상부의 균열성장으로 인한 크랙을 들 수 있다. 즉, PE 배관의 물성 중 배관의 표면에 스크래치가 발생하면 장시간에 걸쳐 크랙이 진전되

Table 1. Failure mode of PE Water Pipe constructed before and after 1974.

(PE수도관에 대한 파괴수 및 파괴빈도(파괴수/10 km · 년))

구분	전체 PE관(745 km)		74년 이전 PE관(245 km)		74년 이후 PE관(500 km)	
	파괴수	파괴빈도	파괴수	파괴빈도	파괴수	파괴빈도
관부위	13	0.03	7	0.06	6	0.02
이음부위	48	0.13	22	0.18	26	0.1
전체	61	0.16	29	0.24	32	0.13

Table 2. The relation between soil resistivity and corrosion.

부식성	토양비저항($\Omega \cdot \text{cm}$)				
	F.O.Waters	L.M.Applegate	V.A.Pritula	E.R.Shepard	Roanoff
크다	0~900	0~1,000	0~500	0~500	700 이하
약간 크다	900~2,300	1,000~5,000	500~1,000	500~1,000	700~2,000
보통	2,300~5,000	5,000~10,000	1,000~2,000	-	2,000~5,000
작다	5,000~10,000	10,000~100,000	2,000~10,000	-	5,000 초과
매우작다	10,000 초과	100,000 초과	10,000 초과	-	-

는 Slow Crack Growth 현상이 있다. 스크래치는 배관의 취급 및 시공시에 날카로운 물체에 의하여 발생될 수 있는데, PE 배관에 항복점 이하의 응력이 장기간에 걸쳐 걸리게 되는 경우에는 취성파괴를 야기한다. 실제로, 1974년 전후 스웨덴에서 시공된 PE 수도관에서 Slow Crack Growth로 인한 61건의 배관 파괴가 발생하였다(Table 1)[5,22].

여섯째, 토양비저항값은 강관의 부식작용에 영향을 미친다. 즉, 토양비저항값이 작으면 전기전도도가 커서 부식될 가능성이 크고, 토양비저항값이 크면 전기전도도가 낮으므로 부식될 가능성이 적다. Table 2는 토양비저항값과 부식과의 관계를 보여주고 있으며, 일본의 가스관련 법령에서는 토양비저항값이 4,000($\Omega \cdot \text{cm}$)미만인 배관 부분에 대해서는 방식조치를 강구하도록 하고 있다[6].

III. 국내·외 되메움재 실태 조사

3.1. 외국의 되메움재 기준 연구

외국의 되메움재 기준으로는 미국, 영국 및 일본의 기준을 조사하였다.

3.1.1. 미국의 경우에는 ASME B31.8-2003과 DOT에서 매설배관 또는 배관의 피복에 손상을 줄 수 있는 날카로운 돌멩이나 포장 조각 등의 물질은 배관주위의 되메움재로 사용을 금하고 있으며, 배관이나 피복에 손상을 주지 않는 방식으로 되메움을 하여야 한다고 규정하고 있다[7,8].

3.1.2. 영국의 IGE/TD/3 Edition 4에 따르면 배관주위에는 날카로운 돌멩이가 없는 과일상의 물질을 사용하고 유기질, 썩기쉬운 재료, 독성이 있는 물질, 가연성의 재료 및 동결이 되는 재료는 걱정하지 않은 것으로 규정하고 있으며, 굴착토는 기초아래(sub-base)물질로 사용하기에 적당한 것으로 규정하고 있다[9]. 또한, IGE/TD/1 Edition 4에서는 국내의 고시 기준과 같이 되메움재료를 침상재료와 되메움재로 구분하여 규정하고 있으며, 배관주위와 침상(bedding)에 사용되는 재료는 날카로운 돌멩이가 없어야 하고 되메움(backfilling)은 알갱이가 고운 재료로 채우고 다짐하여야 한다고 규정하고 있다[10].

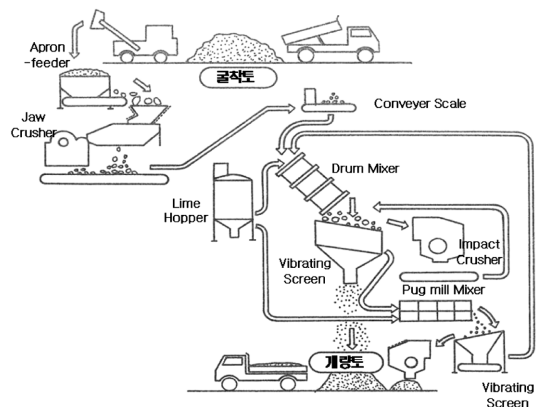


Fig. 6. Excavated soil recycle plant flow chart.

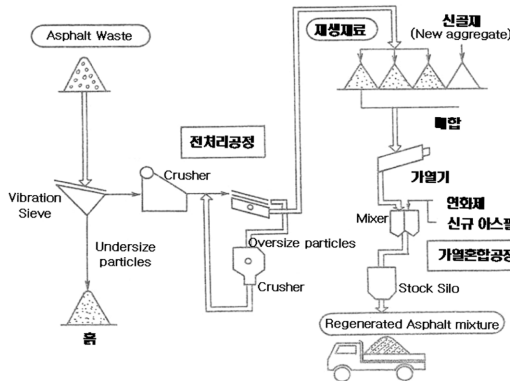


Fig. 7. Asphalt recycle plant flow chart.

3.1.3. 일본의 경우 되메움재는 현장굴착토, 산모래, 강모래, 개량토, 유동화 처리토 등 양질의 흙을 사용하고 충분한 다짐을 하도록 하고 있다. 일본의 본지관 지침과 도시가스공업개요(공급편)에서는 굴착토를 개량한 재생재료를 되메움 재료 및 노반재로 사용할 수 있도록 규정하고 있을 뿐만 아니라, 재생토 이용 기술에 대하여 설명하고 있다(Fig. 6). 또한, 아스팔트를 개량하여 사용하는 방법에 대하여 규정하고 있다(Fig. 7)[11-13].

3.2. 국내의 되메움재 사용 사례 조사

국내에서는 대부분 되메움 기초재료 및 침상재료로 모래를 사용하고 있으며, 유권해석 등을 통해 마사토, 콘크리트 순환골재, 인공토양 등을 제한적으로 사용하고 있다.

3.2.1. 마사토

암석이 풍화작용을 하여 완전 분해되면 흙이 되는데, 흙이 되기 이전의 상태를 마사토라고 한다. 마사토는 배수성, 통기성이 좋아서 야생초, 분재 등에 많이 사용되며, 우리나라 어디서든 볼 수 있는 흙으로서 현행 도시가스안전관리기준 통합고시의 기준을 만족하는 경우 배관의 되메움 기초재료 및 침상재료로 사용가능한 것으로 검토하였다[24].

3.2.2. 콘크리트용 순환골재

KS F2573(콘크리트용 순환골재)의 규정에 적합하게 생산한 입도 5 mm 이하의 순환모래는 도시가스안전관리기준통합고시 기준을 만족하므로 배관의 기초재료로 사용가능한 것으로 검토되었으나[24], 아직까지는 도시가스회사에서 순환모래 사용을 권장하지 않고 있었다.

국내에서 되메움재로 순환모래를 사용한 사례를 조사한 결과, 한전 및 지자체의 건설공사에서 사용 중이며, 환경부에서는 정부의 주무부서 및 지방자치단



Fig. 8. Examples of recycled materials.

체, 공공기관 등에 건설공사를 하는 경우에는 순환골재를 우선 사용할 것을 요청('08.1.29)하였고, 서울시에서는 훈령으로 관로 공사시 순환골재를 의무적으로 활용토록 규정하였다[14,15]. 한국건설기술연구원에서는 순환골재 품질기준에 따라 2006년 6월부터 국토해양부로부터 인증업무를 위탁받아 순환골재 인증을 수행하고 있으며, 현재 인증하고 있는 순환골재(Fig. 8)의 종류는 도로공사용, 콘크리트용(굵은골재, 잔골재), 아스팔트콘크리트용 3가지가 있다[16-18].

3.2.3. 인공토양

옥상정원을 만드는 경우 건물의 하중부담을 줄이기 위해서 가볍고 보습성이 뛰어난 인공토양을 사용하고 있으며, 도시가스안전관리기준 통합고시 기준을 만족하는 인공토양의 경우에는 되메움 기초재료로 사용가능한 것으로 검토하였다[24,25].

3.2.4. 폐주물사

폐주물사 또는 이를 이용한 방식재료를 도시가스 배관의 되메움재로 사용할 수 있는지에 대하여 가스안전공사에서 검토한 결과, pH를 5~8의 중성으로 유지하고, 되메움재내의 기름성분을 5% 이하로 유지하며, 사후관리가 적절한 경우에는 되메움재로 사용가능한 것으로 판단하였다. 또한, 철은 pH 4 이하에서는 부식의 우려가 높고 pH 9.4~12.5 사이에서는 Fe(OH)₂의 부동태 피막을 생성하여 부식을 억제하므로 pH 값이 9~11.5를 유지하고 있는 폐주물사의 경우에는 도시가스배관의 되메움재로 사용할 수 있을 것으로 판단하였으며[19-21,24], 경남지역의 아파트도시가스공사 현장에서 동 재료가 배관의 되메움재로 사용되고 있음을 확인하였다.

IV. 검토 결과

4.1. 되메움재 선정시 고려사항

되메움재가 가스배관에 미치는 영향, 선진외국의 되

메움재 기준, 국내의 되메움재 사용실태 연구·조사 등을 통해 가스배관 주위에 매설하는 되메움재는 다음의 기준을 만족하여야 함을 알 수 있다.

- 가스 배관 및 피복에 손상을 주지 않아야 하고, 다짐성 및 기초 지지력을 향상시켜 배관의 침하를 방지하는 한편, 토양 하중을 고르게 분포시켜 배관에 미치는 영향을 최소화 하여야 한다.

- 배관 부식영향이 적고 배수성이 좋아 동결 우려가 없어야 하며, 세립분이 많아 다짐이 불량한 흙(유기질토, 이탄, 점토질 등)은 사용하지 않아야 한다.

- 토양비저항치가 1,000 Ω·cm 이하인 토양은 되메움재로 사용하지 않아야 하며, 배관 및 피복에 손상을 줄 수 있는 크기(19mm 이상)의 입자를 가진 암반·석괴·흙덩이, 호박돌이나 날카로운 암석은 피하고, 입자의 크기가 균일한 재료를 사용하여야 한다.

4.2. 모래이외의 사용가능한 되메움재

외국의 기준 및 국내의 사례조사를 통하여 모래이외의 가스배관의 되메움 기초재료 및 침상재료로 다음의 재료를 제시한다.

○ 순환잔골재(순환모래)

- 되메움기 용도로 품질검사를 받은 순환잔골재(순환모래) 또는 KS F 2573(콘크리트용 순환골재)의 규정에 적합하게 생산한 순환골재

○ 굴착현장의 굴착토(Excavated soil)

- 굴착공사현장에서 굴착한 흙(굴착토) 중 19mm 이상의 큰 입자가 포함되지 않은 흙 또는 모래와 유사한 성분이 함유된 흙(일명: 마사토). 다만, 유기질토(이탄 등), 실트, 점토질 등 연약한 흙은 제외

※ PE 배관의 경우 Slow Crack Growth 현상이 문제가 될 수 있으므로 기초재료 및 침상재료의 입자 크기를 현행과 같이 19mm 이하로 제한함.

○ 공인기관에서 인정한 인공토양

- 건설재료시험 연구원 등 공인기관에서 KS F 2324(흙의 공학적 분류기준)에서 정한 방법에 따라 시험하여 GW, GP, SW, SP의 판정을 받은 인공토양. 다만, 옥상정원 등에 사용하는 비중이 낮은 인공토양은 우수로 인한 배관 부양의 우려가 없는 경우 사용가능

※ 인공토양을 법령에 명시하기 위해서는 현장에서의 명확한 확인 방법이 있어야 하므로 공인기관의 시험을 거치도록 하였으며, 배관의 보호를 위하여 부양방지조치를 하도록 함.

폐주물사는 되메움재로 사용할 수 있는 것으로 검토되었으나 법령에 명시하기에는 추가적인 검토가 필요한 것으로 판단되어 되메움 기초재료 및 침상재료로 제

시하지 않는다.

V. 결 론

되메움재가 배관에 미치는 영향, 외국의 되메움재 기준, 그리고 국내의 모래이외 되메움재 사용 사례 등에 대하여 연구·조사 하였으며, 동 연구·조사를 통하여 모래이외의 사용가능한 되메움재에 대하여 제시하였다.

모래의 수급부족 및 지나친 모래채취로 인한 환경과 괴를 방지하고, 순환골재 등 모래이외의 되메움 대체 재료의 개발을 촉진하기 위해서는 모래이외의 되메움 기초재료를 도시가스안전관리기준 통합고시에 명시할 필요가 있을 것으로 판단되며, 외국의 기준 및 국내의 사례조사 결과 인공토양, 마사토 및 순환잔골재는 가스 배관 및 피복에 손상을 주지 않는 재료로 검토되어 모래이외의 되메움 기초재료로 제시하였다.

모래 이외의 대체재료 사용은 경제적인 측면과 환경적인 측면에서 국가발전에 크게 이바지 할 것으로 사료되며, 본 조사·연구 자료는 정부에서 배관의 되메움재를 법령에 명시하는 데 일조할 수 있을 것으로 본다.

참고문헌

- [1] “도시가스안전관리기준 통합고시”, 산업자원부 고시 제2008-6호, (2008)
- [2] Yuji Hosokawa and Fumio Kajiyama, “External Corrosion Risk Management for Aged Steel Pipelines Buried in High Consequence Areas”, CORROSION at Houston, Paper No. 05166, (2005)
- [3] 이병해, “미국가스배관의 피복관리”, *가스안전지*, 5·6, 70-75, (1995)
- [4] 社團法人 日本ガス協會, “가스導管防食ハンドブック”, pp. 11, 平成5年
- [5] 이종구, “PE압력관 재료와 크랙과의 관계”, *가스안전지*, 10-14, (1997.10.)
- [6] 한국가스안전공사, “지하가스배관의 과방식에 관한 연구”, 25-29, (1998)
- [7] ASME B31.8-2003, “Gas Transmission and Distribution Piping System”, 805.235, 841.253, 842.431, 849.11
- [8] U. S. Department of Transportation, “Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration”, 49 CFR Ch.1, § 192.319, § 192.361
- [9] The Institution of Gas Engineers (IGE), “Steel and PE Pipelines for Gas Distribution”, IGE/TD/3 Edition 4, vol. 1677, Section 6, p. 58-59, (2003)
- [10] The Institution of Gas Engineers (IGE), “Steel

- Pipelines for High Pressure Gas Transmission”, IGE/TD/1 Edition 4, vol. 1670, Section 7, p. 56, (2001)
- [11] 社団法人 日本ガス協會, “本支管指針(工事編)”, JGA指-202-02, 4.4-4.5, pp. 56-58, pp. 228-231, 平成15年
- [12] 社団法人 日本ガス協會, “都市ガス工業 概要 I(供給編)”, 6.7, pp. 199-200, 平成15年
- [13] 社団法人 日本ガス協會, “高壓導管指針”, JGA指-204-06, 3.4-3.5, pp. 208-209, 平成18年
- [14] “순환골재 우수활용 사례집”, 한국건설자원협회(환경부 후원), (2008)
- [15] “서울특별시 순환골재 등의 활용촉진에 관한 규정”, 서울시 훈령 제949호, (2008)
- [16] “www.kict.re.kr”, 한국건설기술연구원
- [17] “순환골재 품질기준”, 건설교통부 공고 제2006-476호, (2007)
- [18] “건설폐기물의 재활용 촉진에 관한 법률”, 법률 제 8466호, (2007)
- [19] 가스안전공사, “철의 수소이온농도(PH) 비교”, (1999)
- [20] 이학열, “금속부식공학”, 연경문화사, 32-34, (1991)
- [21] Peabody, A.W. “Control of Pipeline Corrosion”, pp. 43, National Association of Corrosion Engineers, Houston (NACE), (2001)
- [22] Favier, V., *et al.*, “Slow Crack Propagation in Polyethylene under Fatigue at Controlled Stress Intensity”, *Polymer*, 1375-1382, (2002)
- [23] 권재도, 이우호 외, “스테인리스강과 탄소강 용접부의 부식거동 해석”, *Journal of KWS*, 17(3), 214-218, (1999)
- [24] “www.kgs.or.kr”, 한국가스안전공사.
- [25] 류영돈 외, “모래이외의 도시가스 배관용 퇴매움재 기준에 관한 연구”, 한국안전학회 춘계학술발표회, 418-423, (2008)