터널과 지하공간, 한국암반공학회지
제20권 제4호, 2010년 8월, pp. 233~240

TUNNEL & UNDERGROUND SPACE, Vol. 20, No. 4, 2010, pp. 233-240
Journal of Korean Society for Rock Mechanics

지하 원유 저장공동에서의 누수량 산정에 대한 연구

심현진[1]*, 박태준[2], 정우철[3], 김호영[4], 최영태[5]

Estimation of Water Leak Rate in the Underground Oil Storage Cavern

Hyun-Jin Shim, Tae-Jun Park, Woo-Cheol Jeong, Ho-Yeong Kim, Young-Tae Choi

Abstract Double Plug is constructed for preventing mixing of two different oils between two compartments in the underground oil storage cavern. And the gas and oil tightness of double plug is tested from the measurement of water leakage from double plug after the completion of double plug water filling. If water leakage is underestimated, it can increase construction cost and if water leakage is overestimated, it can increase operating cost. Therefore, optimum water leakage should be estimated to cut down the cost. In this study, hydraulic stability analysis was conducted to consider permeable properties of rock mass around double plugs and a water leak rate from double plug was estimated from the hydraulic stability analysis and case study. Finally, the reliability of estimation of water leak rate was proven by comparing estimated water leak rate with measured data.

Key words Double Plug, Water Leak Rate, Hydraulic Stability Analysis, Conductance

초 록 지하 원유 저장공동에서 두 공동간의 혼유 방지를 위해 설치되는 더블 플러그는 구조물 시공 후 더블 플러그 내부를 물로 채운 후에 충수의 누수 정도를 파악함으로써 플러그 기밀성을 평가한다. 만약 예상 누수량이 과소하게 산정되면 시공비용이 증대되고, 과다하게 산정될 경우에는 운영비용이 증가될 수 있으므로 최적의 예상 누수량을 산정할 필요가 있다. 본 연구에서는 더블 플러그(double plug) 주변의 투수특성을 보다 정확하게 반영할 수 있도록 수리 안정성 해석을 수행하였으며, 수리 안정성 해석 및 기존 사례 분석 과정을 통해 플러그 주변의 누수 가능성이 있는 모든 경로에 대한 예상 누수량을 산정하였다. 또한 누수 경로에 대한 누수량을 실측하여 예상 누수량 산정 결과의 신뢰성을 확인하였다.

핵심어 더블 플러그, 누수량, 수리 안정성 해석, 투수도

1. 서 론

최근 중국과 인도 등의 빠른 경제 성장과 아메리카 및 아프리카 대륙을 중심으로 한 에너지 국유화/자원화 정책 등으로 인해 세계적으로 에너지 수급의 어려움을 겪고 있으며, 이에 따른 에너지 공급 위기에 대응하기 위한 에너지 비축의 필요성은 날로 증대되고 있다.

[1] SK건설(주) GSUC 영업팀 과장
[2] SK건설(주) 울산추가비축기지건설공사 소장
[3] SK건설(주) GEOTASK팀 과장
[4] SK건설(주) GSUC 사업본부 상무
[5] SK건설(주) 토목사업부문 부사장
* 교신저자 : hjshim@skec.com
접수일 : 2010년 6월 21일
심사 완료일 : 2010년 6월 29일
게재 확정일 : 2010년 6월 30일

에너지 저장시설은 지상 탱크에 저장되는 방법과 및 지하 암반에 저장되는 방법이 있으나 부족한 지상 용지의 대체공간 확보와 기밀성, 차단성과 같은 지하공간의 장점을 이용할 수 있는 지하 암반 저장 방법이 많이 주목 받고 있다. 현재 국내에서 활용중인 지하 저장시설로서는 원유, LPG 비축기지 등이 있으며, LNG 지하 저장 및 지하 압축공기 에너지 저장 등이 개발 및 상용화 단계에 있다.

이러한 지하 저장시설에서 기술적으로 고려되는 가장 중요한 기능은 저장물이 외부로 유출되는 것을 방지하는 것이며, 이를 위해 설치되는 대표적인 구조물이 플러그다.

플러그는 지상과 지하 저장공동을 연결하는 공사용 터널과 에너지 입출하 시설이 설치되는 수갱, 그리고 공동간 연결 터널 내에 설치된다. 공사용 터널과 수갱에

설치되는 콘크리트 플러그 구조물은 저장된 원유와 가스의 외부 누출 방지 및 공동 기밀성 확보를 위해 채운 용수의 유입을 방지하는 역할을 수행하게 되며, 공동간 연결터널 내 계획된 더블 플러그는 위 기능 외에 저장공동간의 혼유를 방지할 수 있어야 한다. 따라서 플러그 구조물은 플러그 내·외에 발생하는 모든 경우의 하중과 폭발 및 지진 등의 동하중에 대하여 안정한 구조로 설계되어야 하며, 동시에 저장물의 외부 유출 및 지하수의 과도한 유입을 방지하는 기밀성을 확보하여야 한다.

국내에서는 여러 차례에 걸친 지하 유류비축기지의 설계 및 시공, 운영을 통해 나름대로의 경험적 설계 및 시공법을 갖고 있지만 플러그 기밀성 확보를 위한 설계 개선 및 연구 등은 활발하게 이루어지고 있지 않은 실정이다.

플러그와 관련된 대표적인 국내 연구로는 이정인 등(1996)이 지질조사 자료를 기초로 블록이론에 의한 해석과 현장에서 생성되는 개별블록의 해석에 의한 안정성 검토 연구를 수행한 바 있으며, 박병기 등(2000)은 수치해석을 통해 현지 응력상태 및 심도의 변화에 따른 플러그의 최적형상 결정 및 경제적인 플러그의 두께 산정에 대한 연구를 수행하였다. 또한 박의섭(2000)은 암반-플러그 접촉부 모형 시험편 제작을 통한 직접전단시험을 수행하여 다양한 수직응력 조건하에서 암반-플러그의 전단거동을 연구하였다.

외국에서는 Garrett & Campbell-Pitt(1958, 1961), Auld (1983) 등이 남아프리카 광산들을 대상으로 지하 플러그의 설계, 시험 및 시공 등에 관해 연구하였으며, 플러그 설계기준에 중요한 영향을 미치는 인자들을 제시하였다. Shidahara 등(1997)은 지하 압축공기 저장과 관련하여 동적 하중을 받고 있는 플러그의 최적 형태에 대한 실험 및 수치해석을 수행하였다.

이와 같이 플러그에 대한 국·내외 연구는 대부분 다양한 암반 및 하중조건에 따른 플러그의 구조적 안정성 검토와 이에 따른 플러그의 형상 및 두께 산정 등의 설계방법을 제시하는 것에 치중되어 왔으며, 상대적으로 플러그의 기밀성 평가에 대한 연구는 부족한 실정이다.

지하 원유 저장시설에서 두 공동간의 혼유 방지를 위해 설치되는 더블 플러그는 구조물 시공 후 더블 플러그 내부를 물로 채우고, 누수 정도를 파악함으로써 기밀성을 평가하게 된다(그림 1). 현재 더블 플러그 충수 후 예상 누수량은 굴착하는 과정에서 산출된 인근 암반의 투수계수 자료를 근간으로 3차원 연속체 수리 안정성 해석을 수행하여 산정하고 있으나, 주로 굴착 초기에 수벽터널 주변에서 측정한 투수계수 자료 위주로 해석이 수행되어 플러그 주변의 투수 특성을 대표하지 못하며, 수리 안정성 해석의 경우 암반과 콘크리트 구조물의 접촉부에서의 누수 가능성을 고려할 수 없는 단점이 있어 예상 누수량 산정 결과의 정확도가 결여될 수 있다. 예상 누수량이 과소하게 산정되면 시공시 추가 그라우팅 등 시공비용이 증대되며, 예상 누수량이 과다하게 산정될 경우에는 삼출수 펌프 가동시간이 증대되어 운영비용 증가 요인으로 나타날 수 있으므로 최적의 예상 누수량을 산정할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 더블 플러그 주변의 투수특성을 보다 정확하게 반영할 수 있도록 수리 안정성 해석을 수행하였으며, 수리 안정성 해석 및 기존 사례 분석 과정을 통해 플러그 주변의 누수 가능성이 있는 모든 경로에 대한 예상 누수량을 산정하였다. 또한 누수 경로에 대한 누수량을 실측하여 누수량 예측치와의 비교·분석을 수행하였다.

2. 더블 플러그 예상 누수량 산정

2.1 예상 누수량 산정 개요

예상 누수량 산정을 위해서 더블 플러그 내부 충수시 누수가 발생할 수 있는 경로를 검토하였다. 그림 2에서 보는 바와 같이 더블 플러그 주변에서의 누수 가능 경로는 아래와 같이 크게 4가지로 구분될 수 있다.

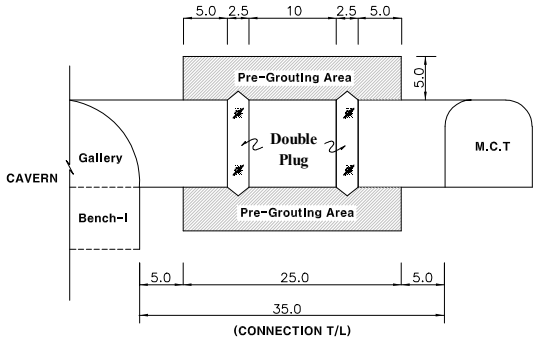

그림 1. 더블 플러그 설치 단면도

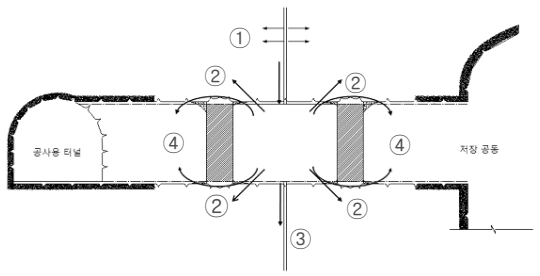

그림 2. 더블 플러그 내 누수 가능 경로

① 더블 플러그 상부의 수벽공에서 암반 내로 누수 발생
② 더블 플러그 내부에서 암반 내로 누수 발생
③ 더블 플러그 하부 수벽공에서의 주수량
④ 플러그 구조물과 암반 접촉부에서의 누수 발생

이중 ①~③의 경우는 수리 안정성 해석을 통하여 산정할 수 있으나, 플러그 타설시 콘크리트 수축균열 등으로 인해 발생하는 플러그 구조물과 암반 접촉부에서의 누수량은 수리 안정성 해석을 통해서 구할 수 없기 때문에 기존 사례를 바탕으로 별도 산정하였다.

2.2 현장 측정 자료 분석

그림 3은 더블 플러그 수벽공 배치도이다. 더블 플러그 하부 수벽공(DP-8~DP-22) 15공에 대해 각 공별로 단기수리시험을 통해 투수계수를 산출하였으며, 실제 운영시와 동일한 주수압력(2.0 kgf/cm^2)을 가하여 주수량을 측정하였다(표 1). 측정 결과 15공의 수벽공 중 4공에서 약 18.4 ton/day의 주수량이 발생하였으며, 주수량이 발생한 4공은 주변공에 비하여 투수계수가 높은 지역으로서 주수량과 투수계수의 상관관계가 밀접함을 확인할 수 있었다.

표 1. 더블 플러그 내부 수벽공 투수계수 및 주수량

구간	수벽공	투수계수(m/sec)	주수량(m^3/day)
Gallery	DP-8	7.07×10^{-10}	-
	DP-9	5.88×10^{-9}	-
	DP-10	2.60×10^{-10}	-
	DP-11	6.95×10^{-8}	5.865
	DP-12	1.66×10^{-7}	10.506
Bench-I	DP-13	1.21×10^{-9}	-
	DP-14	2.95×10^{-8}	-
	DP-15	4.35×10^{-10}	-
	DP-16	7.96×10^{-10}	-
	DP-17	2.02×10^{-9}	-
Bench-II	DP-19	6.82×10^{-10}	-
	DP-19	6.82×10^{-10}	-
	DP-20	6.66×10^{-10}	-
	DP-21	3.82×10^{-9}	1.073
	DP-22	1.23×10^{-8}	0.975
합 계			18.4

2.3 수리 안정성 해석

더블 플러그의 예상 누수량을 산정하기 위해 3차원 유동 모형인 Visual MODFLOW가 사용되었다. Visual MODFLOW는 수치해석 방법 중 가장 보편적으로 널리 쓰이는 유한차분법(FDM)을 이용한다.

2.3.1 모델링 범위

그림 4는 수리 안정성 해석을 위한 모델링 영역 및 격자망을 나타내고 있다. 모델링 범위는 수평 수리경계

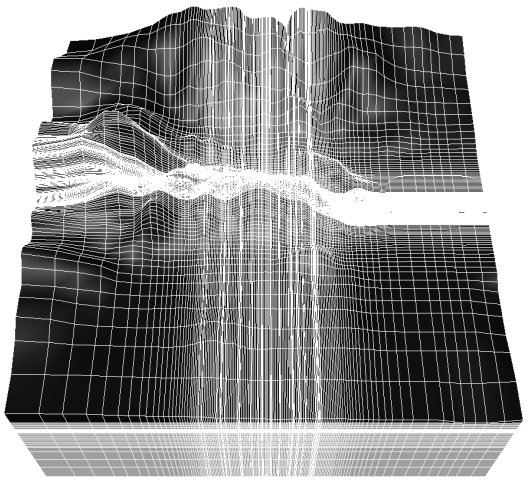

그림 4. 모델링 영역(3,000 m × 3,000 m) 및 격자망

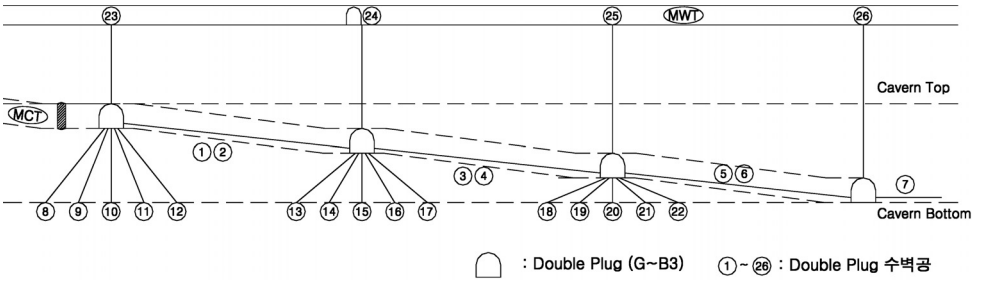

그림 3. 더블 플러그 수벽공 배치도

의 경우 수리적 영향이 예상되는 충분한 범위로 바다 일부분까지를 포함하였으며, 하부수직경계는 저장공동 하부심도에서 충분히 하부에 설정하여 저장공동 굴착에 의한 지하수위 변동이 미치지 않는 지점(EL.-200 m)까지 해석 대상으로 설정하였다. 모델링의 격자망은 더블 플러그가 위치한 지역은 기타 지역보다 조밀하게 격자를 세분하여 Row 수는 175개, Column 수는 165개, Layer 수는 총 24개의 격자망을 구성하였다.

2.3.2 수리지질학적 특성치 산정

지하암반의 함양률(recharge rate)은 이 지역에서 함양률에 대한 조사가 이루어지지 않았으므로 대표치로서 제시할 만한 수치는 도출할 수 없었으나, 모델링 시행착오를 반복한 결과 산악 녹지지역은 연평균 강수량의 5.2%(65 mm/year), 도심지 평야지역은 산악 녹지지역의 10%(6.5 mm/year)를 적용 하였을 때 현재 관측공 지하수위와 모델링 상 계산된 지하수위가 가장 잘 일치함을 보였다.

모델링 적용을 위한 투수계수 산정을 위해 공동 구간의 주요 구조대, 수벽공 단기수리시험 결과 및 굴착시 누수구간을 종합적으로 분석하여 4개의 투수성 구조대와 일반 Matrix 구간으로 투수계수를 달리 적용하였으며(그림 5), 구간별 대표 투수계수는 공동 굴착시 시행된 수벽공 단기수리시험 결과를 적용하여 산출하였다(표 2).

해석 모델 보정을 위해 굴착으로 인해 변화된 공동 주변의 수리특성을 대표하는 상수인 투수도(conductance, C)를 이용하였으며, 투수도는 다음과 같이 정의된다.

$$C = \frac{K \times L \times W}{M}$$

표 2. 구간별 대표 투수계수 산정 결과

구간	투수계수, K_{50}(m/sec)
Matrix 구간 (투수성 구조대 제외 구간)	3.67×10^{-9}
Zone A	1.08×10^{-7}
Zone B	2.34×10^{-7}
Zone C	3.11×10^{-8}
Zone D	7.38×10^{-9}

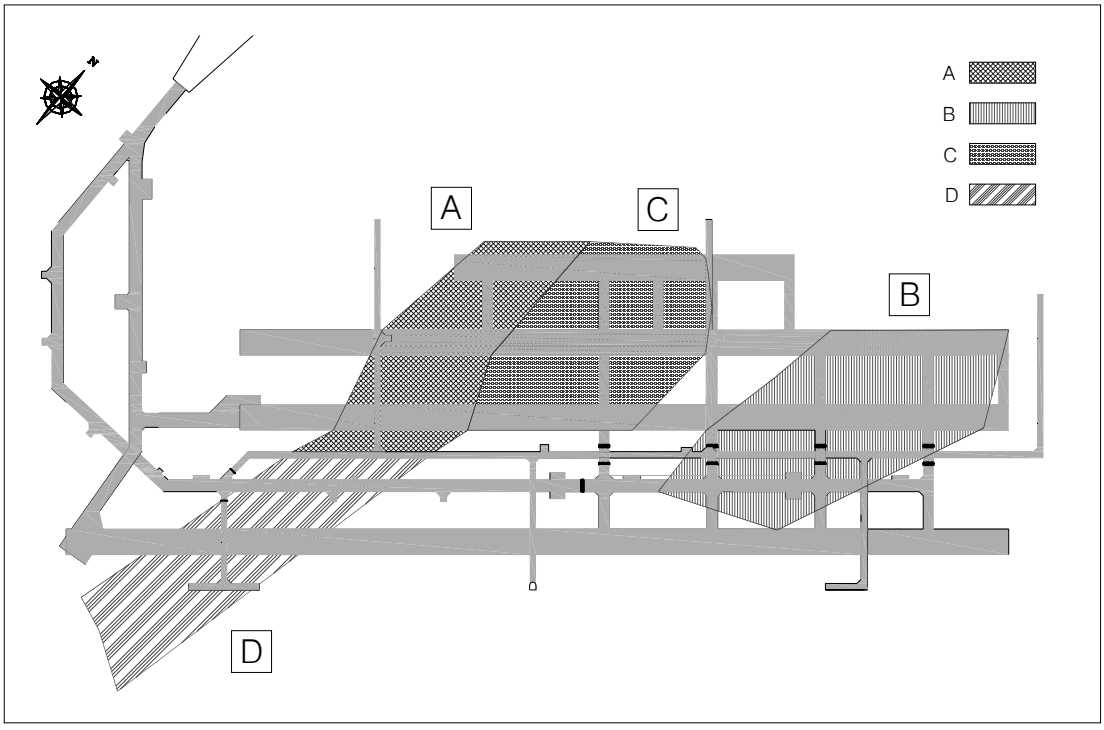

그림 5. 투수 구조대 설정

C : 투수도(m^2/sec)
K : 수리전도도(m/sec)
L : 공동의 길이(m)
W : 공동의 폭(m)
M : 설정된 수리전도도 K가 영향을 미치는 매질의 두께(m)

보정된 투수도는 굴착 후 공동 주변 수리전도도의 변화와 그라우팅의 영향, 공동 벽면에 국지적으로 존재하는 단열들의 영향 등이 모두 반영된 수치이다.

더블 플러그 주변에 대한 보다 정확하고 정밀한 해석을 위하여 더블 플러그 하부 수벽공 투수도를 조정하여 현장 실측치인 18.4 ton/day와 유사하게 보정을 실시하여 더블 플러그 내부와 상부에 적용하였으며 보정결과 더블 플러그 하부 수벽공 주수량은 17.1 ton/day로 산정되었다(표 3). 또한 더블 플러그 주변은 5차례 시행된 그라우팅 작업을 반영하여 투수도를 수벽공 투수도의 20%를 적용하여 조정하였다(표 4).

2.4 예상 누수량 산정 결과

수리 안정성 해석 결과 더블 플러그 내부에서 암반을 통해 발생하는 누수량은 14.8 ton/day, 더블 플러그 상부 주수공을 통해서 발생하는 누수량은 3.3 ton/day로 산정되었다. 그림 6은 더블 플러그 단면에서의 수리 안정성 해석 모델링 결과를 나타낸다.

플러그 구조물과 암반 접촉부를 통해 발생되는 누수는 수치해석적인 방법으로는 산출이 불가능하므로 기존 비축기지 설계에서 적용한 애프터 그라우팅(after grouting) 기준을 고려한 산출법을 사용하였다. 애프터 그라우팅 기준인 0.05 ℓ/min/m의 의미는 1 m 구간에 대하여 1분동안 0.05 ℓ 이상의 누수 발생시 애프터 그라우팅을 수행하도록 하는 것으로서, 이 개념을 적용하여 플러그 주변장과 더블 플러그 총 수량에 대한 더블 플러그와 암반 접촉부의 최대 예상 누수량을 산정하였다(표 5).

더블 플러그 구조물과 암반 접촉부에서의 최대 예상 누수량 및 수리 안정성 해석을 통해 산출된 각 경로에 대한 예상 누수량은 표 6과 같으며 전체 예상 누수량은 52.1 ton/day로 산정되었다. 그림 7은 더블 플러그의 예상 누수량 산정 결과를 바탕으로 작성한 수지 분석도이다.

표 3. 더블 플러그 하부 수벽공 주수량 보정 결과

구 분	실측치 (ton/day)	보정치 (ton/day)
더블 플러그 하부 수벽공 주수량	18.4	17.1

표 4. 더블 플러그 주변 그라우팅에 따른 투수계수 변화

구 분	굴착전(k1)	굴착후(k2)	k2/k1
투수계수(m/sec, 기하평균)	1.31×10^{-8}	2.47×10^{-9}	0.19

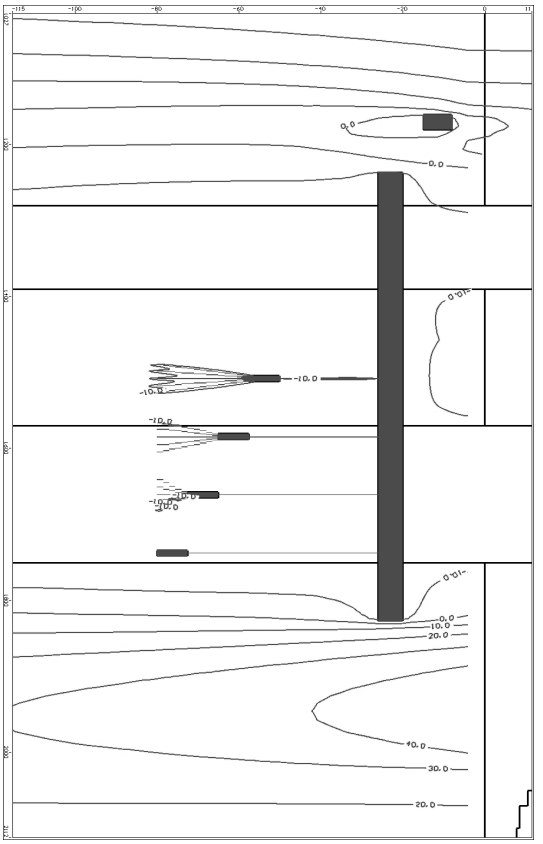

그림 6. 수리 안정성 해석 모델링 결과

표 5. 더블 플러그 구조물과 암반 접촉부에서의 최대 예상 누수량

더블 플러그 주변장	애프터 그라우팅 실시 기준 허용 누수량	더블 플러그 수량	최대 예상 누수량
29.36 m	0.05 ℓ/min/m	8개소	16.9 ton/day

표 6. 더블 플러그 예상 누수량 산정 결과

구 분		값(ton/day)	비 고
①	더블 플러그 상부 주수공 누수량	3.3	
②	플러그 내부 암반 불연속면을 통한 누수량	14.8	
③	더블 플러그 하부 수벽공 주수량	17.1	
④	플러그와 암반 접촉부를 통한 누수량	16.9	
	더블 플러그 전체 주입량	52.1	①~④ 합계

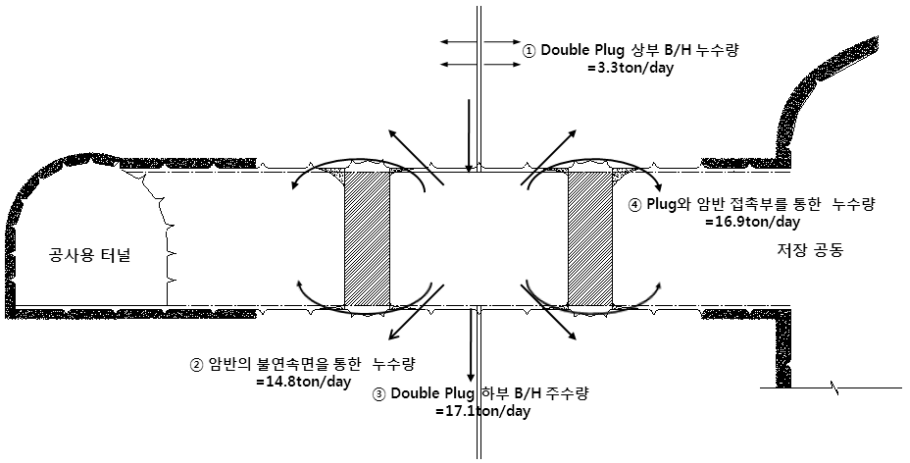

그림 7. 예상 누수량 수지 분석도

3. 예상 누수량과 실측치의 비교 분석

예상 누수량 산정 결과의 적정성을 검토하기 위하여 플러그 상부 수벽공에서의 주입량 및 누수량을 실측하여 그 결과를 비교하였다.

전체 주입량은 더블 플러그 내부로의 주입 배관에 설치된 유량계를 이용하여 측정하였다. 주입량만큼 플러그 주변 암반 및 접촉부 등으로 누수되기 때문에 전체 주입량은 실측 누수량 총합에 해당된다. 주입량은 초기 59.8 ton/day로 측정되었으나, 점차 줄어들면서 최종적으로는 42.8 ton/day로 수렴하였다(그림 8). 이는 더블 플러그 내부에 충수가 완료되면서 암반이 포화될 때까지 주입량이 감소하다가 암반이 포화되어 주입량이 수렴하는 것으로 볼 수 있다. 주입량이 수렴할 때까지의 시간은 약 2주 정도가 소요되었다. 따라서 주입량을 실측할 때에는 암반의 포화 특성을 고려하여 최소 1~2주일 이상 측정할 필요가 있음을 알 수 있다.

더블 플러그 하부 수벽공 주수량은 각각의 수벽공에 주입배관을 연결하고 실제 운영시와 동일한 주수압력을 가하여 측정하였다. 플러그 외부로의 누수량은 플러

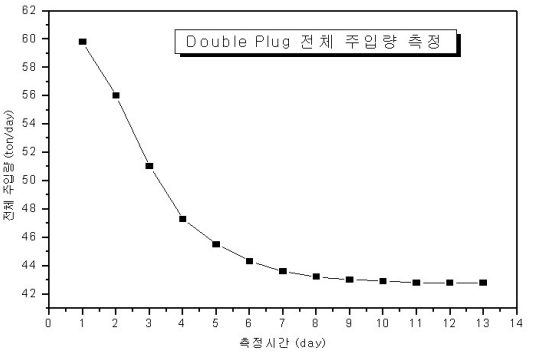

그림 8. 더블 플러그 전체 주입량 측정 결과

표 7. 더블 플러그 외측 간이 Dyke에서의 누수량 측정 결과

구 분	누수량(ton/day)	비 고
Gallery	1.4	
Bench-1	2.0	
Bench-2	3.1	
Bench-3	4.3	
전체 누수량	10.8	

표 8. 더블 플러그 예상 누수량 산정 결과 및 실측값 비교

구 분	① 실측 및 산출 (ton/day)	② 모델링 (ton/day)	① / ②
더블 플러그 상부 주수공 누수량	13.6	18.1	0.75
플러그 내부 암반 불연속면을 통한 누수량			
더블 플러그 하부 수벽공 주수량	18.4	17.1	1.08
플러그와 암반 접촉부를 통한 누수량	10.8	16.9	0.64
더블 플러그 전체 주입량(누수량)	42.8	52.1	0.82

그 외측에 누수량 측정용 간이 제방(dyke)을 설치하여 누수량을 측정하였으며, 측정결과 더블 플러그 외측으로의 누수량은 10.8 ton/day로 나타났다(표 7).

표 8은 예상 누수량 산정 결과와 실측치를 비교하여 나타낸 것이다. 플러그와 암반 접촉부를 통한 누수량 외에는 대부분 실측값/모델링값이 0.8~1.1의 값을 보이고 있으므로 거의 유사하다고 볼 수 있다. 플러그와 암반 접촉부를 통한 예상 누수량 값은 모델링이 불가하여 애프터 그라우팅 적용기준을 도입하여 최대값으로 산정하였기 때문에 실측치보다 크게 산정된 것으로 판단된다.

이상의 분석 결과에서 알 수 있는 바와 같이 예상 누수량 산정시 관심 영역에서 시험한 투수계수 입력 자료를 보다 정밀하게 분석하여 모델링에 반영하고, 기존에 고려하지 못했던 플러그와 암반 접촉부의 누수량을 고려할 필요가 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 더블 플러그 주변의 투수특성을 보다 정확하게 반영할 수 있도록 수리 안정성 해석을 수행하였으며, 수리 안정성 해석 및 기존 사례 분석 과정을 통해 플러그 주변의 누수 가능성이 있는 모든 누수 경로에 대한 누수량을 산정하여 최적의 예상 누수량을 산정하였다. 또한 누수 경로에 대한 누수량을 실측하여 누수량 예측치와 비교·분석하였다.

본 연구로부터 얻어진 결론은 다음과 같다.

1) 더블 플러그 예상 누수량 검토를 위한 수리 안정성 해석시 해석 대상지역에서 측정된 투수계수 값이 누수량에 가장 큰 영향을 미치므로 굴착 과정 중 수리특성 자료가 새롭게 제시될 경우 이에 따른 모델링 보정과정이 반드시 이루어져서 새로운 수리특성 자료가 해석에 반영될 수 있도록 해야 한다.
2) 더블 플러그 예상 누수량 검토시 수리 안정성 해석을 통해 더블 플러그 암반 내부 뿐만 아니라 하부 수벽공, 상부 주수공 등을 포함한 모든 누수 가능성을 검토하고 수리 안정성 해석으로는 산정이 불가능한 플러그와 암반 접촉부에서 발생하는 누수량을 모두 고려하여 산정할 필요가 있다.
3) 더블 플러그 내부 충수기간 중 주입량 실측시 보다 정확한 측정을 위해 암반의 포화특성을 고려하여 최소 1~2주일 이상 측정하여 주입량이 수렴하는 것을 확인하여야 한다.
4) 더블 플러그 예상 누수량은 누수량 실측 결과와 거의 유사한 값을 나타내었으며, 이를 통해 예상 누수량 산정 결과의 신뢰성을 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. 서울대학교 에너지자원 신기술 연구소, 1996, U-2 현장 수직갱의 콘크리트 플러그에 대한 안정성 검토.
2. 박병기, 이희근, 전석원, 박의섭, 2000, 지하저장공동에서의 콘크리트 플러그의 역학적 및 수리적 거동에 관한 수치해석적 연구, 터널과 지하공간, v.10, no.3, 344-354.
3. 박의섭, 2000, 모형실험 및 수치해석에 의한 저장 공동내 콘크리트 플러그의 역학적 거동에 관한 연구, 서울대학교 대학원 박사학위 논문.
4. Garrett, W. S. and Campbell Pitt, L. T., 1958, Tests on an experimental underground bulkhead for high pressures, Journal of the South African Institution of Mining and Metallurgy 59, 123-143.
5. Garrett, W. S. and Campbell Pitt, L. T., 1961, Design and Construction of underground bulkheads and water barriers, 7th Commonwealth Mining and Metallurgical Congress, Vol. 3, 1283-1301.
6. Auld, F.A., 1983, Design of underground plugs, International Journal of Mining Engineering, Vol. 1, No. 3, 189-228.
7. Shidahara, T., Nakagawa, K., Ikegawa, Y., Ohyama, T., Suzuki, K., Hibino, S., Shin, K., Ohsumi, T., Nakata, M., Yamachi, H., Tamura, T., Mozumi, H., Saitoh, S. and Shingu, K., 1997, Suggested Investigation Methods after empirical field test of compressed air energy storage by rock mass sealing, CRIEPI Report.

심 현 진

1997년 서울대학교 공과대학 자원공학과 공학사
1999년 서울대학교 대학원 자원공학과 공학석사

Tel: 02-3499-1811
E-mail: hjshim@skec.com
현재 SK건설 GSUC 영업팀 과장

정 우 철

1999년 서울대학교 공과대학 자원공학과 공학사
2001년 서울대학교 대학원 지구환경시스템공학부 공학석사

Tel: 02-3700-7064
E-mail: wcjeong-j@skec.com
현재 SK건설 GEOTASK팀 과장

최 영 태

1979년 연세대학교 공과대학 토목공학과 공학사
1999년 연세대학교 대학원 토목공학과 공학석사
2006년 수원대학교 대학원 토목공학과 공학박사

Tel: 02-3700-7477
E-mail: ytchoi@skec.com
현재 SK건설 토목사업부문 부사장

박 태 준

1987년 국민대학교 공과대학 토목공학과 공학사
2010년 울산대학교 대학원 건설환경공학부 공학석사

Tel: 052-256-8631
E-mail: tjpark@skec.com
현재 SK건설 울산추가비축기지건설공사 소장

김 호 영

1980년 서울대학교 공과대학 자원공학과 공학사
1982년 서울대학교 대학원 자원공학과 공학석사
1989년 서울대학교 대학원 자원공학과 공학박사

Tel: 02-3700-7481
E-mail: hykim-d@skec.com
현재 SK건설 GSUC사업본부 상무