

地下油類備蓄空洞에서 Water Curtain의 効率성에 관한 研究

A Study on the Efficiency of Water Curtain
around the Underground Oil Storage Cavern

鄭	亨	植*
Chung,	Hyung	Shik
李	益	孝**
Lee,	Ik	Hyo

Abstract

The successful oil storage in the underground cavern is dependent on how to keep the water-tightness around the cavern by the groundwater.

If the water-tightness is not secured, gas bubbles will leak out and oil migrate to the adjacent empty cavern.

An electrical analogy method was employed in studying the influences of the position of horizontal and vertical water curtains, the head of water curtain and the intervals of the cavern spacings and boreholes on the gas leakage and the oil migration into the adjacent empty cavern.

The result shows that if the cavern spacing is narrow, the vertical water curtain should be established and if the cavern spacing is more than twice the cavern height, its establishment is not necessary.

All the detailed factors required to prevent the oil migration are shown on graphs.

要 旨

地下油類備蓄空洞의 成敗는 空洞上部에 充分한 水頭를 維持하여 空洞周圍의 水密性を 保障하는 데 있다.

空洞上部에 充分한 水頭가 維持되면 貯藏된 油類의 Gas가 漏出되지 않으며, 隣接空洞이 비어 있을 때에도 이곳으로 油類는 移動되지 않는다.

本 研究에서는 電氣相似模型實驗을 通하여 水平 및 垂直 Water Curtain을 設置하여 Gas의 漏出과 油類移動을 防止하려 할 때 效果的인 Water Curtain의 位置, 隣接空洞間隔 Water Curtain 水頭, Bore-hole 間격 등이 檢討되었다.

研究結果 空洞의 間隔이 좁으면 垂直 Water Curtain은 꼭 設置되어야 하며, 空洞間隔이 空洞

*正會員·陸軍士官學校 土木工程科 教授

**正會員·麗水水產專門大學 海洋土木科 專任講師

높이의 2배 이상 커지면 垂直 Water Curtain은 必要없다는 것이 立證되었고 油類移動을 防止하는데 必要한 水平 및 垂直 Water Curtain의 位置, Water Curtain 水頭, Bore hole 간격 등이 圖表로 주어졌다.

1. 序 論

두 차례에 걸친 油類波動以後 非產油國의 政策은 消費抑制, energy 源의 多變化, 主要 energy 備蓄으로 要約된다.

이러한 時點에서 우리는 LNG 및 LPG 導入에 先行되는 輸入基地 그리고 原油備蓄基地建設에 關心을 갖게 되었으며, 그 중에서도 建設費 및 維持費가 低廉하며 保安上の 問題도 훨씬 적은 地下貯藏方法을 採擇하고 있다.

이러한 地下貯藏方法에는

1) 岩鹽空洞(Rock Salt Cavern) 貯藏

2) 岩盤空洞(Rock Cavern) 貯藏의 2가지가 있으나, 岩鹽空洞貯藏方法은 우리 나라에는 岩鹽層이 없으므로 實現不可能하여 岩盤空洞貯藏方法을 採擇하고 있다.

그러나 岩盤空洞貯藏方法은 空洞內壁을 覆工하지 않기 때문에 發生되는 問題가 많으며, 이 方法의 成功與否는 油類損失 및 Gas의 漏出을 어떻게 防止하느냐에 있다고 보아도 過言이 아니다.

Gas의 漏出을 防止하기 위해서는 空洞上部에 內部的 Gas 壓보다 큰 充分한 水頭는 물론 Gas 氣泡가 上昇하지 않도록 垂直動水勾配 $I_0 > 1$ 이어야 한다.⁽⁶⁾

그리고 油類의 損失은 地下水位를 높게 하여 水頭가 內壓보다 크게 하면 外部로 流失되지는 않으나 부근에 비어 있는 空洞이 있을 때는 그곳으로 流失되면서 中間岩壁을 汚染시킨다.

이러한 現象은 空洞上部의 地下水位, 水頭維持를 위한 水平 및 垂直 Water Curtain의 設置與否, 空洞間隔 등과 密接한 關係를 이루고 있다.

그러므로 本 研究에서는 地下油類備蓄空洞에서 隣接空洞으로 流失되는 油類나 Gas를 防止하기 위한 Water Curtain의 設置有無와 效率性에 關하여 究明하려 한다.

實驗方法은 電氣相似法을 使用했으며 本 研究

의 結果로 地下油類備蓄用 空洞을 設計할 때 空洞間隔에 따라 Water Curtain의 設置有無 및 效率的인 Water Curtain의 設置位置 그리고 Bore-hole 間隔을 決定하는데 適用할 수 있을 것이다.

2. 研究現況

2.1 隣接空洞으로의 移動

油類備蓄用 地下空洞을 單一로 建設하는 경우도 있겠으나 대부분 한 지역에 몇개의 平行한 空洞을 建設한다.

이들 平行한 空洞에 同時에 같은 種類의 油類가 비슷한 水準으로 貯藏되면 앞에서 언급한 氣泡를 防止하는 措置로써 주변 岩石으로 油類가 流失되지 않으나, 주변 하나의 空洞은 차 있고 隣接한 空洞이 비어 있을 때는 비어 있는 空洞으로 油類가 移動될 수 있고, 이때 두개의 空洞사이의 岩壁은 油類로 汚染된다. 이러한 可能性與否는 地下水 位置, Water Curtain의 有無, 空洞의 形狀, 空洞間隔 등에 의하여 영향을 받는데 Aberg²⁾는 그의 Hele shaw model 實驗으로 檢討한 후, 이러한 流失을 防止하려면 空洞사이에 垂直 Water Curtain이 있어야 한다는 結論을 지었다.

그러나 地下水位가 높을 경우 隣接空洞內的 相對的인 油類水準의 差異가 적을 경우에는 구태여 Water Curtain이 없어도 油類의 損失이 發生하지 않는다.

따라서 本 研究에서는 각 空洞間隔에 따른 Water Curtain의 效率性에 關하여 究明하고자 한다.

2.2 Water Curtain의 必要性

우선 Water Curtain이 없어도 될 경우를 생각하면 Cavern 上部에 充分한 水頭가 維持되었거나 隣接空洞의 相對的 油類水準의 差가 극히 적을 경우라고 할 수 있다.

그렇지만 Cavern 上部에 充分한 水頭가 維持되지 않거나, 隣接空洞間的 한쪽은 차 있고 다른

한쪽은 텅 비어 있을 때는, 즉 壓力이 높은 곳에서 壓力이 낮은 곳으로 油類가 移動하면서 中間의 岩壁을 汚染시킨다.

이러한 것들은 空洞上部의 充分히 높은 地下水位와 靜水壓을 維持하기 위한 水平 Water Curtain, 隣接空洞間에 壓力差異가 심할 경우에 높은 壓力의 空洞에서 낮은 壓力의 空洞으로 漏出되는 油類를 防止하기 위한 垂直 Water Curtain 으로 解決할 수 있다.

그러므로 Cavern 上部에 充分한 水頭가 維持되거나 隣接空洞間의 相對的 油類水準의 差가 극히 적을 경우를 제외하고는 水平 또는 垂直 Water Curtain 이 必要할 경우가 많다.

그리고 施工時 Cavern 을 굴착할 때 Rock 이 한번 排水되면 다시 飽和시키기는 어렵고 Cavern 天頂의 물은 排水되어 버리므로 Cavern 굴착전에 水平 및 垂直 Water Curtain 에서 물의 浸透는 始作되어야 하며 繼續的이어야 한다.

3. 研究範圍 및 方法

3.1 研究範圍

本 研究에서는 Cavern 上部에 充分한 水頭가 維持되지 않거나 隣接空洞間에 한쪽은 油類가 峽 차 있고 다른 한쪽은 텅 비어 있을 경우에 Gas 의 漏出과 隣接空洞間의 岩壁이 汚染되는 것을 防止하기 위하여 Water Curtain 을 設置할 때에 空洞의 間隔, Water Curtain 의 位置, 길이, Bore-hole 의 間隔 등이 어떠한 영향을 미치는가를 알기 위하여, 이들의 값을 變化시키어 必要한 Water Curtain 水頭를 求하여 가장 效率인 Water Curtain 設置方法에 대하여 研究하며 그 研究結果는 圖表와 그림으로 表示하고자 한다.

또한 같은 條件下에서 水平 Water Curtain 과 垂直 Water Curtain 의 2 가지 方法中 어떠한 Water Curtain 設置方法이 Gas 의 漏出을 防止하는데 效果의이며, 隣接空洞으로 油類移動을 防止하는데 效果의인가를 調査하였다.

3.2 研究方法

地層內에서의 地下水 浸水를 解析하는데는 만일 浸水の 母體가 均質(Homogeneous)하고 等方性(Isotropic)이며 固定境界條件에서 steady sta-

te 狀態의 浸水가 이루어진다면 電氣相似法이 가장 간편하며 比較的 正確한 結果를 얻을 수 있으므로 本 研究의 實驗方法으로는 電氣相似法을 採擇하였다.

또한 油類備蓄用 地下空洞의 形態로는 一般적으로 많이 使用되고 있는 馬蹄型을 取하였다. 이 形態는 空洞의 天頂部分의 安定에 매우 效果의일 뿐 아니라 在來式方法으로 굴착시 作業에 便利한 長點이 있다.

그림 1과 같이 馬蹄型空洞 높이(H)와 폭(b)의 比는 地殼의 構造的 應力에 따라 다르나 2:1 또는 4:3을 많이 使用하고 있으며, 만일 空洞이 2개이상 있을 시는 發生應力이 過大하여지지 않게 하기 위하여 그 間隔(d)을 空洞의 높이(H) 이상으로 하는 것이 보통이다.

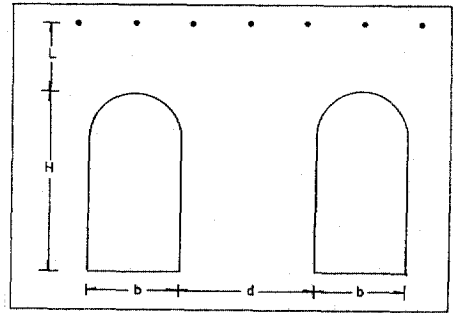


그림 1. 空洞의 가로 단면

本 研究에서는 馬蹄型空洞의 높이와 폭의 比를 가장 많이 使用하는 2:1의 경우에 대해서만 實施하였고 空洞間隔은 空洞높이(H)의 1, 1.5, 2倍로 變化시켰으며 水平 Water Curtain 의 位置(L)는 Cavern 上端에서부터 Cavern 높이(H)의 $\frac{1}{3}H$, $\frac{1}{2}H$, $\frac{2}{3}H$, $1H$ 로 分類 設置했으며 Bore-hole 間隔(A)은 Cavern 높이(H)의 $\frac{1}{20}H$, $\frac{1}{10}H$, $\frac{1}{5}H$, $\frac{1}{4}H$, $\frac{1}{3}H$, $\frac{1}{2}H$ 로 될 수 있는 한 細分하여 空洞上部로 Gas 의 漏出을 防止하고 隣接空洞으로 漏出되는 油類의 移動을 防止하기 위한 空洞上部의 Water Curtain 水頭(L)을 測定하였다.

또한 效果의인 垂直 Water Curtain 의 設置길이를 찾기 위하여 그림 2와 같이 空洞의 높이(H)를 5等分하여 自然地下水面에서부터 Cavern

上端까지의 길이를 H_0 로 하고, 각 地點 H_1, H_2, H_3, H_4, H_5 까지 垂直 Water Curtain을 設置할 경우 必要한 自然地下水面을 求하였다.

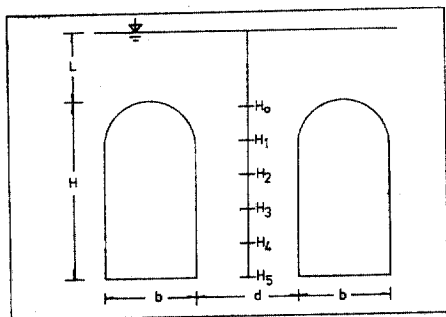


그림 2. 수직 Water Curtain 설치 단면

그리고 똑같은 條件下에서 水平 Water Curtain, 垂直 Water Curtain의 2가지 方法中 어떠한 Water Curtain을 設置하는 것이 效果的인가를 알아보기 위하여 $H:d$ 가 1:1인 경우에

前者의 方法은 Cavern 上端에서 $\frac{2}{3}H$ 위치에 水平 Water Curtain의 Bore-hole 間隔(A)을 $\frac{1}{2}H$ 間隔으로 設置하여 流線網을 作圖하고, 垂直 動水勾配(I_0)가 1보다 큰 지역을 表示하였고

後者의 方法은 Cavern 上端 $\frac{2}{3}H$ 位置의 自然 地下水面에서부터 隣接空洞으로 油類移動을 防止할 수 있는 길이 즉 H_1 까지 垂直 Water Curtain을 設置하여 流線網을 作圖하고 垂直 動水勾配(I_0)가 1보다 큰 지역을 表示하여 2가지 方法을 比較 分析하였다.

4. 實驗結果 및 分析

4.1 水平 Water Curtain

Gas의 漏出과 隣接空洞으로의 油類移動을 防止하기 위하여 즉 充分한 地下水位와 靜水壓을 維持하기 위해 水平 Water Curtain을 設置할 경우 效果的인 水平 Water Curtain의 位置와 bore-hole 間隔을 찾기 위하여 本 研究에서는 Cavern의 높이(H)와 隣接空洞間의 間隔(d)의 比를 1:1, 1:1.5, 1:2의 3가지로 變化시켰으며 水平 Water Curtain의 設置位置는 Cavern 上端 $\frac{1}{3}H, \frac{1}{2}H, \frac{2}{3}H, 1H$ 의 4가지로 變化시켰다.

그리고 Bore hole 間隔(A)는 $\frac{1}{20}H, \frac{1}{10}H, \frac{1}{5}H, \frac{1}{4}H, \frac{1}{3}H, \frac{1}{2}H$ 로 될 수 있는 한 細分하였으 며, 實驗結果는 표 1, 그림 3, 4, 5와 같다.

첫째 표 1, 그림 3과 같이 $H:d$ 가 1:1인 경우를 보면, 같은 Bore-hole 間隔에서도 Cavern 上端에서 水平 Water Curtain까지의 높이(L)이 $\frac{1}{3}H, \frac{1}{2}H, \frac{2}{3}H$ 로 增加하면 增加할수록 必要한 Water Curtain의 水頭(I)은 점차 커지고 같은 Water Curtain의 높이에서 Bore-hole 間隔(A)가 增加하면 增加할수록 Water Curtain 水頭(I)는 점차 커지는 것으로 나타났다.

Water Curtain의 水頭(I)의 값이 점차 커진다는 것은 결국 空洞의 位置가 점차 地下 깊숙히 位置해야 하는 것이므로 施工上 어려울 뿐더러 經濟的인 損失이다.

예를들면 空洞의 높이(H)를 30 m로 한다면 표 1과 같이 Water Curtain의 位置가 Cavern 上端 $20m(\frac{2}{3}H)$ 이고 Bore hole 間격이 10 m($0.33H$), 12.5 m($0.42H$), 15 m($0.5H$)로 增加한다면 Water Curtain 水頭(I)는 145 m ($4.83H$), 154 m ($5.13H$), 159 m ($5.3H$)가 必要하다.

이것은 空洞의 位置가 地下 145 m, 154 m, 159 m에 位置해야 한다는 結果이므로 $H:d$ 가 1:1인 경우는 水平 Water Curtain의 設置가 隣接空洞으로 油類移動을 防止하는 데는 效果的이 아니다.

둘째, $H:d$ 가 1:1.5인 경우에도 Water Curtain의 높이와 bore-hole 間격에 대한 영향은 $H:d$ 가 1:1인 경우와 같은 영향으로 나타난다.

예를 들면 空洞의 높이(H)를 一般的으로 많이 使用되는 30 m라 한다면 표 1에서 $H:d$ 가 1:1인 경우에는 Water Curtain 位置가 Cavern 上端 15 m이고, Bore-hole 間격이 18 m일 때 Water Curtain 水頭(I)은 119 m, 12.5 m일 때 133 m, 15 m일 때 138 m이고, $H:d$ 가 1:1.5인 경우에는 Water Curtain 位置가 Cavern 上端 15 m일 때 Bore-hole 間격이 10 m이면 I 은 39 m, 12.5 m이면 48 m, 15 m이면 51 m로 나타났다.

이 結果로 알 수 있는 것은 Water Curtain 位置가 같은 높이이고 Bore hole 間격이 같더라도

표 1. L과 A의 변화에 따른 W.C 수두(I)

W.C. 높이(L) bore hole 간격(A)	H:d 1:1			H:d 1:1.5			H:d 1:2		
	$\frac{1}{3}H$	$\frac{1}{2}H$	$\frac{2}{3}H$	$\frac{1}{2}H$	$\frac{2}{3}H$	$1H$	$\frac{1}{2}H$	$\frac{2}{3}H$	$1H$
0.125H	2.52H	2.84H	4.04H	1.1H	1.33H	2.0H	0.70H	0.76H	1.1H
0.25H	2.62H	3.20H	4.34H	1.2H	1.4H	2.1H	0.73H	0.83H	1.2H
0.33H	2.77H	3.95H	4.83H	1.3H	1.6H	2.2H	0.90H	1.0H	1.4H
0.42H	2.82H	4.42H	5.13H	1.6H	1.9H	2.3H	1.0H	1.2H	1.5H
0.5H	2.90H	4.60H	5.30H	1.7H	2.2H	2.5H	1.07H	1.3H	1.7H

도 空洞間隔에 따라 Water Curtain 水頭(I)은 많은 差異가 있다는 것이다. 즉 H:d가 1:1인 경우와 1:1.5인 경우를 比較해 보면 1:1인 경우는 1:1.5인 경우의 2.6~3.0 배의 Water Curtain 水頭가 必要하다.

結果적으로 H:d가 1:1.5인 경우가 1:1인 경우보다 水平 Water Curtain의 効果는 約 2.6~3 배이다.

셋째, H:d가 1:2인 경우에도 1:1, 1:1.5인 경우와 같이 Water Curtain 位置와 Bore hole 간격에 대한 傾向은 같다. 그렇지만 Water Curtain의 位置가 Cavern 上端 $\frac{1}{2}H$, $\frac{2}{3}H$, $1H$ 로 增加할 때 必要한 Water Curtain의 水頭(I)은 H:d가 1:1, 1:1.5인 경우보다는 현저하게 減少했다.

예를 들어 H:d가 1:1.5인 경우와 比較한다면 표 1에서 Water Curtain 位置가 Cavern 上端 $\frac{2}{3}H$ 에 있을 경우 Bore-hole 간격(A)이 0.33H, 0.42H, 0.5H로 增加할 때 H:d가 1:1.5인 경우 Water Curtain 水頭(I)는 1.6H, 1.9H, 2.2H이고, H:d가 1:2인 경우 I는 1.0H, 1.2H, 1.3H 이므로 1:2인 경우가 1:1.5인 경우보다 水平 Water Curtain의 効果는 1.6~1.7 배 정도이다.

또한 그림 3을 보면 H:d가 1:1인 경우 水平 Water Curtain 位置가 Cavern 上端 $\frac{1}{3}H$ 에 位置하면 Bore-hole 간격(A)이 점차 넓어져도 I의 變化는 느슨하다.

그러나 水平 Water Curtain의 位置가 Cavern 上端 $\frac{1}{2}H$, $\frac{2}{3}H$ 에 있을 때 A가 0.125H, 0.25H 일 경우는 큰 變化가 없지만 A가 0.33H 이

상일 경우에는 Water Curtain 水頭(I)의 變化幅은 커진다.

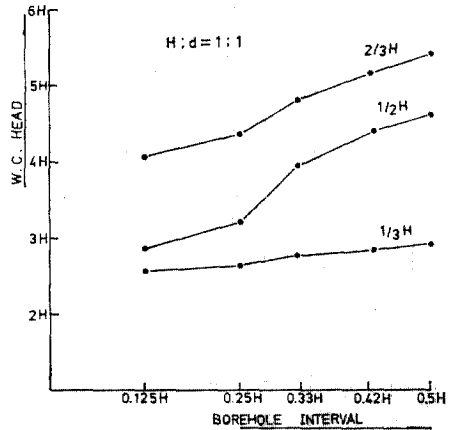


그림 3. 水平 Water Curtain 위치에 따른 W.C 수두(I), H:d=1:1

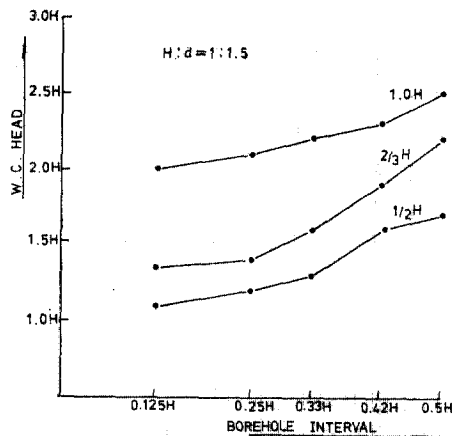


그림 4. 水平 Water Curtain 위치에 따른 W.C 수두(I), H:d=1:1

또 그림 4를 보면 $H:d$ 가 1:1.5인 경우 水平 Water Curtain의 位置가 Cavern 上端 $\frac{1}{2}H$, $\frac{2}{3}H$, $1H$ 에 있을 때 A 가 $0.125H$, $0.25H$, $0.33H$ 까지는 Water Curtain 水頭(l)의 變化는 느슨하지만 A 가 $0.33H$ 이상 $0.42H$, $0.5H$ 이면 l 의 變化는 커진다.

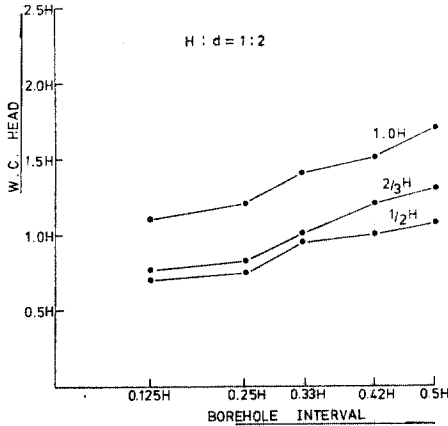


그림 5. 수평 Water Curtain 위치에 따른 W.C 수두(l), $H:d=1:1$

그렇지만 그림 5와 같이 $H:d$ 가 1:2인 경우에는 水平 water Curtain의 位置가 Cavern 上端 $\frac{1}{2}H$, $\frac{2}{3}H$, $1H$ 로 變化해도 l 의 變化는 완만하다.

上記 內容을 綜合해 보면 水平 Water Curtain의 位置는 Cavern 上部에 가까울수록, 그리고 Bore-hole 간격은 좁을수록 좋다는 것을 알 수 있고, 水平 Water Curtain의 效果는 空洞間隔 $H:d$ 가 1:1.5인 경우는 1:1인 경우보다 약 3 배이고, 1:2인 경우에는 1:1인 경우보다 약 4~5 배의 效果가 있다고 할 수 있다.

그리고 Water Curtain의 水頭(l)는 空洞間隔이 좁은 경우에는 水平 water Curtain의 位置와 Bore-hole 간격에 의해 큰 영향이 있지만, 空洞間隔이 1:2 이상 넓어지면 그 영향은 점차 減少한다.

4.2 垂直 Water Curtain

隣接空洞으로 油類의 移動을 防止하기 위해 隣接空洞 사이에 垂直 Water Curtain을 設置할 때 그 設置 길이에 따라 必要한 自然地下水面の

水頭(l)을 求하여 보면 표 2, 그림 6과 같다.

첫째, $H:d$ 가 1:1인 경우를 보면 自然地下水面에서 Cavern 上端까지 즉 H_0 까지 垂直 Water Curtain을 設置한다면 Cavern 上端에는 空洞 높이의 3.4 배에 해당하는 水頭가 必要하며, 自然地下水面에서 H_1 까지 垂直 Water Curtain을 設置한다면 $2.4H$, H_2 까지 設置한다면 $1.5H$, H_3 까지 設置한다면 $1H$, H_4 까지 設置한다면 $0.67H$ 에 해당하는 水頭가 必要하다.

이러한 것은 垂直 Water Curtain의 길이가 길어지면 길어질수록 必要한 水頭(L)는 점차 감소한다는 것이며, 水頭를 增加하지 않고 垂直 Water Curtain의 길이만으로 隣接空洞으로 油類移動을 防止하려면, $H:d$ 가 1:1이고 自然地下水面이 Cavern 上端 $\frac{2}{3}H$ 에 位置할 경우 H_4 地點까지 垂直 Water Curtain을 設置해야 한다는 것을 알 수 있다.

둘째, $H:d$ 가 1:1.5인 경우는 自然地下水面에서 H_0 까지 垂直 Water Curtain을 設置한다면 Cavern 上端에 $1.3H$ 의 水頭가 必要하며, H_1 까지 垂直 Water Curtain을 設置한다면 $1H$ 의 水頭가, H_2 까지 設置한다면 Cavern 上端에 $0.67H$ 의 水頭가 必要하다는 것을 알 수 있다.

이것은 $H:d$ 가 1:1.5인 경우도 1:1인 경우와 같이 垂直 Water Curtain의 길이가 길어짐에 따라 必要한 水頭(L)의 값이 점차 줄어든

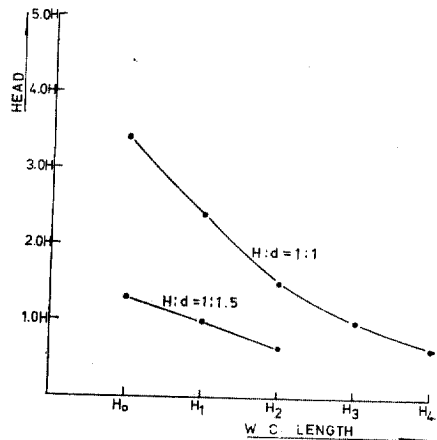


그림 6. 수직 Water Curtain 설치길이에 따른 수두(l)의 변화

표 2. 수직 W.C 길이에 따라 필요한 수두(L)

내 용 $H:d$	수직 W.C 길이	수두(L)
1:1	H_0	3.4H
	H_1	2.4H
	H_2	1.5H
	H_3	1.0H
	H_4	0.67H
1:1.5	H_0	1.3H
	H_1	1.0H
	H_2	0.67H
1:2	H_0	0.67H

다는 것이며, 그 比率은 $H:d$ 가 1:1인 경우와 거의 비슷하게 空洞의 높이(H)를 5等分한 것의 한칸씩 垂直 Water Curtain의 길이가 길어지면 必要한 水頭는 약 30%씩 減少한다.

셋째, $H:d$ 가 1:2인 경우를 보면 隣接 空洞으로 油類의 移動을 防止하기 위해서는 自然 地下水面이 Cavern 上端 $\frac{2}{3}H$ 에 位置할 때 H_0 地 點까지만 垂直 Water Curtain을 設置하면 된다.

上記 內容을 綜合하면 隣接 空洞으로 油類의 移動을 防止하기 위해서 垂直 Water Curtain을 設置할 때 自然 地下水面을 Cavern 上端 $\frac{2}{3}H$ 에 固定시켜 놓고 垂直 Water Curtain의 길이만으로 解決하려면 $H:d$ 가 1:1인 경우는 自然 地下水面에서 H_4 地 點까지 垂直 Water Curtain을 設置해야 하며, $H:d$ 가 1:1.5인 경우에는 H_2 地 點까지, $H:d$ 가 1:2인 경우는 H_0 까지 垂直 Water Curtain을 設置해야 하며, 空洞間隔이 1:2 이상으로 커지면 垂直 Water Curtain은 거의 必要가 없다.

結果적으로 水平 Water Curtain과 垂直 Water Curtain을 綜合하여 比較해 보면 $H:d$ 가 1:1, 1:1.5와 같이 空洞間隔이 狹少할 경우에 水平 Water Curtain만을 設置한다면 높은 Water Curtain 水頭가 必要하게 되어 空洞이 地下 깊숙한 곳에 設置되어야 하므로, 그에 따른 施工上 어려움과 經濟的 損失이 隨伴되게 된다. 그러므로 空洞間隔이 狹少한 경우에는 垂直 Water Curtain을 設置하는 것이 훨씬 效果의이

라 하겠다.

4.3 Gas의 漏出

空洞內的 Gas의 漏出은 地下水의, 垂直方向에 대한 流入動水勾配(I_0)가 1보다 크면 發하지 않는다. 따라서 本 研究에서는 Cavern의 높이(H)와 空洞間隔의 比가 1:1인 경우에 限定하여 I_0 값의 分布狀態를 살펴보았다.

첫째, Cavern 上端 $\frac{2}{3}H$ 높이에 水平 Water Curtain을 Bore hole 간격 $\frac{1}{2}H$ 로 設置한 경우와

둘째, Cavern 上端 $\frac{2}{3}H$ 높이에 自然 地下水面이 位置할 때 垂直 Water Curtain의 길이를 그림 2, 표 2와 같이 隣接 空洞으로 油類가 移動하지 않는 길이, 즉 H_4 까지 設置하여 空洞으로 流入되는 流線網圖를 그려서 큰 部分을 表示하면 그림 7, 그림 8과 같다.

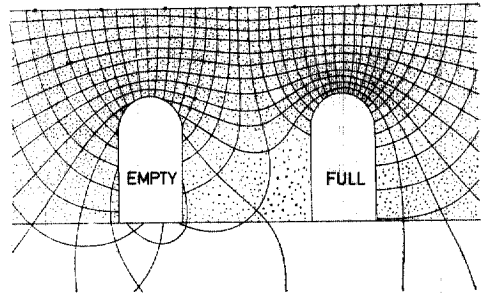


그림 7. 수평 Water Curtain 설치시 공동주변의 유선망 및 $I_0 > 1$ 되는 지역

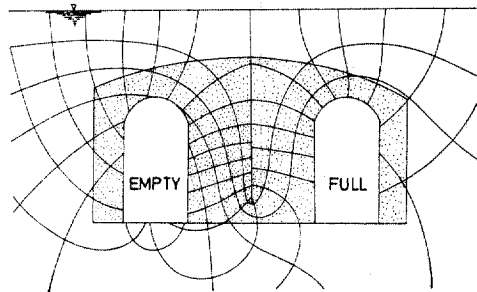


그림 8. 수직 Water curtain 설치시 공동주변의 유선망 및 $I_0 > 1$ 되는 지역

그림 7에서 表示된 것과 같이 水平 Water Curtain 만을 設置했을 경우는 空洞周圍 全體의 垂直動水勾配(I_0)는 1보다 크다. 특히 Cavern 上端 바로 윗부분은 I_0 가 6~9 정도이므로 gas 漏出을 防止하는데 대단히 效果的이라 할 수 있다.

그러나 그림 8과 같이 自然地下水面에서부터 隣接空洞間의 中間에 垂直 Water Curtain 을 設置했을 경우에는 I_0 가 1보다 큰 지역은 點線部分以內이다.

그림 7과 그림 8의 경우를 比較해 보면 그림 7의 경우는 그림 8의 경우보다 空洞上部 윗부분의 I_0 가 1보다 훨씬 縮少되어 나타난다. 따라서 gas 漏出을 防止하는데는 그림 7의 경우처럼 水平 Water Curtain 을 設置하는 것이 效果的이며, 隣接空洞으로 移動되는 油類의 損失을 막기 위해서는 垂直 Water Curtain 을 設置하는 것이 더욱 效果的이라 하겠다.

5. 結 論

以上에서 研究·分析한 結果를 다음과 같이 要約할 수 있다.

가. 만일 空洞上部에 充分한 水頭가 維持되지 않거나 隣接空洞間의 相對的인 油類水準位置가 심한 경우에도 適切한 Water Curtain 을 設置함으로써 gas 나 油類의 移動을 防止할 수 있다.

나. 隣接空洞間의 間隔이 좁을 경우에 gas 의 漏出을 防止하기 위해서는 水平 Water Curtain 이 效果的이고, 隣接空洞으로 油類의 移動을 防止하기 위해서는 垂直 Water Curtain 이 效果的

이다.

다. 研究結果로 얻어진 圖表는 實際의 設計에 適用될 수 있다.

끝으로 本 研究는 均質한 (Homogeneous) 媒體에 局限하였으나 앞으로 이를 포함한 斷層帶와 같은 帶水層이 油類備蓄空洞에 隣接하여 있을 때에 效果的인 Water Curtain 의 設置方法에 대하여 研究가 必要하다고 하겠다.

參 考 文 獻

1. Komada, H. et al. "Study on Seepage Flow Through Rock mass Surrounding Caverns for Petroleum Storage" *Proc., Rock Store 80, Sweden, 1980.*
2. Aberg, B. "Prevention of gas Leakage from Unlined Reservoirs in Rock" *Proc., Rock Store 77, Sweden, 1977.*
3. Aberg, B. "model Tests on Storage in Unlined Rock Caverns" *Proc., Rock Store 77, Sweden, 1977.*
4. Shimada, J. et al. "Role of groundwater in the Bedrock for Underground Oil Storage" *Proc., Rock Store 80, Sweden, 1980.*
5. Harr, M.E. "Ground water and Seepage" McGraw Hill, 1962.
6. 鄭亨植, "地下油類備蓄空洞의 水密性에 관한 研究" 大韓土木學會, 제 2 권 제 4 호, 1982, 12, pp. 33~38.
7. Rushton, K.R. and Redshaw, S.C. "Seepage and Groundwater Flow" Wiley, 1979.

(接受 : 1983. 7. 11)