

眞空式 下水道 시스템

(株) INAX 山中 潤一

문화적인 생활의 대명사로서 하수도의 정비가 거론되는 생활대국 5개년계획에서, 대체로 2000년의 하수도관 보급률을 70%까지 끌어 올리는 계획이 세워져 있다. 이 계획을 실현하는 수법의 하나로서 대체하수도의 채용이 1988년부터 건설성토목연구소가 중심이 되어 검토되었고, 1990년의 압력식 하수도시스템에 이어서 1991년에는 진공식 하수도시스템의 기술지침(안)이 발표되었다.

본고에서는 진공식 하수도시스템의 메카니즘과 그 적용에 관해서 최근의 기술개발을 소개코저 한다.

이 내용은 무단으로
전재하거나
복사, 사용할 수
없습니다.

建築設備와 配管工事 '94. 3.

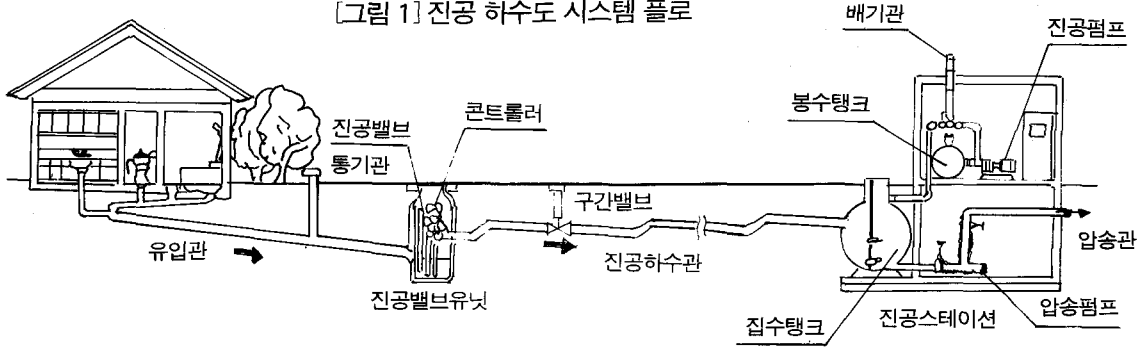
1. 진공식 하수도시스템 방식

진공식 하수도시스템은 예를 들어 배큘카(Vacuum Car)를 지중에 매설한 오수수집시스템이라고 표현할 수 있다. 지중에 매설된 배큘카의 부분을 진공스테이션이라고 부르며, 여기에서 오수의 수집에 필요한 진공을 만들고, 수집된 오수를 중계해서 하수처리장으로 송수하는 동력장치가 설치되어 시스템의 중심이 되고 있다. 배큘카의 호스에 상당하는 진공하수관은 지표에 따라서 수평으로 매설된다. 진공하수관은 그 말단이 수지상(樹枝狀)으로 분지(分枝)되어 각 오수발생원의 가까이까지 부설된다. 하수관내에는 상류로부터 진공스테이션을 향해서 진공압력의 구배가 생겨서 이 압력차로 발생하

는 공기의 흐름에 따라서 오수가 반송된다. 진공하수관에서 분지(分枝)한 접속관이 각 오수발생원에 접속되는데, 오수의 흡인을 제어하는 밸브가 필요하게 된다. 이 밸브를 진공밸브라고 하며, 각 오수발생원으로부터 자연류하(自然流下)로 흘러온 오수를 일차 저류하는 오수상(汚水箱)내에 진공밸브를 설치하고, 상내의 오수량이 설정치에 도달했을때 열리고 규정량을 흡인하면 닫히게 되는 동작을 한다. 이 오수상을 진공밸브유닛이라고 부른다.

이와같이 오수발생원으로부터 흘러온 오수는 진공밸브유닛으로부터 진공하수관에 흡입되며, 진공스테이션에 접수된다. 이와같은 흐름을 [그림 1]의 플로시트에 표시한다.

[그림 1] 진공 하수도 시스템 플로



2. 진공식 하수도시스템의 장점

진공식 하수도시스템은 압력차에 의하는 강제반송시스템으로, 아래와 같은 장점이 있으므로 대체하수도시스템으로서 주목받고 있다.

(1) 하수도관 부설비가 싸다.

하수관의 최소구경은 50mm로서 가늘며, 비교적 자유롭게 지면의 기복에 따라서 배관매설의 깊이도 얇게 부설할 수 있으므로, 토목공사비의 삭감, 공기단축을 기할 수 있다.

(2) 지형의 제한이 적다.

진공식 하수도는 특히 하향구배를 요하지 않으며, 제약이 있기는 하나, 약간의 상향구배에도 대응할 수 있다. 그래서 평탄한 연약지반이나, 암반지대에서의 적용도 용이하다.

(3) 오물의 막힘 퇴적이 없다.

진공하수관내에 간헐적으로 발생하는 고속의 물흐름이 항상 진공하수관내를 청정하고 있으며, 오물의 막힘이나 퇴적이 없다.

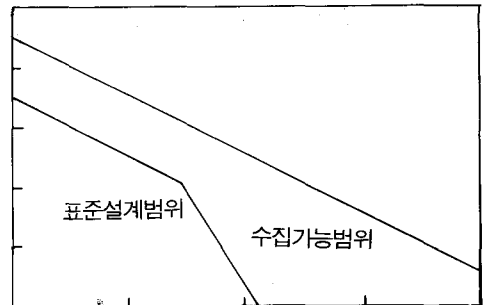
(4) 누수의 우려가 없다.

진공하수관내는 항상 부압(負壓)으로 유지되므로 누수의 우려가 없다.

(5) 전원공급이 1개소

압력식 하수도시스템이나 중계펌프에 의하는 압송시스템과 같은 복수개소의 전원공급이 필요치 않으므로, 전원공급이 용이함과 동시에 정전대책의 시스템도 용이하게 설정할 수 있다.

[그림 2] 진공 하수도 시스템의 수집범위



X : 진공스테이션과 암거 최원점과의 거리
Y : 진공스테이션과 암거 최원점과의 GL차

3. 시스템의 능력

진공식 하수도시스템의 능력은 진공스테이션에서 발생하는 진공력이 어디까지 전달될 수 있는가. 또 진공펌프가 얼마나 공기를 배출할 수 있는가에 따라서 결정된다.

(1) 진공하수관의 부설길이

진공스테이션에서 발생하는 진공도는 -60 kPa(약-6mAq)이며, 진공밸브유닛에서 필요로 하는 진공도는 -25 kPa(약-2.5mAq)이다. 이 양자의 차가 배관내에서 사용할 수 있는 진공도이며, 관로길이 1Km당의 진공도의 저하는 약10 kPa, 도중에 상향구배가 있을때 1m의 양정은 10 kPa진공도를 저하시킨다.

따라서 개략의 수집범위는 [그림 2]에 표시하는 그래프로서 주어진다. 대략적인 기준으로서는 진공스테이션을 중심으로 해서 반경 2 Km정도라고 보면 된다.

(2) 집수능력

진공식 하수도시스템에서는 공기의 흐름에 오수가 떨어져서 반송되고, 이 오수에 대한 공기의 배율을 기액비(A/L)라고 한다. 기액비는 보통 1.5~3으로 설계되며, 진공발생장치의 능력은 계획 오수량에 기액비를 곱해서 결정된다. 기액비 2로서 설계했을때의 집수능력과 진공펌프의 동력을 [표1]에 표시한다.

그리고 진공하수관은 지나치게 가늘게 하면 마찰손실이 증대하므로, 관내경에 대한 추장되는 최대유량은 [그림 3]과 같이 표시된다.

4. 최근의 기술개발

진공식 하수도시스템은 구미에서 발달한 기술이며, 일본국내에서 적용함에 있어서는 국내 사정에 따라서 합치된 기술로서 완성할 필요가 있었다.

구미와 비교한 일본의 특수성을 열거하면 다음과 같다.

① 인구밀도가 적은 지역에서도 도로폭이나 가옥의 부지가 협소하고 가옥과 도로사이의 스페이스가 적다.

② 용수로와 암거가 많다.

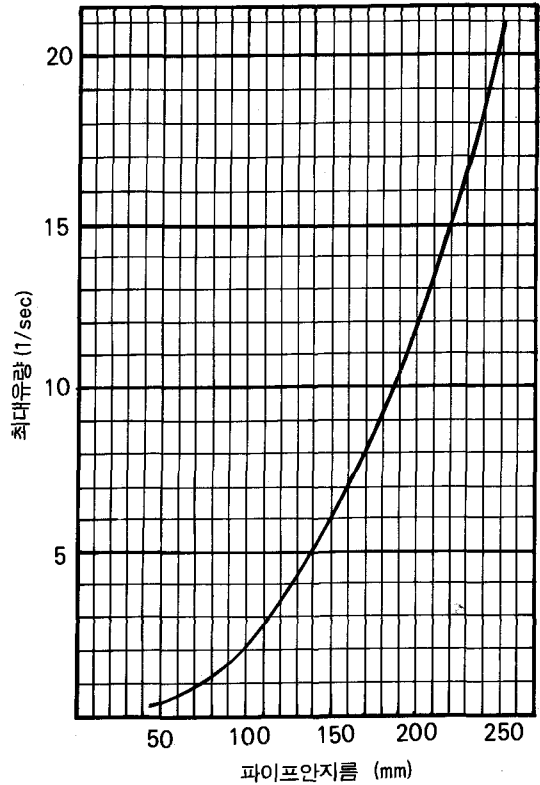
위와같은 특수성에 대하여 다음과 같은 기술개발이 이루어졌다.

[표 1] 집수능력과 진공펌프 동력

인원 [人]	계획오수량 [m ³ /hr]	배기량 [m ³ /min]	진공펌프용량 [kw]
~ 500	16.3	1.35	3.7
~ 1,000	32.5	2.7	5.5
~ 1,500	48.8	4.1	7.5
~ 2,000	65.0	5.4	11
~ 3,000	97.5	8.1	15
~ 5,000	162.5	13.5	22

(주) 기액비 2. 설정진공도 -6mAg의 표준예를 표시

[그림 3] 하수관 안지름과 추장최대 유량

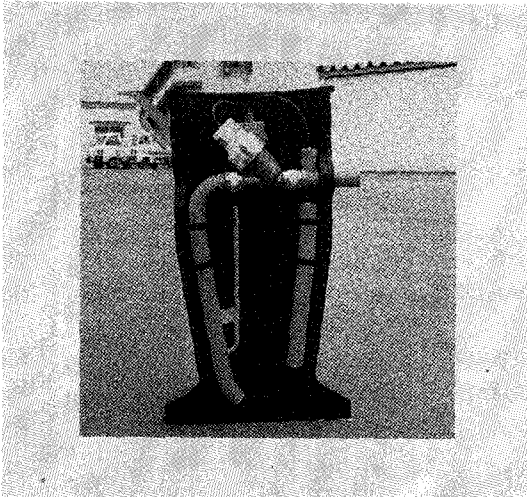


(1) 처마밑 설치의 소형진공밸브유닛

진공하수관은 맨홀이 불필요하므로 좁고 꼬불꼬불한 도로에도 부설이 용이하다. 그러나 구미에서 보통 사용되고 있는 진공밸브유닛은 직경이 약1m, 높이가 약2m이며, 대개의 경우 2 m사방의 굴착공사가 필요하게 된다. 전술 ①과 같은 일본의 사정을 고려한다면 더욱 소형의 진공밸브유닛이 필수적이었다.

[사진 1]은 和歌山縣 田邊市の 農業集落排水事業에 사용된 소형 진공밸브유닛의 단면사진이다. 도로에 밀착된 민가의 처마밑에 설치할 목적으로 기술개발된 것이며, [사진 2]와 같이 좁은 길의 양측에 있는 집에 각각 1개씩 설치함으로써 해변의 하수도정비가 극히 곤란한 지역의 하수도정비를 실현한 것이다.

[사진 1] 소형진공유닛



최대지름 약 600mm 플라스틱 통

[사진 2] 진공하수관이 부설된 도로



도로폭이 3m 정도로 민가가 도로에 밀착되어 있다.

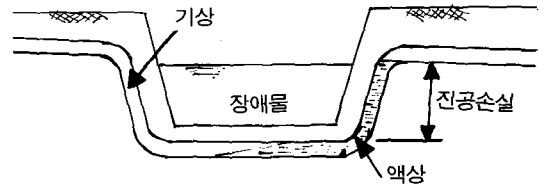
(2) VVS시스템(진공하수도의 복월(伏越))

진공하수관은 지표에 따라서 얇게 매설할 수 있는 것이 특징인데 지표부근에는 많은 장애물이 있다. 우수의 배제를 위한 암거, 수로, 농업용수로 등이 있다. 진공식 하수도시스템에서는 수관교(水管橋)나 복월을 사용해서 이러한 장애물을 회피하는데, 이때 진공손실이 발생하여 하수의 수집능력이 저하한다.

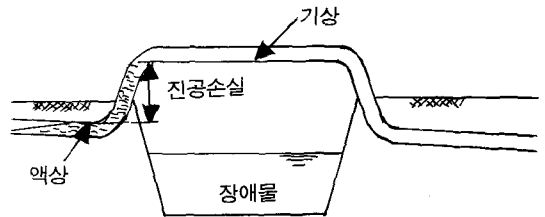
이와같은 지하매설물의 횡단으로서 발생하는 진공손실을 경감하는 목적으로 부분적으로 자

연류하의 원리를 사용한 VVS시스템이 개발되어 [그림 4], 수로가 중형으로 설치되는 지역에서도 그런것에 신경을 쓰지 않고서 시스템의 계획을 진행하게 되었다.

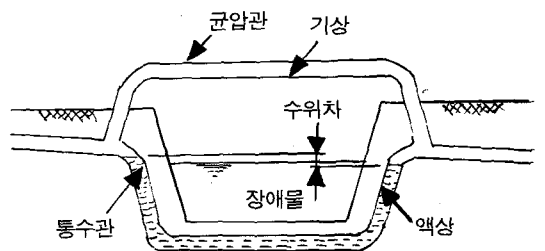
[그림 4] VVS시스템과 타방식의 구조 비교



복월에 의한 장애물의 횡단



수관교에 의한 장애물의 횡단



VVS 시스템에 의한 장애물의 횡단

(3) 기액동시흡인의 75mm 진공밸브

유럽에서는 구경50mm의 진공밸브가 대다수를 차지하고 있는데, 일본에서는 하수도에 잡다한 협잡물이 유입되고 있는 것이 현상이며, 상기 (1)에서 기술한 바와 같은 호별설치의 경우를 제외하고는 대형협잡물로서 진공밸브가 폐

색되는 염려도 있었다. 그래서 성에너지식인 기액동시 흡인방식에 적용될 수 있는 구경75mm의 진공밸브의 개발이 이루어졌으며, (재)하수도신기술추진기구에서 기술심사(건설대신 인정)되었다. 기액동시흡인방식의 구경75mm진공밸브 [사진 3]는 접속되는 오수원으로부터의 오수량의 변동이나 진공하구관의 진공도의 변동이 있을때에도 안정된 기액비로서 흡인동작이 이루어지며, 협잡물에 대한 대응성도 양호하다. 이와같은 관계로 대학이나 공장의 주방설치, 대욕장, 자연류하식 하수도로부터 흘러온 오수를 받아들이는 개소 등의 대응량의 오수를 받아들이는 공공성이 강한 진공밸브유닛에 사용되고 있다.

5. 시스템의 채용에

본시스템은 현재 일본국내에서 8개소의 시스템이 가동을 개시하고 있으며, 3개소에서 공사중이다. 이것을 채용하게 된 이유는 다음과 같다.

(1) 하수도정비지구내의 하수배수설비에 적용

공공하수도가 정비되면, 사업주는 부지내의 하수배수설비를 정비하는 것이 의무화된다. 공장, 대학, 공원 등 대규모의 부지를 갖는 경우, 복잡한 지하배관망을 단순하게 회피하는 진공하수도가 채용되고 있다.

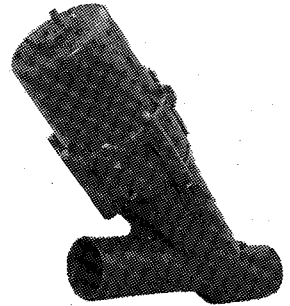
(채용예) 福島縣 會津大學, 川越地區 都賣市場

(2) 합병정화조에 하수도배수설비 적용

부지내의 건물을 증설할때 정화조가 분산되어 수개소에 설치되는 사업소는 정화조를 통합하여 고급의 처리수가 얻어지게끔 집중처리하도록 지도하는 사례가 증가하고 있다. 특히 조업중인 공장에서는 지중매설배관도 많고 이러한 배관을 살려둔 채 구내 도로의 차단도 극력 적게 하수배수설비를 재구축하는 필요성으로 진공식 하수도시스템이 채용되고 있다.

(채용예) 東海고무工業(株) 小牧工場, 昭和알미늄(株) 彦根製造所, 南淡路國民休暇村

[사진 3] 기액 동시흡인 방식의 지름 75mm 진공밸브 (건설대신인정)



(3) 매설시공이 부분적으로 불가능한 지역의 적용

하수관을 부분적으로 지하매설할 수 없을 때는 그 부분을 지상배관으로 해서 시공할 수 있으므로 진공식 하수도시스템이 채용되고 있다.

(채용예) 東京電力(株) 大井火力發電所殿

(4) 소규모 하수도로서 적용

지하수위가 높던지, 골목길이 좁아서 맨홀의 설치가 불가능한 지역에 채용

(채용예) 和歌山縣 田邊市 岩內地區 農業集落 排水事業

6.시스템의 전망

진공식 하수도시스템은 대체하수도시스템으로서 주목을 받고 있다. 전술한 채용예는 각 시스템의 설계자가 현존하는 많은 시스템을 비교 연구하여 각 현장에 응용된 예이다. 다른 시스템과의 복합화, 새로운 이용형태 등 열성적인 연구개발로서 효율적이고 경제적인 시스템으로 성장할 것으로 기대된다.

〈參考文獻〉

(1) 眞空式 下水道시스템技術指針(案), 建設省土木研究所 下水道部 下水道研究室, 1991.8
 (2) 氣液同時吸引方式 眞空下水道시스템의 75mm眞空밸브, 下水道技術. 技術審査證明報告書, (財)下水道新技術推進機構 1993.5