

하수처리장 방류관거로의 해수유입 방지를 위한 수리분석

-인천 학익하수처리장을 중심으로-

A Hydrodynamic Analysis for Prevention of Seawater Influx into an Outfall Riser in the Wastewater Treatment Plant

신광섭* · 정상만** · 이주현*** · 오국열****

Shin, Kwang Seob · Jeong, Sang Man · Lee, Joo Heon · Oh, Kuk Ryul

Abstract

A wastewater treatment plant located in coastal areas should be built considering the discharge of rainwater and treated water into the sea. The current Hagik Wastewater Treatment Plant in Incheon City was designed in the surface discharge method, which refers to discharging treated water directly into the sea. This method may cause hydrodynamic issues in a wastewater treatment plant because seawater enters an outfall riser when the level of discharged water is lower than the tidal level on a shore with high tidal range.

In this study, a method for installing a weir in the discharge manhole was proposed in order to prevent seawater from entering the outfall riser of a wastewater treatment plant. Its feasibility was reviewed by calculating the hydrodynamic that had occurred due to the installation of the weir. As a result, seawater did not enter in the discharge manhole. Thus, even if the coast of Incheon City reaches the highest tidal level, treated water will be able to be properly discharged.

key words : Surface discharge method, Highest tidal level, Hydrodynamic calculation

연안지역에 위치하는 하수처리장은 배제된 우수와 처리수를 해안에 방류하는 것을 고려한다. 현재 인천 학익하수처리장은 해안에 인접한 수면에 처리수를 직접 방류하는 표층방류 방법으로 설계되었다. 이러한 표층방류 방법은 조차(Tidal Range)가 큰 해안에서 방류수위가 조위(Tidal Level)보다 낮을 경우 방류관거로 해수가 유입하여 하수처리장내에서의 수리적인 문제를 유발할 수 있다.

본 연구에서는 하수처리장 방류관거로의 해수유입 방지를 위하여 방류맨홀에 Weir를 설치하는 방안을 제시하였다. 그리고 Weir의 설치에 따른 수리계산을 수행함으로써 그 적정성을 검토하였다. 수리계산 결과 방류맨홀에서 해수의 유입이 발생되지 않는 것으로 분석되었으며, 이로 인해 인천 연안의 기왕 고극조위 발생 시에도 처리수의 원활한 배출이 이루어질 것으로 판단된다.

핵심용어 : 표층방류 방법, 고극조위, 수리계산

1. 서 론

인천 연안해역의 수질개선과 주민생활의 환경개선 및 친수공간 자원화를 위하여 인천광역시 중구 신흥동 일원에 인천 학익하수처리장이 건설 중에 있다. 연안지역에 위치하는 하수처리장은 배제된 우수와 하수를 해안에 방류하는 것을 고려하며, 인천 학익하수처리장은 해안에 인접한 수면에 처리수를 직접 방류하는 표층방류 방법(Surface Discharge Method)으로 설계되었다. 이러한 표층방류 방법은 조차(Tidal Range)가 큰 해안

* 공주대학교 건설환경공학과 · 석사과정 · E-mail: ksshin@kongju.ac.kr

** 정회원 · 공주대학교 건설환경공학부 · 교수

*** 정회원 · 중부대학교 토목공학과 · 부교수

**** 공주대학교 건설환경공학과 · 석사과정

에서 방류수위가 간조와 만조사이에 위치할 경우 방류관거로 해수가 유입하여 하수처리장내에서의 수리적인 문제를 유발할 수 있다.

본 연구는 하수처리장 방류관거로의 해수유입 방지를 위하여 방류맨홀에 Weir를 설치하는 방안을 제시하고 이에 따른 방류관거의 수리계산을 수행함으로써 그 적정성을 검토하여 인천 연안의 기왕 고극조위가 발생하더라도 방류관거로 해수의 유입을 방지하는데 그 목적이 있다.

2. 연구대상지역 및 현황

인천 학익하수처리장이 건설 중에 있는 본 연구의 대상지역은 인천광역시 중구 신흥동 일원이며, 인천 연안과 인접해 있다. 인천 학익하수처리장은 2008년 8월 완공을 목표로 하고 있으며, 주요 처리계획은 표 1과 같다.

표 1. 인천 학익하수처리장의 주요 처리계획

구 분	처리계획내용
계획목표년도	2016 년
처리구역면적	1,955.4 ha
발생하수량	124,067 m ³ /일
처리시설용량	125,000 m ³ /일
부지면적	186,000 m ²

인천 연안의 조차(Tidal Range)는 전국에서 가장 큰 지역에 속하며, 크기는 10m를 넘는 경우도 있다. 1959년부터 조위관측을 시작한 인천 조위관측소의 검조기록을 보면 1997년 8월에 기왕 고극조위(Highest Tidal Level)가 발생하였으며, 그 때의 조위는 EL. 5.445m이다. 그림 1은 기왕 고극조위가 발생한 날짜의 조위 분포를 나타낸다. 인천 학익하수처리장의 처리수는 UV소독조의 유출맨홀로부터 방류맨홀을 거쳐 방류수역인 인천 연안으로 배출된다. 그림 2에서 보는바와 같이 현재 방류관거의 말단표고(EL. 2.5m)는 인천 연안의 기왕 고극조위(EL. 5.445m)에 훨씬 못미치므로 방류관거로의 해수 유입이 불가피한 실정이다.

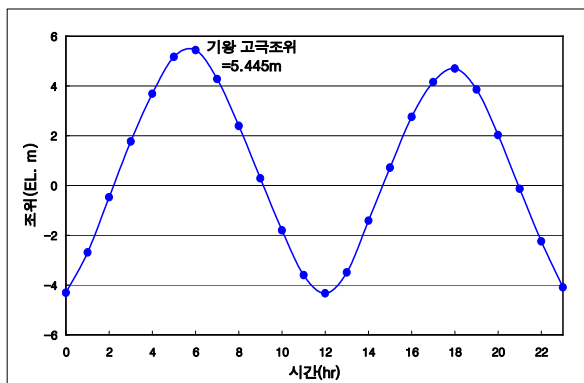


그림 1. 조위 분포(1997년 8월 19일)

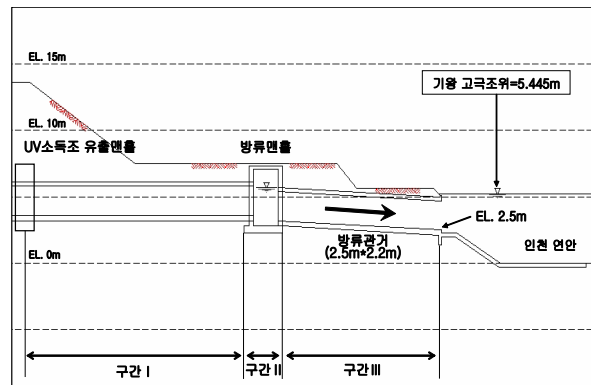


그림 2. 방류관거의 종단면도

3. 수리계산 방법

인천 학익하수처리장 방류관거로의 해수유입 방지를 위한 대책으로 방류맨홀에 설치되는 Weir는 높이 5.5m, 길이 70.0m인 지그재그 형상이다. 그림 3은 방류맨홀에 설치되는 Weir의 상부평면도를 나타낸다. 본 연구에서는 방류맨홀에 Weir를 설치하였을 때, 기왕 고극조위 발생시 하수처리장의 설계유량에 따른 수리계산을 수행하여 그 적정성을 검토하였다.

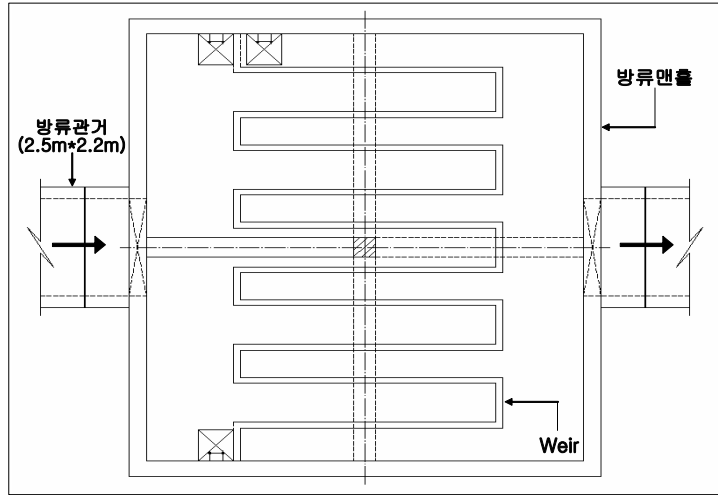


그림 3. Weir의 상부평면도

수리계산은 그림 2에서 보는바와 같이 UV소독조 유출맨홀부터 인천 연안까지 3개의 구간으로 나누어 수행하였으며, 수리계산을 위한 설계유량은 일최대(DWL)와 시간최대(HWL), 우천 시(SWL)로 구분하여 결정하였다. 각 구간의 상류 수위는 하류 수위보다 높아야 해수의 월류가 발생되지 않으며, 상류 수위는 하류 수위와 손실수두의 합으로 계산되어진다. 각 구간에서 발생할 수 있는 손실수두는 방류관거의 마찰에 의한 손실수두, 처리수의 유입과 유출에 의한 손실수두 그리고 처리수가 Weir를 월류하면서 발생하는 손실수두가 있다. 마찰에 의한 손실은 Darcy Weisbach 공식을 이용하여 계산하였으며, Weir에 의한 손실은 Francis 공식을 이용하여 계산하였다. 식 (1)과 식 (2)는 각각 Darcy Weisbach 공식과 Francis 공식을 나타낸다.

$$h_f = \left(\frac{n \times V}{R^{2/3}} \right)^2 \times L \quad (1)$$

여기서, h_f 는 마찰손실수두(m), n 은 조도계수, V 는 유속(m/sec), R 은 동수반경(m), L 은 관거의 연장(m)이다.

$$\Delta h = \left(\frac{Q}{1.838 \times B} \right)^{2/3} \quad (2)$$

여기서, Δh 는 Weir에 의한 손실수두(m), Q 는 유량(m^3/sec), B 는 Weir의 폭(m)이다.

4. 수리계산 결과분석

하수처리장의 설계유량을 바탕으로 적합한 수리공식을 적용하여 수리계산을 실시한 3개의 구간은 각각 UV소독조 유출맨홀에서 방류맨홀 전단(구간 I), 방류맨홀 전단에서 방류맨홀 후단(구간 II) 그리고 방류맨홀 후단에서 인천 연안(구간 III)까지이다. 각 구간의 수리계산 결과는 표 2와 같으며, 모든 구간에서 손실수두가 발생하여 상류 수위는 하류 수위보다 높게 나타났다.

표 2. 각 구간의 수리계산 결과(우천 시)

구분	구간 I	구간 II	구간 III
상류 수위(m)	5.752	5.681	5.656
하류 수위(m)	5.681	5.656	5.445

구간 II는 방류맨홀이 위치하는 구간으로서 방류관거로의 해수유입 방지를 위하여 Weir가 설치되는 구간이다. 표 3은 구간 II의 수리계산 결과를 나타내며, 높이 5.5m, 길이 70.0m의 Weir를 설치하였을 때 우천 시 방류맨홀의 전단 수위(5.681m)는 후단 수위(5.656m)보다 0.025m 높게 나타났다. 그림 4와 그림 5는 각각 구간 I 과 구간 II의 수리계산 모식도를 나타낸다.

표 3. 수리계산 결과(구간 II)

구분	단위	일최대(DWL)	시간최대(HWL)	우천 시(SWL)
유량	m ³ /일	124,935	179,258	454,504
	m ³ /sec	1.446	2.075	5.260
손실 수두	월류손실	m	0.050	0.119
	손실계	m	0.050	0.119
웨어고	m	5.500	5.500	5.500
방류맨홀 후단 수위	m	5.456	5.469	5.656
방류맨홀 전단 수위	m	5.550	5.564	5.681

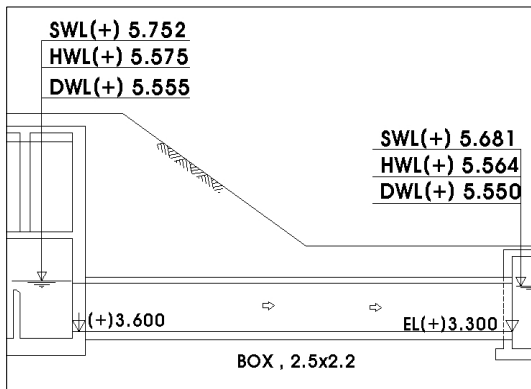


그림 4. 수리계산 구간 모식도(구간 I)

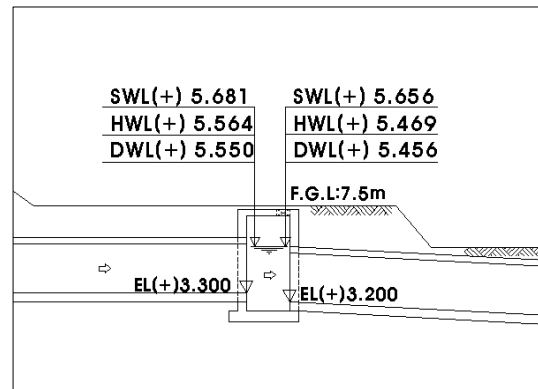


그림 5. 수리계산 구간 모식도(구간 II)

5. 결론

본 연구에서는 인천 학익하수처리장 방류관거로의 해수유입 방지를 위하여 방류맨홀에 Weir를 설치하는 방안을 제시하고 이에 따른 방류관거의 수리계산을 수행함으로써 그 적정성을 검토하였다. 수리계산 결과 우천 시 방류맨홀의 전단 수위(5.681m)는 후단 수위(5.656m)보다 높게 나타났다. 이로 인해 해수유입 방지를 위하여 본 연구에서 제시한 Weir의 설치에 타당한 것으로 분석되었으며, 인천 연안의 기왕 고극조위 발생시에도 방류맨홀의 상류측으로는 해수가 유입되지 않을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 윤용남. (2003). 수리학 -기초와 응용-, 청문각.
2. (주)포스코 건설. (2005). 인천 학익하수처리장 기본설계 보고서.
3. Chow, V. T. (1959). Open-channel Hydraulics, McGraw-Hill, inc.