

— 보고서 —

이라크 아르빌 상하수도 현대화 시범사업 추진현황

— Report —

Erbil Water Supply and Sewerage System Improvement Project

진광호¹ · 김범석^{1,*} · 손대익¹ · 신항식² · 홍태희³

Jin, Kwang-Ho¹ · Kim, Beom-Seok^{1,*} · Son, Dae-Ik¹ · Shin, Hang-Sik² · Hong-Tae-Hee³

1 한국수자원공사 설계처

2 KAIST 건설 및 환경공학과 교수

3 (주)동호엔지니어링 부회장

1. 서 론

1.1 배경

현재 이라크는 UN과 미국주도하에 전후복구사업 추진이 활발히 진행되고 있는 지역이며, 우리나라는 지난 2004년 이라크 북부 아르빌 지역에 자이툰 부대를 파병하여 이 지역의 복구와 평화유지활동, 선진의료서비스 지원 등의 활동을 실시하고 있다. 아울러 여러분야에 걸쳐 다양한 지원활동을 하고 있으며, SOC 지원사업중 가장 중요한 사업이 『이라크 아르빌 상하수도 현대화 시범사업』이다. 동 사업은 KOICA의 무상지원사업으로 2006년도 약 6백만불이 지원될 예정이다.

금번 자문단 일행은(신항식, 홍태희, 이진구, 진광호, 광창호, 손대익) 하수도 자문의 일환으로 지난 '06년 3월 3일부터 10일간 이라크 아르빌 지역의 하수도사업 추진현황을 조사하였으며, 본 학회지에 사업추진현황을 기고하브로서 상하수도분야 해외사업에 대한 관심제고와 국제무대에서 한국 상하수도 기술의 위상을 알리는 계기로 삼고자 하였다.

자문단은 터어키 이스탄불과 디아르바키르까지는

항공편을 이용해, 터어키 국경에서 아르빌까지는 육상교통을 이용해 이동하였다. 국경근처에 있는 티그리스 강을 건너 이라크 아르빌 지역으로 입국할 때는 인류문명의 발상지를 밟는 느낌으로 인해 감개무량하였다. 일반적으로 한국에서 이 곳 아르빌까지는 이틀이 소요된다. 이 지역은 인류 최초의 문화가 발생한 지역으로 철기문화를 일군 히타이트족이 활동하였으며, B.C. 4,000년경엔 바빌로니아라는 고대국가가 번성한 지역이다.

금번 조사는 하수전문가의 자문을 토대로 하수도 실시설계를 추진하게 되므로 하수도사업 중심으로 언급하기로 한다.

1.2 지역현황

이라크 아르빌(Erbil)시는 바그다드에서 북쪽으로 316km, 모술에서 서쪽으로 80km에 위치하고 있으며, 주요 도로망은 서쪽으로 Kirkuk, 남동쪽으로 Tikrit와 Baghdad, 북서쪽으로 이란을 접하고 있다. Erbil주는 Duhok, Sulaymaniyah와 함께 3개 쿠르드 자치주중의 하나로 Erbil시를 비롯하여 7개의 District로 구성되어 있으며 면적은 14,471km²이다.

Erbil주의 수도인 Erbil시는 Ainkawa, Khabat,

*Corresponding author Tel: +82-42-629-3187, FAX: +82-42-629-3199, E-mail: bskim@kowacc.or.kr (Kim, B.S.)



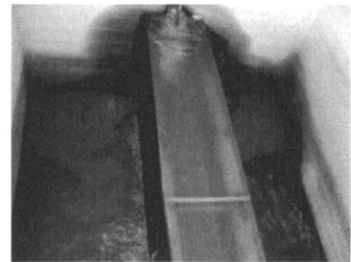
Fig. 1. 아르빌(Erbil) 행정구역도.



취수설비



원형침전지



여과지

Fig. 2. New Ifraz 정수장 시설현황.

Bnaslawa 및 Qushtapa의 4개 Sub-District로 구성되어 있다.

이라크의 인구는 총 2,600만명으로 추정되며 Erbil 지역은 66만여명으로 추정하고 있으며(2002년 UN 기구의 보고자료) 사전조사에서 수집된 도시관리국의 자료에 의하면 2005년 약 100만명이 거주하고 있는 것으로 파악되었다. 이는 이라크전으로 인한 피란민과 전쟁이전 후세인 정권에 의해 타지역으로 강제이주되었던 주민들이 다시 이주하고 있어 도시의 인구는 빠르게 증가하고 있다.

Erbil지역 대부분의 상수도, 통신, 전력 등의 기반시설은 노후된 상태이며, 시설용량이 전체 수요에 못 미치고 있어 시설의 보수 및 확장이 시급한 상태이다. 기반시설중 도로는 Erbil시를 중심으로 주변 도시와의 도로망이 잘 형성되어 있는 편이나 Qalat 등의 구도심지역은(B.C. 8500년경 형성된 고대도시) 도로 사정이 좋지 않으며 대부분 비포장지역이다. 현재

인구증가로 인해 도시기본계획이 수립중이며, 주택 및 도로 등의 SOC 시설정비와 확장이 진행중이다.

Erbil 지역은 전반적으로 하수시설이 부족하고 오염된 지하수의 사용으로 수인성 질병이 발생하고 있으며 말라리아, 악취 발생, 식수오염 등 환경오염의 근본적인 원인이 되는 등 열악한 실정으로 Eril 지역적 특성을 고려한 하수처리시설이 필요한 실정이다.

Erbil시는 북쪽 Great Zab강과 남쪽 Small Zab강 사이의 평균 고도 420m 정도에 위치하고 있으며 남서쪽으로 경사를 이루고 있는 넓은 평야지대 중 동쪽 언덕에 위치하고 있다. 기후는 건조한 대륙성이며, 4월에서 9월까지의 여름은 50°C에 육박하며 비는 거의 내리지 않으며, 10월에서 3월까지의 겨울은 강우량은 200~800mm으로 년평균 강우량은 400mm이다.

이라크 아르빌은 의 사회간접자본(SOC)시설은 약 20년 이상 시설투자 및 적절한 개보수가 이루어지지

Table 1. Erbil시 하수도 시설 현황

구 분		세 부 내 용	
하수처리장	없 음		
하수관거	간선관로	BOX관	<ul style="list-style-type: none"> • 제원 : D = 1.2 × 1.2 ~ 2.4 × 1.8m, L ≃ 76km • 관종 : 조적식 및 외부 몰탈
		원형관	<ul style="list-style-type: none"> • 제원 : D = 200 ~ 1200mm, L ≃ 168km • 관종 : 콘크리트관, PE관 등
지선관로	시설미비(D200mm 이하 지선관로 없음)		
배수설비	<ul style="list-style-type: none"> • 우·오수받이 시설 없음(도로상으로 유출) • 가정집, 대규모 건물에 분뇨 저장조(Cesspool) 보유 		

않은 상태이며, 관련 기술인력 부재로 종합개발계획을 수립할 능력이 없고 정수장 등 시설이 노후화된 실정이다.

아르빌 지방정부의 상수도시설은 1969년 건설된 Old Ifraz 정수장과(Q=38천m³/일)과 1983년 준공된 New Ifraz(Q=69천m³/일)이 있으며, 2006년 준공예정인 미군정수장(Q=144천m³/일)이 있다. 반면 하수 시설은 관거일부만 설치되어 있으며, 처리장은 전무하여 모든 오폐수·하수가 하수처리없이 하천이나, 지하수로 유입되고 있는 실정이어서 지하수와 하천의 오염이 심각한 수준이다.

이와 관련하여 아르빌 도시관리부(MOM)는 장기적인 상하수도 시스템 개선을 위한 종합 마스터플랜의 수립과 현지 관련 공무원이 한국의 선진화된 상하수도 운영관리 기술, 경험 및 노하우를 전수받아 궁극적으로 아르빌의 안정적인 식수공급과 생활하수 등의 처리를 통해 지역주민의 생활환경 개선과 복지증진에 기여코자 한국정부에 동 사업의 지원을 요청하였다.

1.3 과업개요

이라크 아르빌 상하수도 현대화 시범사업의 과업범위는 다음과 같다.

- 상수도 Master Plan 수립
- 정수장 노후시설 개대체를 통한 성능개선
- 하수도 Master Plan 수립
- 하수도 실시설계(처리장 및 간선망 설계)
- 지하수 오염도 조사 및 관정개발

2. 조사현황

2.1 하수도 시설현황

Erbil시는 가정, 관공서 및 공장 등 시내에서 발생되고 있는 각종 가정하수 및 오수처리를 위한 배수설비가 미비하며, 지선관로, 하수처리장 등의 시설은 없는 상태이다. 각 가정에서 발생하는 하수는 별도의 배제시스템 없이 도로로 유출되고 있으며, 가정하수 발생량 중 일부는 증발 또는 토양침투 등으로 제거되나 대부분이 도로변 우수받이(Gutter Hole) 또는 측구를 통해 합류식 간선 하수관거로 유입되고 있다. 우수받이와 측구를 통해 유입된 가정하수는 기존 건설되어 있는 간선 하수관거를 통하여 아르빌(Erbil)시 외곽으로 배출되고 있으며, Erbil 시내에서 발생한 가정하수는 Erbil 외곽에서 관계용수로 사용되고 있어, 먹이사슬(Food Chain)에 의한 수인성 전염병 및 각종 질환이 우려되고 있다.

Erbil 도심내 하수관거 시스템은 장기 Master Plan에 따른 년차별 건설·관리가 이루어지지 않고 대부분 국소지역별 난개발이 되고 있는 실정이다. 각 가정별로 설치되어 있는 분뇨 저장조(Cess-pit)는 지하구조물로써 기능상의 고액분리조의 역할을 하는데, 별도의 방수처리가 되어있지 않아 유입된 분뇨는 토양을 통해 액상 오염물질의 유출이 이루어지고 있어 정화조 및 분뇨 저장조 부근의 토양오염과 지하수오염(질산염 농도 증가)의 직접적인 원인이 되고 있다.

2.2 하수량 및 하수수질 예측

아르빌 시내에서 발생하는 가정하수에 대한 정확



Fig. 3. 일반 가정오수의 지표유출로 악취 및 보건위생 문제 발생

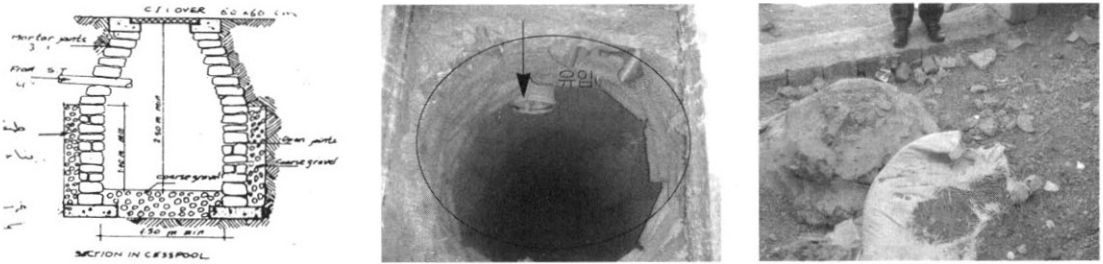


Fig. 4. 일반 가정분뇨(Cesspool 처리)의 지하침투로 인한 지하수 오염 발생.



Fig. 5. 기존 하수관거로 상수(Tap water) 유입.

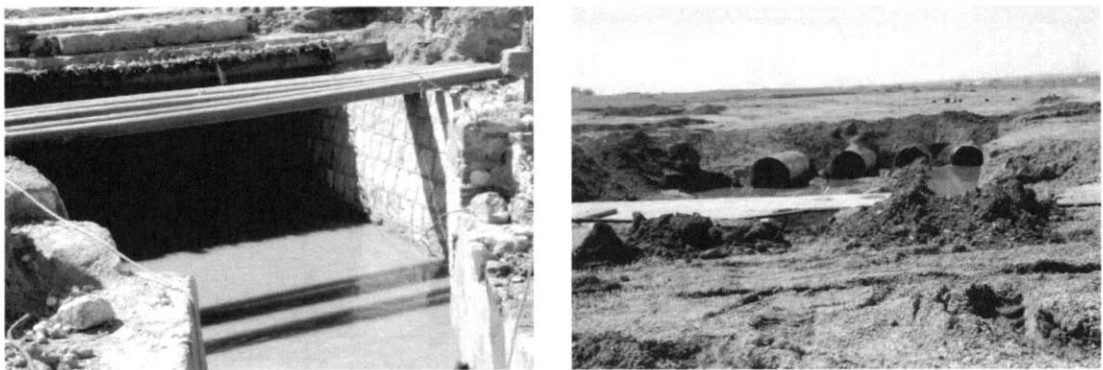


Fig. 6. 아르빌사 하수관거조사.

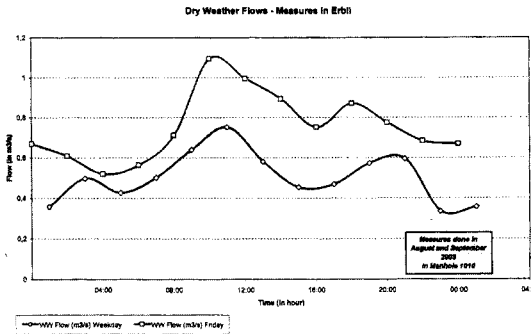


Fig. 7. 건기시 Erbil 발생하수량 변화특성도.

한 자료는 조사된 바 없으며, 한국수자원공사에서 수립하는 하수도 Master Plan Draft의 하수발생 특성, 하수량 및 하수수질 산정은 Fig. 7과 같다.

1) 하수발생 특성

기 측정한 시간대별 하수발생 특성변화는 Fig. 7과 같이 주중과 주말(중동지역의 주말, 휴일은 금요일)에 따라 건기시 하수발생이 차이를 보였다. 아르빌 발생하수는 오전 11시와 오후 8시를 전후하여 높은 피크를 보였고 이는 1일 2회 높은 하수발생 특성을 나타내는 도심지의 특성을 잘 반영하고 있는 결과이나 시간대에는 다소 차이가 있었다.

2) 하수량 산정

인구증가율은 아르빌시 도시계획에서 제시한 값을 적용하였으며, 1인 1일 용수량 원단위는 아르빌시의 기존 상수도 마스터플랜의 값을 비교 검토하여 추정하였다. 아르빌시의 상수도 관거의 신설 및 개·보수

를 통하여 하수도 보급율은 목표 연도(2036년)를 기준으로 90%, 오수전환율은 75%로 계획하여 생활오수량(Domestic sewage)을 산정하였다. 축산폐수는 조사자료 부재 및 수량이 적을 것으로 판단되어 본 계획에서는 고려하지 않았으며, 지하수는 평균적으로 생활오수의 10% 정도 침입수를 산정하나, 아르빌시는 지하수위가 50~70m 정도이므로, 그 양이 미미하다고 판단하여 고려하지 않았다. 공업용수 수요량은 2036년 기준으로 30,000m³/d로 계획하였으며, 이중 80%가 공업폐수로 전환되는 것으로 계획하였다.

3) 하수수질 산정

생활오수 원단위는 이라크 내의 오염원별 발생부하 원단위 자료획득 수집이 어려우므로, 이라크 쿠르드 자치정부의 생활습관과 수준을 고려하여 인근지역인 터키의 하수성분자료를 이용하였다. 인접국인 터키의 오염원별 BOD는 27~50g/인·일, SS는 41~68g/인·일(Wastewater Engineering Treatment, Disposal & Reuse, Metcalf & Eddy)으로, BOD는 40g/인·일, SS는 55g/인·일로 정하였으며, 1년에 1%씩 부하량이 증가하는 것으로 계획하였다. 공장폐수의 발생원 부하량은 1차 처리를 고려하여, BOD 120mg/l, COD 130mg/l, SS 120mg/l으로 발생하는 것으로 계획하였다. 기존 하수관거내 배수설비 시설이 미비하여, 간선관거로 하수유입시까지 침전물의 퇴적 등으로 오염 부하량의 감소가 예상되어, 오염부하 도달율을 75~95%로 적용하였다.

Table 2. 계획하수발생량 산정

구 분	단 위	본 계 획			비 고
		2006	2021	2036	
인구	nb	762,139	1,234,292	1,813,910	
하수도 보급률	%	56	75	90	
1인 1일 상수도 이용량	l/cap/d	200	200	200	
오수전환율	%	75	75	75	
일최대계수	-	1.25	1.25	1.25	
생활하수량	m ³ /d	80,025	173,572	306,097	
공업폐수량	m ³ /d	1,200	12,000	24,000	
지하수	m ³ /d	-	-	-	
일최대 하수량	m ³ /d	81,225	185,572	330,097	

주) 목표연도: 2036년

Table 3. 계획하수수질 산정

구분	단위	분계획 (Kowaco)			비고
		2006	2021	2036	
일최대 하수량	m ³ /d	81,225	185,572	330,097	
1인1일 BOD ₅ 부하량	g/인/일	43.2	45.2	47.2	
COD-BOD ₅ 비율	-	1.8	1.8	1.8	
1인1일 TSS 부하량	g/인/일	59.4	62.2	64.9	
오염부하 도달율	%	75	80	95	
하수도 보급율	%	56	75	90	
BOD 농도	mg/l	163	193	257	
COD 농도	mg/l	293	344	457	
TSS 농도	mg/l	224	264	350	

주) 목표년도: 2036년

2.3 하수도사업 추진방향

아르빌 하수도사업의 주요추진방향은 다음과 같다. 우선 첫 번째로 하수처리공법 및 슬러지 처리분야인데, 하수처리는 유기물 제거가 가능한 2차 처리공법인 표준활성슬러지법이 적합한 것으로 판단하였으며, 향후 질소와 인제거가 가능할 수 있도록 반응조의 용량을 여유있게 계획하고, 슬러지 처리는 농축 및 소화공정을 거쳐 슬러지 कै익의 자원화를 고려하여 계획하는 것으로 하였다.

두 번째는 하수배제방식의 선정인데, 배수설비(House Connection)의 부재로 인한 악취발생, 기존 분뇨투입설비(Cess Poll)로 인한 지하수 오염 발생으로 배수설비 설치의 시급성을 고려한 개선방안 수립을 제시하였다. 또한 아르빌시 북부, 중부, 남부지역 간선관로의 현황조사를 통하여 기존의 합류식 관로는

우수관으로 존치하며, 오수관로는 신설하는 분류식 배제방식으로 계획하는 것으로 하였다.

세 번째는 하수처리구역의 설정인데, 하수처리장 부지는 시설물 설치로 인한 영향을 고려하여 주거지로부터 이격된 지역을 선정하는 것으로 하였으며, 하수처리장 위치는 토지이용현황 및 소유형태 등을 고려할 때 도시내 보다는 도시외곽에 설치하는 것으로 계획하였다.

마지막으로 하수처리수의 재이용 문제인데, 지역 특성상 농업용수 사용이 우선적이며, 조경용수(아르빌 공원) 및 하천유지용수(자연형 하천)에 대해서는 KRG측과 협의하여 계획할 필요성이 있으며, 재이용수 처리시설은 용도별 수질 및 수량을 고려하여 계획하는 것으로 하였다.



Fig. 8. KRG 자치정부 도시관리부장관 협의.

2.3 자치정부 협의

아르빌 지역에 대한 그동안의 조사내용을 바탕으로 하수도 Master Plan Draft를 작성하였으며, 작성안에 대해 자치정부 도시관리부 장관, 관련실국과 협의를 수행하였으며 본 조사단의 자문결과와 자치정부의 의견을 반영한 하수도 Master Plan 수립과 하수시설설계를 수행할 예정이다.

3. 사업효과

3.1 이라크 측

본 사업을 통해 이라크 현지 공무원, 관련부문 종사자의 역량강화가 예상되며, 한국 전문가와 연수교육 등을 통해 이라크 현지로 상하수도 기술이전이 이루어질 전망이다. 또한 사회적 효과로는 상수도시설 개량을 포함한 Master Plan 수립에 따라 아르빌 전체 용수공급계획 기반이 구축될 예정이며, 기존 시설물 개보수를 통해 수도물 수질개선이 이루어질 전망이다.

현재 아르빌에 전무한 하수처리장 및 하수도시스템 구축을 위한 조사, 기본계획수립과 실시설계를 통한 아르빌의 하수처리 기반구축으로 장래 이라크 북부의 산업·수출 거점도시로 발전하는데 사회간접자본으로서의 기능을 구현할 것으로 예상된다.

3.2 한국 측

상하수도 분야에 한국의 기술전수 및 국내제작 펌프 등을 사용하여 시설 업그레이드를 할 예정이므로 한국업체 생산설비의 우수성을 알릴 수 있는 좋은 기회로 활용될 예정이다. 상하수도 및 지하수와 같은 수자원분야는 여러 사람이 혜택을 받는 사회간접자본 사업으로서 동 분야 지원에 따른 한국의 국가이미지

향상 및 중동국가에서의 한국기업의 역할 증대가 예상되며, 현지 공무원 및 관련부문 전문가들의 현장교육을 통하여 한국의 선진화된 상하수도 운영관리 기술, 경험 및 노하우를 배우고 이를 현지에 적용함으로써 상하수도 분야에 한국식 기술전수가 이루어질 것으로 예상된다. 그리고, 한국이 이라크 평화재건 및 주민들의 삶에 필수적인 수자원 및 보건환경 분야를 지원함으로써 한국의 국제무대에서 차지하는 역할 증대가 예상된다.

4. 결 론

상하수도사업 지원은 현재 혼란중인 이라크 지역의 조속한 안정과 이라크 아르빌의 안전하고 충분한 식수공급과 생활하수 등의 처리를 통해 아르빌 지역 주민의 생활환경 개선과 건강한 삶의 영위 등 아르빌 주민들의 복지증진에 기여하고, 아르빌 주민들에게 수도물 사용가능성 확대와 주 오염원인 생활하수 처리를 위한 국가계획 수립 등과 같이 실질적인 가정생활 및 도시생활에 필요한 상하수도 사업지원은 이라크 지원에서 타당성 높은 사업으로 평가된다.

특히, 이라크 평화 및 재건에 지원하는 대한민국의 적극적인 이미지를 강화함으로써 이라크 쿠르드자치정부(KRG) 상하수도 프로젝트 사업에 우리기업의 진출기반을 구축함은 물론 향후, 이라크 북부지역과 바그다드 지역의 상하수도 등 수자원관련 사업의 시공 및 기술감리 등에도 진출할 수 있는 계기를 마련할 수 있다.

참고로 동 사업의 설계·건설은 한국수자원공사 설계처가(처장 손용구) 담당하고 있으며, 김영철, 한성용, 전형기, 배현진, 김성효 전문가 등 총 59인의 설계인력과 외부전문가가 참여하고 있다.