

2013年 2月
석사학위논문

효율적 관망운영방법 모색을 통한
유수율 향상 방안

조선대학교대학원

토목공학과

이혜승

효율적 관망운영방법 모색을 통한
유수율 향상 방안

Effective Operation Methods of Pipe Network
for the Increase of Revenue Water

2013년 2월 25일

조선대학교 대학원

토목공학과

이혜승

효율적 관망운영방법 모색을 통한
유수율 향상 방안

지도교수 김 성 홍

이 논문을 공학석사학위신청 논문으로 제출함

2012년 10월

조 선 대 학 교 대 학 원

토 목 공 학 과

이 혜 승

이혜승의 석사학위논문을 인준함.

위원장 조선대학교 교수 김운중 (인)

위 원 조선대학교 조교수 이원희 (인)

위 원 조선대학교 교수 김성홍 (인)

2012년 11월

조선대학교 대학원

목 차

ABSTRACT

제 1 장 서론	1
1.1 연구의 배경 및 목적	1
1.2 연구 방법	2
제 2 장 이론적 고찰	3
2.1 우수율의 정의 및 분석방법	3
2.2 우수율 제고를 위한 관망운영 기법	5
제 3 장 상수도 우수율 향상 방안	13
3.1 대상지역의 상수도현황	13
3.2 현장조사 및 전산화	16
3.3 블록 분할계획 수립	21
제 4 장 결과 및 고찰	25
4.1 수압측정시험	25
4.2 블록구분 및 고립 확인 시험	30

4.3 관망운영방안	38
4.3.1 블록분할 최적안 선정	38
4.3.2 수압관리 방안	41
4.3.3 계측설비 현대화	48
4.4 관망정비 우선순위 선정 및 효과분석	51
제 5 장 결론	59
참고문헌	60

표 목 차

표 2.1 총괄 수량수지 분석	3
표 2.2 특·광역시 배수시스템의 블록구축 현황(2010년)	7
표 2.3 블록시스템 구축 효과	9
표 2.4 관 용도별 신고 누수건수	12
표 2.5 누수탐사 방법	12
표 3.1 배수지 시설현황	14
표 3.2 나주시 상수관로 현황	14
표 3.3 과거 누수현황	15
표 3.4 과거 우수율 현황	16
표 3.5 관로 시설 현황(2010년)	18
표 3.6 계통별 밸브조사 결과	19
표 3.7 블록별 문제 밸브 현황	20
표 3.8 관망도 전산화 절차	20
표 3.9 블록시스템 구축 기준 및 적용	21
표 3.10 나주시 블록시스템 분할 계획	22
표 3.11 나주시 소블록 분할 개요	22
표 3.12 나주시 洞지역 도상블록 분할(안)	23
표 4.1 송월블록 블록구축전 수압측정결과	26
표 4.2 성북블록 블록구축전 수압측정결과	27
표 4.3 시청블록 블록구축전 수압측정결과	28
표 4.4 남평블록 블록구축전 수압측정결과	29
표 4.5 나주시 洞지역 소블록 고립확인 개요	31

표 4.6	나주시 洞지역 소블록 분할 최적안	38
표 4.7	나주시 洞지역 소블록 최종 분할 결과	39
표 4.8	송월배수지 압력관리구역 수압분석 현황	41
표 4.9	읍·면지역 압력관리구역 수압분석 현황	42
표 4.10	대수용가 중 구경축소 검토대상	48
표 4.11	연차별 교체대상 수도계량기 현황	49
표 4.12	나주시 유량계 설치현황	50
표 4.13	나주시 洞지역 블록유량계 설치계획	50
표 4.14	관망정비 우선순위 기준	51
표 4.15	블록별 단계시험 결과	52
표 4.16	블록별 관노후도 평가 결과	53
표 4.17	블록별 누수현황	54
표 4.18	블록별 관망정비 우선순위	55
표 4.19	나주시 우수율 향상 사업 집행실적	56
표 4.20	블록고립 전·후 비교 검토	57

그 립 목 차

그림 2.1 유수율 분석 단계	4
그림 2.2 블록시스템 개념도	6
그림 2.3 블록시스템 구축 흐름도	8
그림 2.4 수압관리 업무절차	11
그림 3.1 나주시 행정구역 현황 및 위치도	13
그림 3.2 과거 유수율 현황분석도	15
그림 3.3 현장 세부조사 시행절차	16
그림 3.4 기초 자료조사 내용	17
그림 3.5 밸브류 조사 과정	19
그림 3.6 洞지역 도상블록 구축 현황도	24
그림 4.1 나주시 洞지역 블록구축 전 수압측정 결과	25
그림 4.2 소화전 수압계 설치 전경	32
그림 4.3 공단블록 고립확인을 위한 수압측정결과	33
그림 4.4 이창블록 고립확인을 위한 수압측정결과	35
그림 4.5 성북블록 고립확인을 위한 수압측정결과	36
그림 4.6 시청블록 고립확인을 위한 수압측정결과	37
그림 4.7 나주시 洞지역 변경 블록분할 모식도	40
그림 4.8 송월블록 유량 및 수압 상태	43
그림 4.9 송월블록 용수공급계통 및 압력관리시설 계획현황	43
그림 4.10 중앙블록 유량 및 수압 상태	44
그림 4.11 중앙블록 용수공급계통 및 압력관리시설 계획현황	45
그림 4.12 시청블록 유량 및 수압 상태	46
그림 4.13 시청블록 용수공급계통 및 압력관리시설 계획현황	46

그림 4.14 노안블록 유량 및 수압 상태	47
그림 4.15 노안블록 용수공급계통 및 압력관리시설 계획현황	48
그림 4.16 블록시스템 구축 전·후 연간 생산량 변화	57
그림 4.17 블록시스템 구축 전·후 연간 사용량 변화	58
그림 4.18 블록시스템 구축 전·후 유수율 변화	58

ABSTRACT

Effective Operation Methods of Pipe Network for the Increase of Revenue Water

Lee, Hye Seung

Advisor : Prof. Kim, Sung Hong

Department of Civil Engineering

Graduate School of Chosun University

In this study, It is considered systematically how to increase revenue water ratio. The various operating methods are applied to increase revenue water ratio in the Naju city, such as building block system, water pressure management. As a result of increasing revenue water ratio since 2009, revenue water ratio was improved as 83.5% in 2012, but the ratio was 64.5% in 2008. It means that annually water production of 1.3 million m^3 and cost of 2.4 billion won are reduced. Revenue water ratio which has been achieved high level is not easily decrease. And it makes less manpower and time investment to maintain efficient distribution network system.

In order to increase revenue water ratio, it is essential to build block system and pressure management. In addition, it is more economic to determine proper level of revenue water ratio than to determine excessive level, because amounts of investment are required to achieve the excessive level

Keywords: revenue water ratio, block system, pressure control of water pipe, operation method of pipe network, water loss

제 1 장 서 론

1.1 연구 배경 및 목적

우리나라의 상수도 사업은 인구증가 및 산업발달에 따라 1990년대 말까지 상수도 시설 확장사업에 집중적으로 투자되어 오다가 2000년대 들어서면서 물 공급의 지역적 편차가 커짐에 따라 상수도 시설용량 확대 등의 양적 개념보다는 남는 물과 땅속으로 사라지는 새는 물을 줄이는 이른바 ‘물 수요관리’ 측면이 강조되고 있다. 최근에는 유수율 향상과 누수율 저감이라는 당면과제를 해결하기 위해서 각 지방자치단체에서도 블록시스템 구축, 노후관 개량 등에 많은 노력을 기울이고 있다.

환경부에서 발표한 『2008년 상수도통계』 자료를 보면, 국내 광역 및 지방상수도 시설에 의한 급수보급률은 92.7%이며, 1년간 생산·공급한 수돗물 총량은 5,804백만³m³이다. 이 가운데 누수량 등을 제외한 실제 상수도 운영과 직접 관계가 있는 유수수량은 전체 생산량의 81.7%인 4,744백만³m³, 무효수량은 전체 생산량의 12.3%에 해당하는 711백만³m³이며, 발생하는 무효수량의 99.7%는 누수에 의해 발생하고 있다.

국내 상수도시스템의 수량관리 성능을 평가하기 위해 가장 많이 사용되는 지표인 유수율은 2008년 기준 전국 평균 81.7%로 2000년 74.7%에 비해 상수도 이용환경이 많이 개선되었으나, 서울특별시 91.8%, 강원도 64.8%와 같이 지역 간 편차가 큰 편이다. 특히, 전라남도의 경우 평균 유수율이 66.0%, 누수율 23.8%로 강원도, 경상도 등과 더불어 전국 평균 유수율 81.7%에 비해 상당히 낮아 물 낭비가 심각하여 시급한 대책이 요구되고 있다.

이러한 유수율을 향상시키기 위해서는 막대한 경비, 인력, 시간이 소요됨에도 불구하고, 현실적으로는 지역 현황·특성 등을 무시한 일률적인 유수율 향상방안 제시로 투자 대비 효과가 기대에 미치지 못하고 있는 실정으로 유수율을 향상시키기 위해서는 도시별 특성에 맞게 관망운영방법을 분석하여 가장 효율적인 방법을 적용하여야 한다.

본 연구는 우리나라 유수율 향상 방법과 효과를 검증하는 것을 목표로 하여, 유수율 향상 방안을 체계적으로 살펴보고, 나아가 실제 사례를 분석하여 유수율 제고 효과를 분석하고자 하였다.

1.2 연구 방법

유수율을 향상시키기 위해서는 가장 기본이 되는 블록시스템 구축방식을 도시규모별로 다르게 적용하여야 한다. 시급 이상 대도시에서는 블록구축을 위한 경계밸브의 조작 및 신규 시설물 설치에 따른 공사구간의 교통 혼잡, 블록고립을 위한 야간 단수 시 과도한 용수 사용에 따른 대규모 민원 등이 발생할 우려가 있다. 반대로 군 단위의 중·소규모 도시일 때에는 교통 혼잡 및 야간 단수에 따른 민원발생은 적을 것으로 판단되나, 인구밀도가 적고 관로 형태가 단식 및 수지상식인 경우가 많아서 중·소블록 경계가 모호해지고 기존 수송과 분기가 혼재된 관망구성 상 배수간선, 지선구분이 불분명해질 우려가 있다. 따라서 유수율 제고방안은 지역 현황 및 특성 등을 고려하여 도시별 특성에 맞게 수립하여야 한다.

본 연구에서는 전라남도 나주시를 대상으로 상수도 유수율 향상을 위한 블록시스템 구축 및 수압관리 등 다양한 관망운영방법을 검토·분석하였으며, 블록시스템 구축 및 계측설비 현대화 등 유수율 제고방안을 실제 수행하여 블록시스템 구축 전·후의 유수율 향상 효과에 대해 분석하였다. 구체적인 연구방법은 아래와 같다.

먼저, 유수율 향상을 위한 연구진행을 위해 유수율의 정의 및 분석방법과 블록시스템 구축, 수압관리 등에 대한 이론적 내용을 조사·정리하였다. 전라남도의 대표적인 중·소규모인 나주시를 연구대상지역으로 선정하여 상수도 현황 및 현장조사를 통해 기존 관망도를 보완하고 CAD로 전산화하였으며, 도상에서 블록분할 계획을 수립하고 소블록별 수압측정을 통해 블록고립 여부를 확인하였다. 블록별 규모와 수압측정 결과, 지형여건 등을 고려하여 블록분할 최적 안을 선정하고, 감압밸브 및 가압펌프 설치 등 소블록별 수압관리 방안과 수도계량기 및 분기 유량계 등 계측설비의 현대화를 계획하여 우선순위에 따라 유수율 향상 사업을 시행하였다.

유수율 향상 사업시행에 따라 블록시스템 구축 전·후의 유수율 향상 효과를 비교·분석함으로써 유수율 향상 효과를 제시하였다.

제 2 장 이론적 고찰

2.1 유수율의 정의 및 분석방법

유수율이란 정수장에서 생산된 양 및 정수 수입량의 총수량에 대한 요금으로 징수되는 수량의 비율을 의미한다. 유수율을 산정하는데 있어 기준이 되는 총량을 총급수량으로 정의하고 있으며, 유수수량 및 무수수량 등 세부성분별 분석을 총괄 수량수지 분석이라 칭한다. 유수율 산정과 관련된 용어 및 체계는 다음과 같다.

표 2.1 총괄 수량수지 분석

총급수량 직접 혹은 간접적으로 공급한 총수량 (정수장에서 생산된 량 및 정수 수입량)	유효수량 사용상 유효하다고 인정되는 수량	유수수량 수도요금으로 또는 타 회계 등에서 수입이 있는 수량		계량요금 수량	계량기에서 직접 계측되어 수도요금을 징수하는 수량	
		유효 무수수량 유효수량 중 수입이 없는 수량		미 계량 요금수량	계량기로 계측되지 않은 채 수도요금이 부과되는 수량	
				분 수 량	다른 수도사업자에게 분수 하는 수량	
				기 타 부 과 량	공공 녹지용수, 공중변소 등 타회계로부터 요금수입 수량	
	무효수량 사용상 무효라고 인정되는 수량		무수수량 수입이 없는 수량		계 량 기 불감수량	사용되었으나 계량기에 감지 되지 않아 요금 미징수 수량
					수도사업 용 수 량	정수장, 배수지에서의 사용 수량과 수도관 세정 수량 등 수도사업자가 사용한 수량
					공공수량	소방용수 및 운반급수량 등 요금 수입이 없는 수량
					부 정 사 용 량	수도사업자의 허가를 받지 아니한 수도사용, 급수업종 변경, 계량기 조작 등 불법적으로 사용한 수량
					누 수 량	송수시점 이후 수용가 계량기 이전까지 발생된 손실수량
					조정감액 수 량	이취미, 오염 등 수도사업자의 귀책사유로 인해 요금 징수시 감액 대상이 된 수량

- 2006 상수도통계 작성지침(2007. 3, 환경부)

- 유수율(%) = (유수수량 / 총급수량) × 100 -----(1)
- 무수율(%) = (무수수량 / 총급수량) × 100 -----(2)
- 누수율(%) = (누수량 / 총급수량) × 100 -----(3)

유수율은 국내 상수도시스템의 수량관리 성능을 평가하기 위해 가장 많이 사용되는 지표로서 유수율이 높다는 의미는 수익되지 않는 손실량이 적어 경제적으로 수도사업이 이루어진다는 뜻이다. 영국, 미국 등 선진 외국에서는 누수량 및 무수수량의 저감을 목표로 무수수량(NRW ; Non-revenue Water)을 기준으로 지표를 관리하고 있다.

유수율 분석의 목적은 배급수관망에서 공급되고 있는 총급수량 중 수익되는 물량을 정확히 산정하고, 블록시스템으로 구축된 소블록 단위의 유수율 분석을 통해 전략적으로 유수율 제고사업을 추진하는 데 있다. 전체 관망시스템 중 유수율이 낮은 구역뿐만 아니라, 무수수량이 가장 많이 발생하는 구역을 분석하여 사업추진의 우선순위를 선정해 줌으로써 효율적인 유수율 제고 사업추진을 유도하는 데 목적이 있다. 국내의 유수율 분석체계는 환경부에서 제시하는 ‘총괄수량 수지분석’에 따라 연말 지방상수도별 작성을 의무화하여 관리하고 있다.

유수율 분석은 크게 3가지의 단계로 구분할 수 있는데 대상지역에 대한 초기 유수율 확정에서 블록시스템 구축 전·후 단계에서 시행되는 유수율 분석 단계로 나누어진다.

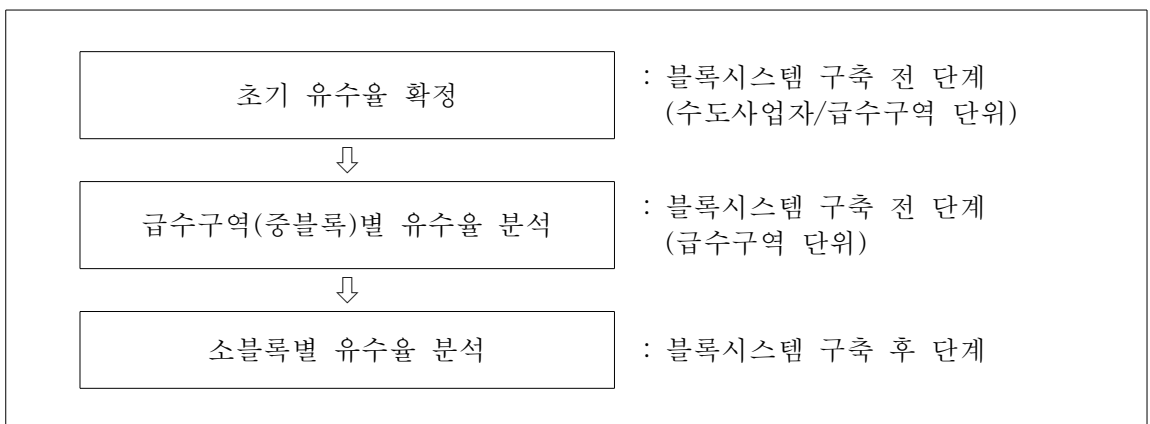


그림 2.1 유수율 분석 단계

초기 유수율은 목표 유수율을 달성하기 위해 관망의 현재 상태를 객관적으로 확정하고 얼마만큼의 유수율을 제고 및 관리해야 하는지를 결정하는 지표이다. 따라서 정확한 유수율 상태를 확정하기 위해서는 반드시 유수율 과거자료, 유량계 상태 및 측정장소 등 세부적인 조사계획을 수립한 후 적정한 기간 동안 측정·분석을 통해 결정되어야 한다.

배수지를 기준으로 하는 중블록별 유수율 분석은 유수율 제고사업 단계 중 블록시스템 구축사업 전에 시행할 수 있는 유수율 분석의 기본단위로 할 수 있다. 블록시스템 구축이 완료된 관망의 경우, 소블록별 유량 측정 및 감시를 할 수 있으므로 소블록별 유수율 분석은 정기적으로 소블록을 기본단위로 분석하여 앞으로 사업추진 계획수립 시 이를 활용한다.

2.2 유수율 제고를 위한 관망운영 기법

(1) 블록시스템 구축

유수율 제고를 위한 관망운영 기법에는 여러 방법이 있지만, 블록시스템 구축과 수압관리, 누수탐사 및 복구 등의 방법이 주로 사용되고 있다.

블록시스템은 배수관망을 블록화하여 관리하는 방법으로 각 블록의 수압, 유량 및 수질 관리가 쉬워 유지관리에 효율적이고 유수율 향상 등의 효과를 거둘 수 있으며, 손상 시 복구가 쉽고 수압저감 등을 통해 누수절감 효과를 얻을 수 있는 매우 유용한 배수관망 조직법이다. 블록시스템은 일본 니이가타시(新潟市)에서 1964년의 대지진 이후 이를 복구하기 위하여 적용된 배수관망 조직법으로 당시 이 시스템의 주목적은 재해에 강하고 복구하기 쉬운 배수관망을 형성하는 것이었다. 그러나 블록시스템, 즉 배수관망을 블록화하는 조직 방법이 유지관리도 효율적으로 할 수 있다는 점이 증명되면서 일본에서 널리 보급되기 시작하였으며, 현재는 우리나라에서도 서울시, 대구시 등 대도시를 중심으로 기존 배수관망을 블록시스템으로 재정비하고 있으며 최근 중·소규모 도시의 블록시스템구축사업도 점차 확산되고 있는 추세이다.

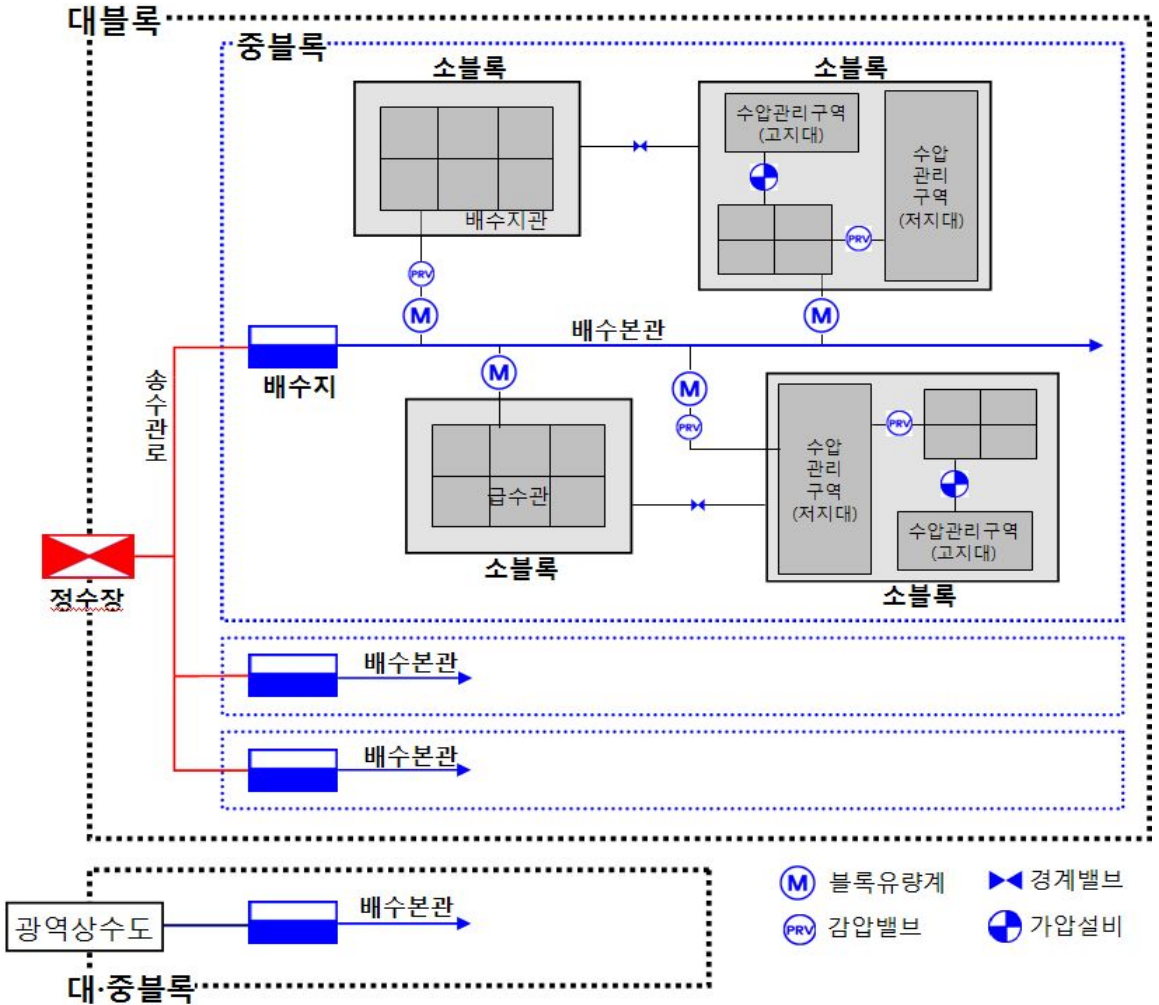


그림 2.2 블록시스템 개념도

블록시스템을 구축하여 운영하는 것은 평상시 물 수요 변동에 적절히 대처하고 사고나 재해 시에도 수요자에 대한 영향을 최소화하기 위한 것이다. 복잡한 배급수관망을 대·중·소블록의 계층별로 나누고 지속해서 공급량, 사용량 수질 및 수압을 측정하여 관망내 적정 수질 및 수압을 유지하거나 야간최소유량 등의 변화추이를 통해 누수량을 감시하는 등의 효율적이고 합리적인 관망운영 및 최적관리가 가능하게 하기 위함이다.

이러한 블록시스템 구축사례로는 서울특별시의 경우 시내 전 구역을 대블록 29개, 중블록 100개, 소블록 2,037개로 분할하여 1999년부터 2002년까지 전 블록에 대한 야간최소유량 측정을 완료하였고, 2003년부터 3년마다 야간최소유량을 측정하여 누수 등 유수율 관리에 적극 활용하고 있다. 부산광역시는 급수전 1,000전 단위로 시내 전역을 공급계통 및 공급방식에 따라 9개 대블록과 64개 중블록, 469개 소블록으로 계획하여, 2005년까지 블록시스템 구축을 완료하였으며 2006년부터 블록별 구역통제 및 관리 등 유지관리를 시행하고 있다. 환경부에서 발표한 『2010 상수도통계』에 따른 우리나라 특·광역시외의 배수관망 블록시스템 구축 현황은 표 2.2와 같다.

표 2.2 특·광역시 배수시스템의 블록구축 현황(2010년)

구 분	계 획			운 영		
	대블록	중블록	소블록	대블록	중블록	소블록
서울특별시	29	91	2,037	29	100	2,037
부산광역시	9	64	469	9	64	469
대구광역시	9	219	550	6	121	304
인천광역시	0	32	357	0	14	294
광주광역시	16	91	382	0	18	13
대전광역시	5	5	234	5	0	234
울산광역시	2	29	114	2	16	89

또한, 지방상수도의 열악한 재정 및 운영관리의 효율성 제고를 위하여 2004년부터 한국수자원공사는 지방자치단체로부터 상수도 시설에 대한 운영권을 일괄 위탁받아 운영하고 있으며, 한국수자원공사가 위탁운영 중인 논산시, 사천시 등 17개 지방상수도의 블록시스템 구축 사례를 조사한 결과 논산시, 정읍시, 사천시, 서산시, 예천군, 고령군, 금산군, 동두천시, 거제시, 양주시, 나주시, 단양군, 함평군과 같이 13개 지방상수도 시설은 블록시스템을 구축 완료하여 운영 중에 있고, 파주시, 경기 광주시, 통영시, 고성군은 현재 블록시스템을 구축 중에 있다.

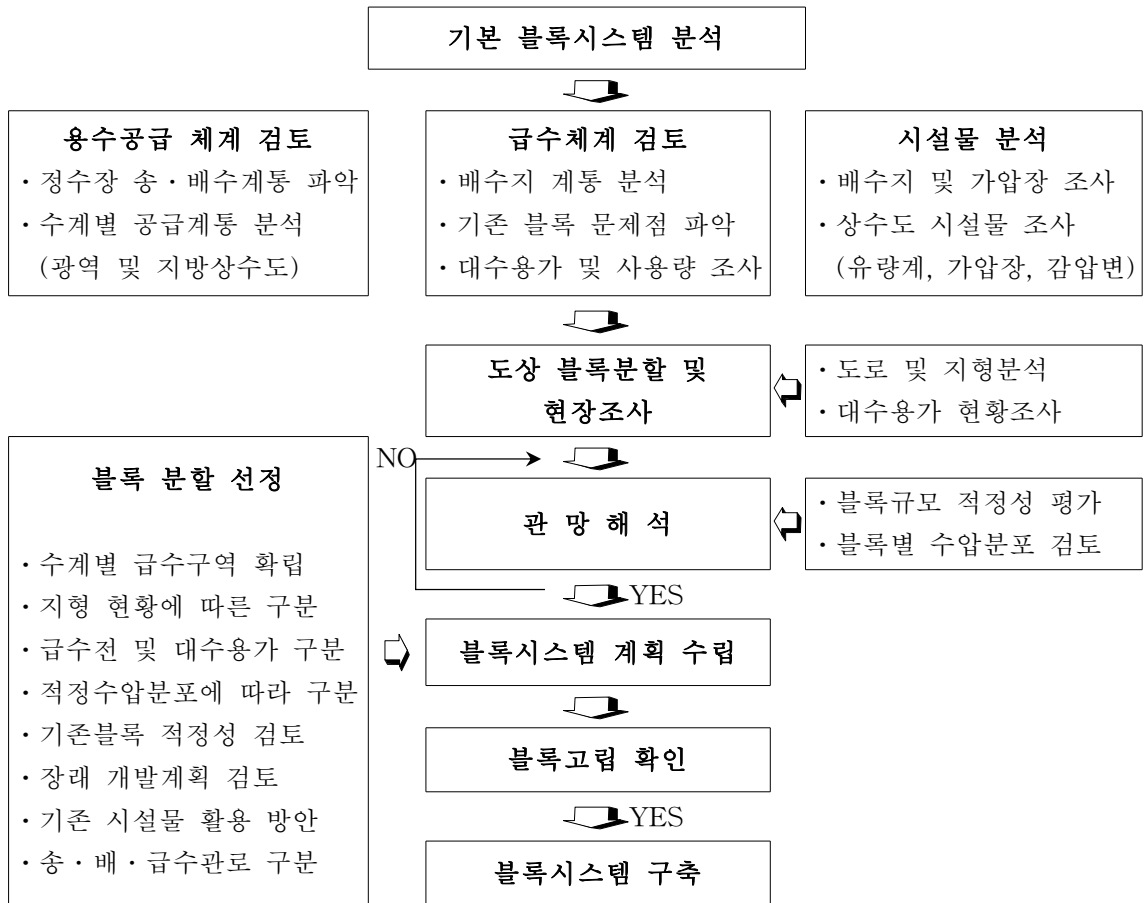


그림 2.3 블록시스템 구축 흐름도

블록시스템의 주요기능으로는 정보 취득과 평상시 유지관리 및 긴급시 대응 측면으로 나누어 볼 수 있는데, 정보 취득 측면에서는 수량, 수압, 수질 등 주요 인자에 대해 분할된 대·중·소블록 단위의 측정, 분석 및 감시를 세분화할 수 있게 하며, 평상시에는 안정적인 수량관리, 적정 수압유지 및 적수발생 대처 등 관망운영 및 유지관리가 용이하게 된다. 또한, 가뭄발생, 수질오염사고 발생 등으로 말미암은 피해지역을 최소화하고 안전하고 안정적인 용수를 공급할 수 있다. 한편, 블록시스템은 표 2.3과 같이 수도시설의 계획 및 운영·유지관리, 비상시에 대처가 쉬운 관망관리기법으로도 알려져 있다.

표 2.3 블록시스템 구축 효과

효 과	내 용
계획수립의 용 이 성	<ul style="list-style-type: none"> 지역별 수량과약이 용이하여 합리적인 수량배분계획 수립가능 물 수요량 변화에 따른 배수관의 증설 규모 및 시기를 합리적으로 선정가능 소블록 내 관망조직을 명확히 파악하여 효율적인 노후관 정비계획을 수립가능
배수관망 관리성의 향 상	<ul style="list-style-type: none"> 수질변화에 대한 신속한 대처가 가능하며, 영향범위 최소화 가능 수압조절의 필요성을 파악할 수 있으며 출수불량지역에 대한 검토 용이 블록별 물의 사용처가 분명해지므로 물수요의 변화에 따른 탄력적 대응 가능
상시유지 관리성의 향 상	<ul style="list-style-type: none"> 소블록의 유입량 측정 및 물 사용량에 따른 유수율 분석 용이 불가피한 단수 작업시 최소한의 단수구역으로 작업가능 배수관의 기능 파악이 용이하며, 집중적인 누수탐사를 수행가능
비상시의 대 응 력 향 상	<ul style="list-style-type: none"> 적수, 단수, 사고재해 등의 원인과 영향범위 파악이 용이하여 신속한 대응가능 블록간 비상연락관을 설치하여 시설운영의 탄력성 및 응급상황 대처능력 향상

- 유수율 제고사업 추진 매뉴얼(2007, 환경부)

(2) 수압관리

관망내 누수는 관재질, 시공 불량, 주변토양의 변동 및 특성, 관노후 및 내외부 부식발생, 부적정한 수압 등으로 인하여 발생한다. 이러한 과도하게 높은 수압 또는 높은 수압 편차 등 부적정한 수압 때문에 발생하는 누수발생 및 출수불량 저감, 균등수압 등을 관리하는 목적으로 수압관리를 시행한다.

수압관리는 수용가의 적정한 수압이 확보된 상태에서 급수될 수 있는 조건에 수압을 저감하고 안정적인 수압을 유지하므로 수압제어 대상의 모든 구역의 누수량을 효과적으로 감소시키고 예방할 수 있는 중요한 활동이다. 누수량을 감소시키는 방법 중에서 수압 제어방법은 효과가 높은 것으로 알려져 있으며, 감압밸브를 적용한 수압제어는 외국에서는 오래전부터 사용되어 유수율 향상과 배급수관망의 유지관리에 크게 이바지하고 있다.

일반적으로 국내의 관망시스템은 산악지역의 특성 때문에 배수지로부터 자연유하방식으로 관말까지 급수가 불가능한 구역이 많아 가압시설을 통해 급수를 실시하고 있어, 가압

장 인근의 수용가는 적정수압을 초과하여 급수하고 있다. 또한, 관내 통수능 미확보 또는 인근 주변의 대량의 물 사용 등으로 출수불량이 발생하고 있어 배급수관망의 적절하고 안정적인 수압상태를 구현할 수 있는 적정 수압관리방안 수립이 필요하다. 배급수관망에서의 수압관리방안에는 크게 다음 4가지로 구분된다.

(가) 수압관리 구역분할(Sectorization)

전체 배급수관망을 배수계통, 지형, 지반고, 수압에 따라 자연적 또는 경계밸브를 이용하여 인위적으로 소구역으로 나누어 수압을 관리한다. 일반적으로 수압제어밸브 등을 이용하지 않고 자연유하식 급수구역 또는 가압급수구역 등을 경계밸브를 이용하여 나누어 관리하므로 가장 간단한 수압관리 방법이나, 감압밸브를 이용한 수압관리보다는 효과가 떨어진다. 따라서 지역적인 특성에 따라 다양한 수압관리의 형태를 고려하여 적정방법을 도입하는 것이 매우 중요하다.

(나) 펌프운영

수압관리구역의 임계지점 및 평균수압지점의 적정수압을 확보하기 위해 펌프의 양정을 조절하는 방법이다. 변속펌프를 이용하여 유량 및 수압에 따라 조절하는 방식의 경우, 부적정한 펌프설치 및 운영 시 에너지 소비가 많아질 수 있는 단점이 있다.

(다) 감압밸브 운영

임계지점 및 평균수압지점의 적정수압이 확보된 상태에서 누수저감을 위하여 수압을 감소시키는 장치로 감압밸브 유출 측의 수압을 원하는 수준으로 맞추면 상·하류의 수압차에 의해 밸브가 작동하는 방식이며, 수압관리 종류 중 가장 보편적으로 적용되는 방법이다. 유량·수압패턴, 임계지점 위치 등에 따라 고정유출식, 시간제어식 및 유량비례제어식으로 운영할 수 있다.

(라) 압력유지밸브 운영

감압밸브와 유사한 형식의 밸브이나, 목표로 하는 지점이 감압밸브의 경우 하류측에 있다면, 압력유지밸브는 상류측의 수압유지를 위하여 설치하는 장치이다. 대수용가로 인한

일시적인 물사용으로 전·후단의 수압변동이 심하게 발생(수두손실 발생)하는 경우 적정 수압유지를 위해 사용할 수 있는 밸브이다.

배급수관망의 수압관리를 위해서는 현재 상태의 수압분포를 조사·분석해야 하며, 수압 제어가 필요한 구역(수압관리구역 ; PMA, Pressure management area)을 선정한 후 얼마만큼 감압하여야 하는지 결정하여야 한다. 따라서 해당 지역의 수압분포도를 확보하는 것이 중요한 작업이다. 감압밸브를 이용한 수압관리구역이 블록시스템공사에 의해 구축된 소블록과 일치할 수 있으면 가장 이상적인 경우이지만, 지역에 따라서는 소블록내 여러 개의 PMA를 분할하여 관리할 수 있다.

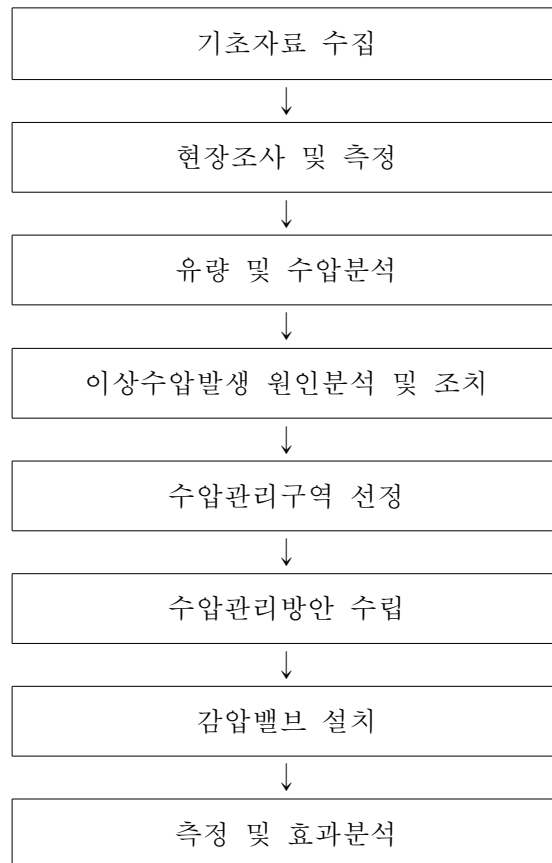


그림 2.4 수압관리 업무절차

(3) 누수탐사 및 복구

목표 유수율을 달성하기 위해서는 누수탐사 및 복구, 수도미터 관리, 수질관리, 유량계 관리 등 다양한 운영기법이 시행되지만, 유수율 향상을 위해 가장 우선시 되는 것은 누수탐사 및 복구이다. 2010년 전국의 지방상수도 관용도별 신고 누수건수를 분석해보면 배수관 13.2%, 급수관 44.5%, 옥내급수관 42.1%로 누수가 대부분 급수관 이하의 관에서 약 86.6% 발생함을 알 수 있다.

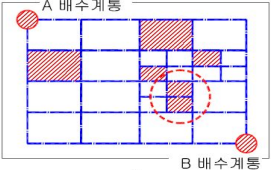
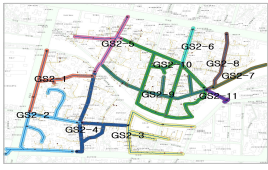
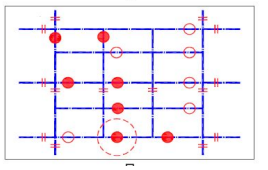
표 2.4 관 용도별 신고 누수건수

구 분	송수관	배수관	급수관	옥 내	계
건 수	281	16,607	55,954	52,837	125,679건
비 율	0.2	13.2	44.5	42.1	100%

- 2010 상수도통계(2011, 환경부)

누수탐사는 전체 관리지역 중 현재 누수율이 높은 지역이나 과거 누수수리건수가 많고 관로의 경과연도가 오래된 지역을 위주로 면의 접근 → 선의 접근 → 점의 접근 방법에 따라 차례대로 시행하여 최종 누수지점을 찾는 것을 말한다.

표 2.5 누수탐사 방법

구분	면의 접근	선의 접근	점의 접근
접근 방법			
세부 시행 방법	<ul style="list-style-type: none"> -야간최소유량 분석 -배수지 하강시험 	<ul style="list-style-type: none"> -단계시험,수압측정·분석 -밸브 청음/상관식 조사 -음압레벨 및 파형조사 -염소반응시험 등 	<ul style="list-style-type: none"> -급수전 및 노면 청음 -전자식 누수탐지기 청음 -노면 천공(누수 확인) -가스탐지

제 3 장 상수도 우수율 향상 방안

3.1 대상지역의 상수도현황

나주시는 1개 읍, 12개 면, 6개洞지역으로 구성되어 있으며, 전체 면적이 604.05km²로서 행정구역별 현황 및 위치도는 그림 3.1과 같다.



그림 3.1 나주시 행정구역 현황 및 위치도

2010년 말 기준 총인구 91,540명 중 급수인구는 63,439명으로 급수보급율은 약 69.3%이며, 현재 지방상수도인 2천m³/일 규모의 다시취·정수장과 광역상수도인 주암댐계통광역상수도 화순정수장에서 용수를 공급받고 있고, 송월배수지 등 4개의 광역상수도계통 배수지와 지방상수도 배수지인 다시배수지가 설치되어 운영·관리 중이다.

표 3.1 배수지 시설현황

정수장별	시설물명	위 치	시설용량 (m³)	시설 년도	수 위(m)		비 고
					H.W.L	L.W.L	
화순 정수장	송월배수지	나주시 송월동 산1번지	20,000	1991	71.50	67.50	가동중 (간접)
	남평배수지	남평읍 교원리 18-1번지	2,100	1993	57.50	53.50	가동중 (간접)
	금천·산포 배수지	금천면 등악리 산9-14번지	3,000	1993	59.50	55.20	운휴중 (직접)
	노안배수지	노안면 금안리 366번지	900	1993	62.50	59.50	가동중 (간접)
다시 정수장	다시배수지	다시면 운봉리 산90-12	1,600	2005	73.70	70.50	가동중 (간접)

관로 총연장은 603.7km이며, 이중 송수관은 30.0km, 배수관은 454.3km, 급수관은 119.4km로 조사되었고, 송·배수관의 부설년수는 2000년 이후 매설된 관로가 59.7%인 360.0km이고, 10~20년이 149.3km이며, 20년 이상된 노후관이 2.0%인 12.0km를 차지하고 있다.

표 3.2 나주시 상수관로 현황

(단위 : m)

구 분	매설년도					계
	'90년이전	'90~'94	'95~'99	'00~'04	'05~'10	
송 수 관	-	5,465	1,105	1,361	22,025	29,956
배 수 관	11,142	100,162	110,000	58,082	174,957	454,343
급 수 관	853	3,809	11,125	26,041	77,563	119,391
합 계	11,995	109,436	122,230	85,484	274,545	603,690
비 율	2.0%	18.1%	20.2%	14.2%	45.5%	100%

2008년 12월부터 2010년 4월까지의 누수민원 사례를 분석한 결과, 아래 표와 같이 총 1,681건의 민원중 도로 누수 144건, 수도관 파열 22건, 계량기전 누수 41건, 밸브 누수 9건, 제수변 누수 5건, 급수관 누수 13건, 옥내 누수점검 1,248건, 기타 199건로 나타났다.

표 3.3 과거 누수현황

구 분	도로 누수	수도관 파열	계량기전 누수	밸브 누수	제수변 누수	급수관 누수	옥내누수 점검	기타 누수	계
건수 (비율)	144 (8.6%)	22 (1.3%)	41 (2.4%)	9 (0.5%)	5 (0.3%)	13 (0.8%)	1,248 (74.2%)	199 (11.9%)	1,681 (100%)

나주시 지방상수도의 유수율은 상수도통계상 2008년 기준 64.5%로 전라남도 평균 66.0%와 전국 평균 81.7%에 크게 못 미치는 실정으로 체계적이고 합리적인 관망운영관리가 필요하다. 과거 8년(2001~2008)간 평균 유수율은 표 3.4에서 보는바와 같이 76.6%를 나타내고 있다.

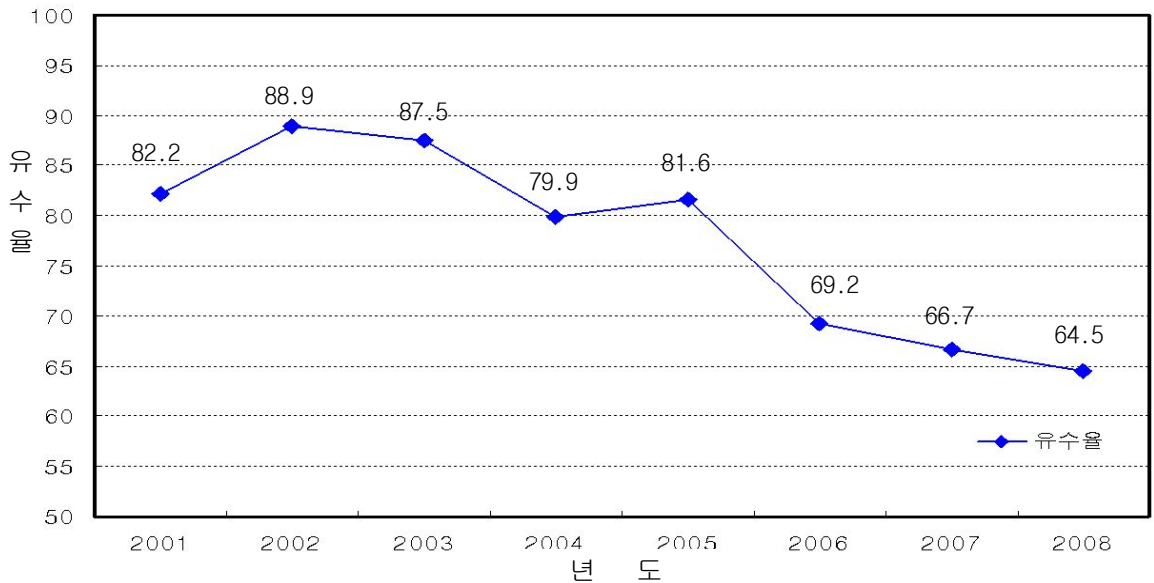


그림 3.2 과거 유수율 현황분석도

표 3.4 과거 유수율 현황

구 분 \ 년 도	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	평균
연간생산량(천m ³)	5,759	4,952	4,407	5,127	5,186	5,685	6,168	6,541	5,478
유수수량(천m ³)	4,733	4,403	3,856	4,096	4,234	3,936	4,116	4,219	4,199
유수율(%)	82.2	88.9	87.5	79.9	81.6	69.2	66.7	64.5	76.6

3.2 현장조사 및 전산화

나주시 배수구역 일원의 상수도 시설물, 관로, 밸브류, 급수전 및 수용가 등 기초자료를 정확히 파악하여 이를 바탕으로 블록고립을 시행한 후 배수구역 일대 블록시스템 구축을 위한 자료로 활용하도록 하였다. 현장세부조사는 기초 자료를 조사 분석하여 원도를 작성한 후 작성된 원도를 바탕으로 관로, 밸브류, 급수전 및 수용가 등을 직접 조사하였다.

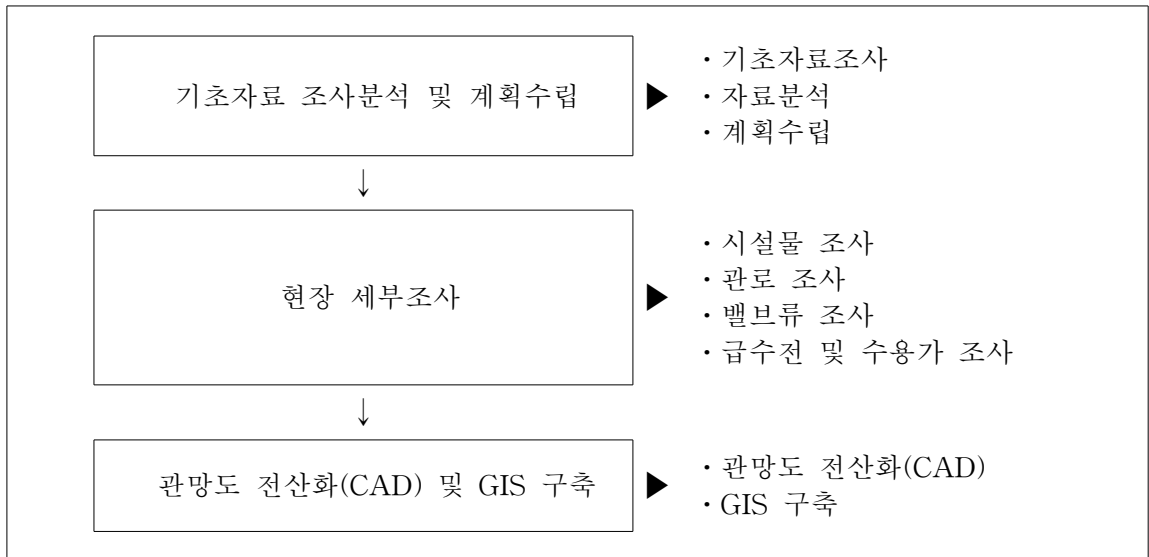


그림 3.3 현장 세부조사 시행절차

유수율 측정을 위해 나주시 일대 상수도시설 관련 자료, 상수도 관망도, 도시계획도 및 지적도, 생산량, 부과량, 요금관리 자료, 상수도 관련 각종 보고서 등 분석에 필요한 자료로 나주시청과 나주수도관리단의 자료가 인용되었는데, 다음 그림 3.4와 같다.

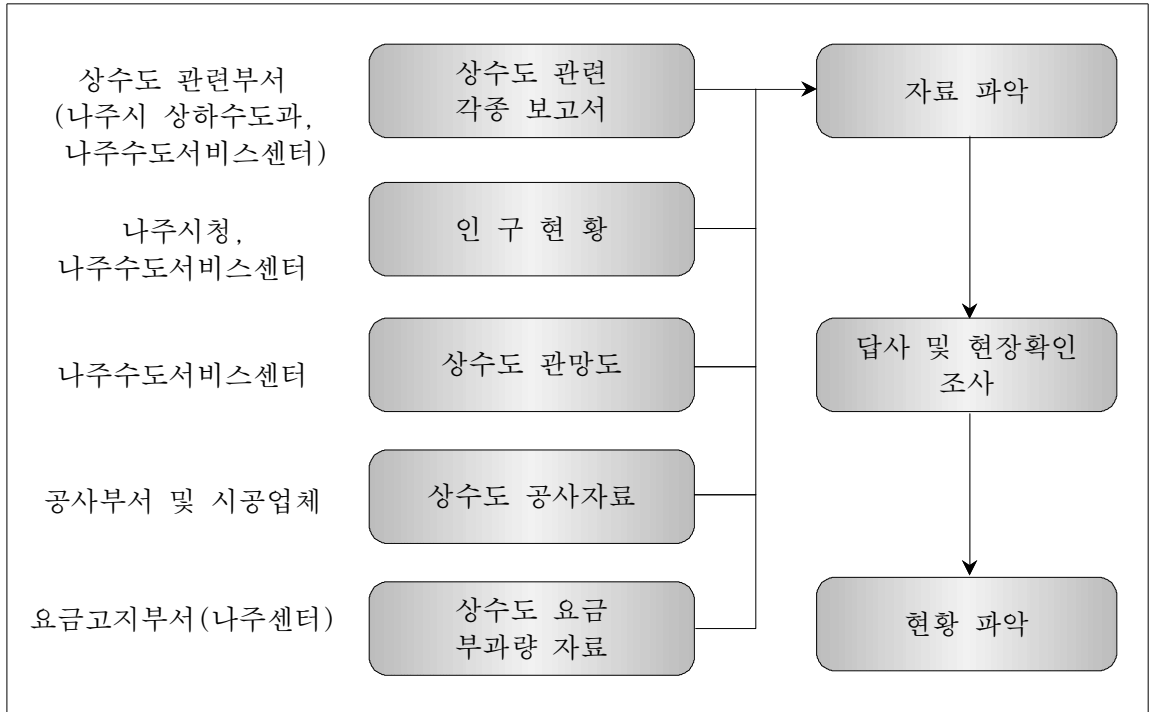


그림 3.4 기초 자료조사 내용

관망도 작성을 위한 관로 현장조사는 2008년 10월~11월까지 조사인원 12명이 투입되어 개략적으로 제작된 원도를 바탕으로 송·배수, 급수관로 매설 지점을 현장에서 직접 도보로 확인하여 매설위치, 매설 환경, 관중, 관경, 연결 상태 등 관로 현황을 파악하였으며 관망도 전산화 시에 이를 활용하였다. 관로시설 조사결과 표 3.5와 같이 총연장 603,691m, 송수관로 29,956m, 급·배수관 573,735m로 조사되었다.

표 3.5 관로 시설 현황(2010년)

관 경 (mm)	급·배수 관로				송수관로	총 계
	화순정수장 계통	다시-문평 계통	반남면	소 계		
D50미만	94,932	9,801	14,658	119,391	-	119,391
D50	87,791	11,115	12,794	111,700	-	111,700
D80	108,253	14,472	2,299	125,024	-	125,024
D100	67,263	9,522	2,427	79,212	-	79,212
D150	40,727	3,153	9,441	53,321	-	53,321
D200	15,451	7,604		23,055	8,776	31,831
D250	14,957	4,049		19,006	-	19,006
D300	24,871	739		25,610	-	25,610
D350	3,617	2,137		5,754	-	5,754
D450	1,178			1,178	1,181	2,359
D500	7,627			7,627	-	7,627
D600	1,654			1,654	-	1,654
D700	1,202			1,202	-	1,202
D800				0	6,634	6,634
D900				0	13,365	13,365
총연장(m)	469,523	62,593	41,619	573,735	29,956	603,691

밸브류 조사는 2008년 11월~2009년 3월까지 시설물의 관리 및 단·통수, 제어 등에 활용하는 밸브의 실제 설치지점 확인 및 밸브 종류, 구경, 재질, 회전방향, 회전수 등을 조사하였으며, 구역고립 및 블록시스템 구축을 위한 토대를 마련하고 노후 시설물 개·대체 계획 수립시에 활용하였다.



그림 3.5 밸브류 조사 과정

밸브류는 제수밸브 및 이토밸브, 공기밸브, 감압밸브, 소화전 등 총 3,090개로 조사되었으며, 밸브조사 시 밸브의 상태, 개·폐여부, 고장유무 등을 조사하여 개폐 불가, 철개 파손, 수몰, 매몰 밸브 등 문제 밸브를 도출하였다. 총 3,090개소 밸브중에서 문제 밸브는 8.8%인 271개소로 조사되었다. 이중 밸브가 수몰상태인 경우가 96개소로 가장 많았고 개폐불가도 52개소로 파악되었다.

표 3.6 계통별 밸브조사 결과

(단위:개소)

구 분	밸 브				소화전	계
	제수밸브	이토밸브	공기밸브	감압밸브		
洞지역	1,288	236	42	4	169	1,739
면지역	830	338	75	5	103	1,351
총 계	2,118	574	117	9	272	3,090

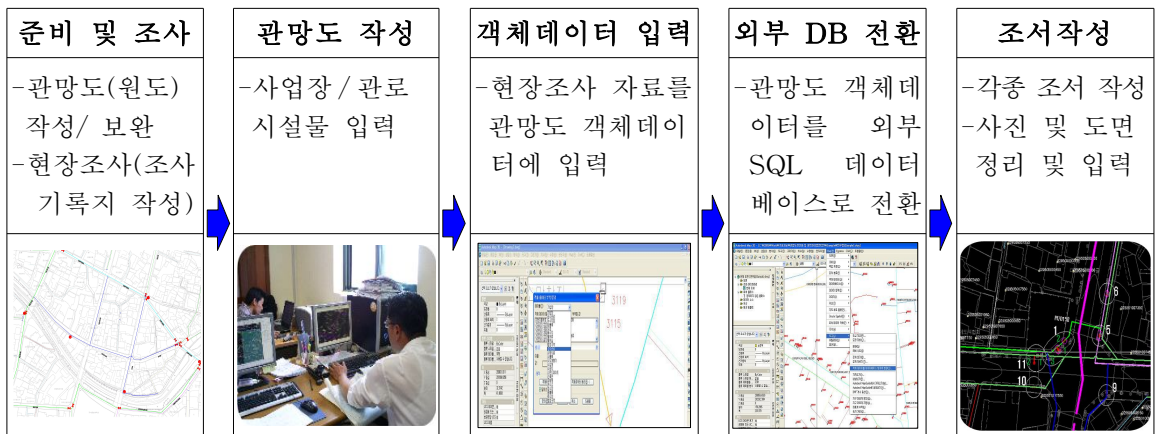
표 3.7 블록별 문제 밸브 현황

구 분	밸브매물		철 개		밸브실 이 탈	스핀들 파 손	계
	수몰	매물	파손	개폐불가			
개 소	96	93	2	52	18	10	271

이미 작성된 원도에 현장 세부조사(급수전 및 수용가 조사, 밸브류 조사 등)를 통하여 조사된 자료를 갱신하고, 관로, 밸브류 및 급수전의 각종 정보 및 속성자료를 입력하여 전산화하였다. 작성대상은 다음과 같다.

- 사 업 장 : 취수원, 취수장, 정수장, 가압장, 배수지
- 상수관로 : 취수관, 도수관, 송수관, 배수관, 공업용수관, 터널
- 급수관로 : 급수관, 소방관
- 소방시설 : 급수탑, 소화전
- 밸 브 류 : 체수밸브, 공기밸브, 이토밸브, 역지밸브, 감압밸브 등
- 기타시설 : 계량기, 누수지점, 밸브실, 스탠드파이프, 유량계 등
- 각종경계 : 도엽, 행정구역, 대·중·소블록

표 3.8 관망도 전산화 절차



3.3 블록 분할계획 수립

기존 관망도를 바탕으로 관로현황, 수용가현황, 지형현황 등을 고려하여 개략적으로 블록을 분할하여 현장조사 및 블록 분할계획 수립에 활용하였다. 나주시 洞지역의 경우는 아래 표와 같은 기준으로 11개의 소블록으로 구분하였으며, 기타 읍·면지역은 배수지계통을 중심으로 하나의 소블록으로 유지하는 것이 좋을 것으로 판단되었다. 즉, 배수지 계통별로 나주시 洞지역 11개 소블록, 남평소블록, 산포소블록, 금천소블록, 노안소블록, 다시문평소블록으로 분할하고, 혁신도시와 洞지역의 송월택지는 향후 별도의 소블록으로 관리하는 것으로 검토하였다. 그리고 현재 내기소블록과 노동리 소블록의 경우는 송수분관에서 직접 분기하여 급수하는 지역으로서 이 지역들을 간접배수로 전환하는 경우에는 신규 매설관로 연장과 수압관리 면에서 현재와 같은 직접급수방식으로 하는 것이 유리한 것으로 판단되었다.

표 3.9 블록시스템 구축 기준 및 적용

구분	환경부 고시(2007-11호)	적용
대블록	<ul style="list-style-type: none"> · 정수장별 송수계통 · 대로(폭25m이상), 철도, 하천, 복개천 기준 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 화순정수장계통 광역상수도
중블록	<ul style="list-style-type: none"> · 도로(폭8m이상) · 철도, 하천, 복개천, 하수분관, 배수지 급수구역, 행정구역 등 기준 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 배수지 급수구역 기준 <ul style="list-style-type: none"> - 중부중블록 - 남부중블록 - 금천산포중블록
소블록	<ul style="list-style-type: none"> · 도로(폭4m), 철도, 하천, 복개천, 법정동, 학교, 공원, 대단지 아파트 등 · 급수전 500~700당 · 배수관 2.5~3km 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 하천(영산강,나주천,만봉천) ▪ 지형 및 지반고 기준 ▪ 행정구역 및 철도, 도로기준 ▪ 급수전 약 400~1,0000 ▪ 기존 배·급수관망 활용

표 3.9의 블록시스템 구축기준에 따라 나주시 급수관망을 대블록 1개소, 중블록 3개소, 소블록 20개소로 분할하여 블록계획을 수립하였다.

표 3.10 나주시 블록시스템 분할 계획

구 분	대블록	중블록	소블록	비 고
블록수	1	3	20	

표 3.11 나주시 소블록 분할 개요

배수지명	배수지 용량(m ³)	소블록 개소수	비 고
송월배수지	20,000	12	洞지역 11개 소블록 및 송월택지 소블록
남평배수지	2,100	1	지석천을 중심으로 2개의 소블록으로 분할하는 것이 타당하나, 지형여건상 블록분할이 어려워 1개 소블록으로 구성(남평블록)
금천·산포	3,000	1	산포 직접급수지역
		1	금천 직접급수지역
노안배수지	900	1	노안배수지 계통 1개의 소블록으로 구성
다시배수지	1,600	1	다시정수장에서 취수하여 다시문평지역 급수
-	-	1	내기면은 현재 광역송수본관에서 직접급수하는 지역으로 현지 지형여건상 수질 및 수압관리가 어려울 것으로 예상되므로 현재상태로 구축
-	-	1	노동면은 현재 광역송수본관에서 직접분기한 후 가압하여 급수하는 지역으로서 해발 100m이상 지역으로서 유지관리상 현재상태로 유지하는 것이 바람직 함
혁신도시	-	1	혁신도시 개발중(장래 별도의 소블록으로 관리)
계	27,600	20	

표 3.12 나주시 洞지역 도상블록 분할(안)

블록	급수전수 (전)	사용량 (m ³ /월)	표고현황(m)			비 고
			최저	최고	편차	
NJ-1 (송월블록 중앙블록)	816	52,099	6.3	37.8	31.5	· 유입점조절 · 단위블록별 감압검토
NJ-2 (중앙블록 금남블록)	492	21,896	9.5	36.7	27.2	”
NJ-3 (중앙블록 금남블록)	1,155	26,415	10.7	36.6	25.9	· 단위블록별 감압검토
NJ-4 (금남블록)	201	6,283	7.2	43.5	36.3	· 유입배수분관매설검토 · 단위블록별 감압검토
NJ-5 (성북블록)	358	34,789	7.8	47.5	39.7	· 유입배수분관매설검토 · 단위블록별 감압검토 · 대수용가 공급검토
NJ-6 (시청블록)	292	9,924	10.4	38.7	28.3	· 단위블록별 감압검토
NJ-7 (영강블록)	549	8,100	0.2	55.2	55.0	-
NJ-8 (영산블록)	531	7,612	7.5	41.8	34.3	· 감압 혹은 가압검토
NJ-9 (이창블록)	1,031	19,355	2.4	33.2	30.8	· 단위블록별 감압검토
NJ-10 (부덕블록)	440	18,605	3.8	41.7	37.9	”
NJ-11 (공단블록)	384	35,028	4.3	38.9	34.6	”
계	6,389	240,096	0.2	55.2	55.0	

- 사용량은 2009년 1월~10월까지의 평균 월사용량임.

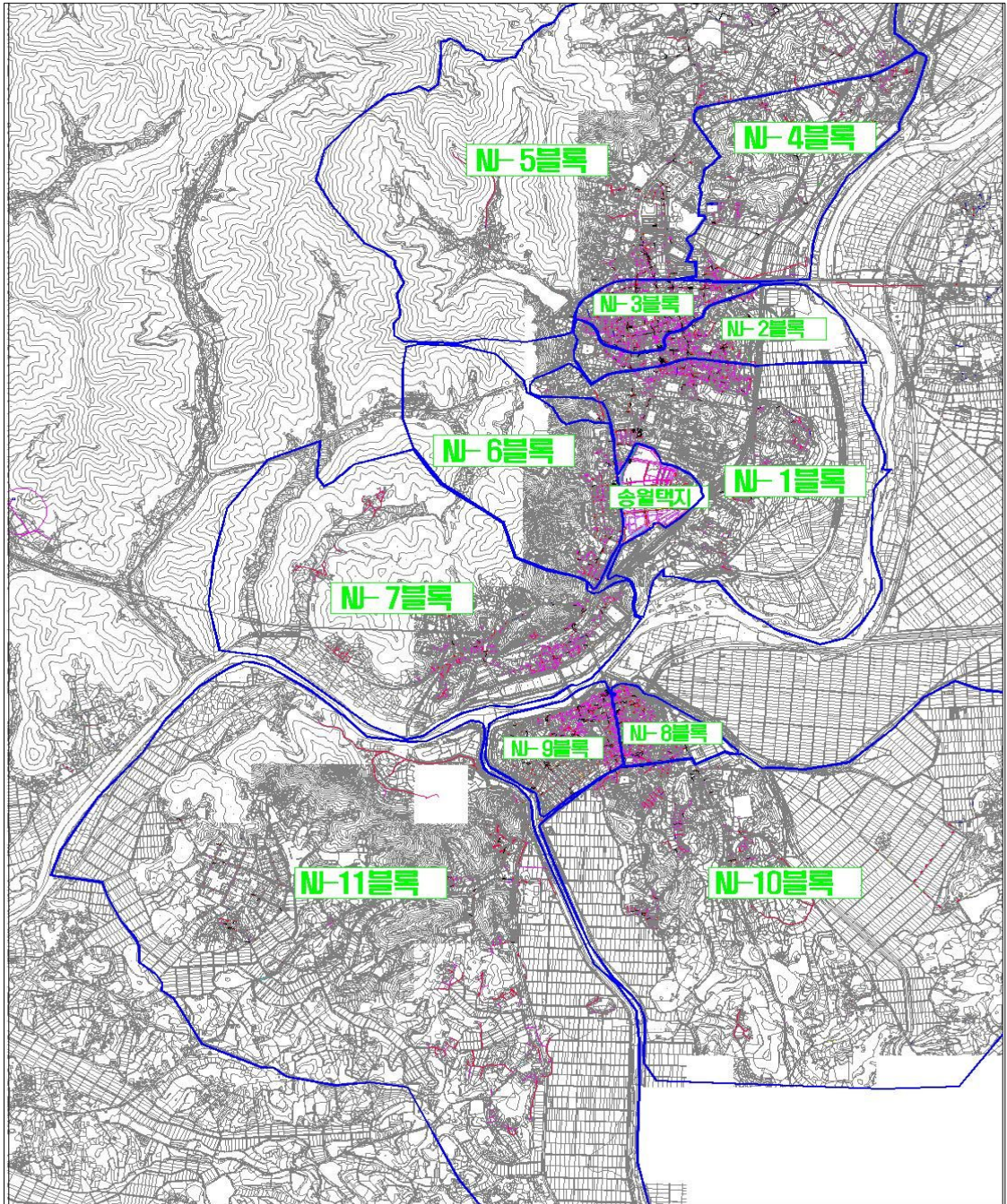


그림 3.6 洞지역 도상블록 구축 현황도

제 4 장 결과 및 고찰

4.1 수압측정시험

블록구축 전 수압 측정은 각 소블록별로 필요에 따라 유동적으로 측정하였으며, 洞지역 10개, 읍면지역 6개 블록에 대하여 수압을 측정하였다. 측정위치별 1회, 측정별로 최소 3일 이상, 5분 간격 측정하였다. 블록내 지상식 소화전을 이용하여 데이터 로깅이 가능한 수압계를 활용 측정하였다. 수압측정 결과 그림 4.1에서 보는 바와 같이 나주시 洞지역의 동일시간에 수압이 약 2.1~3.0kgf/cm² 정도 갑자기 감소하는 경향을 있는데, 이는 대수용가의 지하저수조로 일시에 유량이 유입됨으로써 발생한 것으로 조사되었다.

전체 수압측정 소블록중 대표성을 띤 洞지역의 송월블록과 수압편차가 큰 성북블록, 수압편차가 적은 시청블록, 읍지역인 남평블록의 수압측정값을 대표사례로 분석하였다.

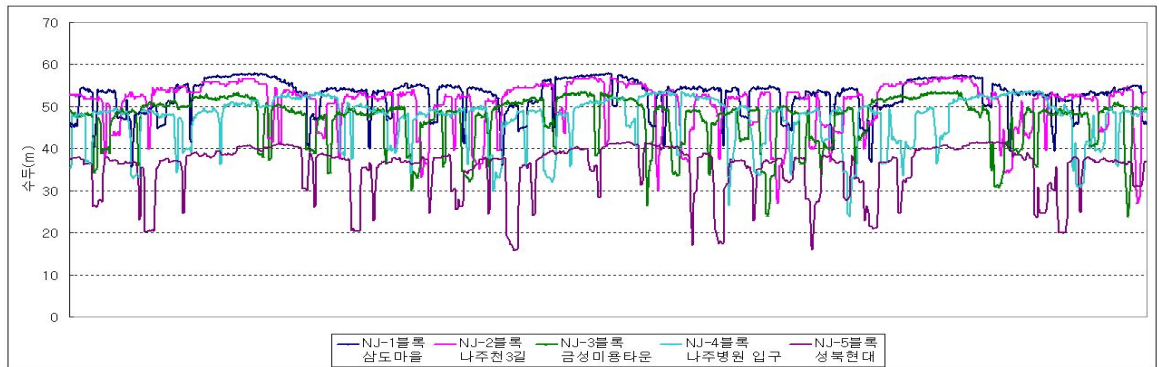


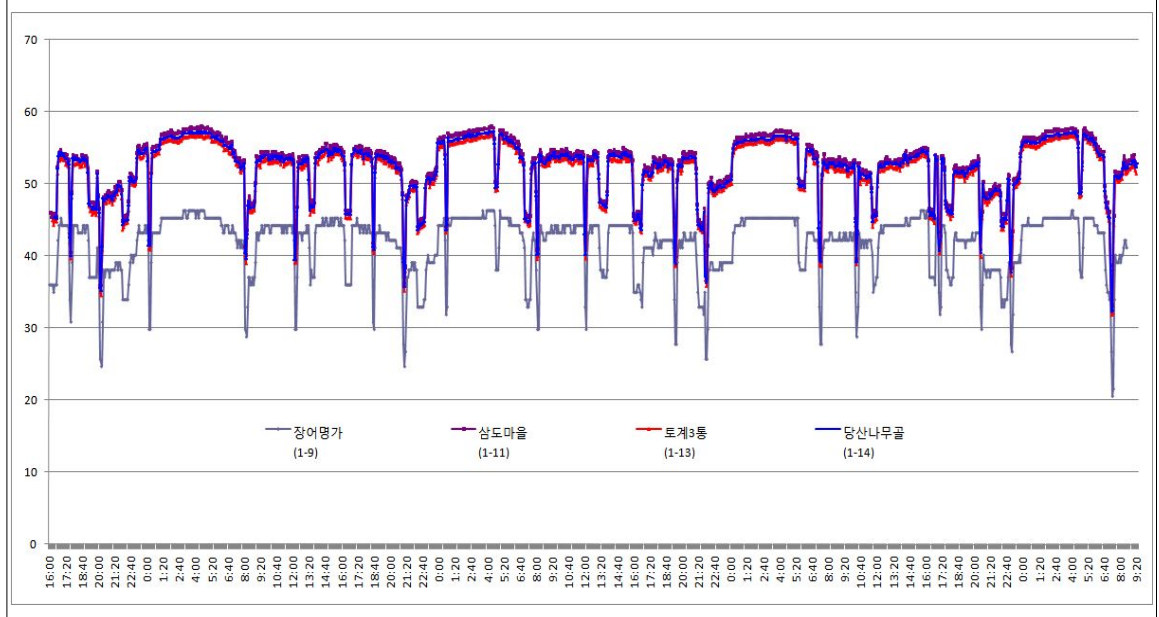
그림 4.1 나주시 洞지역 블록구축 전 수압측정 결과

(1) 송월블록(NJ-1)

송월블록은 2009년 6월 1일~5일까지 수압측정을 시행한 결과 블록 전체에서 수압의 급강하가 발생하고 있으며, 수압 급강하로 인한 수압편차는 약 2.2kgf/cm²정도 나타났고 저지대로서 수압이 다소 높게 나타났다.

표 4.1 송월블록 블록구축 전 수압측정 결과

블록명	표고 (m)	수압(kgf/cm ²)			수압편차 (kgf/cm ²)	위 치	비 고
		최대	최소	평균			
송월블록	19.0	4.625	2.468	4.184	2.157	장어명가 건너	유입점
	8.5	5.801	3.612	5.286	2.189	삼도길 105-2	최소점
	9.5	5.693	3.520	5.184	2.173	토계3통사무소	관말점
	9.1	5.729	3.586	5.233	2.143	토계동 7-10번지	관말점



(2) 성북블록(NJ-5)

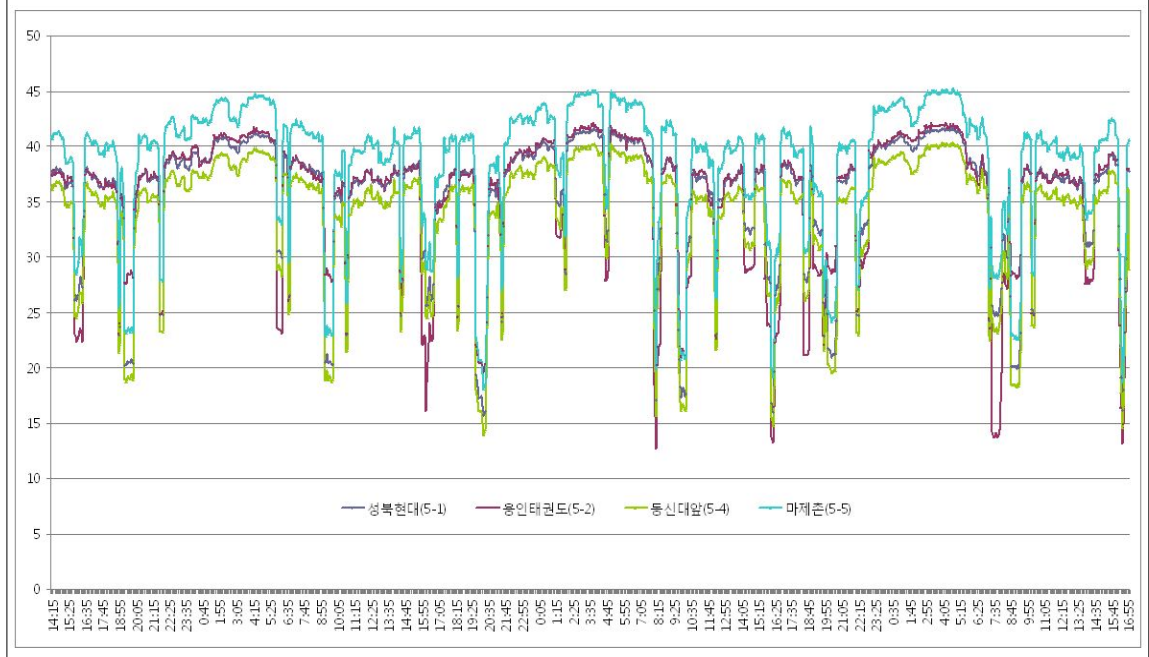
성북블록의 유입은 성당사거리, 영재교육원, 원광대 한방병원 앞의 총 3개소에서 D250 mm의 관로로 유입되고 있으며, 이 유입관로들은 중앙블록을 통과하면서 수용가들을 급수한 후에 유입되기 때문에 향후 성북블록을 별도로 공급하기 위한 배수본관 신설 등이 필요할 것으로 판단된다. 수압측정은 2009년 6월 5일~8일까지 4개소에서 실시하였다.

수압측정결과 4개 지점 모두 매우 유사한 수압패턴을 보이고 있고 수압편차는 약 2.6~

3.0kgf/cm²의 편차를 보이고 있었으며, 모든 지점에서 급격한 수압감소 패턴을 보이고 있어 이 원인을 제거한다면 평균수압이 약 3.5kgf/cm² 정도로 수압관리가 가능할 것으로 판단된다. 대수용가로 인한 수압 급강하는 약 2.6~2.9kgf/cm² 정도로 나타났다.

표 4.2 성북블록 블록구축 전 수압측정 결과

블록명	표고 (m)	수압(kgf/cm ²)			수압편차 (kgf/cm ²)	위 치	비 고
		최대	최소	평균			
성북블록	25.1	4.160	1.572	3.581	2.588	성북현대아파트	유입점
	24.6	4.202	1.263	3.560	2.939	용인대노안태권도	유입점
	26.3	4.029	1.395	3.427	2.634	동신대 앞	최고점
	21.5	4.518	1.810	3.888	2.708	마제촌 입구	관말점

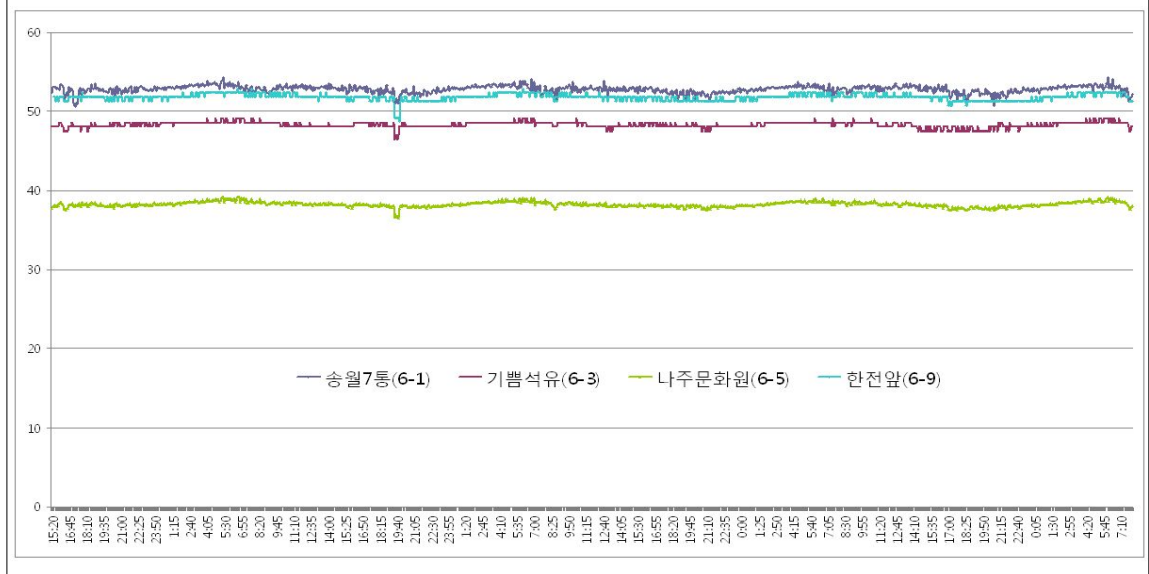


(3) 시청블록(NJ-6)

시청블록은 D600mm 배수본관에서 유입되며 블록내에 대수용가는 없다. 표고 60m이상 지역에 급수하기 위한 가압장이 1개소가 있다. 수압측정은 2009년 6월 1일~5일까지 4개소에서 실시하였으며, 측정결과 4개 지점 모두 수압의 변화없이 일정한 수압패턴을 보이고 있고, 최고점의 평균수압은 3.8kgf/cm², 최소수압은 3.7kgf/cm²로 향후 블록의 유입부에 감압밸브를 설치하여 약 2.0kgf/cm²의 감압을 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

표 4.3 시청블록 블록구축 전 수압측정 결과

블록명	표고 (m)	수압(kgf/cm ²)			수압편차 (kgf/cm ²)	위 치	비 고
		최대	최소	평균			
시청블록	17.0	5.428	5.080	5.280	0.348	송월7통회관	관말점
	20.5	4.909	4.643	4.827	0.266	기쁨석유 앞	평균점
	30.0	3.912	3.660	3.828	0.252	나주문화원 앞	최고점
	17.0	5.286	4.872	5.178	0.414	한전 앞	유입점

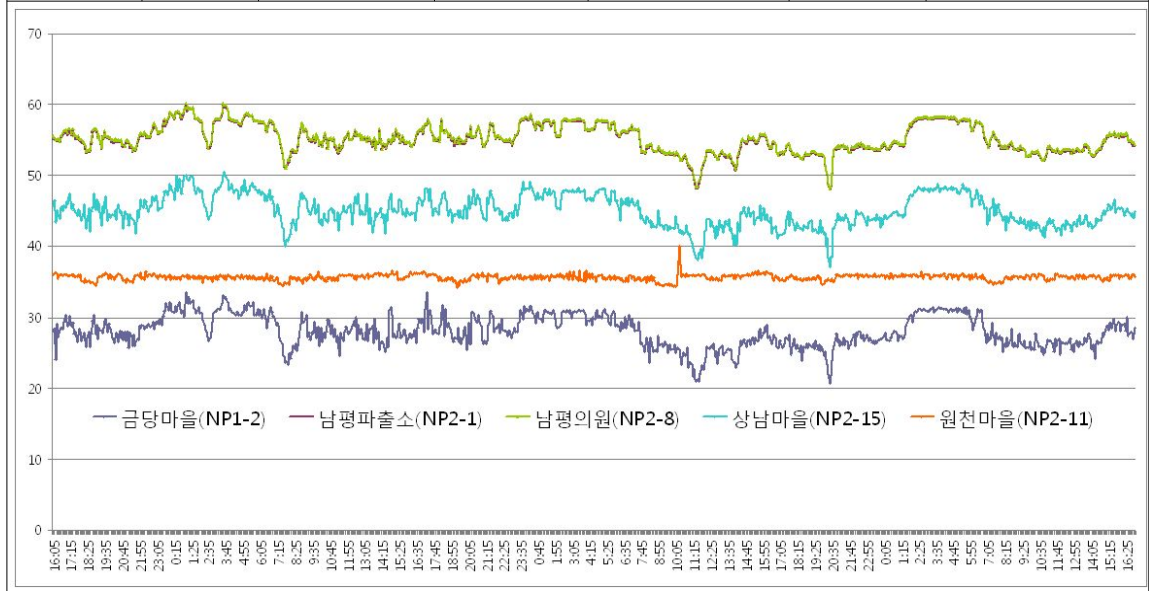


(4) 남평읍지역 블록구축 전 수압측정

남평읍 지역은 2009년 6월 1일~4일까지 총 5개소에서 수압측정을 실시하였으며, 수압 측정결과 모든 지점에서 수압편차는 거의 발생하지 않았으나, 지역 간의 수압차이가 심하게 나타났다. 즉, 평균수압이 2.8~5.5kgf/cm²로서 전체 소블록의 수압관리는 어려울 것으로 판단되어 소소블록별 수압관리가 합리적일 것으로 판단된다.

표 4.4 남평블록 블록구축 전 수압측정 결과

블록명	표고 (m)	직접급수 수압평균 (kgf/cm ²)	간접급수 수압평균 (kgf/cm ²)	급수체계전환 전후 수압편차 (kgf/cm ²)	위 치	비 고
남평블록	43.0	3.350	2.062	2.803	12.88	금당마을
	17.2	5.982	4.794	5.509	11.88	남평파출소
	16.9	6.017	4.808	5.536	12.09	남평연합의원
	22.3	3.999	3.423	3.561	5.76	원천마을
	25.9	5.048	3.706	4.510	13.42	상남마을



나주시의 경우 2009년 9월부터 2010년 5월까지 수차례의 대수용가 영향조사 결과, 전체 검침량의 0.5%이상 수용가 중에서 블록내 관압에 영향을 미치는 수용가는 중부중블록에 5개소(송월주공, 성북현대, 호반리젠시빌, 대방노블랜드, 죽림삼성아파트), 남부중블록에 3개소(삼영 부영, 용산주공 1, 2차아파트), 금천산포중블록에 2개소(남양유업, 화인코리아)로서 총 10개소인 것으로 조사되었다.

나주시 전체 수도계량기 11,924(2010년 3월 기준)전중 블록내 관압 및 출수에 영향을 미치는 수용가는 10전으로 전수대비 0.1%이나 사용량대비 31.2%를 차지하고 있었다. 나주시 전체 월평균 사용량은 385,775m³으로서 이중 대수용가 10개소가 차지하는 양은 120,087m³이고, 이중 아파트가 8개소로서 사용량은 전체대비 23.4%인 90,395m³이고, 공장이 2개소로서 전체대비 7.8%인 29,692m³을 차지하고 있다. 이러한 대수용가는 ①수용가를 소블록에서 분리 ②야간 물소비량이 적은 시기에 용수수수를 유도 ③관경 축소 후 밸브 개도에 의한 유량조절에 의한 방법으로 관리할 필요성이 있는데, 나주시 대수용가의 관리 방안은 소블록에서 배제할 수 있는 대수용가에 대해서는 블록에서 배제한 후 관망정비사업 등에서 수압 및 유량을 재측정하여 관리대책을 수립하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

4.2 블록구분 및 고립확인시험

블록고립 현장 확인에는 블록내의 수돗물을 완전히 배수하여 이토밸브에서 수돗물이 완전히 배수되는 것을 확인하는 방법과 블록내의 수돗물을 배수하지 않고 유입밸브를 차단하였을 경우 예상되는 정수압으로 확인하는 방법이 있는데, 현재 용수공급중인 시설임을 감안하여 주로 무배수방법으로 확인하였다. 무배수확인 작업의 순서는 다음과 같다.

<무배수확인 작업순서>

①블록별 경계밸브 Close → ②단수블록 유입밸브 Close → ③단수블록 및 인근 블록 내 수압 측정 → ④블록고립여부 확인(예상정수압 및 수압패턴에 따라 확인) → ⑤고립 확인 후 유입 및 경계밸브 Open → ⑥민원발생 대비

나주시 洞지역 소블록 고립확인은 아래와 같이 소블록당 16~18명을 투입하여 밸브조작을 통하여 시행하였다.

표 4.5 나주시 洞지역 소블록 고립확인 개요

고립확인 블록	단수 블록	시행일시	배수 여부	밸브조작	수압측정 개소수	투입 인원
부덕 (NJ-10)	NJ-10	2010.3.18 22~01시	무배수	경계밸브: 3개소	8개소	16명
공단 (NJ-11)	NJ-11	2010.4.01 22~01시	무배수	유입밸브: 2개소 경계밸브: 1개소	7개소	17명
이창 (NJ-9)	NJ-9	2010.4.15 21~24시	무배수	유입밸브: 3개소 경계밸브: 3개소	6개소	17명
영산 (NJ-8)	· NJ-9, 10, 11블록의 고립확인으로 NJ-8블록은 자동고립					
영강 (NJ-7)	NJ-7	2010.4.15 24~02시	무배수	유입밸브: 1개소 경계밸브: 4개소	6개소	17명
금남 (NJ-4)	NJ-4	2010.4.29 22~24시	무배수	유입밸브: 1개소 경계밸브: 1개소	6개소	18명
성북 (NJ-5)	NJ-5	2010.4.29 01~02시	무배수	유입밸브: 1개소 경계밸브: 3개소	6개소	18명
시청 (NJ-6)	NJ-6	2010.5.13 22~24시	무배수	유입밸브: 1개소 경계밸브: 4개소	6개소	17명
중앙,금남 (NJ-2)	NJ-2	2010.5.13 24~02시	무배수	유입밸브: 3개소	6개소	17명
송월(NJ-1) 중앙(NJ-3)	· NJ-4, NJ-5, NJ-2블록의 고립확인으로 NJ-3블록의 자동고립확인 · NJ-2, NJ-6블록의 고립확인으로 NJ-1블록의 자동고립 확인					



그림 4.2 소화전 수압계 설치전경

블록시스템 구축 계획에 따른 나주시 洞지역의 블록고립 확인 시행결과 11개의 소블록 및 소블록내의 도상에서 검토된 소소블록들은 고립된 것으로 확인되었으며, 현 관망 형성을 기초로 한 블록시스템을 구축할 때도 일부 관로를 신설하고 블록별 유량계, 수압계, 감압밸브를 설치하면 유량관리, 적정 수압관리가 이루어질 수 있다고 판단되었다.

나주시 洞지역의 전체 11개 블록 중 영산(NJ-8), 송월(NJ-1), 중앙(NJ-3)블록은 인근 블록의 폐쇄에 따라 자동으로 고립되는 지역이다. 나머지 8개 블록 중 특징적인 공단(NJ-11), 이창(NJ-9), 성북(NJ-5), 시청(NJ-6) 블록 대하여 고립 확인 결과를 사례로 제시하면 다음과 같다.

(1) 공단(NJ-11)블록

공단블록은 블록 전체가 고립된 것으로 판단되며, 또한 소소블록도 서로 고립이 확인되었다. 인근 이창블록의 수압이 0시 15분경에 갑자기 약 $1.0\text{kgf}/\text{cm}^2$ 로 감소하였다가 점점 증가하는 추세를 보이고 있는 것은 이 시간대에 다른 지역에서 대규모의 용수수요가 있었을 것으로 판단된다. 전체 수압측정지점에서 통수 전의 정상수압과 비교하면 약 $0.2\sim 0.4\text{kgf}/\text{cm}^2$ 의 수압이 적게 나타난 것은 인근 이창블록의 0시 15분 측정결과에서처럼 약 $1.0\text{kgf}/\text{cm}^2$ 의 수압감소 때문으로 판단되며 이는 공단블록의 고립과는 연관성이 없는 것으로 판단된다. 수압측정 결과는 그림 4.1과 같이 나타났다.

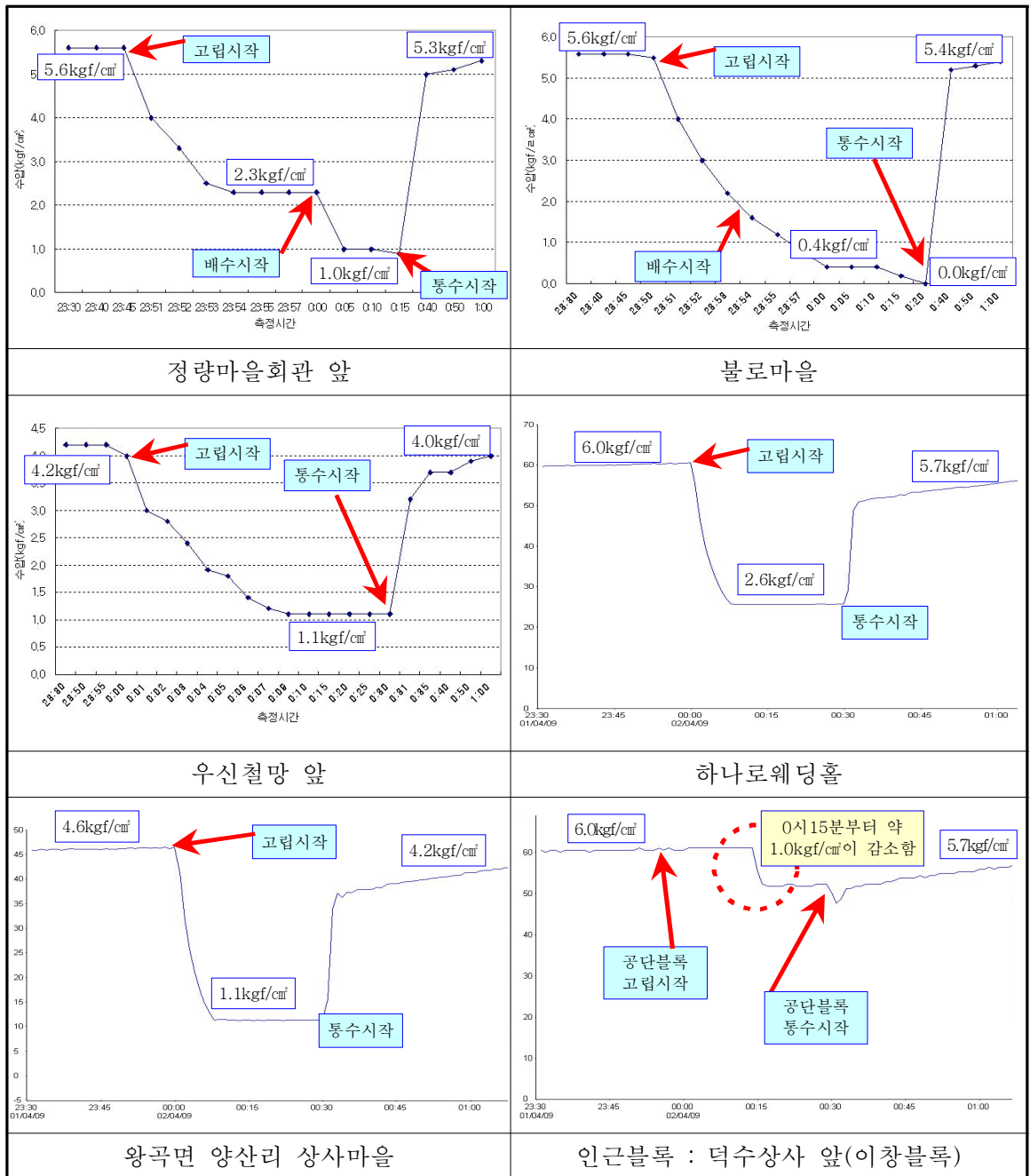


그림 4.3 공단블록 고립확인을 위한 수압측정결과

(2) 이창(NJ-9)블록

전체 수압측정지점에서 고립시작 후 급강하하여 일정한 패턴을 유지하고 있으며, 블록 고립 후 각각 0.0kgf/cm^2 , 0.7kgf/cm^2 로 강하하였으나 통수 직후 정상수압으로 바로 회복되었고, 다른 지역의 수압측정 결과 역시 고립시작 후 바로 수압이 강하한 후 통수시작과 더불어 정상수압으로 회복되었다. 인근 지역인 영산블록의 수압을 분석한 결과 이창블록의 고립과는 연관성이 없이 일정한 수압(5.5kgf/cm^2)을 유지하고 있는 것으로 조사되었다.

(3) 성북(NJ-5)블록

전체 수압측정지점에서 고립시작 후 급강하하여 일정한 패턴을 유지하고 있는 것으로 조사되었다. 지점별로 고립시작 후 $0.2\sim 0.9\text{kgf/cm}^2$ 로 급강하하여 수압을 유지한 후 통수시작과 동시에 정상수압을 회복되었고, 인근 중앙블록에서는 성북블록의 고립과는 연관성 없이 4.7kgf/cm^2 로 일정한 수압을 유지하였다.

(4) 시청(NJ-6)블록

지점별로 고립시작 후 $0.0\sim 0.8\text{kgf/cm}^2$ 로 급강하하여 그 수압을 유지한 후 통수시작과 동시에 정상수압을 회복되었고, 인근 중앙블록에서는 시청블록의 고립과는 연관성 없이 3.3kgf/cm^2 로 일정한 수압을 유지하였다.

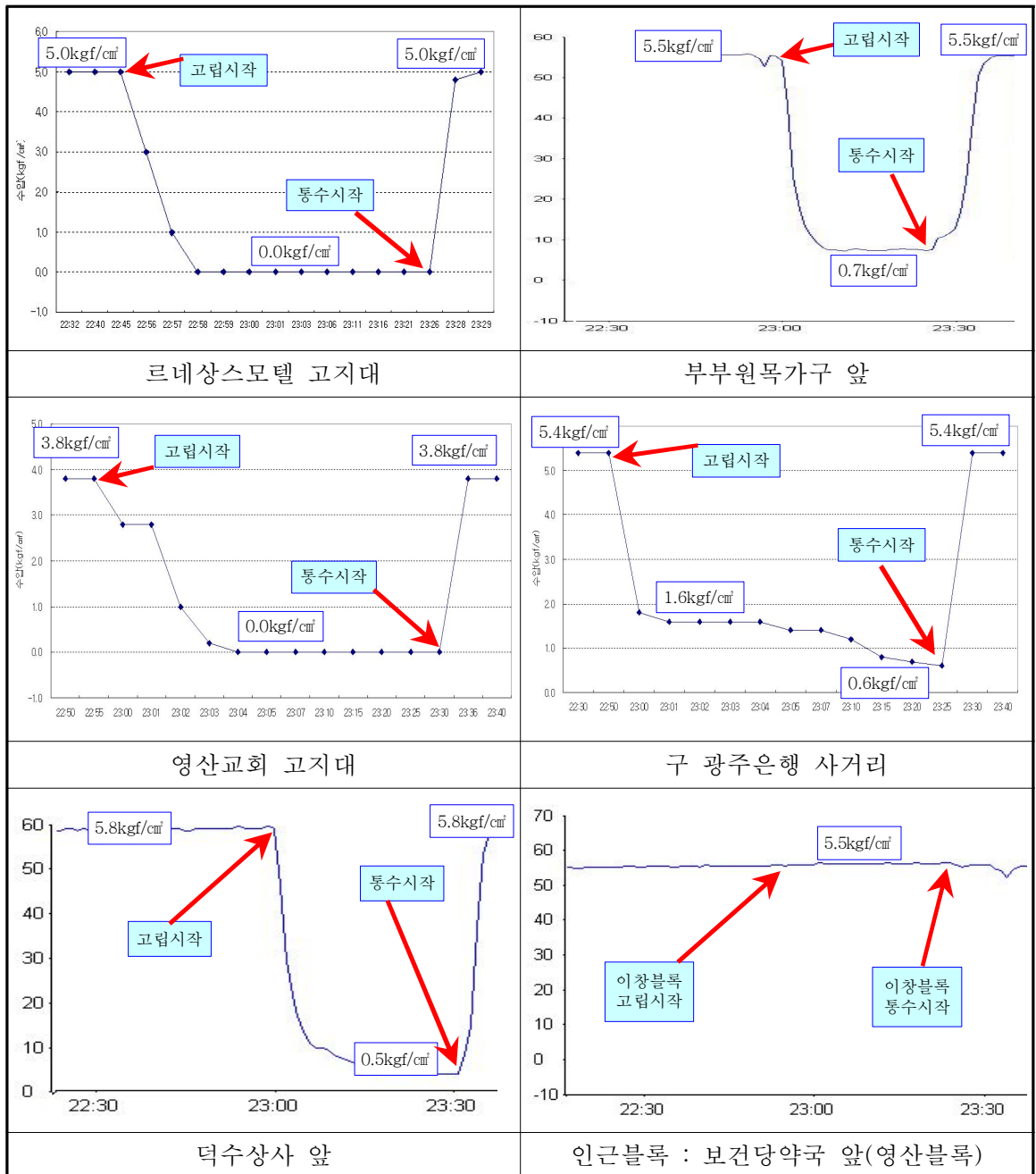


그림 4.4 이창블록 고립확인을 위한 수압측정결과

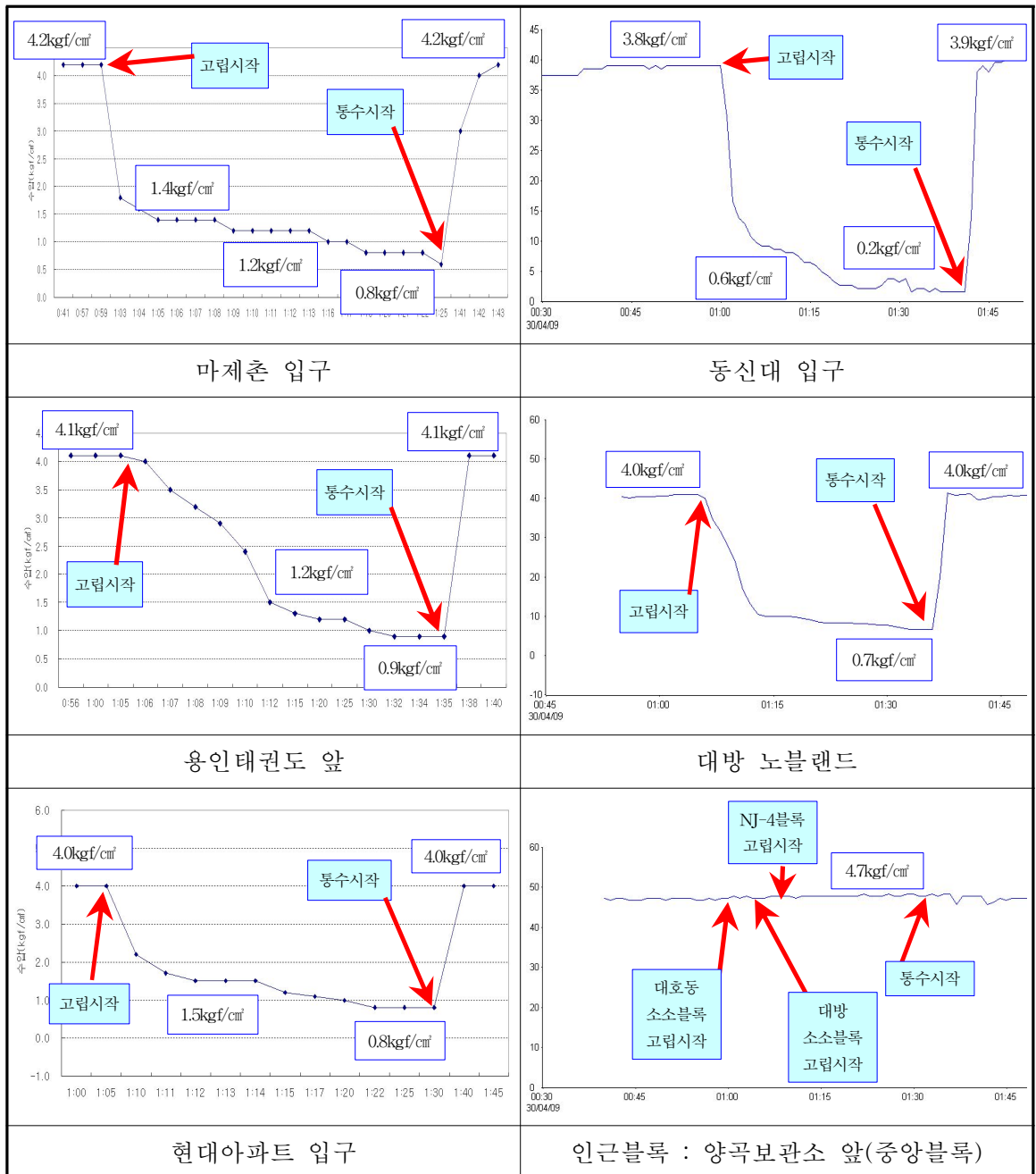


그림 4.5 성북블록 고립확인을 위한 수압측정결과

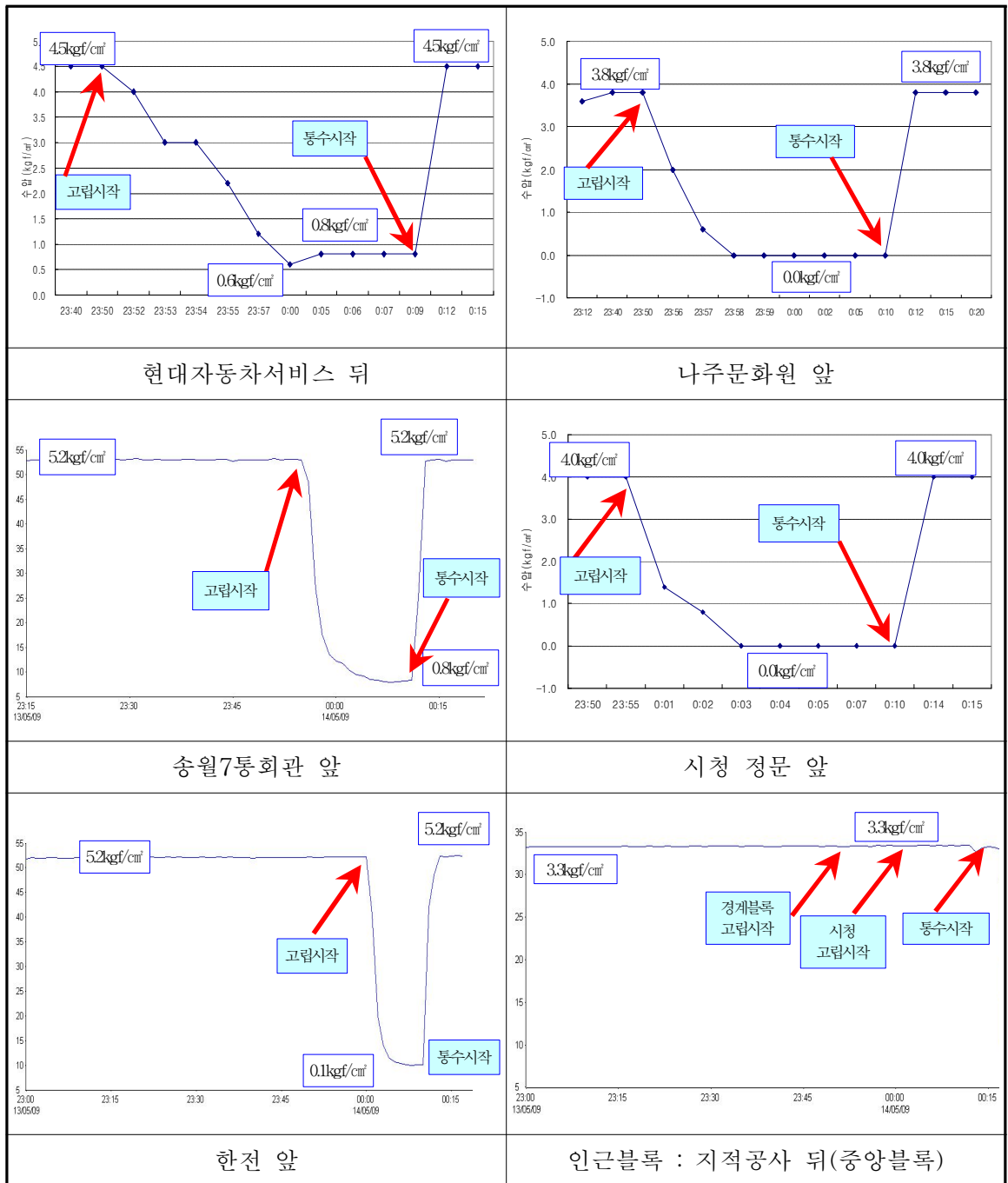


그림 4.6 시청블록 고립확인을 위한 수압측정결과

4.3 관망운영방안

4.3.1 블록분할 최적안 선정

나주시 洞지역의 기존 11개 소블록 분할안에 대하여 수압시험 결과 고립은 확인되었으나, 지형여건에 따른 수압편차와 소블록에서의 대수용가 분기 등으로 아래 표와 같이 당초 11개 소블록을 13개 소블록으로 1차 변경한 후 최종적으로는 블록 규모 및 용수사용량, 지형여건 등을 고려하여 10개 소블록으로 수정하였다. 나주시 洞지역의 최종 블록분할에 따라 성북, 금남블록에 블록구축 및 고립을 위한 별도 급수계획이 필요하여 구 소방서 배수분관 D450mm에서 D300mm를 분기하여 중앙로에 신설관을 부설(L=1.36km)하였다.

표 4.6 나주시 洞지역 소블록 분할 최적안

기존 소블록	1차 변경 소블록	변경 사유	1차 변경 소블록	최종 소블록	변경 사유
NJ-1	NJ-1	· 블록간 지형차로 인한 수압편차가 심함	NJ-1	송월블록	
	NJ-12		NJ-2	중양블록	· 블록 규모가 너무 작아 사용량이 적음 · 지형차로 인한 수압편차 최소화
NJ-2	NJ-2	· 수압편차가 심함 · 기존 관망형태상 분할하는 것이 적합함	NJ-3		
	NJ-13 일부		NJ-12		
NJ-3	NJ-3	"	NJ-4	금남블록	"
	NJ-13 일부		NJ-13		
NJ-4	NJ-4		NJ-5	성북블록	· 1차 변경과 동일
NJ-5	NJ-5	· 대수용가 3개소를 분리	NJ-6	시청블록	"
NJ-6	NJ-6	· 기존과 동일	NJ-7	영강블록	"
NJ-7	NJ-7	"	NJ-8	영산블록	"
NJ-8	NJ-8	"	NJ-9	이창블록	"
NJ-9	NJ-9	"	NJ-10	부덕블록	"
NJ-10	NJ-10	"	NJ-11	공단블록	"
NJ-11	NJ-11	"			
총 11개	총 13개		총 13개	총 10개	

표 4.7 나주시 洞지역 소블록 최종분할 결과

블록명	급수전수 (전)	공급량 (m ³ /월)	사용량 (m ³ /월)	표고현황(m)			비 고
				최저	최고	편차	
송월블록	688	634.3	321.1	6.3	24.7	18.4	
중앙블록	1,317	1,317.6	1,019.0	14.8	37.8	23.0	
금남블록	728	1,314.7	918.2	7.2	36.7	29.5	
성북블록	382	1,384.0	917.2	7.8	47.5	39.7	
시청블록	311	430.5	295.2	10.4	38.7	28.3	
영강블록	582	1,191.3	1,021.2	5.1	37.3	32.2	
영산블록	553	466.2	215.4	7.5	41.8	34.3	
이창블록	1,094	1,112.2	719.3	5.2	33.2	28.0	
부덕블록	466	625.7	576.5	6.1	41.7	35.6	
공단블록	458	1,510.5	1,262.5	5.5	38.9	33.4	
송월택지	37	-	409.0	6.5	58.4	51.9	택지개발중
대수용가	7	-	22,927.0				대수용가분리
기 타	42		40,087.0				별도관리
계	6,665	9,987	70,689	5.2	47.5	42.3	

* 사용량은 2009년 1월~2010년 3월까지의 평균 월사용량임.

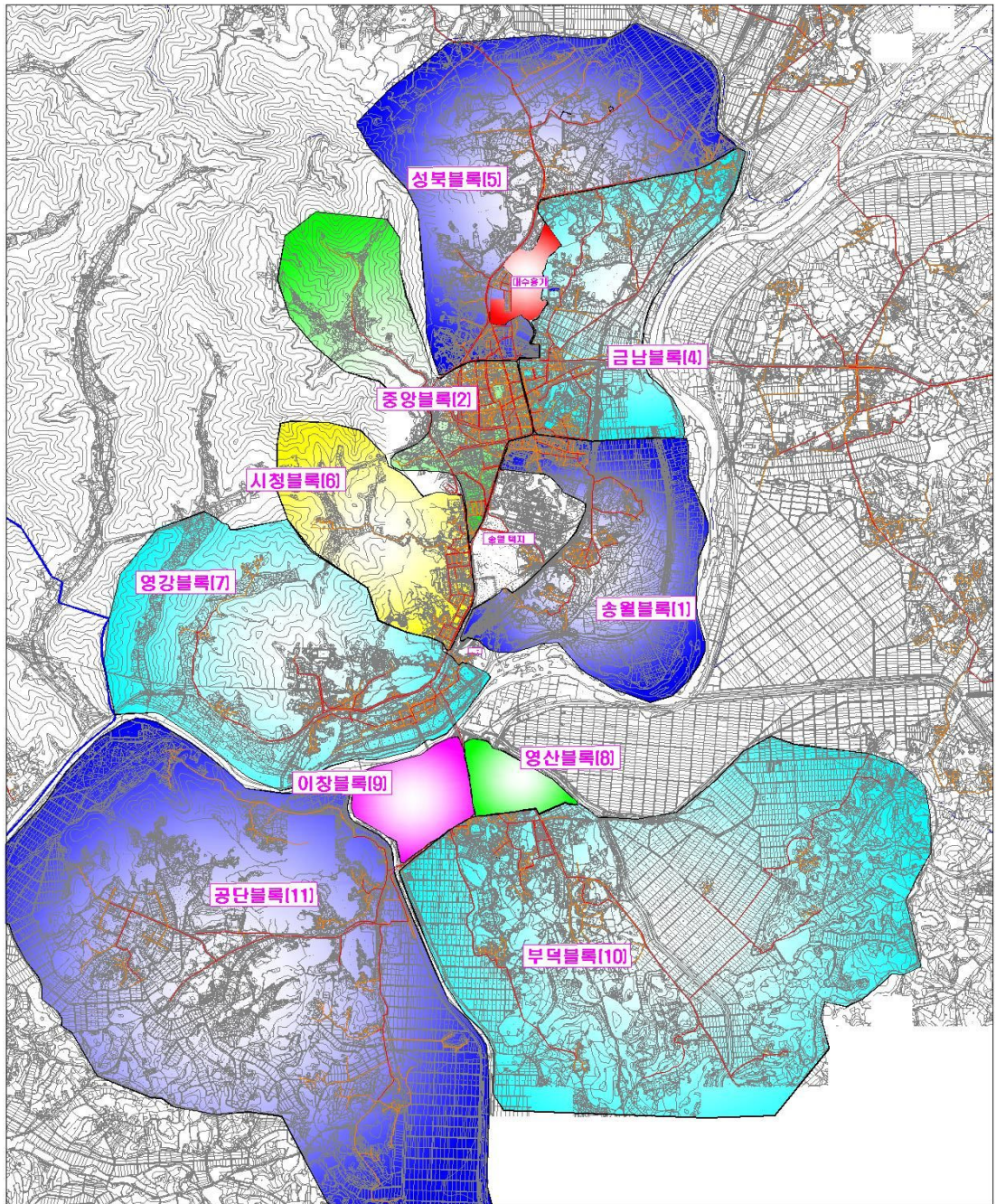


그림 4.7 나주시 洞지역 변경 블록분할 모식도

4.3.2 수압관리 방안

2010년 10월부터 11월까지 블록별 유입유량 및 수압을 휴대용 초음파 유량계와 로거식 수압계를 활용하여 측정하였다. 수압측정위치는 블록 유입지점, 평균수압지점, 임계지점을 도면상에서 우선 선정하고, 현장조사를 통하여 적정 위치를 선정하였다. 블록 유입지점은 유량계실에 새들을 설치하여 측정하거나 인근 배수관로 소화전에서 측정하였으며, 평균수압지점은 인근 배수관로 소화전을 이용하여 측정하였다. 또한, 임계지점에서 측정이 어려운 경우에는 인근 소화전에서 측정한 후 지반고를 고려하여 임계지점 수압을 추정하였다. 한편, 유량은 배수지 유출부, 소블록 유입지점에서 측정하였다. 동일 급수구역 내에 위치한 블록들은 유량 및 수압을 동시에 측정하는 것을 원칙으로 하였으며, 측정결과를 토대로 각 블록별 수압관리 개선방안을 수립하였다.

송월배수지 급수구역의 경우 각 블록별 유입유량 및 수압을 측정하여 수압현황을 분석한 결과, 성북, 금남, 부덕, 공단, 영산블록의 경우 각 블록내 고지대가 산재하고 임계지점의 수압이 환경부에서 제시하고 있는 최소동수압 수준인 1.53kgf/cm²이상으로 분석되어 수압관리 계획에서는 제외하였다. 따라서 송월배수지 급수구역의 수압분석 결과 수압관리가 요구되는 중앙, 송월, 시청, 영강, 이창블록에 대하여 수압관리방안을 수립하였다.

표 4.8 송월배수지 압력관리구역 수압분석 현황

소블록	공급량(m ³ /hr)			임계지점수압(kgf/cm ²)				비고 (수압관리구역)	
	최소	최대	평균	최소	최대	편차	평균		특징
송월블록	9.2	25.0	17.7	3.62	4.25	0.63	3.89	- 균압유지, 유입점수압과 유사	블록 전체
중앙블록	39.2	87.0	65.0	2.59	3.50	0.91	3.05	"	블록내 저지대
시청블록	5.7	22.0	14.8	3.77	3.89	0.56	3.83	"	블록 전체
영강블록	42.8	89.5	52.2	3.05	4.32	1.27	3.53	- 유량에 따라 수압편차 큼	블록내 저지대
이창블록	26.3	71.3	51.8	3.24	4.12	0.88	3.72	- 균압유지, 유입점수압과 유사	블록 전체

또한, 6개 읍·면지역 급수구역에 대한 유입유량 및 수압을 측정하여 급수구역별 수압 현황을 분석한 결과, 주암댐 광역상수도에서 직수로 공급되는 산포, 내기, 금천블록은 배수분기점에서 감압밸브를 이용하여 압력을 제어하고 있고, 남평블록의 경우 블록내 고지대가 산재하고 임계지점의 수압이 환경부에서 제시하는 최소동수압 수준으로 분석되어 수압관리 계획에서 제외하였다. 따라서 수압관리가 요구되는 노안, 다시·문평 블록에 대하여 블록별 수압관리 방안을 검토하였다.

표 4.9 읍·면지역 압력관리구역 수압분석 현황

소블록	공급량(m ³ /hr)			임계지점수압(kgf/cm ²)				비 고 (수압관리구역)	
	최소	최대	평균	최소	최대	편차	평균		특 징
노안 블록	12.0	28.1	20.6	2.17 (수용가)	2.45 (수용가)	0.28 (수용가)	2.33 (수용가)	- 규칙적이며 균일함 - 배수지 유출유량 변화에 따른 수압 편차 적음	블록전체
다시 문평	9.1	24.5	16.9	3.02	3.09	0.07	3.06	”	블록전체

이중, 압력관리 시설계획의 4가지 형태별로 대표성을 띠고 있는 洞지역의 송월, 중앙, 시청블록과 읍·면지역의 노안블록에 대한 개선방안을 정리하였다.

(1) 송월블록

송월블록의 표고 분포는 약 EL.10~20m로 비교적 균등하여 블록내 압력차가 적은 것으로 조사되었다. 따라서, 송월블록의 압력관리는 블록전체를 감압지역으로 설정하여 적정 수압을 유지토록 계획하였다. 유량 및 수압은 2010.10.9~11일까지 3일간 측정하였다.

① 현재 상태분석

각 지점별 수압분포를 검토한 결과, 수압변동이 유입유량의 변화에 따라 편차가 적고 규칙적이며 균일한 패턴을 이루고 있다. 배수관로상 평균지점 수압은 약 5.0kgf/cm²으로 다

소 높게 나타났으며, 배수관로상 임계지점의 수압은 약 3.9kgf/cm^2 으로 상수도시설기준에서 정하는 배수관말 1.53kgf/cm^2 보다 높게 조사되었다.

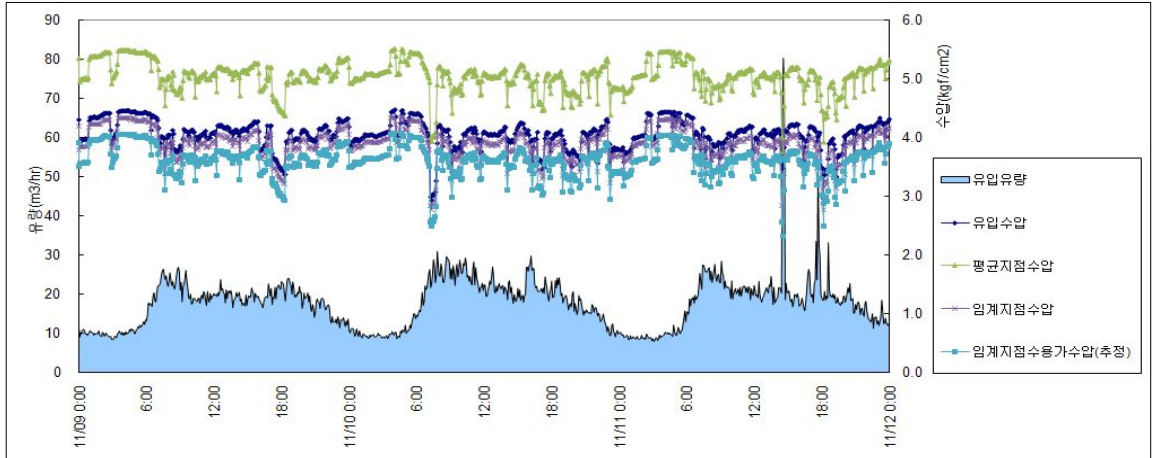


그림 4.8 송월블록 유량 및 수압 상태

② 감압밸브 계획

송월블록 내 용수공급은 주입점에서 공급된 용수가 고지대를 경유하여 저고지대로 공급되고 있으며, 대부분의 수용가는 고지대에 위치하고 있다. 감압밸브는 블록 전체를 1개 감압밸브로 관리하기 위하여 블록 유입점에 설치하는 것으로 계획하였다.

송월블록의 최대 감압량은 급수관 분기점에서의 배수관내 최소동수압 기준인 1.53kgf/cm^2 이상을 확보할 때 수용가 기준으로 임계지점(EL.24.6m)까지 용수공급이 가능할 것으로 검토되어 배수관망상 임계지점에서 최소동수압이상 확보하는 것으로 계획하였다.

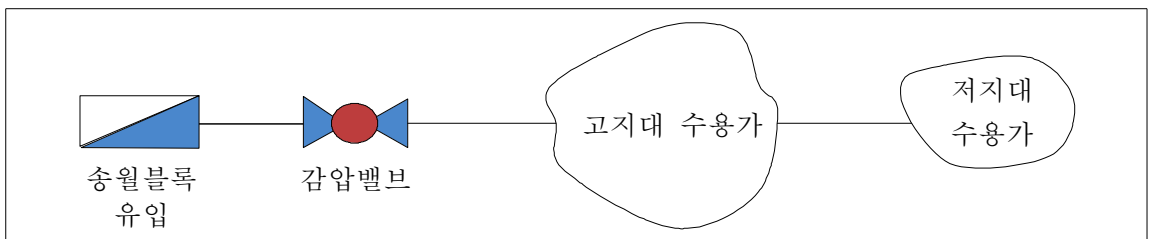


그림 4.9 송월블록 용수공급 계통 및 압력 관리시설 계획 현황

(2) 중앙블록

중앙블록의 표고 분포는 EL.30~40m의 고지대와 대부분의 수용가가 위치한 EL.15~25m의 저지대로 구성되어 있다. 따라서 중앙블록의 지형 표고차에 의한 압력 불균형으로 저지대를 압력관리구역으로 설정하였다. 유량 및 수압은 2010.11.20~22일까지 3일간 측정하였다.

① 현재 상태분석

중앙블록의 배수관망상 평균지점은 EL.24.5m이고, 임계지점은 EL.29.8m로서 수압관리 구역의 평균 및 임계지점의 수압분포는 유입유량의 변화에 따라 편차가 적고 규칙적인 패턴을 이루고 있다. 배수관로상 평균지점 수압은 약 3.6kgf/cm²으로 다소 높게 나타났으며, 배수관로상 임계지점의 수압은 약 3.1kgf/cm²으로 배수관말 1.53kgf/cm²보다 높게 형성하는 것으로 분석되었다.

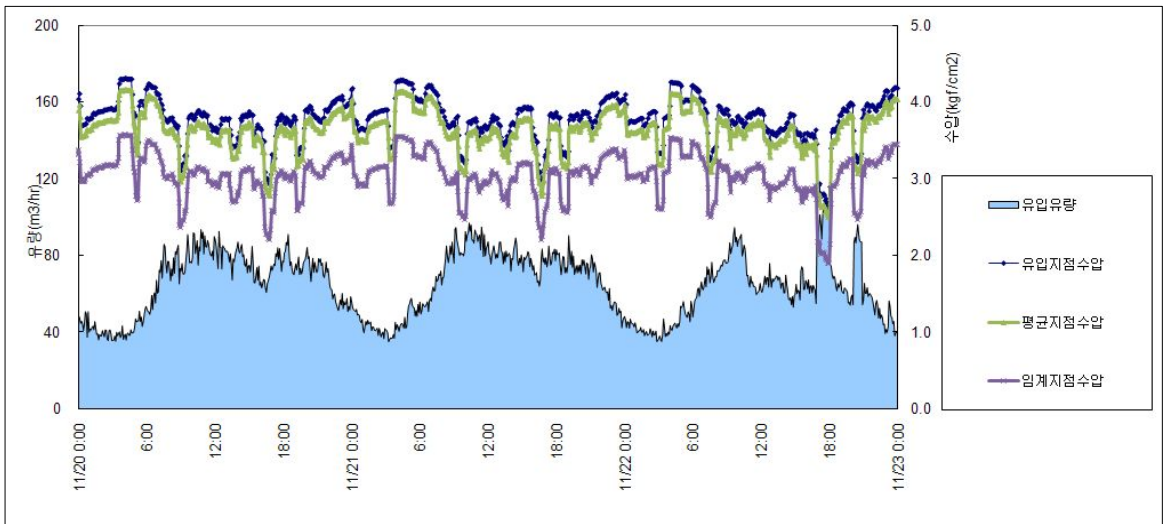


그림 4.10 중앙블록 유량 및 수압 상태

② 감압밸브 계획

중앙블록 내 용수공급은 블록 주입점 후 고지대 계통과 저지대 계통으로 분리되어 공급되고 있으며, 대부분의 수용가는 저지대 인근에 위치하고 있다. 따라서 블록 내 상가밀집지역인 저지대의 압력관리를 위한 감압밸브는 블록 주입점 후 저지대 계통의 배수분관에 설치하는 것으로 계획하였다. 중앙블록 감압지역의 최대 감압량은 배수관망상 임계지점(EL.29.8m)에서 최소동수압 약 1.53kgf/cm²이상 확보하는 것을 목표로 산정하였다.

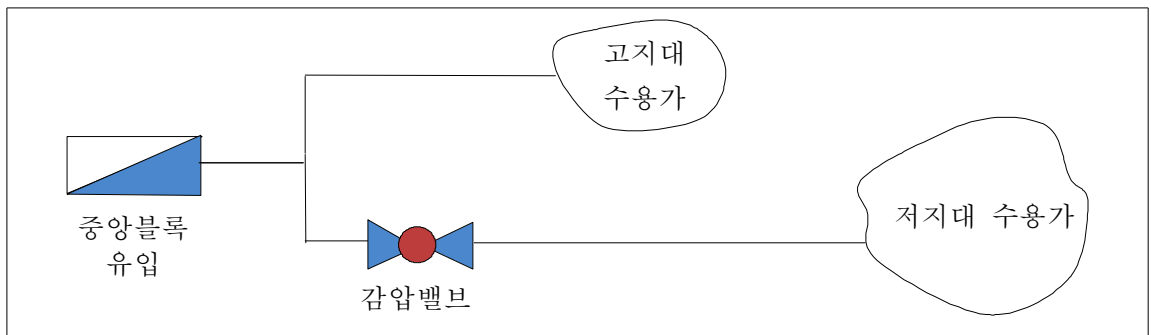


그림 4.11 중앙블록 용수공급 계통 및 압력 관리시설 계획 현황

(3) 시청블록

시청블록은 대부분의 수용가가 위치하고 있는 지역의 표고가 개략 EL.20m정도이나, 약 EL.70m로 매우 높은 표고를 형성하고 있는 일부 고지대가 있다. 이러한 지형적 영향으로 블록내 압력편차가 극심하여 고지대에 용수공급을 위하여 가압장 1개소를 운영 중이다. 따라서 적정 압력관리를 위하여 저지대 감압지역과 고지대 가압지역으로 나누어 분석하였고, 유량 및 수압은 2010. 10. 13~17일까지 5일간 측정하였다.

① 현재 상태분석

시청블록의 현재 상태분석은 감압지역을 중심으로 임계지점 및 수압평균지점을 분석하였으며, 가압지역은 현재 운영 중인 가압장을 향후에도 계속하여 운영하는 것으로 하였다. 따라서 감압지역내 배수관망 기준으로 임계지점은 EL.30.3m이고, 수용가 기준으로 임

계지점은 EL.40.5m 수용가로 유입유량의 변화에 따라 수압 편차가 거의 없고 규칙적이며 균일한 패턴을 이루고 있다. 시청블록의 배수관로상 평균지점 수압은 약 4.3kgf/cm²으로 다소 높게 나타났으며, 수용가 기준의 임계지점은 현장 여건상 배수관로 임계지점에서 측정 한 값을 기준으로 표고차를 고려하여 추정한 결과 약 2.8kgf/cm²으로 분석되었다.

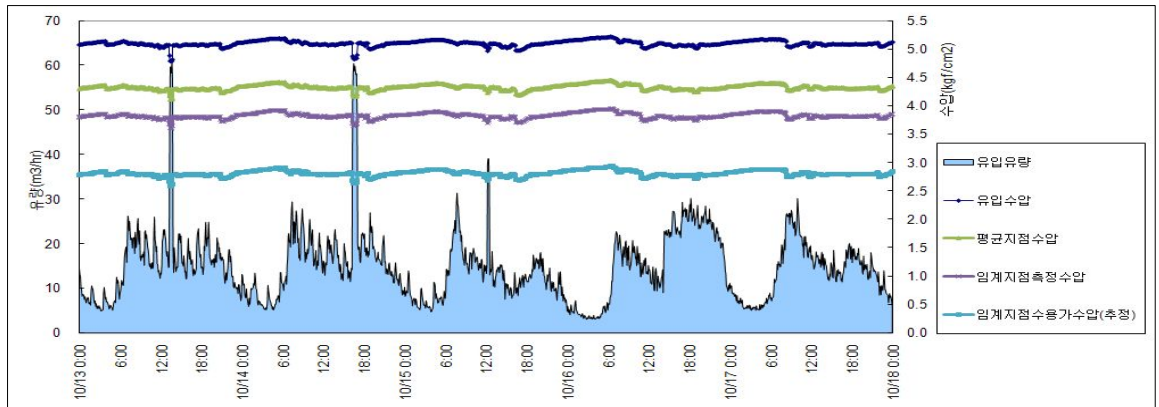


그림 4.12 시청블록 유량 및 수압 상태

② 감압밸브 및 가압펌프 계획

시청블록 내 용수공급은 주입점에서 저지대를 거쳐 고지대로 공급되고 있으며, 대부분의 수용가가 저지대에 위치하고 있다. 따라서 감압밸브를 블록 유입점에 설치하고, 가압 펌프는 현재 운영 중인 가압펌프를 활용하는 것으로 계획하였다. 시청블록 감압지역의 최대 감압량은 배수관망상의 임계지점 EL.30.3m에서 최소동수압 약 1.53kgf/cm²이상 확보할 때 수용가 기준 임계지점인 EL.40.5m까지 용수공급이 가능할 것으로 판단되었다.

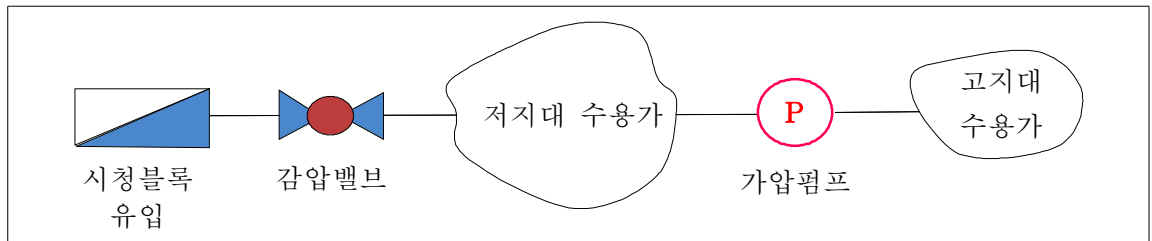


그림 4.13 시청블록 용수공급 계통 및 압력 관리시설 계획 현황

(4) 노안블록

노안블록은 노안배수지 인근의 고지대는 EL.40~45m로 표고가 높으나, 배수관말인 일부 지역은 EL.10~30m로 비교적 낮은 분포를 나타내고 있다. 이러한 지형적 영향으로 노안블록은 극심한 압력 불균형을 이루고 있다. 따라서 일부 고지대를 제외한 나머지를 감압지역으로 설정하여 적정 수압을 유지토록 계획하였고, 유량 및 수압상태는 2010. 11. 15~18일까지 4일간 측정하였다.

① 현재 상태분석

노안블록의 배수관망상 평균수압지점은 EL.17.0m이고, 수용가 기준으로 임계지점은 EL.33.0m의 수용가로 설정하였다. 평균 및 임계지점의 수압분포는 유입유량의 변화에 따라 편차가 적고 규칙적이며 균일한 패턴을 이루고 있다. 배수관로상 평균지점 수압은 약 4.1kgf/cm²으로 다소 높게 나타났으며, 수용가 수도꼭지 기준으로 임계지점의 수압은 약 2.3kgf/cm²으로 2층 이상의 수용가가 없는 동 급수구역의 현황을 고려할 때 다소 높은 것으로 판단된다.

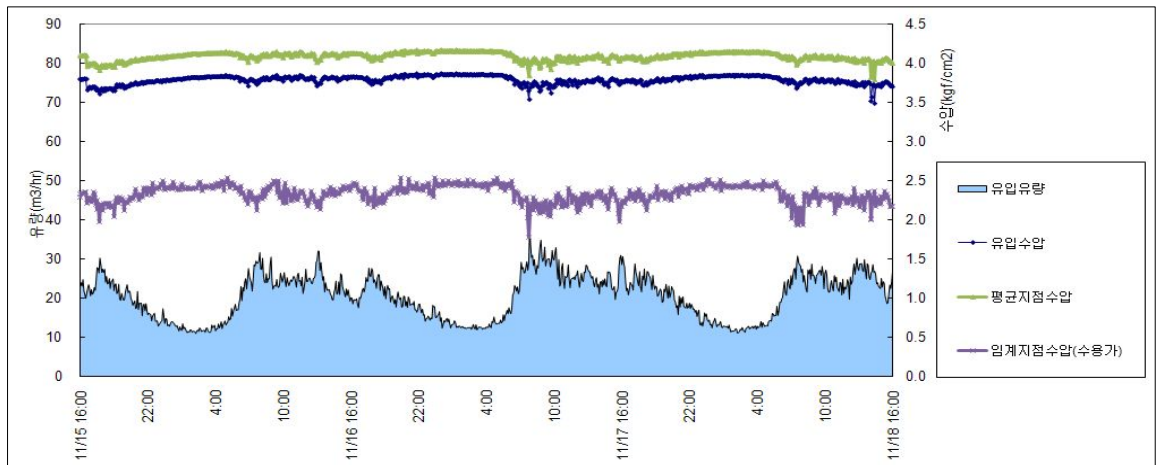


그림 4.14 노안블록 유량 및 수압 상태

② 감압밸브 계획

노안블록 내 용수공급은 배수지에서 공급된 정수가 차례대로 배수구역을 순회하며 공급하는 전형적인 수지상식 형상을 나타내고 있다. 따라서 블록내 압력관리 구역은 노안배수지 인근의 고지대를 제외한 블록 전체로 설정하고, 배수지 이후 약 2.0km지점에 감압밸브 1개를 설치하는 것으로 계획하였다. 노안블록 감압지역의 최대 감압량은 수용가 기준의 임계지점인 EL.33.0m를 기준으로 동 급수지역에 2층 이상의 수용가 없는 현황 등을 고려하여 약 1.0kgf/cm²이상 확보하는 것을 목표로 산정하였다.

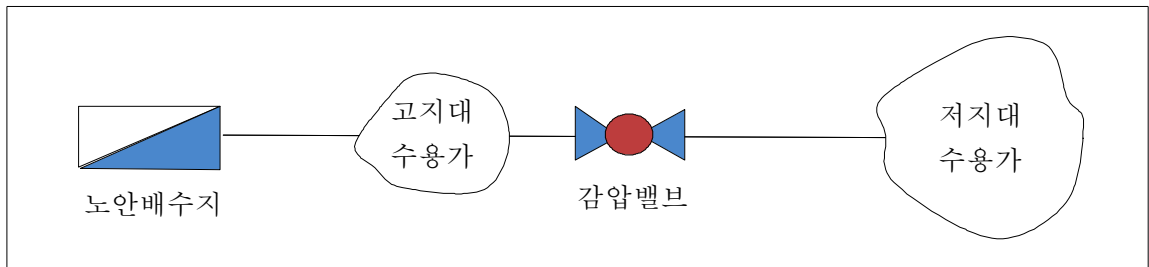


그림 4.15 노안블록 용수공급 계통 및 압력 관리시설 계획 현황

4.3.3 계측설비 현대화

계량기별 사용량 현황을 분석한 결과, 수도계량기 구경 대비 적정사용량 미만으로 운영되는 수도계량기는 7,752전이며, 이중 현실적으로 구경축소 등의 조치가 가능한 20mm이상 수도계량기는 564전이다. 조치가 필요한 수도계량기 중 특히 대수용가의 수도계량기는 구경 축소시 큰 폭의 유수율 제고효과를 기대할 수 있으므로 즉시 교체가 필요하며, 그 외 수도계량기들은 검정유효기간 만료에 따른 교체시 구경을 축소하는 것으로 하였다.

표 4.10 대수용가 중 구경축소 검토대상

구 분	계량기 구경 (mm)									합계
	20	25	32	40	50	75	100	150	200	
대수용가(전)	269	160	16	43	49	16	2	8	1	564

수도계량기의 교체는 검정유효기간 만료(50mm 이하는 8년, 50mm 초과는 6년) 시점 기준으로, 2011년 이후의 연차별 수도계량기 교체 계획을 표 4.11과 같이 수립하였다.

표 4.11 연차별 교체대상 수도계량기 현황

구 경(mm)	연차별 교체대상 수도계량기 현황(전)					계
	'11년	'12년	'13년	'14년	'15년	
13	898	507	500	2,343	1,167	5,415
20	23	15	7	43	23	111
25	16	8	7	34	16	81
32	1	-	2	-	8	11
40	7	6	2	3	6	24
50	10	1	4	7	5	27
75	6	-	3	1	2	12
100	4	-	1	4	-	9
150	15	-	1	2	2	20
200	-	-	-	1	1	2
계	980	537	527	2,438	1,230	5,712

또한, 블록별 유수율 산정 및 야간최소유량 분석 등 누수감시를 위해서는 체계적인 유량감시 체계가 필요하다. 2010년 6월 나주시에 유량감시를 위하여 운영하고 있는 유량계를 분석한 결과, 읍·면지역은 배수지 및 주암댐 광역상수도 분기점을 기준으로 유량계를 설치하여 감시중이나, 동지역인 송월배수지의 경우 배수지 유출유량계만 설치 운영중으로 동지역의 블록유량계는 미설치된 것으로 조사되었다. 또한, 주암댐 광역상수도에서 직접 급수하는 산포, 내기, 금천 블록은 별도의 유량계를 설치하지 않고 광역상수도의 분기유량계를 활용하고 있는 것으로 조사되었다.

나주시洞지역의 소블록에는 유량계가 설치되어 있지 않아 블록유량계 설치계획에 따라 전자식 유량계 설치가 적정한 것으로 분석되었다.

표 4.12 나주시 유량계 설치현황

계 통		유량계(mm)		공급량(m ³ /hr)	유량감시체계	전송유무	비 고
		구경	형식				
송 월 배수지	중부	350	전자식	159.4	배수지 유출유량	TM	
	남부	300	전자식	194.2	배수지 유출유량	TM	
남평배수지		150	전자식	54.4	배수지 유출유량	TM	
산포블록		-	-	-	광역상수도 계량기	-	
내기블록		-	-	-	광역상수도 계량기	-	
금천블록		-	-	-	광역상수도 계량기	-	
노안배수지		150	전자식	12.2	배수지 유출유량	TM	
다시·문평		50	전자식	6.7	배수지 유출유량	TM	

- 공급량 : 2009. 1~2010. 3월 월평균 사용량 자료의 유수율(70%) 감안하여 산출
- TM : Tele-Metering, 원거리 시설에 대해 제어실에서 감시가 가능하도록 하는 설비

표 4.13 나주시 洞지역 블록유량계 설치계획

계 통		소블록	유량계(mm)		공급량 (m ³ /hr)	유량감시체계	전송유무	비 고
			구경	형식				
송 월 배수지	중부	송월블록	80	전자식	17.3	블록 유입유량	TM	
		중앙블록	100	“	63.4	“	TM	
		금남블록	100	“	55.1	“	TM	
		성북블록	100	“	23.6	“	TM	
	남부	시청블록	80	전자식	17.4	블록 유입유량	TM	
		영강블록	150	“	15.4	“	TM	
		영산블록	80	“	14.3	“	TM	
		이창블록	100	“	39.2	“	TM	
		부덕블록	80	“	35.6	“	TM	
		공단블록	100	“	72.3	“	TM	

- 공급량 : 2009. 1~2010. 3월 월평균 사용량 자료의 유수율(70%) 감안하여 산출

4.4 관망정비 우선순위 선정 및 효과분석

관망정비 우선순위 선정은 장래 목표 유수율을 고려한 체계적인 관망정비 순서를 설정하고 적절한 투자계획을 수립함으로써 효과적이고 경제적인 유수율 제고를 추진하는 데 목적이 있다. 이에 따라 블록별 유수율, 야간최소유량, 누수발생 건수, 불량 관종 현황, 수질문제 발생 현황 등을 종합적으로 고려하여 관망정비 우선순위를 선정하였다.

목표 유수율 달성이 주요목표임에 따라 관망정비 우선순위 선정시에는 단계시험시 변동량과 블록 유수율 등을 고려하여 누수량이 많을 것으로 예측되는 구간에 대하여 우선적인 관망정비를 시행하는 것으로 계획하였으며, 이 후 관 노후도 평가 및 과거 누수사례 등을 고려하여 선정된 문제관로들에 대하여 정비하는 것으로 계획하였다. 그러나 출수불량 사항은 대부분 단순 민원으로 출수불량 해소를 위한 특별한 관망정비가 요구되지 않으며, 구관연결 사항은 고립확인 시험시 검토됨에 따라 우선순위 산정시 고려하지 않는 것으로 계획하였다.

표 4.14 관망정비 우선순위 기준

순위	내 용	검토방법	비 고
1	누수량이 큰 구간	- 단계시험 결과 및 무수량, 과열누수량 분석	적용
2	유수율 저조 구간	- 유수율 분석	적용
3	문제관이 많은 구간	- 관 노후도 평가, 관로현황 등	적용
4	불량관종 발생 구간	- 관 노후도 평가, 누수복구 현황분석	적용
5	누수다발구역	- 누수복구 현황 분석	적용
6	출수불량 및 적수발생	- 민원대장 분석	미적용
7	미확인 연결 구간	- 관로현황 및 단계시험 분석	미적용

우선, 단계시험시의 변동량은 수용가의 야간사용량 발생시 누수량으로 반영되어 다소의 오차를 발생시킬 수 있으나, 단계시험전 대수용가에 대한 사전 단수 작업과 단계시험의 야간 시행으로 수용가의 야간사용량에 따른 오차는 크지 않을 것으로 판단되고, 또한 야

간사용량에 따른 오차를 최소화하고자 야간사용량을 추정하여 이를 고려하였다. 단계시험 시 변동량을 기준으로 검토한 결과 아래 표와 같이 금남, 중앙, 공단, 이창, 남평, 영강블록 순으로 우선적인 유수율 제고가 필요할 것으로 판단된다.

표 4.15 블록별 단계시험 결과

블록명	관로현황(m)			급수 전수	사전유량 (ℓ/min)	야간사용량 (ℓ/min)	추정누수량 (ℓ/min)	우선 순위
	배수관	급수관	계					
송월블록	13,186	4,597	17,783	696	211	26	185	8
중앙블록	29,546	9,116	38,662	1,340	603	93	510	2
금남블록	18,326	6,864	25,190	716	596	46	549	1
성북블록	20,596	4,775	25,371	331	93	19	73	11
시청블록	9,574	2,247	11,821	323	144	21	122	10
영강블록	16,305	5,720	22,025	581	410	28	381	6
영산블록	8,083	2,750	10,833	535	287	23	263	7
이창블록	22,324	5,675	27,999	1,094	474	72	401	4
부덕블록	25,868	6,185	32,053	580	96	25	70	12
공단블록	27,245	8,066	35,311	458	439	27	412	3
금천블록	43,870	6,692	50,562	762	103	33	70	13
산포블록	31,577	7,078	38,655	784	194	32	162	9
남평블록	57,616	16,396	74,012	1,530	463	75	388	5

문제관에 대한 평가는 관 노후도 평가결과에 따라 전체 평균 노후도 점수 이하인 중앙블록, 남평블록, 영산블록, 금천블록, 송월블록, 시청블록, 영강블록 산포블록, 이창블록 순으로 평가되었으며, 이중 중앙블록은 상대적으로 교체 및 갱생관로가 많아 블록전체 노후도가 가장 낮은 상태로 평가되어 우선적인 관망정비가 요구되는 것으로 분석되었다.

표 4.16 블록별 관노후도 평가 결과

블록명	관 노후도 평가 결과				평균 노후도 점수	우선 순위
	교체/갱생	노후진행	상태양호	계		
송월블록	1,430	4,919	6,340	13,289	0.620	5
중앙블록	4,374	8,942	19,727	33,043	0.609	1
금남블록	445	5,105	13,150	18,700	0.660	10
성북블록	1,985	5,904	16,061	23,951	0.688	11
시청블록	749	3,114	5,889	9,751	0.621	6
영강블록	2,067	5,834	8,694	16,959	0.622	7
영산블록	1,352	1,149	5,587	8,809	0.615	3
이창블록	362	3,662	18,357	22381	0.651	9
부덕블록	27	2,660	23,582	26,269	0.760	13
공단블록	-	4,430	23,606	28,035	0.727	12
금천블록	-	28,791	19,894	48,685	0.616	4
산포블록	-	23,920	13,375	37,296	0.623	8
남평블록	-	42,699	23,125	65,823	0.610	2
노안블록	-	14,199	20,699	34,897	0.689	-
내기블록	-	4,754	7,137	11,981	0.640	-
다사-문평블록	-	3,122	49,668	52,791	0.746	-
합 계	12,791	163,204	274,891	452,660	0.656	

2008년 7월부터 2010년 8월까지의 누수현황을 분석한 결과, 총 340건의 누수가 발생하였으며 전체 관로 연장을 고려한 km당 누수건수는 약 0.6건이 발생한 것으로 분석되었다. 중앙블록과 남평블록은 각각 57건의 누수가 발생하여 가장 많았으며, 부덕블록과 내기블록은 각각 5건으로 가장 적게 발생하였다. 관로연장을 고려할 경우, km당 1건 이상 누수가 발생한 블록은 중앙, 이창, 금남, 영산블록으로 누수현황을 고려할 때 가장 우선적인 유수율 제고가 필요한 블록으로 평가되었다.

표 4.17 블록별 누수 현황

블록명	관로연장(m)	누수건수	km당 누수건수	우선순위	비고
송월블록	17,782	17	0.96	5	
중앙블록	42,023	57	1.36	2	
금남블록	25,190	29	1.15	3	
성북블록	27,771	8	0.29	11	
시청블록	11,821	9	0.76	7	
영강블록	22,025	18	0.82	6	
영산블록	10,833	12	1.11	4	
이창블록	27,999	39	1.39	1	
부덕블록	32,053	5	0.16	13	
공단블록	35,311	6	0.17	12	
금천블록	53,771	27	0.50	9	
산포블록	38,655	18	0.47	10	
남평블록	77,008	57	0.74	8	
노안블록	41,604	14	0.34	제외	
내기블록	16,778	5	0.30	제외	
다사-문평블록	62,919	16	0.25	제외	
기 타	10,262	3	0.29		
합 계	553,805	340	0.61		

단계시험 결과, 관노후도 평가, 누수 현황 등을 고려하여 누수구간, 문제관로, 누수다발 현황 등에 따른 순서를 점수화하여 각 점수를 합산한 결과, 가장 관망정비가 시급한 구간은 중앙블록으로 나타났으며 나머지 블록에 대한 관망정비 순서는 아래 표 4.18와 같다.

표 4.18 블록별 관망정비 우선순위

블록명	단계시험 변동량 순위	문제관 순위	누수다발 순위	합 계	우선순위	비 고
송월블록	8	5	5	18	6	
중앙블록	2	1	2	5	1	
금남블록	1	10	3	14	2	
성북블록	11	11	11	33	12	
시청블록	10	6	7	23	8	
영강블록	6	7	6	19	7	
영산블록	7	3	4	14	2	
이창블록	4	9	1	14	2	
부덕블록	12	13	13	38	13	
공단블록	3	12	12	27	10	
금천블록	13	4	9	26	9	
산포블록	9	8	10	27	10	
남평블록	5	2	8	15	5	

- 단계시험 변동량, 문제관, 누수다발 순위의 합계에서 작은 값부터 우선순위 부여

나주시 지방상수도의 유수율은 2002년 88.9%에서 연평균 4.06%씩 감소하면서 2008년 64.5%까지 감소하였다. 하지만 2009년 블록별 관망정비 우선순위에 따라 나주시 유수율을 향상시키기 위해 2011년까지 약 92억원을 투입하여 블록시스템 구축과 불량 블록의 누수저감, 고수압지역 감압밸브 설치, 수도계량기 교체사업 등을 아래와 같이 실시하였다.

표 4.19 나주시 유수율 향상 사업 집행실적

구 분	2009년	2010년	2011년	계
블록시스템 구축	18개 블록			18개 블록
누수탐사 및 복구	200	134	130	464
감압밸브	1		3	4
급수체계조정	노안,남평			2개소
수도계량기 교체	1,309	777	853	2,939
총사업비(백만원)	5,292	1,790	2,087	9,169

유수율 향상 사업을 시행한 결과, 2009년 블록시스템 구축 이후 유수율은 꾸준히 증가하여 2012년 7월 기준 83.5%로 급증하였다. 블록시스템 구축 및 수압관리, 누수복구 등 효율적인 관망운영을 통해 유수율이 향상됐음을 뚜렷하게 알 수 있다. 이렇듯, 나주시 지방상수도에 대해 블록시스템 구축 및 수압관리, 계측설비의 현대화 등 효율적인 관망관리를 통하여 유수율은 최근 10년간 가장 낮은 지표와 비교했을 때 19.0%p가 증가하였음을 알 수 있다. 이를 2011년 생산량으로 환산할 경우 1,279천m³의 생산량 절감효과를 가져왔으며, 이 수량에 나주시 상수도 생산원가 1,909.4원/m³를 적용하면 연간 2,442백만원 정도의 비용절감이 가능한 수량이다. 생산량 감소에 따른 원수 구입비용, 처리 약품비용, 동력비용 등 제반 부대비용의 절감이 기대된다. 생산량 감소에 따라 정수장 시설용량에 여유가 생기며, 상수도 총괄원가에 대한 원가보상율이 개선되어 요금을 인상하지 않고도 원가보상율을 달성하여 유수율 향상을 통한 흑자 재정으로 전환되는 계기를 마련할 수 있다.

표 4.20 블록고립 전·후 비교 검토

구 분	연간생산량 (천m ³)	유수수량 (천m ³)	유수율 (%)	비 고
2001년	5,759	4,733	82.2	
2002년	4,952	4,403	88.9	
2003년	4,407	3,856	87.5	
2004년	5,127	4,096	79.9	
2005년	5,186	4,234	81.6	
2006년	5,685	3,936	69.2	
2007년	6,168	4,116	66.7	
2008년	6,541	4,219	64.5	위탁(한국수자원공사)
2009년	6,466	4,630	71.6	블록시스템 구축
2010년	6,674	4,813	72.1	
2011년	6,733	5,194	77.1	
2012년	3,688	3,078	83.5	7월까지 누계

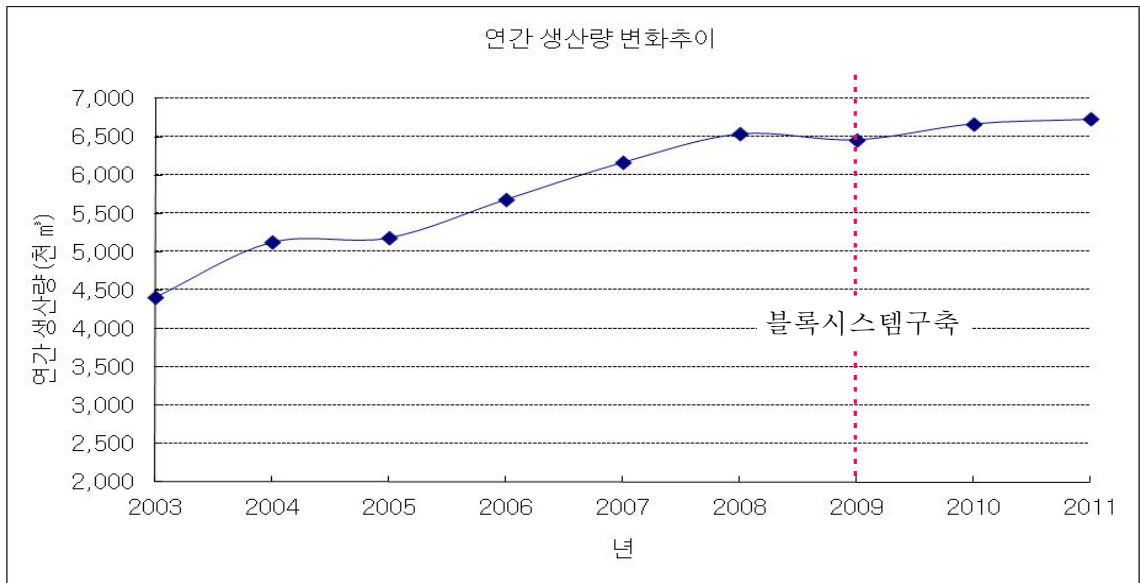


그림 4.16 블록시스템 구축 전·후 연간 생산량 변화

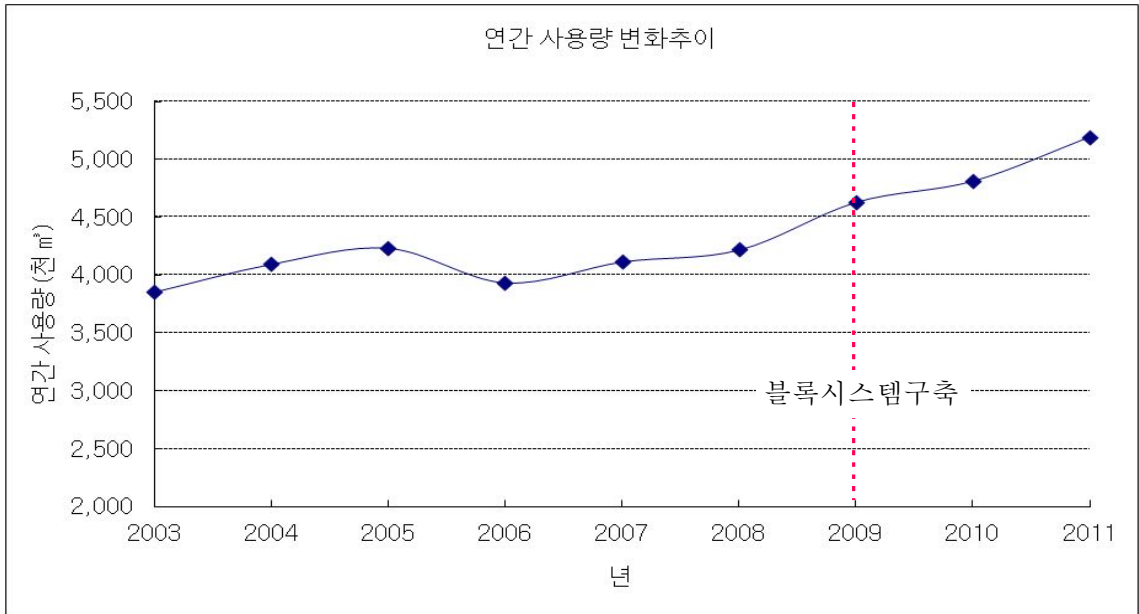


그림 4.17 블록시스템 구축 전·후 사용량 변화

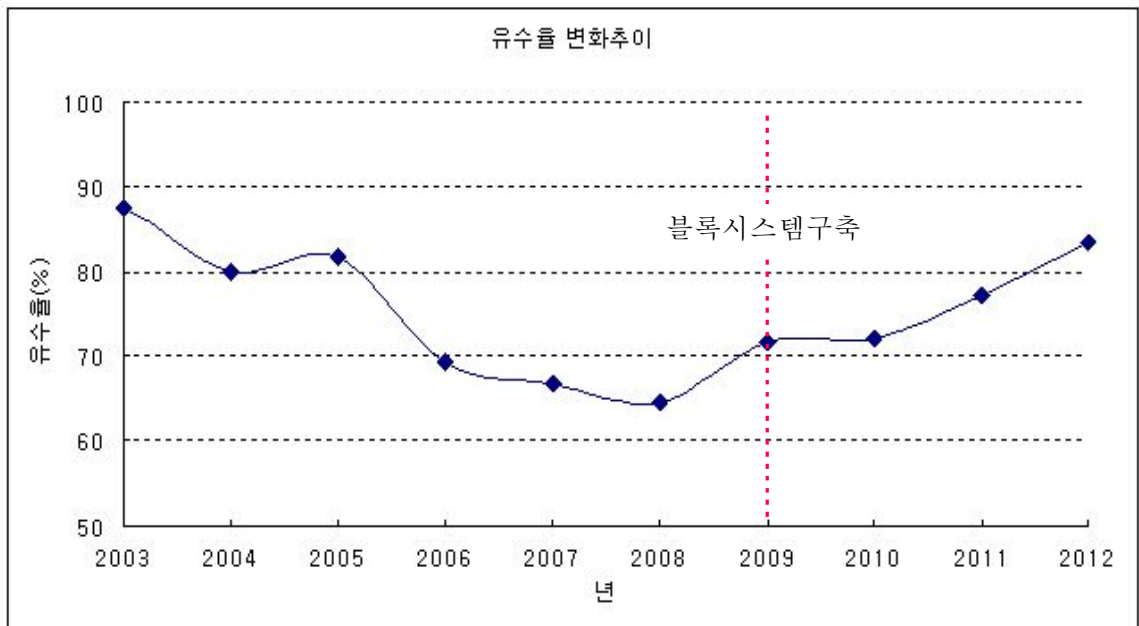


그림 4.18 블록시스템 구축 전·후 유수율 변화

제 5 장 결 론

본 연구는 현재 우리나라에서 활발히 진행되고 있는 상수도 유수율 향상에 관한 것으로서, 특히 앞으로 중·소규모 도시에서 유수율 향상 사업이 활발할 것으로 예상되는 바 중·소규모 도시이면서 유수율이 낮은 지역을 대상으로 사업 효과를 분석하였다.

1. 연구대상지역에 대해 2009년부터 상수도 유수율 향상 사업과 효율적인 관망운영 관리를 추진한 결과, 2008년 64.5%였던 유수율이 2012년 83.5%로 19%p가 향상되었다. 이는 연구대상지역의 2011년 생산량으로 환산할 경우 연간 1,279천 m^3 의 수돗물 생산절감 효과를 가져왔으며, 수돗물 생산원가 1909.4원/ m^3 을 적용하면 연간 2,442백만원의 경제적 효과가 있는 것으로 나타났다. 단기간에 향상된 유수율은 향후에도 적은 인력과 시간, 비용으로 유지관리가 가능함에 따라 경제적 효과는 더욱 클 것으로 판단되었다.
2. 유수율을 향상시키기 위해서는 일률적인 기준 적용보다는 지형여건 등을 고려한 다양한 관망운영 관리방안이 모색되어야 한다. 특히, 유수율 제고 사업의 기본이 되는 블록시스템 구축과 수압관리 등을 효율적으로 시행하기 위해서는 철저한 현장조사와 기존 데이터의 전산화, 블록고립의 현장확인, 블록별 수압관리 및 누수탐사 등이 매우 중요하다 할 것이다.
3. 기존 상수도시설을 효율적으로 활용하여 불필요한 국가 예산의 지출을 방지하고, 깨끗하고 안전한 물을 공급함으로써 국민건강과 복지를 증진시키기 위해서는 현장여건을 고려한 체계적인 블록시스템 구축과 더불어 상수관망에 대한 효율적인 운영관리가 필수적으로 필요하다고 할 수 있다. 다만, 지나치게 높은 유수율을 목표로 삼는 경우 유수율 제고를 위한 투자가 급증할 수 있으므로 지역의 지형이나 관로의 노후도 등을 종합적으로 판단하여 적절한 수준의 유수율 목표치를 정하는 것이 더 경제적인 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. 강안규(2010), 중·소도시 효율적인 블록시스템 구축 방안 및 블록시스템 구축에 따른 유수율 향상 효과 분석, 석사학위논문, 고려대학교
2. 김동규(2006), 배수관망의 유수율 향상을 위한 블록시스템 구축에 관한 연구, 석사학위논문, 충남대학교
3. 신진우(2011), 효율적인 유수율 제고를 위한 관망분석 및 블록시스템 구축방안, 석사학위논문, 경북대학교
4. 윤문중(2010), 상수도 관망의 유수율 향상을 위한 블록감시제어시스템 구축 및 활용에 관한 연구, 석사학위논문, 전북대학교
5. 최철식(2008), 대구광역시의 배수관망관리에서 블록시스템의 도입효과에 관한 연구, 박사학위논문, 영남대학교
6. 현인환, 박남식, 김학용, 남상용, 이제인(2002), 유수율 제고를 위한 지자체 상수도 상황 조사 분석, 대한상하수도학회 '02 추계학술발표회 논문집
7. 나주시(2009), 나주시 수도정비기본계획 보고서
8. 한국수자원공사(2009), 상수관망 유수율제고·관리 가이드북
9. 한국수자원공사(2010), 나주시 블록시스템구축 기본 및 실시설계 용역 보고서
10. 한국수자원공사(2010), 나주시 관망정비 기본계획 수립 보고서

11. 환경부(2001), 유수율 제고연구
12. 환경부(2005), 상수도 유수율제고 업무처리 규정(환경부 훈령 제 486호)
13. 환경부(2001~2012), 상수도통계
14. 환경부(2007), 유수율 제고사업 추진매뉴얼
15. Bureau of Waterworks, Tokyo Metropolitan Government (2010), “The Wide Area Water Supply System in Japan(The Example of Tokyo).”
16. Miyamoto, K., Yamamoto, T., and Anyoji, H. (2004), “Crisis management of water shortage in an irrigation area with a pipeline network system.” Paddy and water environment Volume 2
17. Thornton J. (2002), “Water Loss Control Manual” 1st edition, McGraw-Hill. New York, NY.
18. Waldron T. (2005), “Managing and reducing losses from water distribution System” Manual 1~10, Environmental Protection Agency(Queensland) and Wide Bay water.
19. WHO(2001), “Leakage Management and Control” ; A Best Practice Training Manual, World Health Organization, Geneva.

감사의 글

대학을 졸업한 지 17년의 시간이 흘러 남들보다 늦은 석사학위 취득에 많은 고민이 있었지만 주위 분들의 도움으로 씩씩하게 시작하게 되었습니다. 2년의 시간동안 직장생활과 학업을 동시에 수행하면서 많은 어려움이 있었지만 여러분들의 도움으로 무사히 학위를 마칠 수 있게 되었습니다. 그분들에게 지면을 빌어 감사의 마음을 전하고자 합니다.

먼저 본 논문이 완성되기까지 자상한 조언과 세심한 지도를 해주신 김성홍 지도교수님, 부족한 부분을 짚어 논문의 완성도를 높여 주신 김운중 교수님, 이원희 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 조선대학교 토목공학과 발전을 위해 힘쓰고 계시는 박길현 교수님, 박정웅 교수님, 김대현 교수님께도 감사의 말씀을 드립니다. 또한, 무사히 대학원 생활을 할 수 있도록 도와준 후배 윤정원, 이정환에게도 고마움을 전합니다. 무엇보다 제가 대학원을 시작할 수 있도록 길을 열어주신 박태현 팀장님 진심으로 고맙습니다. 또한, 대학원에 집중할 수 있도록 많은 배려를 해주신 이석천 본부장님, 신송운 본부장님, 박성호 처장님, 이재선 팀장님, 그리고 바쁜 가운데도 즐거운 마음으로 도와준 김광일 과장, 정승준 대리, 자료수집에 많은 도움을 준 박갑순 차장, 송억 대리, 항상 옆에서 격려하고 응원해 주신 시설관리팀 팀원 여러분들께 진심으로 감사드립니다.

참으로 감사드릴 분이 많아 너무 행복합니다. 이렇게 좁은 지면으로 감사의 마음을 전하는 것이 아쉽지만 이 아름다운 인연이 영원히 지속되기를 기원하며, 저 또한 더욱 발전된 모습으로 살 수 있도록 노력하겠습니다.

끝으로 항상 저희 자식들을 걱정하고 곁에서 지켜봐 주시는 아버지와 어머니, 항상 옆에서 응원해 준 사랑하는 아내 윤애경, 이쁜 큰딸 유민이와 개구쟁이 아들 동은이에게 고마움과 사랑을 전합니다.

2012년 11월

이 혜 승