

서울시 남부수도사업소

정밀점검보고서

【 신림2-1배수지 하자만료 】

2007. 7.



사단법인 **대한산업안전협회**
Korea Industrial Safety Association



제28호

안전진단전문기관등록증

상 호 : 사단법인 대한산업안전협회

대 표 자 : 백일천

영업소소재지 : 서울특별시 구로구 구로동 23-1

분 야 : 교량 및 터널, 항만, 수리시설, 건축

등록연월일 : 1996년 1월 19일

시설물의 안전관리에 관한 특별법 제9조의 규정에 의하여
안전진단전문기관으로 등록합니다.

2007년 3월 21일

서울특별시



제 출 문

서울시 남부수도사업소장 귀하

귀 소에서 의뢰하신 『신림2-1배수지 하자만료에 따른 정밀점검』 용역에 대한 과업을 성실히 수행하고 그 결과를 본 보고서로 제출합니다.

2007. 7.

사 단 법 인 **대한산업안전협회**
회 장 백 일 천

참여기술자 명단

분야별	참 여 기 술 자				비 고
	참여업무 내용	성 명	자격사항	기술자격	
책 임 기술자	사업총괄	정 현 석	특급기술자	토목기사	
참 여 기술자	현장조사 및 보고서작성	최 응 진	특급기술자	토목기사	
	현장조사 및 보고서작성	송 기 화	고급기술자	토목기사	
	현장조사 및 보고서작성	박 민 용	중급기술자	토목기사	

위치도 및 전경



[신림2-1배수지 정밀점검 결과표]

2007 . 7 . 25.

1. 시설물명 : 신림 2-1 배수지
 - 1.1 주 용 도 : 생활용수 공급
 - 1.2 종 별 : 시특법 2종
 - 1.3 준공년월 : 2000년 6월
2. 관리주체 : 서울시 남부수도사업소
3. 위 치 : 서울시 관악구 신림10동 산86-63(1713-6)
4. 점검의 목적 : 본 용역은 시설물의 안전관리에 관한 특별법 제6조 및 동 시행령 제6조 의거 신림2-1배수지 하자만료에 따른 점밀점검 용역을 시행하여 위험 및 수명단축 요인을 미리 조사·평가하고 그에 대한 적절한 보수·보강공법을 제시하여 시설물 기능 확보와 재해 및 재난을 예방하여 시설물의 효용증진과 안전성확보에 그 목적이 있다.
5. 시설물 상태평가등급 : A등급
6. 시설물 안전성평가 등급(필요시) : 평가 제외
7. 시설물 종합평가 등급(필요시) : A등급
8. 점검 결과 총평 및 건의 : 구조물에 대한 영향을 미칠만한 손상은 없는 것으로 판단되며, 향후 유지관리를 위해 정기적인 점검·관리가 필요함.
9. 점 검 기 간 : 2007. 6. 25. ~ 2007. 7. 25. (30일간)
10. 점 검 기 관 : 사)대한산업안전협회
11. 책임 기술자 : 정 현 석 (서명)

요약

2. 외관조사 결과분석

구조물명	외관조사 결과
1. 유입부 및 유출부	<ul style="list-style-type: none"> · 철근노출, 몰탈들뜸, 체수, 재료분리가 조사되었으나 손상정도가 경미하고 국부적 손상으로 구조물의 안정성에는 영향이 없을 것으로 판단됨.
2. 배수지	<ul style="list-style-type: none"> · 외관조사결과, 벽체부의 수직균열과 바닥 도막방수재의 탈락이 일부 조사되었다. 벽체부의 수직균열은 구조물(배수지)의 특성상 장시간의 벽체 구조로 시공초기 콘크리트의 온도변화 및 건조수축에 따른 균열로 판단됨. 바닥의 방수도막파손은 시공시 시공불량(수분, 이물질 등)에 따른 원인으로 추정되며, 발생한 손상은 손상정도가 경미한 상태로 구조물의 안정성에는 영향이 없을 것으로 판단된다

3. 현장시험결과의 분석

비파괴 시험	시험결과 분석
1. 콘크리트 강도조사	<ul style="list-style-type: none"> · 반발경도법에 의해 콘크리트 강도 측정결과 32.8 ~ 26.9Mpa로 설계기준강도(24.0Mpa) 이상으로 조사되었음.
2. 철근배근상태조사	<ul style="list-style-type: none"> · 철근배근상태 조사결과, 배근간격 및 철근피복은 대체적으로 설계도면에 준하여 시공된 것으로 조사되었음.
3. 중성화시험	<ul style="list-style-type: none"> · 구조물에 대하여 중성화시험을 실시한 결과, 중성화 진행 상태는 표면 중성화로 중성화 진행정도는 미미한 것으로 측정되었음.

4. 주요결함 원인분석

주요결함	결함원인분석
1. 벽체균열 및 바닥 도막방수재 손상	<ul style="list-style-type: none"> · 벽체부의 수직균열은 구조물의 특성상 장지간의 벽체구조로 시공 초기 콘크리트의 온도변화 및 건조수축에 따른 균열로 판단됨. · 바닥의 도막과손은 시공시 시공불량(수분, 이물질 등)에 따른 원인으로 추정됨.

5. 시설물 전체의 상태평가등급 결정

복합시설물 종합평가표						
복합시설물명	배수지	복합시설물 규 모	시설(Q=35,000m ³ /일)			표번호
근거(4단계) 표번호	토목4-1					토목5-1
개별시설물구분	종합평가 등급	종합평가 지수(Et1)	조정계수 (A)	규 모 (S)	조정값 (P=A×S)	계산값 (Et1×P)
배수지	a	4.57	1	796.5	796.5	3643.3
합계(Σ)				796.5	796.5	3643.3
평가의견	균열 및 백태, 방수도막의 손상이 부분적으로 발생된 상태이나 전반적으로 양호한 상태임.					
종합평가결과	1. 복합시설물(토목구조물) 종합평가지수(Et2) = $\Sigma(Et1 \times P) / \Sigma P = 4.57$ 2. 복합시설물(토목구조물) 종합평가등급 = a 등급					

6. 종합의견

본 구조물에 대한 점검결과 조사된 손상은 대부분 손상정도가 경미하고 손상규모가 국부적인 손상으로 구조물의 기능유지 및 안정성에는 큰 영향이 없을 것으로 판단된다.

따라서 발생한 손상에 대한 보수여부는 차후 점검시 손상의 진행정도 및 구조물의 유지관리계획에 따른 보수계획을 고려하여 결정함이 바람직 할 것으로 판단된다.

[제 목 차 례]

제 1 장 서 론	2
1.1 시설물 점검의 목적	2
1.2 시설물의 개요	2
1.3 시설물 점검의 범위 및 과업내용	2
1.4 관련도면	5
1.5 사용장비 및 비파괴 시험기기	8
1.6 과업수행일정	8
제 2 장 시설물의 상태평가	10
2.1 외관조사 결과분석	10
2.2 현장시험결과의 분석	12
2.3 주요결함의 발생원인 분석	27
2.4 주요부재별 상태평가 및 시설물 전체의 상태평가등급 결정	28
제 3 장 시설물의 종합평가	39
3.1 종합평가등급 산정절차	39
3.2 종합평가등급	41
제 4 장 종합결론	44
4.1 종합결론	44
4.2 향후 유지관리방안	47
부 록	
1. 외관조사망도	
2. 손상사진첩	
3. 상태평가자료	

제 1 장 서 론

1.1 시설물 점검의 목적

1.2 시설물의 개요

1.3 시설물 점검의 범위 및 과업내용

1.4 관련도면

1.5 사용장비 및 비파괴 시험기기

1.6 과업수행일정

제 2 장 서 론

2.1 시설물 점검의 목적

본 용역은 시설물의 안전관리에 관한 특별법 제6조 및 동 시행령 제6조 의거 신림2-1배수지 하자만료에 따른 정밀점검 용역을 시행하여 위험 및 수명단축 요인을 미리 조사·평가하고 그에 대한 적절한 보수·보강공법을 제시하여 시설물 기능 확보와 재해 및 재난을 예방하여 시설물의 효용증진과 안전성확보에 그 목적이 있다.

2.2 시설물의 개요

시설물명	시설용량	준공 년도	위 치	비고
신림2-1 배수지	유효면적 : 792㎡ 유효높이 : 4.5m 계획용량 : 3564 ton/일 필요용량 : 3500 ton/일	2000년 7월	서울시 관악구 신림10동 산86-6(1713-6)	

2.3 시설물 점검의 범위 및 과업내용

- 1) 시설물 관련자료 수집과 분석
 - 가) 시설물 관련자료 수집 및 분석
 - 나) 시설물의 이력사항과 변형상태 조사·분석
 - 다) 기존자료 미흡부분에 대한 현장답사 실시
 - 라) 안전점검에 필요한 설계도서, 시방서 등 관련자료 수집·분석
 - 마) 시설물관리대장 작성에 필요한 자료수집

- 2) 제원 및 외관조사
 - 가) 제원조사
 - 나) 육안조사를 통한 성능저하현상 파악
 - 다) 균열 및 국부손상이 발생된 부분에 대해 조사 분석
 - 라) 변형, 열화상태 및 물성(강도, 중성화) 현황조사

3) 시설물의 상태평가

- 가) 손상상태 평가는 손상의 범위 및 정도에 따라 등급을 산정하여 점검양식에 기입
- 나) 외관조사결과는 손상부위별로 작성하여야 하며, 전체 부재의 조사결과를 분석
- 다) 종합평가 실시 및 외관망도를 작성

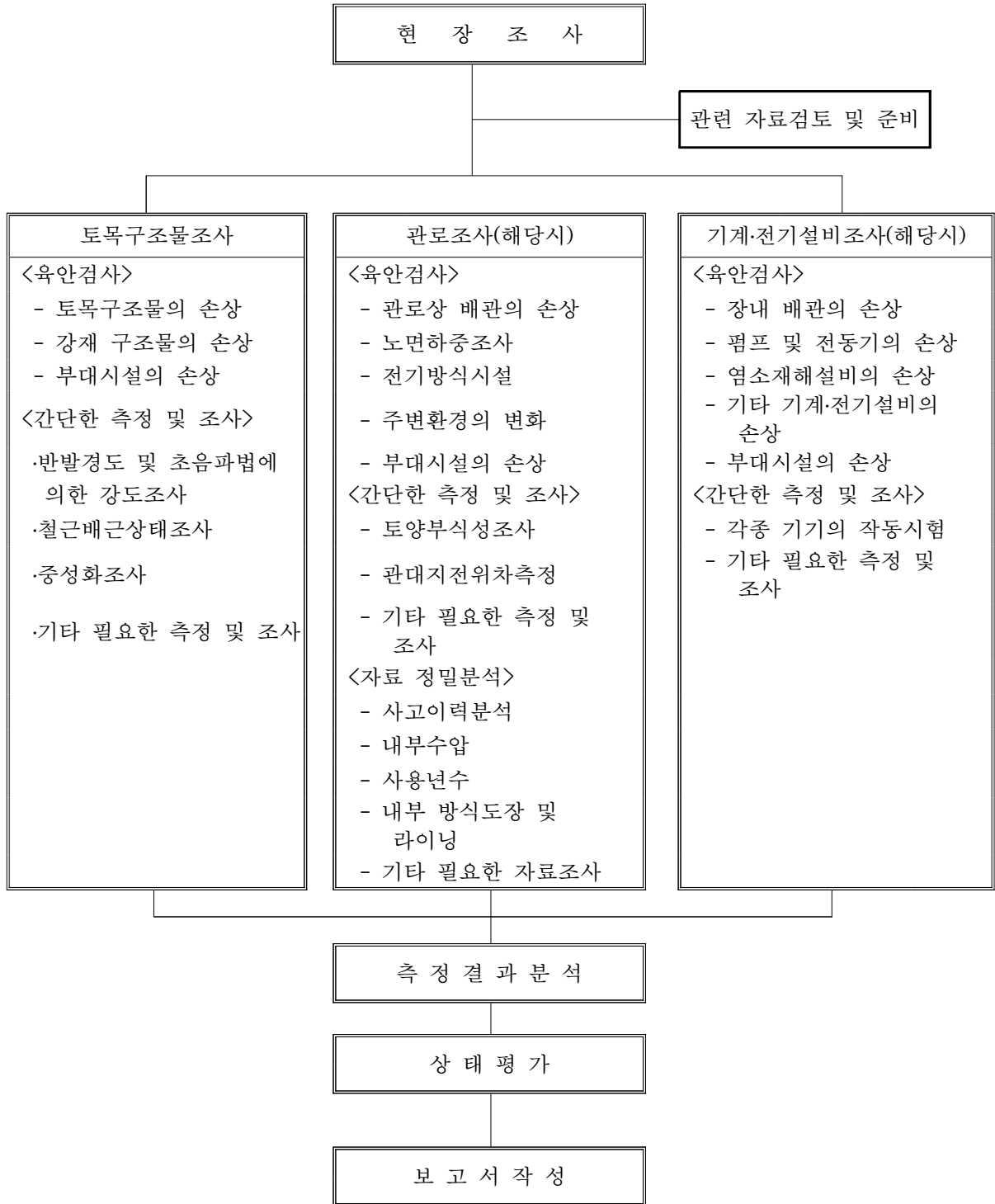
4) 시설물의 보수·보강부재의 현황 제시

손상상태 평가 결과에 따라 보수·보강을 요하는 사항은 보수·보강범위 제시

5) 시설물의 효율적인 유지관리방안 제시

- 가) 구조형식별 특성에 맞는 효율적인 유지관리방안을 제시
- 나) 본 과업 수행 중 파악한 유지관리상의 문제점은 유지관리개선사항으로 제시

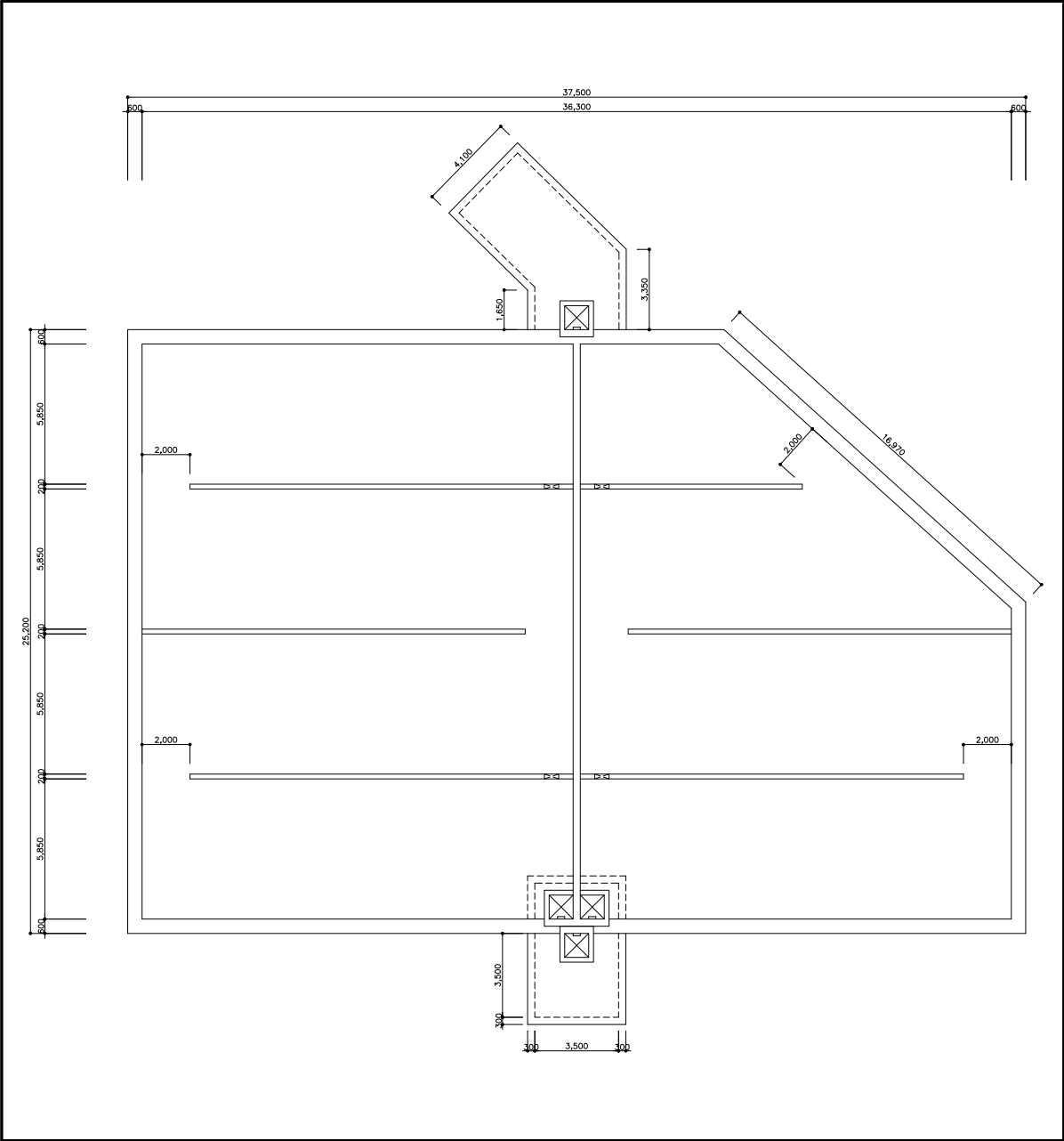
6) 점검 업무흐름도



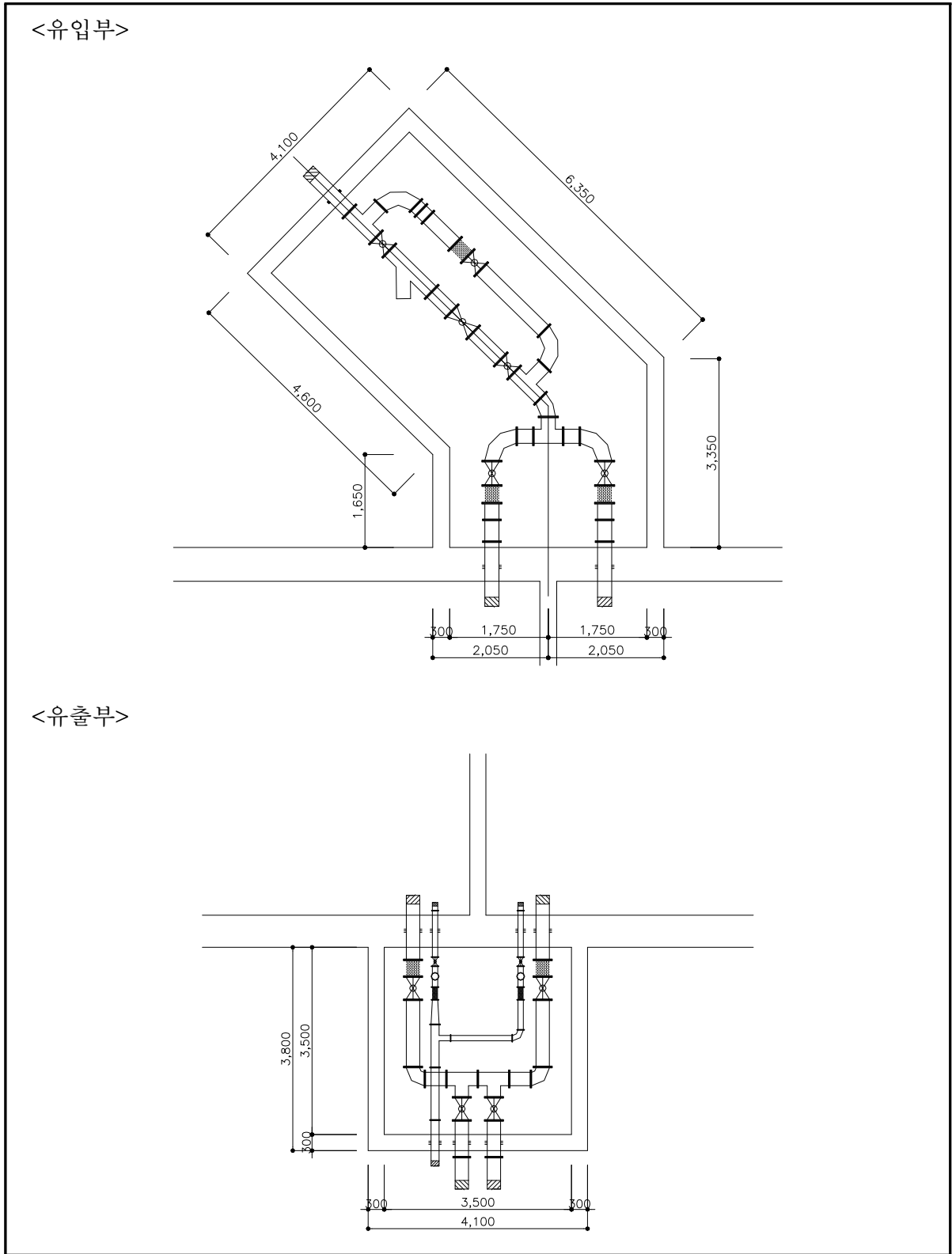
* 조사·시험항목은 과업의 범위 및 내용이나 과업의 특성에 따라 관리주체나 점검·진단책임기술자가 선정의 여부를 결정하도록 한다.

2.4 관련도면

1) 배수지 평면도



3) 유출부 유입부 평면도



2.5 사용장비 및 비파괴 시험기기

장 비 명		규 격	용 도	활 용 방 법	
콘크리트 비파괴 장비	균열 측정기	Crack-Meter	PIKA	균열 폭 측정	균열 폭의 크기와 길이를 확대렌즈를 통하여 육안으로 확인
	반발경도 측정기	Schmidt Hammer	α -750RX	콘크리트 강도추정	타점간 약 3cm 간격에 20회 타격하여 그 값의 평균치를 구함.
	철근 탐지기	Ferrosan	-	철근위치, 깊이 측정, 철근직경 측정	본체와 연결된 안테나를 통해 한쪽 방향으로 이동하여 철근의 위치와 피복두께를 액정화면을 통해 측정
	초음파 탐지기	Pundit	-	con'c강도 추정, 균열깊이 추정, 콘크리트내부 공극박리 검출	송신자와 수신자를 통해 건전부와 불건전부의 초음파 진행속도의 차이로 측정
보조기구	산소농도측정기			산소농도측정	O ₂ 의 농도를 측정
	가스농도측정기			가스농도측정	CH ₄ , CO의 농도를 측정
	햄머 드릴		TE2	콘크리트 천공	중성화시험을 위해 구조물의 일부분을 천공하는데 이용
	카메라			현황촬영	
	망원경		Helios	근거리 접근	
	그라인더			슈미트햄머 보조기구	
	줄자		5, 50m	거리 측정	
	조명시설		1식		
	사다리		5m		

2.6 과업수행일정

과업기간 : 2007년 6월 25일 ~ 2007년 7월 25일

제 2 장 시설물의 상태평가

2.1 외관조사 결과분석

2.2 현장시험결과의 분석

**2.3 주요부재별 상태평가 및
시설물 전체의 상태평가등급 결정**

제 3 장 시설물의 상태평가

3.1 외관조사 결과분석

본 시설물의 외관상태 조사 및 손상상태에 대한 표기방법은 2003년 건설교통부 시설안전기술공단 제정 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침”에 근거하였으며, 조사된 손상에 대한 세부적인 규모 및 위치는 외관망도에 표기하였다.

1) 유입부 및 유출부

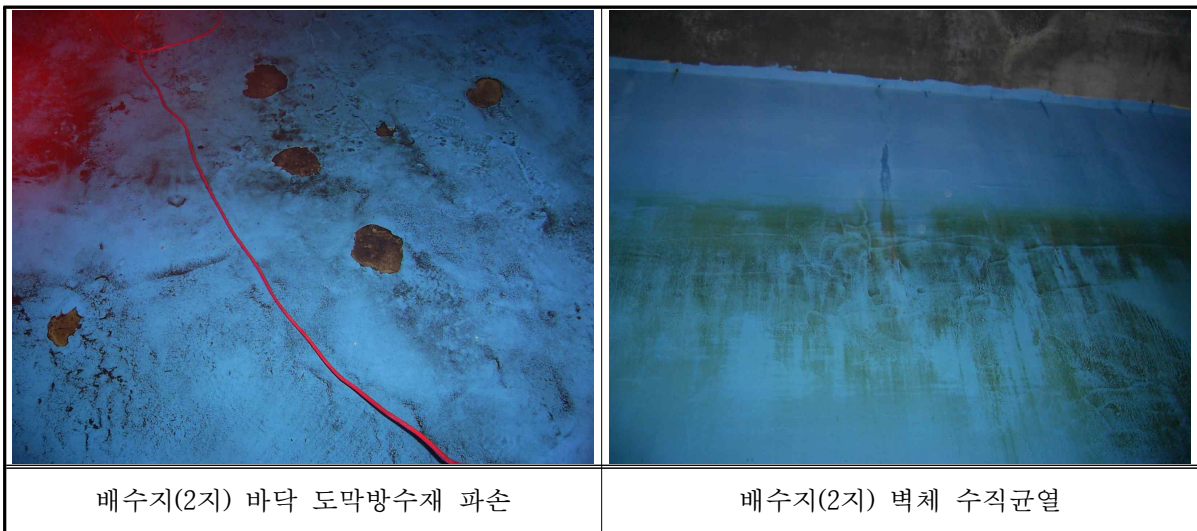
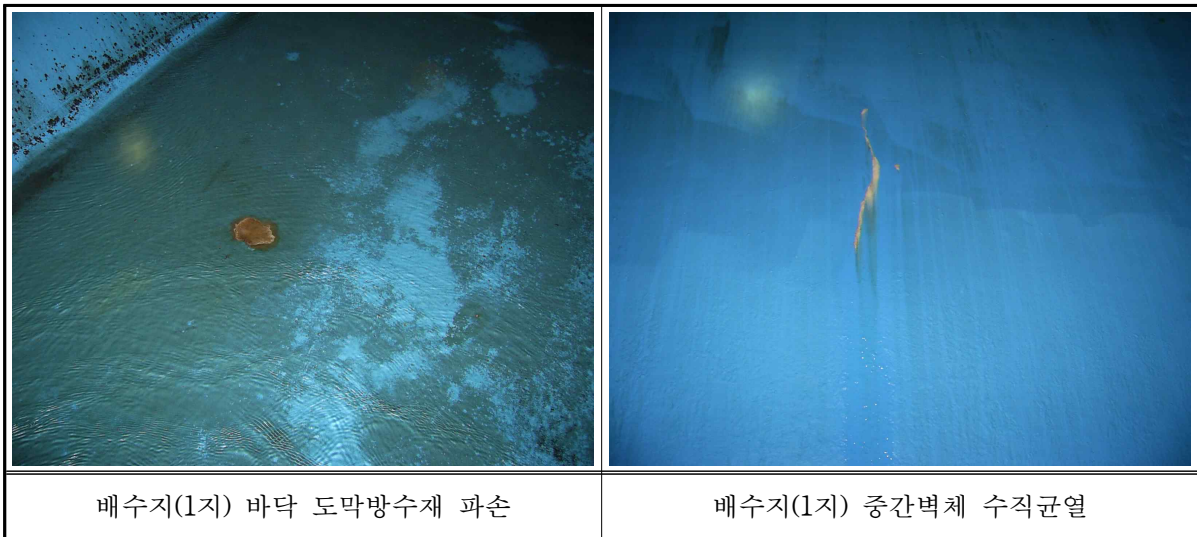
유입부 및 유출부에 대한 조사결과 철근노출, 몰탈들뜸, 체수, 재료분리가 조사되었으나 손상정도가 경미하고 국부적손상으로 구조물의 안정성에는 영향이 없을 것으로 판단된다.



2) 배수지

배수지에 대한 외관조사결과, 벽체부의 수직균열과 바닥 도막방수재의 탈락이 일부 조사되었다.

벽체부의 수직균열은 구조물(배수지)의 특성상 장지간의 벽체구조로 콘크리트의 온도변화 및 건조수축에 따른 균열로 판단되며, 바닥의 방수도막파손은 시공시 시공불량(수분, 이물질 등)에 따른 원인으로 추정된다. 발생한 손상은 손상정도가 경미한 상태로 구조물의 안정성에는 영향이 없을 것으로 판단된다.



3.2 현장시험결과의 분석

1) 콘크리트 강도조사

콘크리트 시험체의 강도를 측정하는 주요 목적은 실제 구조물에 쓰일 때의 콘크리트 강도를 예측하는데 있다. 이미 알려진 바처럼 시험체의 강도는 그 형태, 비례, 크기에 따라 달라지므로 시험 결과를 통해 콘크리트의 본질적인 강도 값을 얻을 수는 없다.

코어의 강도는 일반적으로 표준실린더보다 낮은 강도를 나타내는데 드릴링 작업의 영향이나 현장양생 때문으로, 표준시험체에서 실시하는 양생보다 불리한 상태에 있기 때문에 이런 현상이 나타난다. 강도가 큰 콘크리트일수록 그 영향은 커지며 Malhotra는 40Mpa 강도의 콘크리트에서 15%까지 강도가 감소된다고 주장하였다. 콘크리트 협회(The concrete society)는 5%~7%의 감소를 적절한 것으로 보고 있다. 그 외에 코어강도에 영향을 주는 인자는 여러 가지가 있으며 그 주요요인과 그에 따른 영향범위를 보면 코어의 채취위치에 따라 구조물의 최상단에서는 10%~20% 정도의 차이가 발생되고 드릴링 방향에 따라 수평드릴링의 경우에서도 8% 가량 강도가 감소하는 것으로 알려져 있다.

앞서 언급한 바처럼 공칭 28일 강도와 관련하여 코어의 강도를 해석하는 일은 쉬운 일이 아니다. 코어강도는 타설과 양생이 양호한 상태에서조차도 코어의 강도는 표준시험체 강도의 70%~85%를 넘지 못한다. 이런 사실은 콘크리트 표준시방서 (2004. 한국콘크리트 학회)에서 확인되는데, 코어의 평균강도가 공칭강도의 85% 이상이고, 75% 이하인 강도가 한개도 없을 때 그 콘크리트는 적합한 것으로 본다. 또, 다른 나라에서도 코어강도는, 표준 시험체 강도의 일정 퍼센트를 넘지 않는다고 예측한다. 즉 독일에서는 85%, 덴마크에서는 90%, 노르웨이에서는 70%로 규정하고 있다. 이런 모든 이유때문에 코어 강도를 소위 실린더나 큐브강도로 무조건 환산해서는 안 된다.

가) 반발경도법에 의한 강도조사

콘크리트의 압축강도는 다른 강도에 비하여 상당히 크고, 콘크리트 부재의 설계에서도 이것이 유효하게 사용되며, 콘크리트의 품질과 특성을 보여주는 가장 영향력 있는 물성치이다. 콘크리트의 압축강도추정은 일반적으로 보편화되어 있는 슈미트햄머에 의한 표면반발경도측정법으로 조사하여 측정결과를 분석함으로써 강도를 추정할 수 있도록 하였다.

본 과업은 대상시설물 현황에서와 같이 각 구조물의 상면에서 대표단면을 선정하여 슈미트햄머를 사용하여 강도조사를 실시하였다.

반발경도시험은 공용중인 구조물에 대해 기능이나 내하력을 훼손하지 않고 비파괴상태로 슈미트햄머를 사용하여 콘크리트 표면에 타격을 가하여 반발경도를 측정함으로써, 콘크리트 강도를 추정할 수 있는 유용한 방법이다.

슈미트햄머의 기종은 NR(보통콘크리트용)형을 사용하였으며, 측정 전에 Test Anvil에 의한 반발경도값(80±1)을 확인하였다.

슈미트햄머의 타격은 한 개소 당 3cm 이상의 간격을 가진 20점 이상의 지점을 측정하여 최대치와 최소치를 제외한 18개의 산술평균치를 측정경도로 취하고, 측정된 경도는 보정치에 의해 보정한 다음 콘크리트 압축강도 환산을 다음의 3가지 방법을 적용하여 콘크리트 압축강도를 구하였다.

▷ 방법 1 : 반발경도 - 추정강도 환산표

▷ 방법 2 : $F = (7.3 R_o + 100)/10$ (Mpa) (일본건축학회 CNDT 소위원회)

▷ 방법 3 : $F = (13 R_o - 184)/10$ (Mpa) (일본 재료학회)

위의 3가지 방법을 평균하여 구조물의 콘크리트 재령에 의한 보정계수로 보정하였다.

<표 2.1> 재령에 의한 보정표

재령	4일	5일	6일	7일	8일	9일	10일	11일	12일	13일	14일	15일
n	1.90	1.84	1.78	1.72	1.67	1.61	1.55	1.49	1.45	1.40	1.36	1.32
재령	16일	17일	18일	19일	20일	21일	22일	23일	24일	25일	26일	27일
n	1.28	1.25	1.22	1.18	1.15	1.12	1.10	1.08	1.06	1.04	1.02	1.01
재령	28일	29일	30일	32일	34일	36일	38일	40일	42일	44일	46일	48일
n	1.00	0.99	0.99	0.98	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89
재령	50일	52일	54일	56일	58일	60일	62일	64일	66일	68일	70일	72일
n	0.87	0.87	0.87	0.87	0.86	0.86	0.85	0.85	0.85	0.84	0.84	0.84
재령	74일	76일	78일	80일	82일	84일	86일	88일	90일	100일	125일	137일
n	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.81	0.81	0.80	0.80	0.78	0.76	0.75
재령	150일	175일	200일	250일	300일	350일	400일	500일	750일	1000일	2000일	3000일
n	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63

<표 2.2> 타격각도에 따른 반발경도 보정표

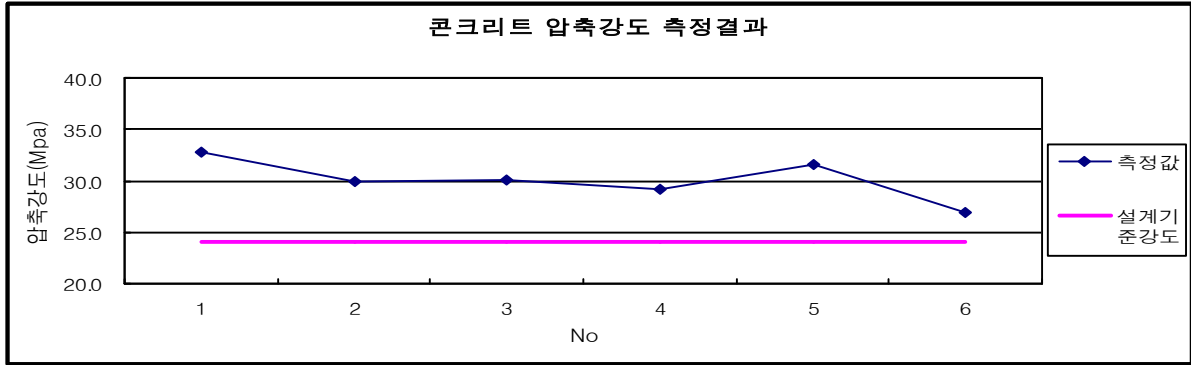
구 분	+ 90°	+ 45°	- 45°	- 90°	비 고
10		- 6.9	+ 3.2	+ 4.4	상향수직타격 + 90° 하향수직타격 - 90°
20	- 7.7	- 5.0	+ 3.0	+ 4.2	
30	- 6.1	- 3.8	+ 2.8	+ 3.9	
40	- 4.9	- 3.3	+ 2.4	+ 3.5	
50	- 4.0	- 2.9	+ 1.8	+ 2.8	

<표 2.3> 반발경도-추정강도 환산표(타격각도)

R	- 90	- 45	0	+ 45	+ 90
20	125	115			
21	135	125			
22	145	135	110		
23	160	145	120		
24	170	160	130		
25	180	170	140	100	
26	198	185	158	115	
27	210	200	165	130	105
28	220	210	180	140	120
29	235	220	190	150	138
30	250	238	210	170	145
31	260	250	220	180	160
32	280	265	238	190	170
33	290	280	250	210	190
34	310	290	260	220	200
35	320	310	280	238	218
36	340	320	290	250	230
37	350	340	310	265	245
38	370	350	320	280	260
39	380	370	340	300	280
40	400	380	350	310	295
41	410	400	370	330	310
42	425	415	380	345	325
43	440	430	400	360	340
44	460	450	420	380	360
45	470	460	430	395	375
46	490	480	450	410	390
47	500	495	465	430	410
48	520	510	480	445	430
49	540	525	500	460	445
50	550	540	515	480	460
51	570	560	530	500	480
52	580	570	550	515	500
53	600	590	565	530	520
54	600 이상	600 이상	580	550	530
55	600 이상	600 이상	600	570	550

나) 콘크리트 압축강도 측정결과

콘크리트면이 노출된 유입구 및 유출부에 비파괴장비를 이용하여 반발경도법에 의한 콘크리트의 압축강도를 조사결과 32.8~26.9Mpa로 설계기준강도(24Mpa)를 상회하는 것으로 조사되었다.



<표 2.4> 반발경도법에 의한 콘크리트 강도조사 결과표

No	부재	반 발 경 도					평균 반발 경도	보정 계수	기준 경도	타격 각도	환산강도 (Mpa)				재령 계수	재령에 의한 압축강도 (Mpa)	설계기준 강도 (Mpa)
											방법1	방법2	방법3	평균			
1	유입부 상부슬래브	42	51	53	52	44	50	2.8	53	-90°	55	49	50	51	0.64	32.8	24 (Mpa)
		45	51	53	52	52											
		48	53	50	53	52											
		52	51	48	55	46											
2	유입부 상부슬래브	49	49	47	47	46	46	3.1	49	-90°	49	46	45	47	0.64	29.9	24 (Mpa)
		45	47	45	46	46											
		47	53	42	46	47											
3	유입부 벽체	47	47	47	49	52	49	0.0	49	0°	50	46	45	47	0.64	30.1	24 (Mpa)
		47	48	50	54	46											
		58	53	50	51	50											
		47	47	50	51	48											
4	유입부 벽체	47	45	48	47	45	48	0.0	48	0°	48	45	44	46	0.64	29.2	24 (Mpa)
		49	48	47	50	46											
		48	48	47	50	46											
5	유출부 벽체	48	50	52	52	50	51	0.0	51	0°	53	47	48	49	0.64	31.6	24 (Mpa)
		48	50	48	54	50											
		52	45	58	52	52											
		52	54	50	50	43											
6	유출부 벽체	45	49	40	51	45	45	0.0	45	0°	43	43	40	42	0.64	26.9	24 (Mpa)
		47	43	45	43	48											
		46	41	45	44	43											
		54	48	43	44	43											

※ 1MPa ≒ 10 kgf/cm² 으로 산정함

2) 철근배근상태조사(Ferrosan)

가) 장비구성

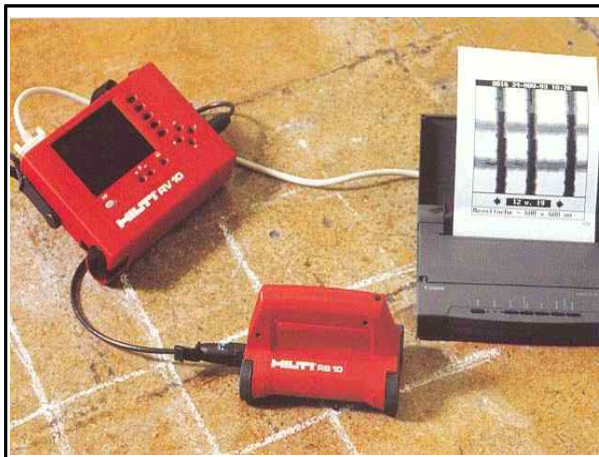
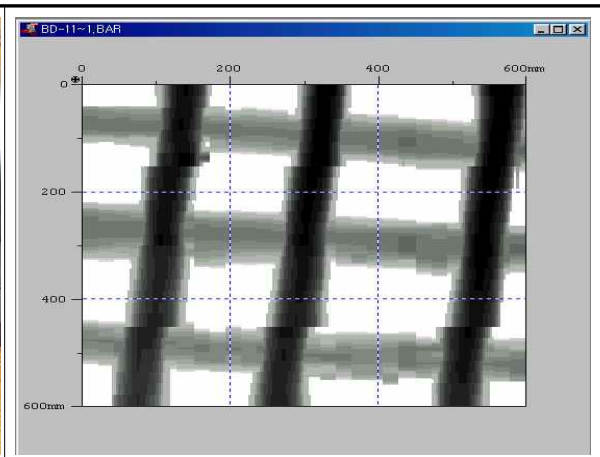
- Scanner(Rs10)
- 모니터(Rv10)
- 눈금종이, 자 : 모눈종이 또는 철근탐지기 Rv10/Rs10으로 탐지되는 600×600mm구간의 표시
- 해석전용 S/W
- TCU 1대 충전기 및 RB10бат데리

나) 측정방법

Normal Scan : 측정부재의 마감면 위에 종·횡방향 15cm간격으로 60cm 구획한 후 Scanner를 종·횡으로 이동시켜 자체 내장된 해석프로그램으로 철근직경, 철근위치, 피복두께를 분석하고, PC와 연결하여 측정결과를 프린트 할 수 있는 방법이다.

Quick Scan : 측정부재의 마감면 위에 Scanner를 이동시켜 철근이 배근된 위치에서 부저가 울리며 디지털 숫자가 표시되어, 철근위치, 피복두께를 알 수 있는 검사방법이다.

다) 측정장비

	
<p>측정장비 (Ferrosan)</p>	<p>측정결과 Out Put 예시</p>

라) 측정결과

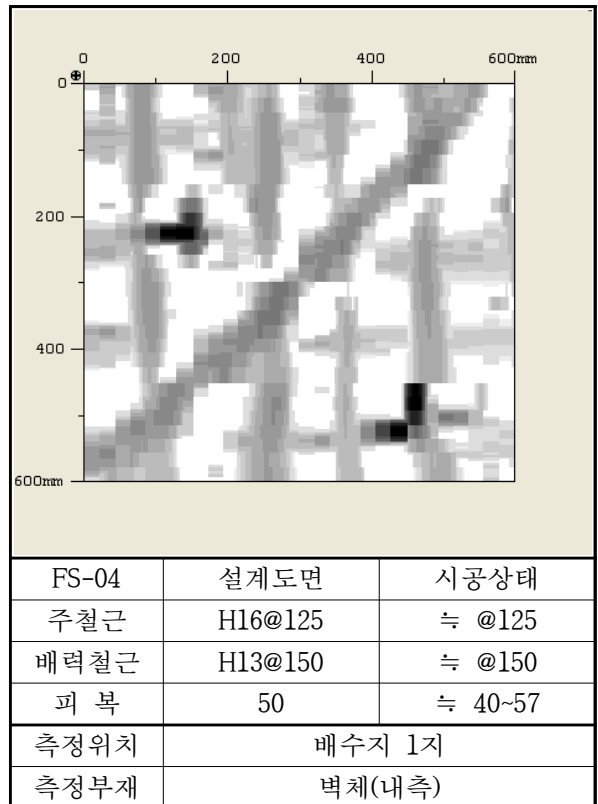
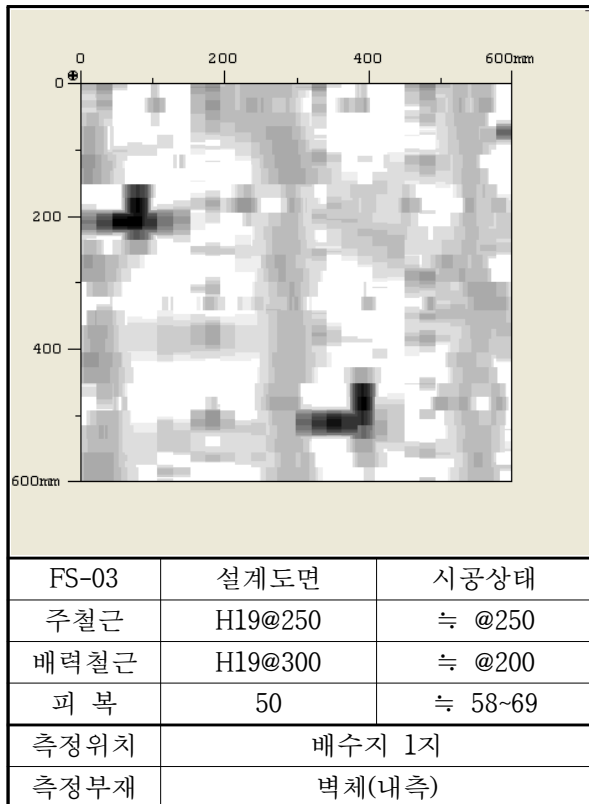
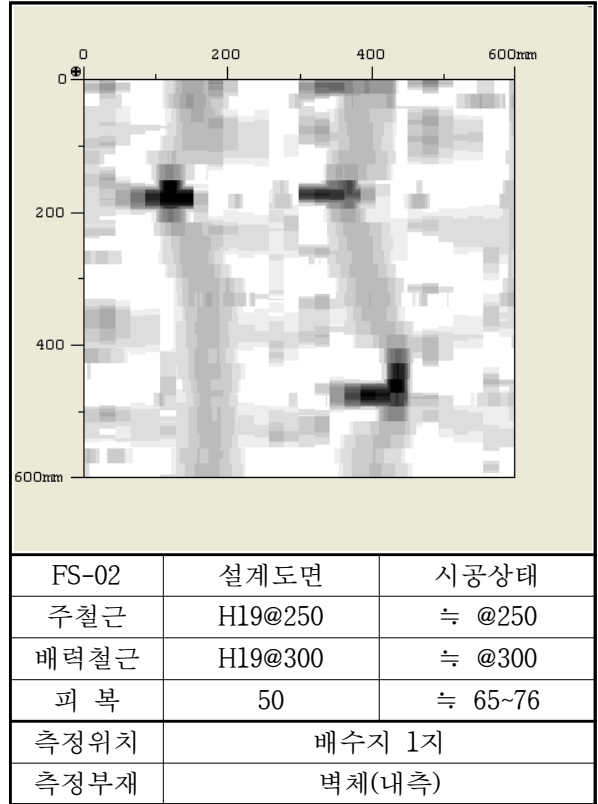
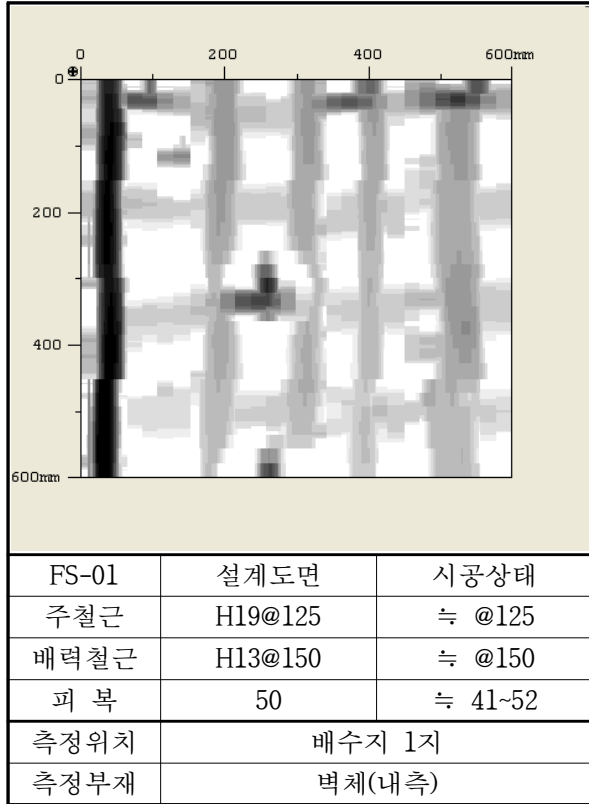
본 시설물에 대한 철근배근상태 조사결과, 배근간격 및 철근피복은 대체적으로 설계도면에 준하여 시공된 것으로 조사되었다.

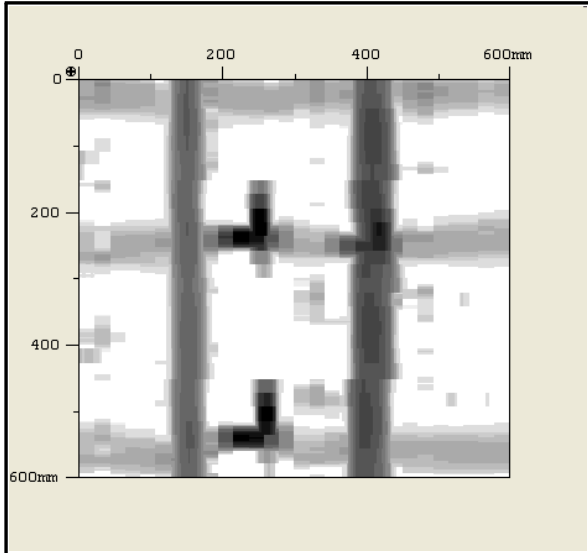
<표 2.5> 철근배근상태 조사결과

측정 위치	설계도면			시공상태			file No
	수직근	수평근	피복 (mm)	수직근	수평근	피복 (mm)	
1지 벽체(내측)	H19@125	H13@150	50	≒ @125	≒ @150	≒ 41~52	FS-01
1지 벽체(내측)	H19@250	H19@300	50	≒ @250	≒ @300	≒ 65~76	FS-02
1지 벽체(내측)	H19@250	H19@300	50	≒ @250	≒ @200	≒ 58~69	FS-03
1지 벽체(내측)	H16@125	H13@150	50	≒ @125	≒ @150	≒ 40~57	FS-04
1지 중간벽체	H19@250	H13@300	50	≒ @250	≒ @300	≒ 35~48	FS-05
1지 중간벽체	H19@250	H13@300	50	≒ @250	≒ @300	≒ 49~52	FS-06
1지 중앙벽체	H19@250	H19@300	50	≒ @250	≒ @300	≒ 58~72	FS-07
1지 중앙벽체	H19@250	H19@300	50	≒ @250	≒ @300	≒ 38~58	FS-08
1지 벽체 (내측)	H19@125	H13@150	50	≒ @125	-	≒ 25~48	FQ-09
1지 벽체 (내측)	H19@250	H19@300	50	≒ @250	-	≒ 43~67	FQ-10
1지 중앙벽체	H19@250	H19@300	50	≒ @250	-	≒ 37~48	FQ-12
2지 벽체(내측)	H19@125	H13@150	50	≒ @125	≒ @150	≒ 45~46	FS-13
2지 벽체 (내측)	H19@250	H13@150	50	≒ @250	≒ @150	≒ 54~60	FS-14
2지 벽체(내측)	H16@250	H13@150	50	≒ @250	≒ @150	≒ 57~71	FS-15
2지 벽체 (내측)	H16@125	H13@150	50	≒ @125	-	≒ 70~83	FS-16
2지 중간벽체	H19@250	H13@300	50	≒ @250	≒ @300	≒ 67~72	FS-17
2지 중간벽체	H19@250	H13@300	50	≒ @250	≒ @300	≒ 29~35	FS-18
2지 중앙벽체	H19@250	H19@300	50	≒ @250	≒ @300	≒ 60~69	FS-19

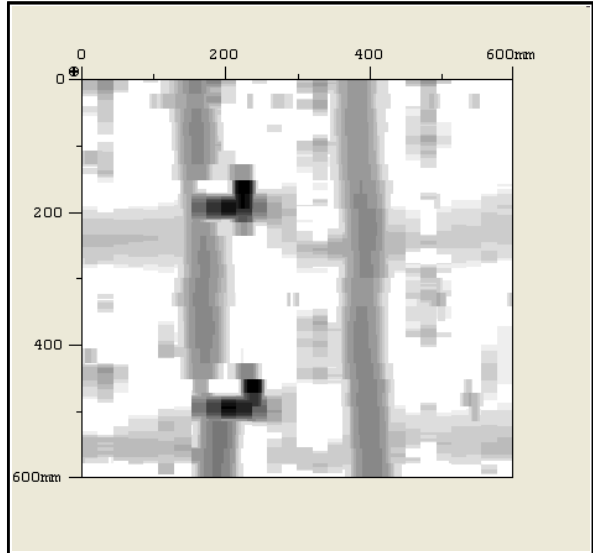
* 철근피복두께는 콘크리트 표면에서부터 철근 최외단까지의 거리임.

<철근배근상태조사 자료>

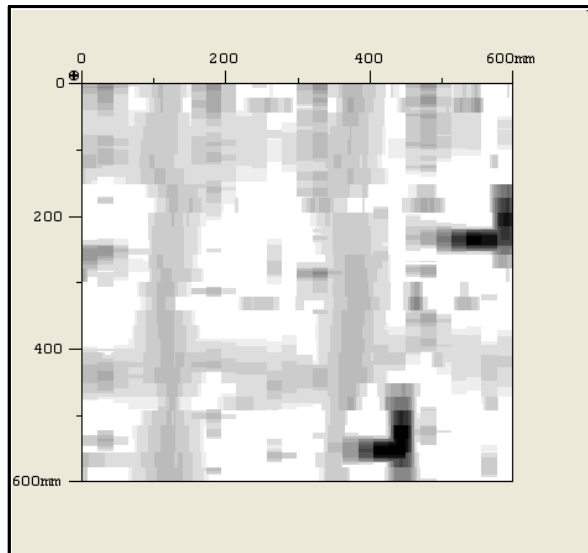




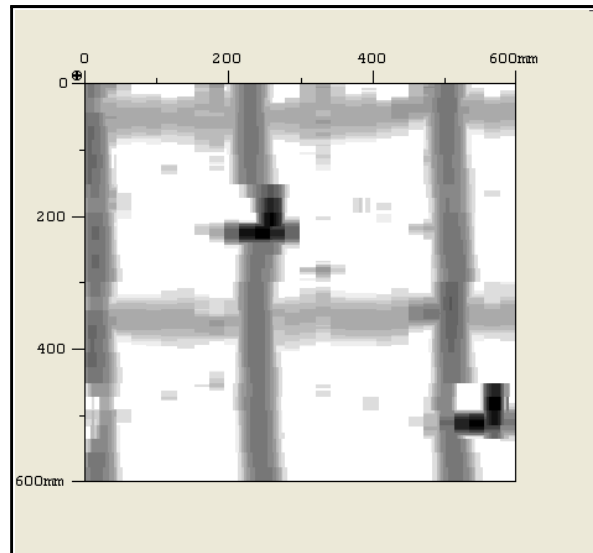
FS-05	설계도면	시공상태
주철근	H19@250	≒ @250
배력철근	H13@300	≒ @300
피복	50	≒ 35~48
측정위치	배수지 1지	
측정부재	중간벽체	



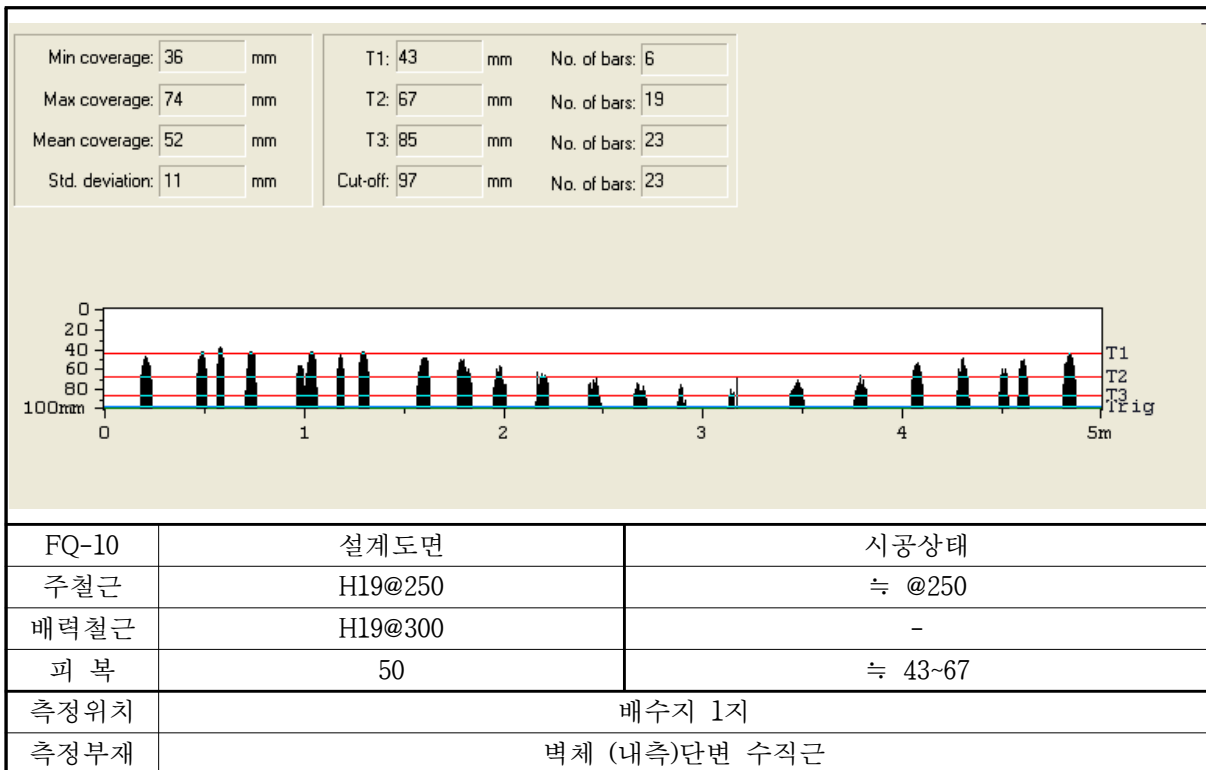
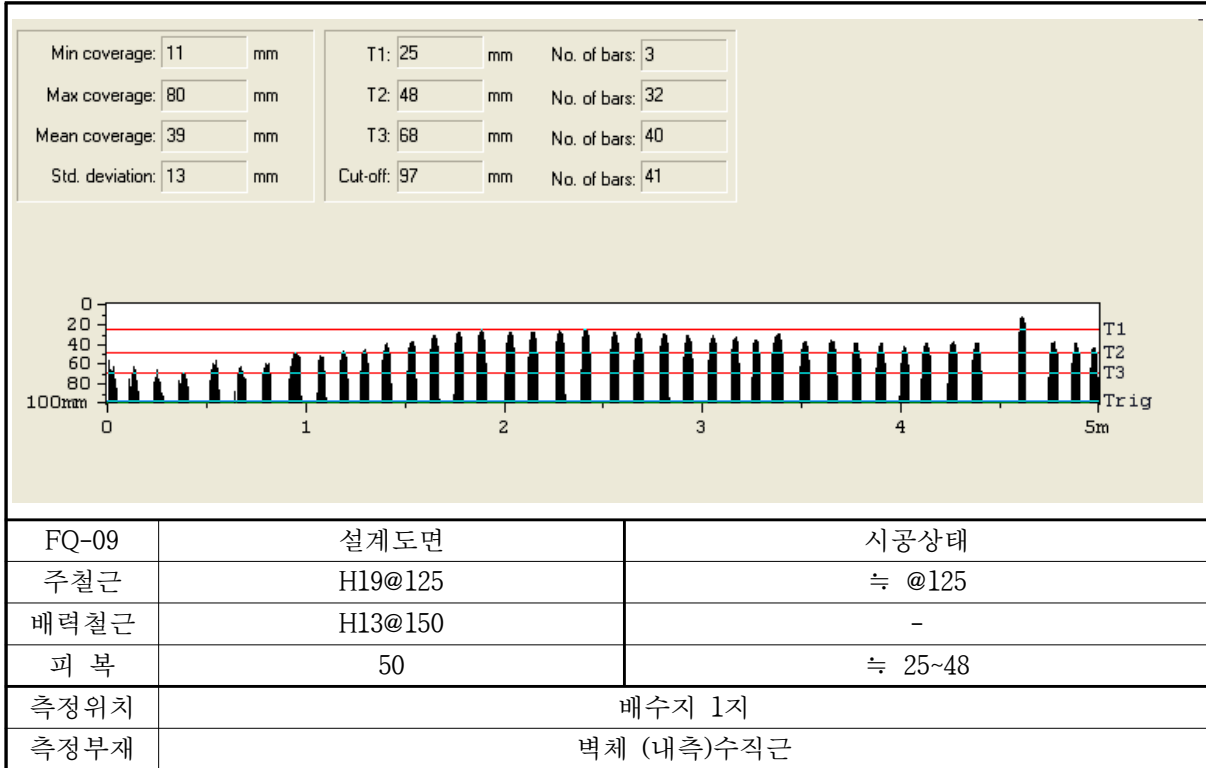
FS-06	설계도면	시공상태
주철근	H19@250	≒ @250
배력철근	H13@300	≒ @300
피복	50	≒ 49~52
측정위치	배수지 1지	
측정부재	중간벽체	

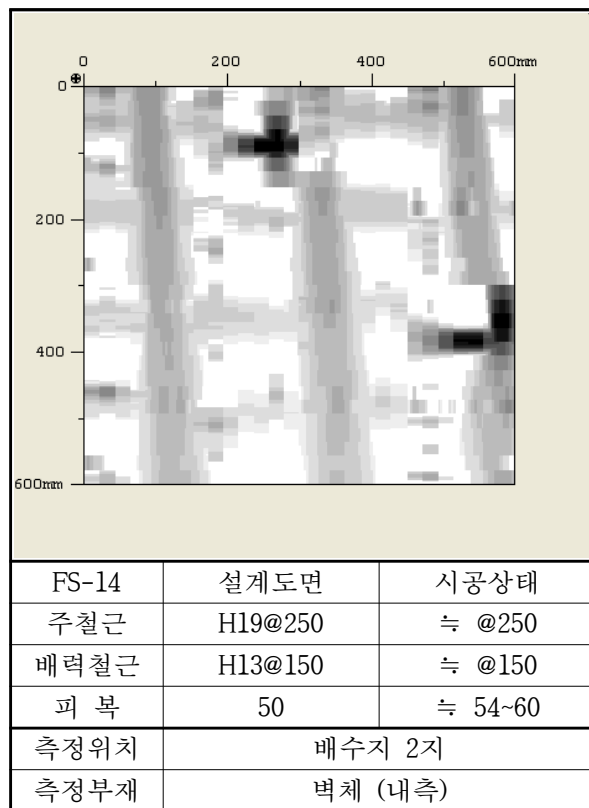
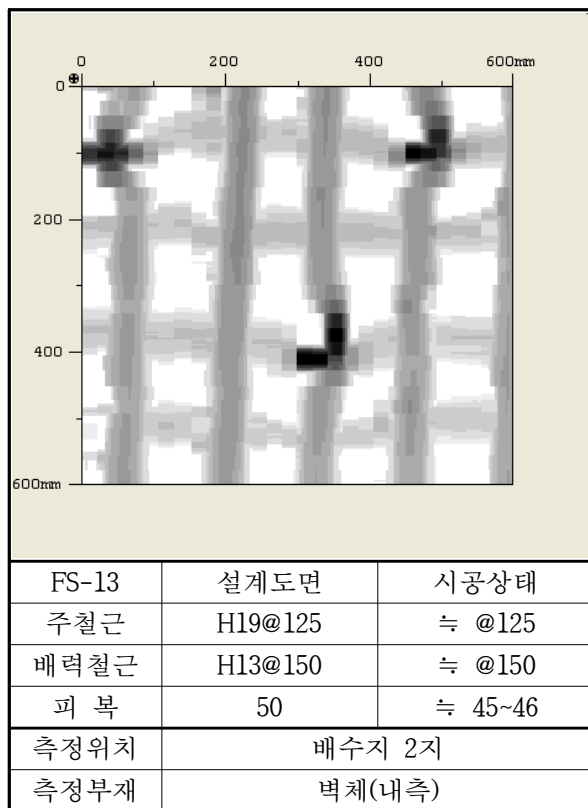
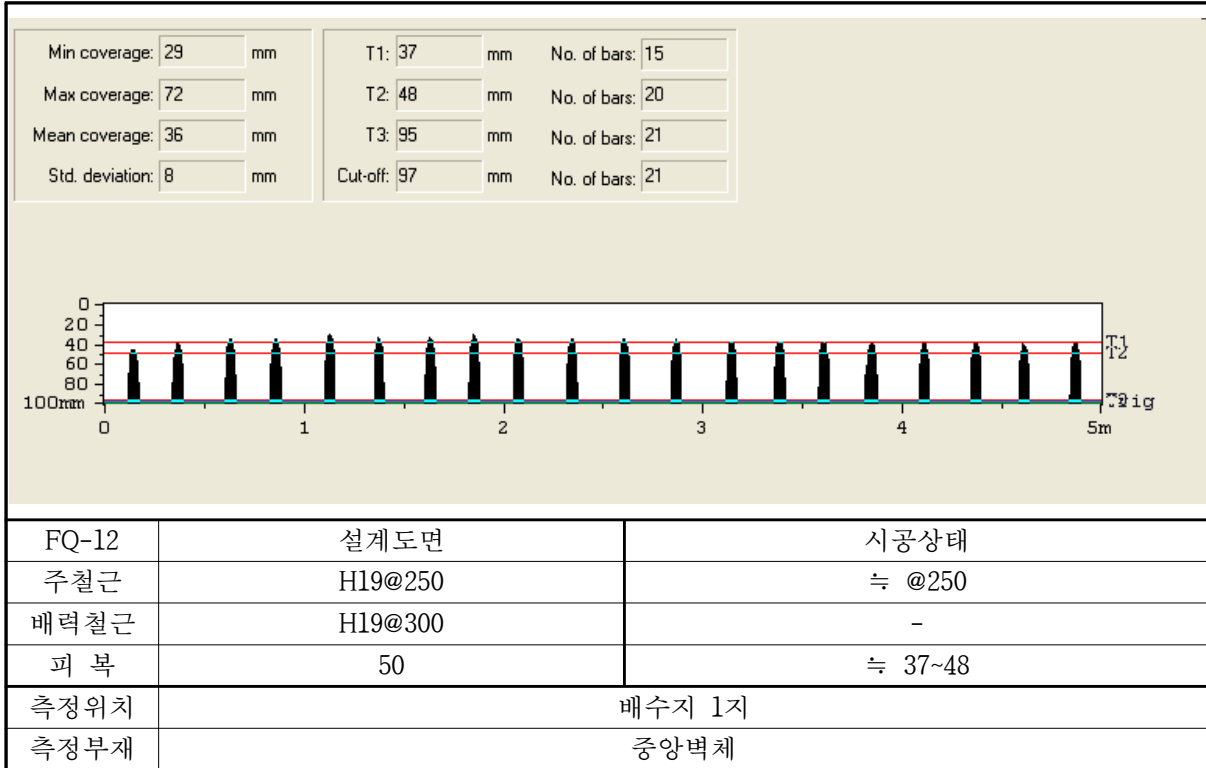


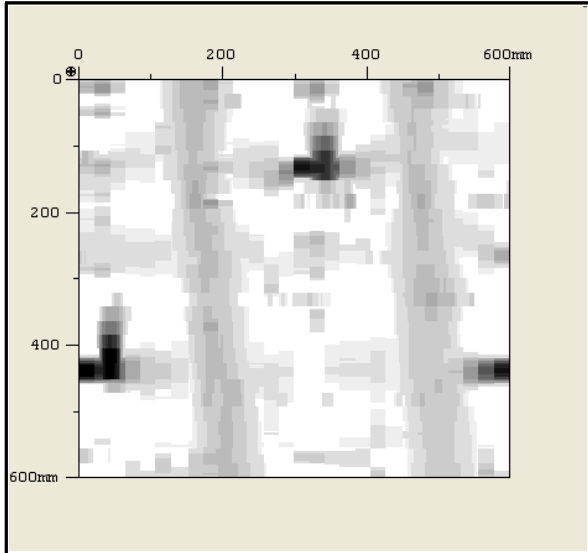
FS-07	설계도면	시공상태
주철근	H19@250	≒ @250
배력철근	H19@300	≒ @300
피복	50	≒ 58~72
측정위치	배수지 1지	
측정부재	중앙벽체	



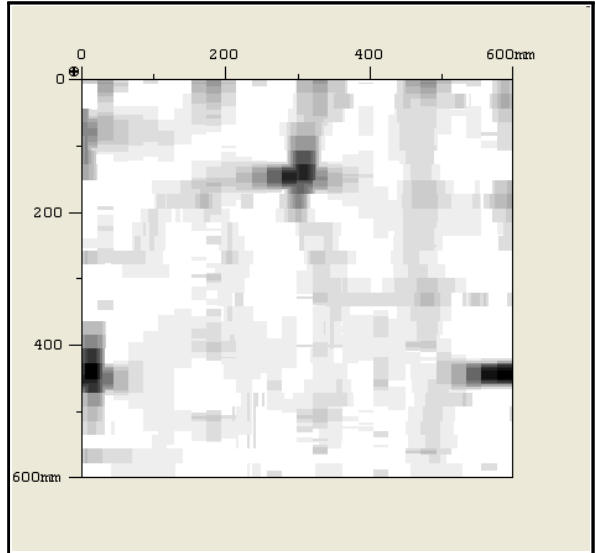
FS-08	설계도면	시공상태
주철근	H19@250	≒ @250
배력철근	H19@300	≒ @300
피복	50	≒ 38~58
측정위치	배수지 1지	
측정부재	중앙벽체	



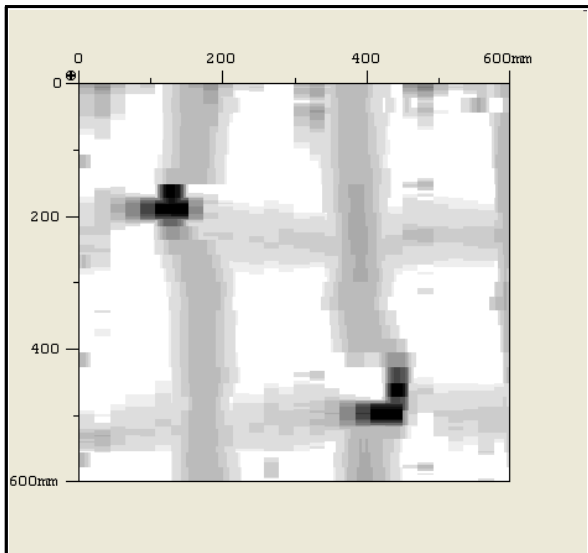




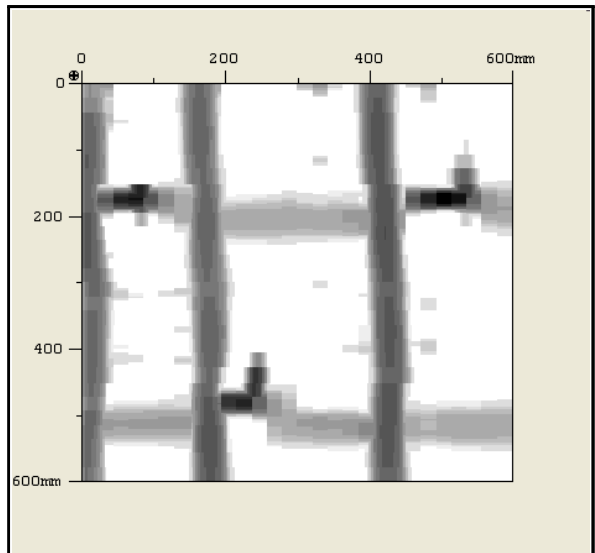
FS-15	설계도면	시공상태
주철근	H16@250	≒ @250
배력철근	H13@150	≒ @150
피복	50	≒ 57~71
측정위치	배수지 2지	
측정부재	벽체(내측)	



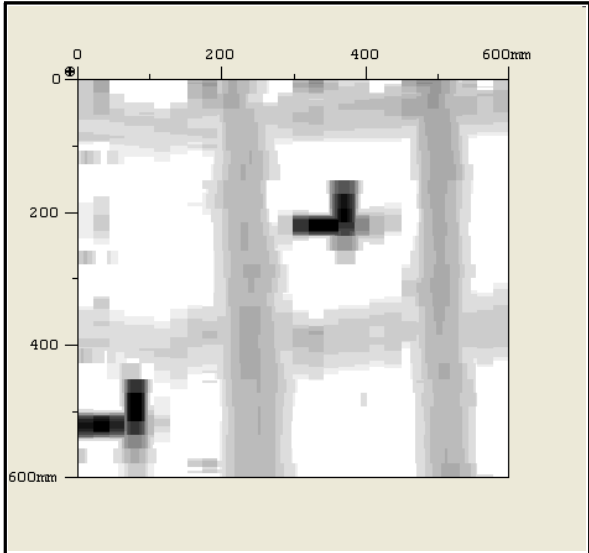
FS-16	설계도면	시공상태
주철근	H16@125	≒ @125
배력철근	H13@150	-
피복	50	≒ 70~83
측정위치	배수지 2지	
측정부재	벽체(내측)	



FS-17	설계도면	시공상태
주철근	H19@250	≒ @250
배력철근	H13@300	≒ @300
피복	50	≒ 67~72
측정위치	배수지 2지	
측정부재	중간벽체	



FS-18	설계도면	시공상태
주철근	H19@250	≒ @250
배력철근	H13@300	≒ @300
피복	50	≒ 29~35
측정위치	배수지 2지	
측정부재	중간벽체	

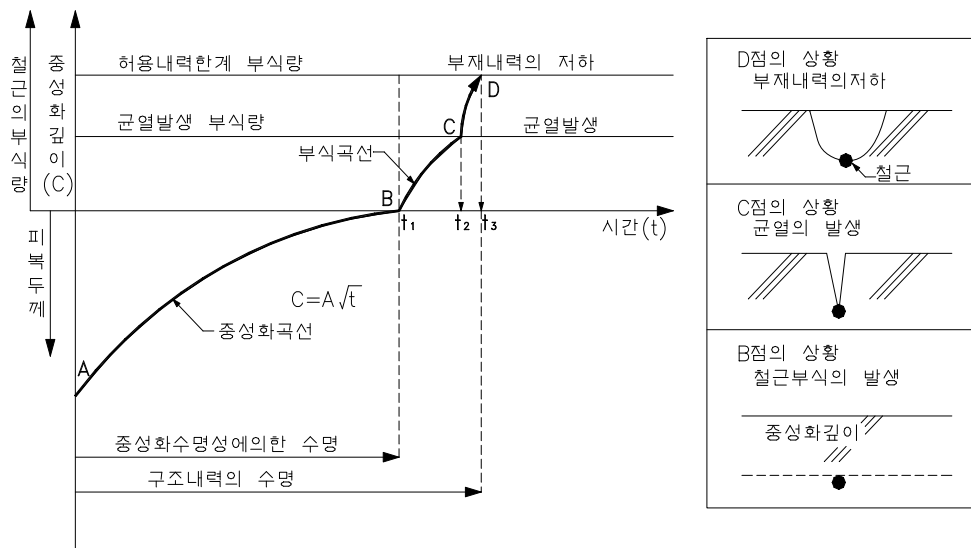


FS-19	설계도면	시공상태
주철근	H19@250	≒ @250
배력철근	H19@300	≒ @300
피복	50	≒ 60-69
측정위치	배수지 2지	
측정부재	중앙벽체	

3) 중성화시험

시공초기의 콘크리트가 pH가 11이상으로 철근은 표면에 $1 \times 10^{-6} \text{mm}$ 두께의 수산화물($\text{Y-Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{nH}_2\text{O}$) 부동태막을 형성하므로 산소 침입을 막아 철근의 부식을 방지하지만 중성화에 의하여 pH가 11보다 낮아지면 부동태막이 파괴되면서 철근에 녹이 발생하게 된다. 중성화의 판별법은 콘크리트의 피복을 해체하고 그 파단면에 1%의 페놀프탈레인-알코올 용액을 분무하여 변색 여부를 관찰하는 방법이 가장 일반적이다.

무색으로 나타난 부분은 중성화가 되었으며, 적색으로 변화하면 중성화되지 않은 부분으로 구별하게 된다. 중성화 깊이는 버어니어캘리퍼스 등으로 무색 부분의 깊이를 측정한다. 중성화와 철근콘크리트의 수명과의 관계는 아래 그림에 제시된 것과 같다.



<그림 2.2> 중성화와 철근 콘크리트 수명과의 관계

중성화가 진행되는 속도는 시멘트의 종류, 콘크리트의 품질, 환경조건에 따라 다르지만 일반적으로 사용되는 중성화 속도식은 다음에 제시되는 岸谷(안곡)식이 널리 이용된다.

$$y = \frac{0.3(1.15 + 3X)}{R^2(X - 0.25)^2} C^2 \text{-----} (X \geq 0.6) \text{일 경우} \quad (2.1)$$

$$y = \frac{7.2}{R^2(4.6X - 1.76)^2} C^2 \text{-----} (X \leq 0.6) \text{일 경우} \quad (2.2)$$

여기서 y = 경과년수

X = 물 시멘트비(강도상의 물 시멘트비)

C = 중성화 심도 (cm)

R = 중성화 비율

(골재, 화학 혼합재, 시멘트의 종류 등에 의해 정해지는 정수)

한편 일본 국토개발 기술보급 위원회에서는 중성화 깊이와 속도를 고려한 기능저하를 아래표와 같이 구분하고 있어, 본 과업에서는 이 구분을 참고적으로 적용하였다.

<표 2.6> 콘크리트의 종류별 중성화 비율 (R)

골재의 종류 혼화제 종류 시멘트의 종류	자연(하천)골재			강모래 & 화산자갈			화산자갈		
	Plain	AE제	AE 감수제	Plain	AE제	AE 감수제	Plain	AE제	AE 감수제
보통포틀랜드시멘트	1.0	0.6	0.4	1.2	0.8	0.5	2.9	1.8	1.1
조강포틀랜드시멘트	0.6	0.4	0.2	0.7	0.4	0.3	1.8	1.0	0.7
고로슬래그시멘트 (slag 30 ~ 40%)	1.4	0.8	0.6	1.7	1.0	0.7	4.1	2.4	1.6
고로시멘트 (slag 60% 전후)	2.2	1.3	0.9	2.6	1.6	1.1	6.4	3.8	2.6
실리카시멘트	1.7	1.0	0.7	2.0	1.2	0.8	4.6	3.0	2.0
플라이애쉬시멘트 (fly-ash 20%)	1.9	1.1	0.8	2.3	1.4	0.9	5.5	3.3	2.2

가) 측정결과

구조물에 대하여 중성화시험을 실시한 결과, 중성화 진행 상태는 표면 중성화로 중성화 진행정도는 미미한 것으로 측정되었다.

<표 2.7> 콘크리트 중성화 측정결과

구분	측정값 (mm)	피복 (mm)	등급	비고
유입실 상부슬래브	1.54	50	b	상태등급(b) : 피복두께/2 > 중성화깊이 (표면중성화)
유입실 벽체	1.42	50	b	
유출실 벽체(1)	1.30	50	b	
유출실 벽체(2)	1.22	50	b	



콘크리트 강도조사(유입구 상부슬래브)



콘크리트 강도조사(유출구 벽체)



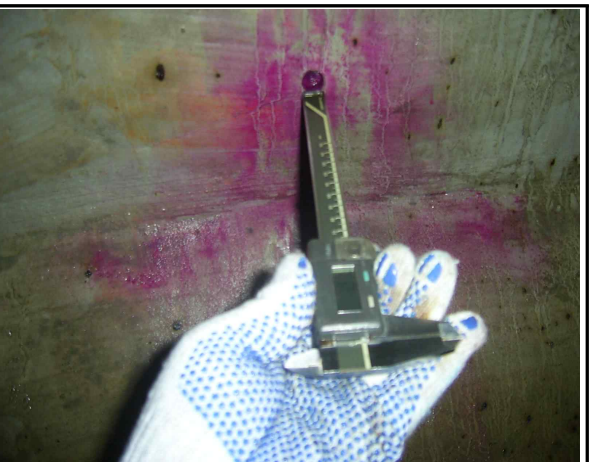
철근배근상태조사 (배수지 내측벽체)



철근배근상태조사 (배수지 중간벽체)



중성화시험(유입구 상부슬래브)



중성화시험(유출구 벽체)

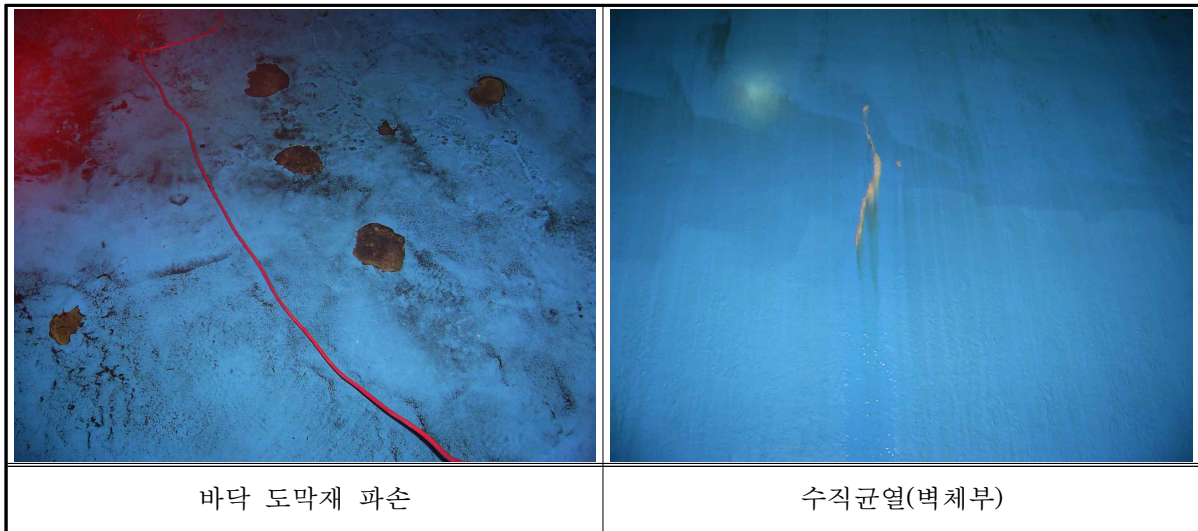
3.3 주요결함의 발생원인 분석

1) 주요결함

가) 균열 및 바닥 도막방수재 손상

배수지 구조물의 주요 손상으로는 벽체부의 수직균열과 바닥의 방수도막파손이 조사되었다. 발생한 손상은 손상정도가 경미한 상태로 구조물의 안정성에는 영향이 없을 것으로 판단된다.

손상종류	손상수량	위치	비고
도막손상	8.81㎡	배수지 바닥	
균열	29.0m	배수지 벽체	
백태	0.17㎡	배수지 벽체	
재료분리	0.25㎡	유입부 슬래브	
철근노출	1.5m	유입부 슬래브	
물탈들뜸	3.0㎡	유입부 벽체	



2) 발생원인분석

벽체부의 수직균열은 구조물(배수지)의 특성상 장지간의 벽체구조로 콘크리트의 온도변화 및 건조수축에 따른 균열로 판단되며, 바닥의 도막파손은 시공시 시공불량(수분, 이물질 등)에 따른 원인으로 추정된다. 손상정도가 경미하여 손상의 보수는 유지관리계획에 따른 적절한 보수를 실시하면 구조물의 기능유지에는 영향이 없을 것으로 판단된다.

3.4 주요부재별 상태평가 및 시설물 전체의 상태평가등급 결정

1) 시설물 상태평가방법

각 부재에 발생한 결함 및 손상에 대한 평가는 각 결함형태별 상태평가기준 및 상태평가등급에 따라 결정된다. 다음 <표 2.8>은 시설물의 상태에 따른 상태평가등급을 결정하는 표준적인 기준이다.

<표 2.8> 시설물의 상태에 따른 상태평가등급기준

상태평가 등급	시설물의 상태
A	문제점이 없는 최상의 상태
B	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

시설물의 상태평가는 결함 및 손상에 따른 각각의 상태평가기준을 적용하며 결함 및 손상이 전체구조물에 미치는 안전성의 영향정도와 구조적 중요도가 적절히 고려되어 평가될 수 있도록 결함 및 손상을 평가유형(評價類型)별로 구분하여 영향계수를 적용한다.

영향계수는 안전성에 직접적인 영향을 미치는 중요결함의 상태등급을 기준으로 하여 국부결함 및 일반손상의 등급을 상향조정함으로써 이들이 전체구조물에 미치는 영향을 평가 절하하는 계수로서 상태평가를 위한 표준적인 기준이며 책임기술자의 판단으로 조정할 수 있다.

결함 및 손상에 대한 평가유형은 다음과 같이 구분한다.

① 중요결함

침하/부상, 경사 및 활동 등과 같이 구조물의 안전성에 직접적인 영향을 미치는 결함.

② 국부결함

기초세굴, 콘크리트 중성화깊이 등과 같이 구조물의 안전성에 직접적인 영향을 미치지 않지만 결함이 진전될 경우 구조물의 안전성에 상당한 영향을 끼칠 수 있는 결함.

③ 일반손상

콘크리트 균열, 박리, 박락, 파손 및 마모 등과 같이 구조물의 안전성에 직접적인 영향이 없으며 손상이 진전되더라도 구조물의 안전성 영향에 경미한 일반적인 손상.

가) 토목구조물

(1) 항목별 상태평가기준

(가) 침하/부상

구조물의 침하나 부상은 중요결함의 하나로서 이의 결함정도에 따른 상태평가기준은 다음 <표 2.9>와 같다.

<표 2.9> 침하/부상의 상태평가기준

상태등급	평가점수	상태평가기준
a	5	침하/부상이 발생되지 않은 상태
b	4	부분적으로 경미한 침하/부상이 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	3	침하/부상의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	2	침하/부상의 정도가 심각하여 구조적인 안전에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e	1	침하/부상의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안전을 위협받고 있는 상태

(나) 경사

구조물이 기울어 경사가 이루어지는 것은 중요결함으로서 경사정도에 상태평가기준은 다음 <표 2.10>과 같다.

<표 2.10> 경사의 상태평가기준

상태등급	평가점수	상태평가기준
a	5	경사가 발생되지 않은 상태
b	4	부분적으로 경미한 경사가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않는 상태
c	3	경사의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	2	경사의 정도가 심각하여 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e	1	경사의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정이 위협받고 있는 위험한 상태

(다) 활동

구조물의 활동이 이루어지는 경우에는 구조물에 매우 심각한 손상을 발생시키는 중요 결함으로 활동의 정도에 따른 상태평가기준은 다음 <표 2-11>과 같다.

<표 2.11> 활동의 상태평가기준

상태등급	평가점수	상태평가기준
a	5	활동이 발생되지 않은 상태
b	4	부분적으로 경미한 활동이 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	3	활동의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	2	활동의 정도가 심각하여 구조적인 안전에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e)	1	활동의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안전이 위협받고 있는 위험한 상태

(라) 기초 세굴

구조물의 기초에 발생하는 세굴은 국부적인 결함이나 세굴이 심화되면 중요결함으로 발전되어 구조물의 안전성에 영향을 미치게 되며 기초의 세굴 정도에 따른 상태평가기준은 다음 <표 2.12>와 같다.

<표 2.12> 기초세굴의 상태평가기준

상태등급	평가점수	상태평가기준
a	5	세굴이 없는 상태
b	4	세굴이 경미하게 발생된 상태
c	3	경미한 세굴이 여러 곳에 산재되어 있거나 세굴이 다소 심하게 발생된 상태
d	2	세굴이 심하여 하단부가 크게 들어 나고 구조적인 안전에 영향을 미칠 수 있는 상태
e	1	세굴이 아주 심하여 구조적 안전이 심각하게 위협받고 있는 위험한 상태

(마) 콘크리트 중성화깊이

구조물의 콘크리트 중성화 정도에 따른 상태평가기준은 「콘크리트구조물의 건전도 진

단기술개발에 관한 공동연구보고서(일본 건설성 토목연구소 재료시공부 콘크리트 연구실, 1998)」의 내용을 기초로 하여 콘크리트의 피복두께를 감안한 중성화깊이에 대한 상태평가기준은 다음 <표 2.13>과 같다.

<표 2.13> 콘크리트 중성화깊이의 상태평가기준

상태등급	평가점수	상태평가기준
a	5	미진행
b	4	피복두께/2 > 중성화 깊이
c	3	피복두께 > 중성화 깊이 ≥ 피복두께/2 피복두께 > 40mm인 경우
d	2	피복두께 > 중성화 깊이 ≥ 피복두께/2 피복두께 ≤ 40mm인 경우
e	1	중성화 깊이 ≥ 피복두께

(바) 콘크리트 염화물함량

구조물의 콘크리트 염화물함량에 따른 상태평가기준은 「콘크리트구조물의 유지관리지침(안)(일본토목학회, 1995)」에서 제시되고 있는 기준과 일본 콘크리트시방서 시공편에 수록된 강제부식 발생한계 염화물농도를 1.2kgf/m³로 정하고 있는 기준을 고려하여 다음 <표 2.14>와 같이 콘크리트 염화물함량에 대한 상태평가기준을 설정하였다.

<표 2.14> 콘크리트 염화물함량의 상태평가기준

상태등급	평가점수	상태평가기준
a	5	염화물함량 ≤ 0.15 kgf/m ³
b	4	염화물함량 ≤ 0.3 kgf/m ³
c	3	0.3 kgf/m ³ < 염화물함량 ≤ 0.6 kgf/m ³
d	2	0.6 kgf/m ³ < 염화물함량 ≤ 1.2 kgf/m ³
e	1	염화물함량 > 1.2 kgf/m ³

(사) 콘크리트 균열

구조물의 콘크리트 균열은 일반손상의 하나로서 구조적 균열과 비구조적 균열로 구분되나 현장조사 시 균열의 종류를 구분하기가 어렵기 때문에 균열의 종류를 구분하지 않

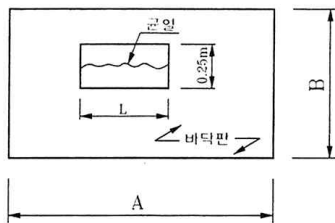
고 총체적으로 수밀성을 요구하는 구조물의 콘크리트 허용균열 폭 0.1mm 규정과 누수발생 균열 폭 약 0.2mm를 고려하여 콘크리트 균열 폭 및 면적율에 따른 상태평가기준은 다음 <표 2.15>와 같다.

<표 2.15> 콘크리트 균열의 상태평가기준

상태등급	평가점수	상태평가기준
a	5	균열 폭 0.1mm미만인면서 균열 면적율 10% 미만
b	4	균열 폭 0.1mm 미만인면서 균열 면적율 20% 이상 균열 폭 0.1 ~ 0.2mm 미만인면서 균열 면적율 20% 미만
c	3	균열 폭 0.2 ~ 0.3mm 미만인면서 균열 면적율 20% 미만 균열 폭 0.1 ~ 0.2mm 미만인면서 균열 면적율 20% 이상
d	2	균열 폭 0.3 ~ 0.5mm 미만인면서 균열 면적율 20% 미만 균열 폭 0.2 ~ 0.3mm 미만인면서 균열 면적율 20% 이상
e	1	균열 폭 0.5mm 이상 균열 폭 0.3 ~ 0.5mm 이상인면서 균열 면적율 20% 이상

주) 균열 면적율 산정방법

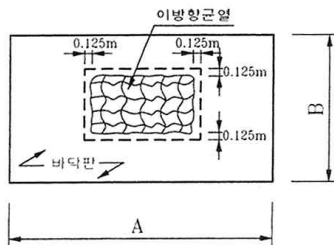
■ 1방향 균열인 경우



- 균열발생면적은 길이 당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 하며 균열의 개수가 2개 이상일 경우는 각 균열길이에 0.25m의 폭을 곱해서 합산하여 구한다.
- 균열 면적율은 아래 식으로 산정한다.

$$\frac{\text{균열발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\text{균열길이}(L) \times 0.25}{A(m) \times B(m)} \times 100 = \%$$

■ 2방향 균열인 경우



- 균열발생면적은 균열발생부위를 가로, 세로의 최 외측균열을 경계로 하여 사각형 형태로 구획한 후 점선내면면적인 (가로길이+0.25m)×(세로길이+0.25m)로 구한다.
- 균열 면적율은 아래 식으로 산정한다.

$$\frac{\text{균열발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\text{균열발생면적}(m^2)}{A(m) \times B(m)} \times 100 = \%$$

(아) 콘크리트 박리

구조물에서 발생하는 콘크리트의 박리는 일반손상 중 하나로서 상수도 토목구조물의 철근피복두께가 다양하므로 콘크리트 박리깊이 및 면적을 고려하여 상태평가기준을 설정하면 다음 <표 2.16>과 같다.

<표 2.16> 콘크리트 박리의 상태평가기준

상태등급	평가점수	상태평가기준
a	5	박리발생이 없음
b	4	박리깊이 0.5mm 미만인면서 박리 면적을 10% 미만
c	3	박리깊이 0.5 ~ 1.0mm미만인면서 박리면적을 10% 미만 박리깊이 0.5mm 미만인면서 박리면적을 10% 이상
d	2	박리깊이 1.0 ~ 25mm 미만인면서 박리면적을 10% 미만 박리깊이 0.5 ~ 10mm 미만인면서 박리면적을 10% 이상
e	1	박리깊이 1.0 ~ 25mm 미만인면서 박리면적을 10% 이상 박리깊이 25mm 이상이거나 조골재 손실

(자) 콘크리트 박락/층분리

구조물의 콘크리트 박락/층분리는 일반손상으로 손상정도에 따른 상태평가기준은 다음 <표 2.17>과 같다.

<표 2.17> 콘크리트 박락/층분리의 상태평가기준

상태등급	평가점수	상태평가기준
a	5	박락/층분리의 발생이 없음
b	4	박락/층분리 깊이 15mm 미만인면서 면적을 20% 미만
c	3	박락/층분리 깊이 15 ~ 20mm 미만인면서 면적을 20% 미만 박락/층분리 깊이 15mm 미만인면서 면적을 20% 이상
d	2	박락/층분리 깊이 20 ~ 25mm 미만인면서 면적을 20% 미만 박락/층분리 깊이 15 ~ 20mm 미만인면서 면적을 20% 이상
e	1	박락/층분리 깊이 20 ~ 25mm미만인면서 면적을 20% 이상 박락/층분리 깊이 25mm 이상이거나 조골재 손실

(차) 철근노출

구조물에서 발생하는 철근노출은 일반손상으로서 손상면적을 기준으로 구조물에 대한 상태평가기준을 설정하면 다음 <표 2.18>과 같으며 여기서 철근노출면적은 철근노출 길

이 당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 하고 철근노출 면적율은 아래 식에 의해 산출한다.

$$\text{철근노출면적율}(\%) = \frac{\text{철근노출면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\text{철근노출길이}(L) \times 0.25}{A(m) \times B(m)} \times 100 = \%$$

<표 2.18> 철근노출면적의 상태평가기준

상태등급	평가점수	상태평가기준
a	5	철근노출 없음
b	4	철근노출 면적율이 1% 미만
c	3	철근노출 면적율이 1~3% 미만
d	2	철근노출 면적율이 3~5% 미만
e	1	철근노출 면적율이 5% 이상

(카) 누수

상수도 구조물에서의 누수는 일반손상 중 하나로서 누수가 과대해지면 지반함몰 및 구조물의 내구성 저하 등의 여러 문제를 야기 시키므로 누수에 대한 구조물의 상태평가는 중요하다. 그러나 누수를 정량적으로 평가하는 것은 어렵기 때문에 누수흔적이나 진행정도를 기준으로 콘크리트 부재와 신축이음부위로 구분한 상태평가기준은 다음 <표 2.19>와 같다.

<표 2.19> 누수의 상태평가기준

상태등급	평가점수	상태평가기준	
		콘크리트 부재	신축이음부위
a	5	누수가 없음	누수가 없음
b	4	경미한 흔적(누수부위가 건조한 상태)	누수 흔적이나 토사 등의 오염
c	3	현저한 흔적(누수부위가 습윤한 상태)	파손에 의한 누수발생
d	2	누수의 진행이 관찰가능 상태	누수로 인한 신축이음 하부구조물의 부식발생
e	1	누수의 진행이 확연한 상태	누수로 인한 신축이음 하부구조물의 부식심화

(타) 백태

백태는 콘크리트 내부의 수분에 의하여 용존성분이 표면에 석출되는 현상으로 일반손

상의 일종으로 구분되며 백태에 따른 상태평가기준은 다음 <표 2.20>과 같다.

<표 2.20> 백태의 상태평가기준

상태등급	평가점수	상태평가기준
a	5	백태가 없음
b	4	백태 발생 면적율이 5% 미만
c	3	백태 발생 면적율이 5 ~ 10% 미만
d	2	백태 발생 면적율이 10 ~ 20% 미만
e	1	백태 발생 면적율이 20% 이상

(파) 콘크리트 파손

구조물이 외적인 요인에 의한 손상 및 시공 시 부주의에 의해 발생될 수 있는 재료분리 등의 정도에 따라 구조물의 내구성 및 안전성 저하를 가져올 수 있으므로 콘크리트 파손깊이 및 면적율에 따른 상태평가 기준은 다음 <표 2.21>과 같다.

<표 2.21> 콘크리트 파손의 상태평가기준

상태등급	평가점수	상태평가기준
a	5	파손이 없음
b	4	파손깊이 5mm 미만이면서 파손면적율 10% 미만,
c	3	파손깊이 5 ~ 10mm 미만이면서 파손면적율 10% 미만 파손깊이 5mm 미만이면서 파손면적율 10% 이상
d	2	파손깊이 10 ~ 20mm 미만이면서 파손면적율 10% 미만 파손깊이 5 ~ 10mm 미만이면서 파손면적율 10% 이상
e	1	파손깊이 20mm 이상이면서 파손면적율 10% 미만, 파손깊이 10 ~ 20mm 이상이면서 파손면적율 10% 이상

(하) 신축이음 탈락 및 열화

상수도의 구조물은 대부분 장대형으로 신축이음이 여러 곳에 설치되어 있으며 이의 신축이음 부재가 탈락하거나 열화가 크게 진행되는 경우에는 누수 등의 발생으로 여러 가지 문제를 야기할 수 있으므로 구조물의 상태평가 시 신축이음의 상태를 고려함이 필요함에 따라 다음 <표 2.22>와 같이 신축이음 탈락 및 열화 정도에 따른 상태평가기준을 설정하였다.

<표 2.22> 신축이음 탈락 및 열화의 상태평가기준

상태등급	평가점수	상태평가기준	
		부재의 탈락정도	부재의 열화정도
a	5	없음	없음
b	4	없음	고무판 마모, 강재의 부식(녹) 발생 등의 경미한 열화
c	3	고정 장치의 이완으로 신축이음 본체 유동	고무판 마모, 강재의 부식(녹) 발생 등의 열화심화
d	2	고정 장치의 파손으로 신축이음 본체 일부 탈락 및 손상	
e	1	신축이음 본체 파손	

(2) 영향계수(F)

토목구조물에 발생하는 각종 손상 및 결함에 의한 구조물의 상태평가 시 각각의 손상 및 결함이 구조물에 미치는 구조적인 영향도가 적절히 고려되어 평가될 수 있도록 손상 및 결함의 종류에 따라 영향계수를 적용하게 되므로 다음 <표 2.23>에 토목구조물의 결함 및 손상별 영향계수를 설정하였으며 여기에서 설정한 영향계수(F)는 토목구조물의 상태평가를 위한 기준으로서 현장여건, 구조물의 특성 및 상황 등에 따라 책임기술자의 판단으로 조정 가능한 것으로 한다.

<표 2.23> 토목구조물의 손상 및 결함 평가항목별 영향계수

손상 및 결함 평가항목	평가유형	상태등급	평가점수	영향계수												
침하/부상	중요결함	a	5	1.0												
경 사		b	4													
활 동		c	3													
		d	2													
		e	1													
기 초 세 굴	국부결함	a	5	1.0												
콘크리트 중성화깊이		b	4	1.1												
콘크리트 염화물함량		c	3	1.2												
		d	2	1.4												
콘크리트 균열	일반손상	e	1	2.0												
콘크리트 박리		a	5	1.0												
콘크리트 박락/충분리					b	4	1.1									
철 근 노 출								c	3	1.3						
누 수											d	2	1.7			
백 태														e	1	3.0
콘크리트 파손																
신축이음 탈락/열화																

2) 상태평가등급 산정절차

상수도 시설물은 크게 관로시설물, 토목구조물 및 기계·전기설비 및 건축구조물로 구분되며 상수도전용 댐(수원지시설)이 존재하는 경우에는 이를 상수도 시설물에 포함한다.

대상시설물은 토목구조물인 배수지에 한정되어 세부지침에서 제시하는 토목구조물의 상태등급산정절차에 의해 평가에 따라 수행한다.

3) 개별시설물 상태평가 결과

1단계~ 4단계의 세부평가내용은 부록참조

개별시설물	상태평가 점수(4단계)	상태 등급
배수지	4.57	a

제 3 장 시설물의 종합평가

3.1 종합평가등급 산정절차

3.2 종합평가등급

제 4 장 시설물의 종합평가

4.1 종합평가등급 산정절차

1) 개별시설물

개별시설물의 종합평가등급 산정은 4단계 평가단계에서 수행하는 평가항목 중 하나로서 안전성평가를 실시하지 않는 경우에는 상태평가등급을 종합평가등급으로 가름하지만 안전성평가를 실시하는 경우에는 개별시설물을 구성하고 있는 각각의 부재나 구조물의 상태 및 안전성평가 결과로 산출된 개별시설물의 상태평가지수(E_c)와 안전성평가지수(E_s) 중 작은 값을 종합평가지수(E_t)로 적용하여 아래 <표 3.1>의 종합평가지수(E_t)에 따른 종합평가등급기준에 의해 개별시설물에 대한 종합평가등급을 부여한다.

$$\text{종합평가지수} (E_t) = \text{MIN}(E_c , E_s)$$

여기서, E_c : 상태평가지수

E_s : 안전성평가지수

<표 3.1> 종합평가지수(E_t) 범위에 따른 종합평가등급기준

종합평가지수(E_t)	종합평가등급	비 고
$4.5 \leq E_t \leq 5.0$	a	
$3.5 \leq E_t < 4.5$	b	
$2.5 \leq E_t < 3.5$	c	
$1.5 \leq E_t < 2.5$	d	
$1.0 \leq E_t \leq 1.5$	e	

2) 복합, 통합 및 종합시설물

개별시설물의 평가단계(4단계) 이후에 순차적으로 이루어지는 복합시설물의 종합평가(5단계), 통합시설물의 종합평가(6단계) 및 종합시설물의 종합평가(7단계) 시 수행되는 각각의 종합평가등급 산정은 개별시설물의 종합평가지수를 기초로 하여 시설물의 중요도(W) 및 아래 <표 3.2>의 종합평가지수에 따른 조정계수(A)를 반영하여 이루어진다.

<표 3.2> 종합평가지수에 따른 조정계수(A)

종합평가등급	a	b	c	d	e
종합평가지수(Et)	$5.0 \geq Et \geq 4.5$	$4.5 > Et \geq 3.5$	$3.5 > Et \geq 2.5$	$2.5 > Et \geq 1.5$	$1.5 > Et \geq 1.0$
조정계수(A)	1	2	3	6	6

<표 3.3> 시설물의 종합평가기준

종합평가 등급	종합평가기준
a	문제점이 전혀 없는 상태
b	기능발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태
c	전체적으로 시설물의 안전에는 지장이 없으나 보통의 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 주요부재의 내구성, 기능성 저하방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
d	주요부재에 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내하력, 내구성 및 기능성 저하방지를 위한 대규모의 보수 또는 보강이 필요한 상태
e	주요부재에 심각한 손상, 결함, 열화 등의 발생으로 인해 시설물의 안전에 위협이 있어 사용제한이 시급한 경우로서 임시조치 후 사용하거나 즉각 사용금지 또는 보강·개축이 필요한 상태

4.2 종합평가등급

1) 개별시설물 종합평가표

개별시설물의 종합평가등급 산정은 4단계 평가단계에서 수행하는 평가항목 중 하나로서 안전성평가를 실시하지 않는 경우에는 상태평가등급을 종합평가등급으로 가름한다.

종합평가지수 (E_t) = (E_c) 여기서, E_c : 상태평가지수

<표 3.4> 토목구조물의 개별시설물 종합평가표

개별시설물	상태평가 점수(4단계)	상태 등급
배수지 1지	4.57	a
배수지 2지	4.57	a

2) 복합시설물 종합평가표

상수도의 복합시설물은 기능과 역할이 각각 다른 개별시설물들의 집합이지만 개별시설물들의 문제발생 시 해당 복합시설물의 기능성 및 안전성에 미치는 영향도가 거의 비슷하다고 할 수 있으므로 복합시설물을 구성하는 각 개별시설물의 중요도는 동일하다고 보며 개별시설물별 규모(크기)에 대한 가중치만 고려하는 것으로 한다.

따라서 복합시설물의 종합평가는 각 개별시설물의 종합평가지수(E_{t1})에 규모에 따른 가중치(S)를 고려하고 앞에서 제시한 <표 3.1>의 종합평가지수에 따른 조정계수(A)를 반영하는 아래 식을 적용하여 복합시설물의 종합평가지수(E_{t2})를 산출하여 복합시설물에 대한 종합평가등급(알파벳 소문자)을 결정한다.

$$\text{복합시설물의 종합평가지수}(E_{t2}) = \sum(E_{t1} \times P) / \sum P$$

여기서, E_{t1} : 개별시설물의 종합평가지수

P : 조정 값(=A × S)

A : 조정계수

S : 개별시설물별 규모(m^3)

복합시설물 종합평가표						
복합시설물명	배수지	복합시설물 규모	시설(Q=35,000m ³ /일)			표번호
근거(4단계) 표번호	토목4-1					토목5-1
개별시설물구분	종합평가 등급	종합평가 지수(Et1)	조정계수 (A)	규 모 (S)	조정값 (P=A ×S)	계산값 (Et1 ×P)
배수지	a	4.57	1	796.5	796.5	3643.3
합계(Σ)				796.5	796.5	3643.3
평가의견	균열 및 백태, 방수도막의 손상이 부분적으로 발생된 상태이나 전반적으로 양호한 상태임.					
종합평가결과	1. 복합시설물(토목구조물) 종합평가지수(Et2) = Σ(Et1 ×P)/ ΣP = 4.57 2. 복합시설물(토목구조물) 종합평가등급 = a 등급					

토목구조물인 배수지에 대한 종합평가지수는 4.57로 “종합평가 등급 A” 으로 평가되었다.

제 4 장 종합결론

4.1 종합결론

4.2 향후 유지관리방안

제 5 장 종합결론

본 용역은 시설물의 안전관리에 관한 특별법 제6조 및 동 시행령 제6조 의거 신림2-1배수지 하자만료에 따른 정밀점검 용역을 시행하여 위험 및 수명단축 요인을 미리 조사·평가하고 그에 대한 적절한 보수·보강공법을 제시하여 시설물 기능 확보와 재해 및 재난을 예방하여 시설물의 효용증진과 안전성확보에 그 목적이 있다.

5.1 종합결론

1) 외관조사 결과분석

가) 유입부 및 유출부

유입부 및 유출부에 대한 조사결과 철근노출, 몰탈들뜸, 체수, 재료분리가 조사되었으나 손상정도가 경미하고 국부적 손상으로 구조물의 안정성에는 영향이 없을 것으로 판단된다.

나) 배수지

배수지에 대한 외관조사결과, 벽체부의 수직균열과 바닥 도막방수재의 탈락이 일부 조사되었다.

벽체부의 수직균열은 구조물(배수지)의 특성상 장지간의 벽체구조로 콘크리트의 온도변화 및 건조수축에 따른 균열로 판단되며, 바닥의 방수도막파손은 시공시 시공불량(수분, 이물질 등)에 따른 원인으로 추정된다. 발생한 손상은 손상정도가 경미한 상태로 구조물의 안정성에는 영향이 없을 것으로 판단된다.

2) 현장시험결과의 분석

가) 콘크리트 강도조사

콘크리트면이 노출된 유입구 및 유출부에 비파괴장비를 이용하여 반발경도법에 의한 콘크리트의 압축강도를 조사결과 32.8~26.9Mpa로 설계기준강도(24Mpa)를 상회하는 것으로 조사되었다.

나) 철근배근상태조사

본 시설물에 대한 철근배근상태 조사결과, 배근간격 및 철근피복은 대체적으로 설계도면에 준하여 시공된 것으로 조사되었다.

다) 중성화시험

구조물에 대하여 중성화시험을 실시한 결과, 중성화 진행 상태는 표면 중성화로 중성화 진행정도는 미미한 것으로 측정되었다.

3) 주요결함 원인분석

가) 균열 및 바닥 도막방수재 손상

배수지 구조물의 주요 손상으로는 벽체부의 수직균열과 바닥의 방수도막파손이 조사되었다. 발생한 손상은 손상정도가 경미한 상태로 구조물의 안정성에는 영향이 없을 것으로 판단된다.

손상종류	손상수량	위치	비고
도막손상	8.81㎡	배수지 바닥	
균열	29.0m	배수지 벽체	

나) 발생원인분석

벽체부의 수직균열은 구조물(배수지)의 특성상 장지간의 벽체구조로 콘크리트의 온도변화 및 건조수축에 따른 균열로 판단되며, 바닥의 도막파손은 시공시 시공불량(수분, 이물질 등)에 따른 원인으로 추정된다. 손상정도가 경미하여 손상의 보수는 유지관리계획에 따른 적절한 보수를 실시하면 구조물의 기능유지에는 영향이 없을 것으로 판단된다.

4) 시설물 전체의 상태평가등급 결정

복합시설물 종합평가표						
복합시설물명	배수지	복합시설물 규 모	시설(Q=35,000m ³ /일)			표번호
근거(4단계) 표번호	토목4-1					토목5-1
개별시설물구분	종합평가 등급	종합평가 지수(Et1)	조정계수 (A)	규 모 (S)	조정값 (P=A ×S)	계산값 (Et1 ×P)
배수지	a	4.57	1	796.5	796.5	3643.3
합계(Σ)				796.5	796.5	3643.3
평가의견	균열 및 백태, 방수도막의 손상이 부분적으로 발생된 상태이나 전반적으로 양호한 상태임.					
종합평가결과	1. 복합시설물(토목구조물) 종합평가지수(Et2) = Σ(Et1 ×P)/ ΣP = 4.57 2. 복합시설물(토목구조물) 종합평가등급 = a 등급					

5.2 향후 유지관리방안

1) 개요

본 과업의 대상 시설물은 『시설물의 안전관리에 관한 특별법』에서 2종 시설물로 분류하고 있는 주요 시설물이므로 특별법 제7조 및 동 시행령 제9조에 의거하여 시설물의 기능과 안전을 유지하고 재해예방을 위하여 정기점검, 정밀점검, 긴급점검 및 정밀안전진단을 정기적으로 실시하여야 한다. 따라서, 시설물의 유지관리를 보다 효과적으로 실시하기 위해서는 본 과업에서 제시한 시설물별 주요 점검부위를 중심으로 정기적으로 육안검사를 실시하되 특히 현 상태에서 주기적인 관찰 및 점검 등을 실시하여 추가 손상이 진전되지 않도록 이력관리를 하여야 한다.

2) 주요손상에 따른 유지관리방안

본 구조물에 대한 점검결과 조사된 손상은 대부분 손상정도가 경미하고 손상규모가 국부적인 손상으로 구조물의 기능유지 및 안정성에는 큰 영향이 없을 것으로 판단된다.

따라서 발생한 손상에 대하여는 차후 점검시 손상의 진행정도 및 구조물의 유지관리 계획에 따른 보수계획을 고려하여 결정함이 바람직 할 것으로 판단된다.

<표 4.1> 주요손상 및 손상별 보수수준

손상종류	손상수량	위치	보수공법(보수시)	보수수준	비고
도막손상	8.81㎡	배수지 바닥	도막보수공법	유지관리	
균열	29.0m	배수지 벽체	주입보수공법	유지관리	
백태	0.17㎡	배수지 벽체	백태보수공법	유지관리	
재료분리	0.25㎡	유입부 슬래브	단면보수공법	유지관리	
철근노출	1.5m	유입부 슬래브	단면보수공법	유지관리	
물탈들뜸	3.0㎡	유입부 벽체	단면보수공법	유지관리	