


상수도

안전점검 및 정밀안전진단

세 부 지 칩

2003. 12.

건 설 교 통 부
 한국시설안전기술공단

이 책자는 시설물의 안전관리에 관한 특별법 제 13조 및 같은 법 시행령 제13조의 규정에 의하여 제정한 안전점검 및 정밀안전진단 지침(건설교통부 고시, 2003-170호, '03. 7. 4)의 시행을 위하여 세부지침을 정한 것으로 점검 및 진단종사자는 본 세부지침에 따라 실시하되, 개별 시설물의 특성 및 제반여건 등을 고려하여 적절히 응용 실시할 수 있습니다.

목 차

제 1 장 총 칙	1
1.1 목 적	3
1.2 적용범위	3
1.3 용어의 정의	3
1.4 안전관리 업무흐름	4
제 2 장 관리일반	7
2.1 일 반	9
2.1.1 점검 및 진단 실시	9
2.1.2 점검 및 진단시 안전에 관한 사항	9
2.2 관리에 필요한 자료	11
2.2.1 설계 및 준공관련 도서	11
2.2.2 사진	12
2.2.3 품질관리 관련자료	12
2.2.4 보수·보강이력	12
2.2.5 사고기록	12
2.2.6 점검 및 진단시 필요사항	12
2.2.7 시설물 관리대장	12
2.2.8 계측기록	13
2.2.9 기타	13
2.3 점검 및 진단자료	13
2.3.1 일반	13
2.3.2 점검 및 진단 자료갱신	13
2.4 상태 및 안전성 평가자료	13
2.4.1 상태평가 자료	13
2.4.2 안전성평가 자료	14
2.4.3 종합평가 자료	14
2.4.4 계측결과 자료	14

제 3 장 안전점검	15
3.1 일 반	17
3.2 점검종류	19
3.2.1 정기점검	19
3.2.2 정밀점검	19
3.2.3 긴급점검	20
3.3 점검계획 및 방법	21
3.3.1 고려사항	21
3.3.2 점검계획	21
3.3.3 점검방법	22
3.4 상태평가	26
3.5 안전성평가	26
3.6 종합평가	26
3.7 점검보고서	26
제 4 장 정밀안전진단	29
4.1 일 반	31
4.2 진단계획 및 방법	31
4.2.1 고려사항	31
4.2.2 진단범위	33
4.2.3 진단내용	33
4.2.4 진단계획	33
4.2.5 진단방법	34
4.3 상태평가	37
4.4 안전성평가	37
4.5 종합평가	38
4.6 진단보고서	38
제 5 장 조사·시험항목 및 수량	41
5.1 일반	43
5.2 조사·시험항목 및 수량기준	43
5.2.1 조사·시험항목의 선정	43

5.2.2 조사·시험수량의 결정	45
제 6 장 상태평가 기준 및 절차	65
6.1 일 반	67
6.2 상태평가기준	67
6.2.1 관로	68
6.2.2 토목구조물	77
6.2.3 강 구조물	85
6.2.4 기계·전기설비	87
6.3 상태평가등급 산정절차	100
6.3.1 평가단계별 부재 및 시설물 구분	100
6.3.2 상태평가등급 산정예시	101
제 7 장 안전성평가 기준 및 절차	119
7.1 일 반	121
7.2 안전성 평가기준	122
7.2.1 관로시설물	122
7.3.2 토목구조물	124
7.3 안전성평가등급 산정절차	124
7.3.1 안전성평가등급 산정	124
7.3.2 안전성평가등급 산정예시	125
제 8 장 종합평가 기준 및 절차	127
8.1 일 반	129
8.2 종합평가 기준	129
8.3 종합평가등급 산정절차	130
8.3.1 종합평가등급 산정	130
8.3.2 종합평가등급 산정예시	131
제 9 장 보수·보강방법	139
9.1 일 반	141
9.2 보수·보강	141
9.2.1 필요성판단	141

9.2.2 공법선정	141
9.2.3 수준결정	143
9.2.4 우선순위결정	144

부 록	145
I. 표준서식	147
II. 상태조사표 및 평가표	155

표 목 차

<표 5.2-1> 상수도의 조사·시험항목	44
<표 6.2-1> 시설물의 상태에 따른 상태평가등급기준	67
<표 6.2-2> 관로사고이력의 상태평가기준	68
<표 6.2-3> 관 내·외면 방식도장 유무에 대한 상태평가기준	69
<표 6.2-4> 노면하중의 상태평가기준	69
<표 6.2-5> 관내수압의 상태평가기준	69
<표 6.2-6> 사용년수에 대한 상태평가기준	70
<표 6.2-7> 퇴메움 토양의 상태평가기준	70
<표 6.2-8> 토양비저항의 상태평가기준	71
<표 6.2-9> 토양pH의 상태평가기준	71
<표 6.2-10> 황화물 및 염화물 함량의 상태평가기준	71
<표 6.2-11> 수질 부식성의 상태평가기준	72
<표 6.2-12> 관대지전위차의 상태평가기준	72
<표 6.2-13> 관내·외면 방식도막의 잔존율에 대한 상태평가기준	73
<표 6.2-14> 배관부식의 상태평가기준	73
<표 6.2-15> 잔존 관두께의 상태평가기준	74
<표 6.2-16> 관체 변형의 상태평가기준	74
<표 6.2-17> 배관의 누수에 대한 상태평가기준	74
<표 6.2-18> 관로의 손상 및 결함 평가항목별 영향계수	75
<표 6.2-19> 침하/부상의 상태평가기준	77
<표 6.2-20> 경사의 상태평가기준	77
<표 6.2-21> 활동의 상태평가기준	78
<표 6.2-22> 기초세굴의 상태평가기준	78
<표 6.2-23> 콘크리트 중성화깊이의 상태평가기준	79
<표 6.2-24> 콘크리트 염화물함량의 상태평가기준	79
<표 6.2-25> 콘크리트 균열의 상태평가기준	80
<표 6.2-26> 콘크리트 박리의 상태평가기준	81
<표 6.2-27> 콘크리트 박락/층분리의 상태평가기준	81
<표 6.2-28> 철근노출면적의 상태평가기준	82

<표 6.2-29> 누수의 상태평가기준	82
<표 6.2-30> 백태의 상태평가기준	83
<표 6.2-31> 콘크리트 파손의 상태평가기준	83
<표 6.2-32> 신축이음 탈락 및 열화의 상태평가기준	84
<표 6.2-33> 토목구조물의 손상 및 결함 평가항목별 영향계수	84
<표 6.2-34> 강재 부식의 상태평가기준	85
<표 6.2-35> 강재 피로균열의 상태평가기준	85
<표 6.2-36> 강재 변형 및 변위의 상태평가기준	86
<표 6.2-37> 강재의 도장상태에 따른 상태평가기준	86
<표 6.2-38> 강 구조물의 손상 및 결함 평가항목별 영향계수	87
<표 6.2-39> 펌프베드 기초부의 상태평가기준	88
<표 6.2-40> 펌프의 형식 및 설치기준에 따른 진동평가 대상펌프의 등급	89
<표 6.2-41> 진동 시베러티 범위에 따른 펌프등급별 양호도 판정기준	89
<표 6.2-42> 펌프의 진동크기에 따른 펌프의 상태평가기준	90
<표 6.2-43> 생활 소음·진동 규제기준(환경법 제29조2 제3항)	91
<표 6.2-44> 펌프의 소음크기에 따른 상태평가기준	92
<표 6.2-45> 펌프의 도장상태 및 부식정도에 따른 상태평가기준	92
<표 6.2-46> 관체의 손상정도에 따른 상태평가기준	93
<표 6.2-47> 드레시형 신축관의 연결부(이음부)에 대한 최대 설치편각 기준	94
<표 6.2-48> 관연결부의 손상정도에 따른 상태평가기준	94
<표 6.2-49> 밸브의 손상정도에 따른 상태평가기준	95
<표 6.2-50> 저압전로의 절연저항 기준치	96
<표 6.2-51> 동력케이블 및 전동기의 절연열화에 따른 상태평가기준	97
<표 6.2-52> 접지종류 및 권고값	97
<표 6.2-53> 접지불량에 따른 상태평가기준	98
<표 6.2-54> 현장제어반의 일반적인 점검항목	98
<표 6.2-55> 현장제어반의 불량정도에 따른 상태평가기준	99
<표 6.2-56> 기계·전기설비의 손상 및 결함 평가항목별 영향계수	99
<표 6.3-1> 상수도 시설물의 평가단계별 평가대상 부재 및 시설물 구분(예)	100
<표 6.3-2> 관로의 개별부재(부위)별 손상 및 결함상태 조사표 예	101
<표 6.3-3> 상태평가지수 범위에 따른 상태평가등급기준 및 평가유형별 영향계수(F)	102

<표 6.3-4> 관로 개별부재의 상태평가표 예	102
<표 6.3-5> 관로의 개별부재 종류에 따른 중요도(W) 및 조정방법의 예	103
<표 6.3-6> 상태평가지수에 따른 조정계수(A)	103
<표 6.3-7> 관로 복합부재의 상태평가표 예	104
<표 6.3-8> 관로 개별시설물의 상태평가표 예	105
<표 6.3-9> 수로터널의 개별부재(부위)별 손상 및 결함상태 조사표 예	106
<표 6.3-10> 수로터널 개별부재의 상태평가표 예	107
<표 6.3-11> 수로터널 복합부재의 상태평가표 예	108
<표 6.3-12> 수로터널 개별시설물의 상태평가표 예	109
<표 6.3-13> 토목구조물의 개별부재(부위)별 손상 및 결함상태 조사표 예	110
<표 6.3-14> 토목구조물 개별부재의 상태평가표 예	111
<표 6.3-15> 개별부재별 중요도(A) 기준	112
<표 6.3-16> 토목구조물 복합부재의 상태평가표 예	113
<표 6.3-17> 토목구조물의 개별시설물의 상태평가표 예	114
<표 6.3-18> 기전설비의 개별부재(부위)별 손상 및 결함상태 조사표 예	115
<표 6.3-19> 기전설비 개별부재의 상태평가표 예	116
<표 6.3-20> 기전설비 복합부재의 상태평가표 예	117
<표 6.3-21> 기전설비 개별시설물의 상태평가표 예	118
<표 7.2-1> 부재 및 구조물의 안전성 평가기준	123
<표 7.3-1> 안전성평가지수(E_s) 범위에 따른 안전성평가등급기준	125
<표 7.3-2> 관로의 개별시설물에 대한 안전성평가표 예	126
<표 7.3-3> 토목구조물의 개별시설물에 대한 안전성평가표 예	126
<표 8.2-1> 시설물의 종합평가기준	129
<표 8.3-1> 종합평가지수 범위에 따른 종합평가등급기준	130
<표 8.3-2> 종합평가지수에 따른 조정계수(A)	130
<표 8.3-3> 관로 개별시설물의 종합평가표 예	131
<표 8.3-4> 토목구조물의 개별시설물 종합평가표 예	132
<표 8.3-5> 관로 복합시설물의 종합평가표 예	133
<표 8.3-6> 토목구조물의 복합시설물 종합평가표 예	134
<표 8.3-7> 관로시설물의 통합시설물 종합평가표 예	135
<표 8.3-8> 토목구조물의 통합시설물 종합평가표 예	135

<표 8.3-9> 분야별 시설물(통합시설물)의 중요도(A) 136
<표 8.3-10> 통합시설물의 종합평가표 예 137
<표 9.2-1> 콘크리트 균열의 보수공법 적정성 비교 143

그 립 목 차

<그림 1.4-1> 상수도 안전관리 업무흐름도	5
<그림 3.1-1> 정기점검 업무흐름도	17
<그림 3.1-2> 정밀점검 및 긴급점검 업무흐름도	18
<그림 4.1-1> 정밀안전진단 업무흐름도	32
<그림 4.2-1> 정밀안전진단의 단계별 평가절차	34
<그림 6.2-1> 펌프소음의 측정위치도	91

제 1 장 총 칙

1.1 목 적

1.2 적용범위

1.3 용어의 정의

1.4 안전관리 업무흐름

제 1 장 총 칙

1.1 목적

본 「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침」(이하 「세부지침」이라 한다)은 「시설물의 안전관리에 관한 특별법」(이하 「법」이라 한다) 제13조 및 같은 법 시행령(이하 「령」이라 한다) 제13조의 규정에 의한 「안전점검 및 정밀안전진단 지침」(건설교통부 고시 제 2003-170호, 이하 「지침」이라 한다) 사항을 시설물별로 보다 상세히 제시하고 그 실시요령을 정하여 시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물 기능 및 성능저하, 상태 등을 신속·정확하게 검사·평가하고 그에 대한 적절한 안전조치를 취하여 재해 및 재난을 예방하며 시설물의 안전성 및 기능성을 보완·보전케 함으로써 시설물의 효용성을 증진시킴과 더불어 과학적 유지관리를 체계화하는데 그 목적이 있다.

1.2 적용범위

- 이 세부지침은 「법」 제2조 제2호 및 제3호와 「령」 제2조의 규정에 의한 시설물 중 상수도에 적용한다.
- 이 세부지침에서 제시되지 않은 사항은 상수도시설기준, 콘크리트 표준시방서, 산업표준화법에 의한 한국산업규격(KS) 등 관련 기준과 법령에서 정하는 바를 따른다.
- 이 세부지침에서 기술된 규정과 다르더라도 널리 알려진 이론이나 시험에 의해 기술적으로 증명된 사항에 대해서는 발주자의 승인을 얻어 적용을 대체 할 수 있다.

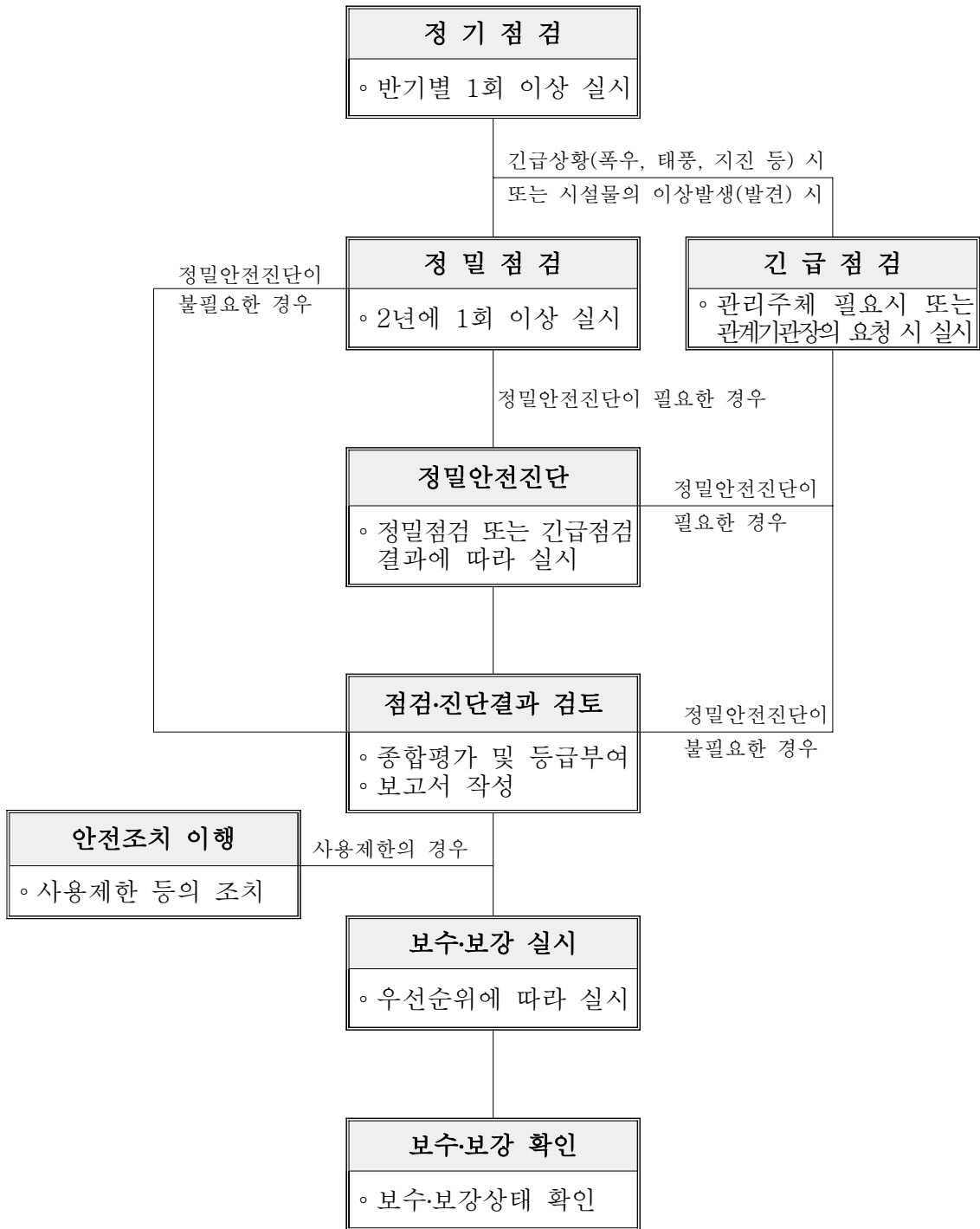
1.3 용어의 정의

- 시설물관리체계 : 시설물의 안전점검, 정밀안전진단 등 유지관리를 함에 있어서 비용 및 시기를 최적화할 수 있도록 계획된 체계
- 상태평가 : 시설물의 외관을 조사하여 파괴징후 및 손상상태 등 시설물 상태를 평가하는 행위
- 안전성평가 : 현장조사를 통하여 수집된 자료를 기초로 하고 실내실험 결과를 이용하여 기존 시설물의 안전성을 평가하는 행위
- 종합평가 : 상태평가와 안전성평가 결과에 의하여 시설물의 안전상태를 종합적으로 평가하는 행위
- 정기점검 : 시설물의 손상이나 결함을 조기에 발견하고 시설물의 기능적 상태를 판단하기 위하여 세심한 육안검사 수준의 점검 (반기별 1회 이상 실시)

- 정밀점검 : 정기점검보다 정밀한 육안검사와 간단한 측정 기구를 통해 시설물의 현 상태를 정확히 판단하고 이전에 기록된 상태의 변화를 확인하여 시설물이 사용요건을 만족시키고 있는지를 판별하는 점검 (2년에 1회 이상 실시)
- 긴급점검 : 관리주체가 필요하다고 판단하는 경우나 관계행정기관의 장이 필요하다고 판단하여 관리주체에 긴급점검 요청이 있을 때 실시하는 점검
- 정밀안전진단 : 정밀한 육안조사와 시험/측정 장비를 사용하여 시설물의 물리적, 기능적 결함을 발견하고 그에 대한 신속하고 적절한 조치를 하기 위하여 구조적인 안전성 및 결함의 원인 등을 검토, 분석, 평가함과 더불어 보수, 보강방법을 제시하는 행위
- 보수 : 시설물의 변형 및 손상에 대하여 설계시의 목적대로 회복시키기 위한 행위
- 보강 : 시설물의 안전성 저하에 대하여 설계시의 목적대로 안전성을 회복시키거나 증가시키기 위한 행위
- 유지관리 : 시설물과 부대시설의 기능을 보존하고 이용자의 편익과 안전을 도모하기 위하여 일상적으로 또는 정기적으로 시설물의 상태를 조사하고 손상부에 대한 조치를 취하는 일련의 행위
- 관리주체, 안전점검, 정밀안전진단, 유지관리 : 「법」 제2조 규정에 의함.

1.4 안전관리 업무흐름

상수도의 안전관리와 관련한 전반적인 업무흐름은 다음 <그림 1.4-1>과 같다.



<그림 1.4-1> 상수도 안전관리업무 흐름도

제 2 장 관리일반

2.1 일 반

2.2 관리에 필요한 자료

2.3 점검 및 진단 자료

2.4 상태 및 안전성 평가자료

제 2 장 관 리 일 반

2.1 일반

「법」 제17조 제1항 및 「지침」 제2장의 규정에 따라 관리주체는 시설물관리대장을 작성하여야 하며 일관성 있고 적절한 점검·진단 및 유지관리를 위하여 소관 시설물에 대하여 「지침」에서 명시한 자료 등을 보존하여야 한다.

2.1.1 점검 및 진단 실시

관리주체는 상수도의 안전 및 유지관리 계획에 의하여 점검과 진단을 실시한다.

점검 및 진단의 목적은 시설물의 현 상태를 판단하여 상태평가 및 안전성평가의 기본 자료를 제공하며, 시설물 상태와 노후화 정도에 대한 지속적인 기록의 제공, 그리고 보수 및 성능회복 작업의 우선순위 등을 결정하기 위함이다.

관리주체는 「법」 제4조의 규정에 의한 소관 시설물별로 안전 및 유지관리계획을 수립하여 체계적이고 일관성 있는 점검 및 진단이 실시될 수 있도록 한다.

성공적인 시설물의 점검 및 진단을 위해서는 적절한 계획과 기법, 필요한 장비의 확보 그리고 책임기술자를 포함한 점검자의 경험과 신뢰성이 필요하며, 보이는 결함의 발견은 물론이고 발생 가능한 문제의 예측까지도 필요하다.

그러므로 점검 및 진단은 정확해야할 뿐만 아니라 재해 및 재난의 예방적 차원에서 시설물의 과학적 관리체계 개발을 위하여 수행한다.

점검 및 진단계획과 기법 선정 시 다음 사항을 고려한다.

- 점검 및 진단계획을 수립함에 있어 각 시설물의 특수한 구조적 특성을 이해하여 특별한 문제가 없는지 검토한다.
- 점검 및 진단 중에는 최신기술과 실무경험이 적용되도록 해야 한다.
- 점검 및 진단의 빈도 및 수준은 구조형식과 부위 그리고 붕괴가능성에 따라 결정한다.
- 점검 및 진단의 책임기술자는 법에 의하여 정해진 자격기준에 따라 선정한다.

2.1.2 점검 및 진단시 안전에 관한 사항

가. 일반사항

한국시설안전기술공단 및 안전진단전문기관은 시설물별 안전수칙을 자체적으로 작성, 시행해야 하며 이에 따른 안전계획서를 준비한다. 본 세부지침에서 열거되지 않은 사항이라도 관련 규정에 따라 안전하게 진단을 실시한다.

나. 안전관리조직

한국시설안전기술공단 및 안전진단전문기관은 점검 및 진단 참여자를 중심으로 안전관리 조직을 구성하도록 한다. 협력업체가 있는 경우에는 협력업체를 포함하도록 하고, 안전관리책임자를 선임하도록 한다.

다. 안전교육

점검 및 진단대상 시설물인 상수도의 특성과 현장조사의 난이도, 위험도를 고려하여 안전수칙 등을 제정하고 이에 따라 안전교육을 실시하도록 하며 안전교육일지를 작성토록 한다.

라. 보호구

점검 및 진단 참여자는 노동부장관 검정 합격품을 사용하고 적절한 보호구를 착용함과 동시에 적합한 안전시설을 설치 사용한다.

다음의 각 사항의 작업 시에는 반드시 보호구를 착용한다.

- (1) 높이 2m이상의 고소작업으로 추락의 위험이 있는 장소에서는 안전장비를 착용한다.
- (2) 낙하물에 의한 위험이 있는 장소에서는 안전모 및 안전화를 착용한다.
- (3) 분진 등이 현저하게 발생하는 장소에서는 분진 방지 마스크를 착용한다.
- (4) 현저한 소음이 발생하는 작업 장소에서는 귀마개를 착용한다.
- (5) 시료채취 작업 등 비산물이나 파편에 의한 위험이 있는 작업 시에는 보안경 또는 보안면을 착용한다.
- (6) 수상 부분에서의 작업 시에는 구명장구 및 비상로프를 착용, 휴대한다.
- (7) 기타 위험 요소가 있는 장소에서의 작업 시에는 적절한 보호용구를 사용한다.

마. 안전사고의 처리

안전관리자는 안전사고 발생 시 응급조치를 취하고 신속하게 인근 병원으로 후송하며 관련법에서 규정한 중대한 사고인 경우에는 규정된 시간 내에 산업재해 조사표에 의거하여 보고한다.

바. 안전수칙

- (1) 일기 조건으로 작업 수행이 곤란한 경우에는 작업을 하지 아니한다.
- (2) 위험한 작업 시에는 안전관리책임자가 입회하도록 하며 특별교육을 실시한다.
- (3) 작업 실시 전에 작업에 지장을 주는 요인이 있을 경우 관리주체의 협조를 얻어 안전조치를 취한 후에 작업을 실시한다.
- (4) 공공의 안전과 관계가 있을 경우에는 적절한 조치(출입금지, 접근금지 등의 표지판 설치, 교통신호수, 감시인 배치 등)를 한다.
- (5) 안전관리책임자는 위험물 저장소, 통제구역 등의 출입에 대하여는 관리주체와 사전협의를 하여야 하며, 관리주체는 이에 적극 협조한다.

- (6) 야간 또는 어두운 곳에서의 작업 시에는 충분한 밝기의 조명 시설을 갖추어야 하고 식별이 용이하도록 조치를 하여야 하며, 수시로 작업자 상호간에 연락을 취할 수 있도록 한다.
- (7) 전기를 사용 할 경우에는 감전사고 예방 조치를 취한다.
- (8) 각종 측정장비의 사용 시 주의사항을 숙지하여야하며 무리한 사용과 조작을 하지 않는다.
- (9) 장비 사용에 있어 취급자격이 요구되는 장비는 유자격자 이외에는 사용하지 않아야 한다.
- (10) 점검차량 사용 시는 굴절 붐(Boom) 및 암(Arm) 등에 무리가 가지 않도록 주의하고 자체적으로 작성한 안전수칙에 따라 장비운용 한다.

2.2 관리에 필요한 자료

관리에 필요한 자료는 「법」 제17조에 규정한 도서 외에 점검 및 정밀안전진단을 위해 필요한 자료를 모두 포함한다. 관리주체는 준공도면, 구조계산서(수치해석 보고서 포함), 공사시방서, 지반조사 현황 및 분석 보고서 등을 반드시 보관하여야 하며, 「지침」에 명시한 서류는 물론 아래에 명시한 서류도 상수도의 관리에 필요한 자료이므로 보존하도록 한다. 또한, 「법」 제17조 2항에 의하여 「지침」에 명시되지 않은 기타 자료라도 필요 시 관리주체는 자료를 제공하도록 한다.

2.2.1 설계 및 준공 관련도서

가. 설계도서

- 설계보고서 및 설계도면
- 구조 및 수리계산서
- 지반조사보고서

나. 시공도서

- 시공도면
- 공사 및 특별(전문)시방서 등

다. 준공도서

- 준공보고서 및 준공도면(실제 시공 내역과 동일한 최종 수정본)
- 감리보고서 등

라. 기타

- 제작 및 작업도면(붕괴유발부재를 포함한 시설물부재의 상세도면)
- 토질·지반조사자료
- 건설공사 안전점검 보고서 등

2.2.2 사진

- 상수도 시설물의 정면 및 측면 사진
- 시설물의 손상 및 파괴 징후 세부사진
- 주요시공 전, 후 사진 등

2.2.3 품질관리 관련자료

- 재료증명서 : 시공재료의 종류, 등급, 품질을 기록한 공장 재료증명서
- 품질시험기록
- 암반시험 등의 각종 시험기록

2.2.4 보수·보강 이력

- 보수·보강의 경위, 적용공법, 적용범위, 기간 및 시행자(감독, 시공자) 등

2.2.5 사고기록

- 사고의 날짜, 장소, 경위
- 강우량 자료
- 사고의 원인 및 조치사항 등
- 사고발생 당시 사진

2.2.6 점검 및 진단 시 필요사항

- 현장조사 및 시험·측정을 원활히 수행하기 위한 특수장비목록, 접근방법 등의 기록 및 각 시설물별 운영계획
- 점검 및 진단종사자나 공공의 안전을 확보하기 위한 특별한 조치사항의 기록
- 현장조사 및 시험·측정 시 특별히 주의하여야 할 사항 및 사용제한 계획 등

2.2.7 시설물관리대장

- 시설물관리대장은 「법」 제17조 제1항 및 「지침」 2.1항의 규정에 의해 작성된 양식과 기입 요령에 따라 전산기법을 이용한 시설물관리체계에 의하여 시설물의 유지관리를 할 수 있도록 작성하여야 하고 기본현황, 상세제원, 안전점검 및 정밀안전진단이력, 보수·보강이력 등을 빠짐없이 정확하게 기록하여야 한다.
- 시설물관리대장의 작성 및 제출은 시설물정보통합관리시스템 (<http://fms.kistec.or.kr>)의 각 입력항목을 입력하는 것으로서 같음한다.

2.2.8 계측기록

- 계측이 필요하다고 판단되는 시설물의 중요한 부위에 대한 정기적 계측기록(계측 대상시설물, 계측위치, 계측기의 종류, 계측결과의 데이터베이스 등)

2.2.9 기타

- 점검 및 진단에 필요한 자료

2.3 점검 및 진단자료

2.3.1 일반사항

점검 및 진단자는 해당 시설물의 규모, 공법, 점검 및 진단실적(보고서 등)에 따라 자료를 수집하며 다음 사항을 고려하여 수집한다.

- 상수도의 특성 및 처리방식
- 지하수위 및 토질·지반상태
- 사용제한사항
- 환경조건(시설물의 내구성과 안전에 영향을 주는 조건)
- 기 수행된 안전점검 및 정밀안전진단보고서 및 관련자료
- 취수원의 상황

2.3.2 점검 및 진단 자료갱신

보수·보강이나 개량작업 등으로 구조물이 변경된 경우는 시설물관리대장에 구체적인 내용과 치수 등을 기록한다.

2.4 상태 및 안전성 평가자료

상태 및 안전성평가 자료는 「세부지침」 2.2항 및 2.3항의 자료를 이용하고 유지보수나 개량작업으로 부재의 강도나 고정하중의 변화가 구조물의 상태 또는 내하력을 변화시킨 경우에는 반드시 내하력을 재 계산하여 안전성검토를 하여야 하며 그 기록을 보관토록 한다. 상태평가, 안전성평가, 종합평가 및 계측결과자료에 포함되어야 할 사항은 다음과 같다.

2.4.1 상태평가 자료

시설물의 관찰된 상태, 유지관리 또는 사용제한사항 등을 포함한 시설물상태에 대한 점검 및 진단결과를 기록하고 상태평가는 시설물에 대한 육안검사에 의한 조사결과를 포함한다. 또한, 정

밀점검 및 정밀안전진단 결과 시설물로부터 발견된 결함을 근거로 결함의 범위 및 정도(심각도)에 따라 A, B, C, D, E의 5가지 단계 중 해당 상태평가등급이 명시되어야 한다.

2.4.2 안전성평가 자료

안전성평가 자료는 채택된 평가방법의 종류, 해석결과에 대한 설명, 기존의 계산기록 및 조사·시험·측정결과가 포함되어야 한다. 또한 정밀점검은 필요 시, 정밀안전진단의 경우에는 구조물의 내하력을 검토하여 안전도의 범위에 따라 A, B, C, D, E의 5가지 단계 중 해당 안전성평가등급이 명시되어야 한다.

2.4.3 종합평가 자료

상태평가와 안전성평가 결과를 종합적으로 비교 분석하여 상수도에 대한 종합평가를 실시토록 하며 종합평가 자료에는 종합적인 비교 분석기록이 포함되고 전반적인 상수도 시설물에 대한 종합의견과 종합평가결과에 따라 A, B, C, D, E의 5가지 단계 중 해당 종합평가등급이 명시되어야 한다. 단, 안전점검(정밀점검) 시 안전성평가를 실시하지 않는 경우에는 상태평가 결과를 종합평가 결과로 갈음한다.

2.4.4 계측결과 자료

계측이 필요하다고 인정되는 시설물(연약지반, 절·성토지반 등에 축조된 시설물)에 대하여는 위치 및 개소를 선정하여 정기적으로 계측을 시행하고 그 기록(계측위치, 계측기기의 종류, 계측결과 값, 위치별 개소가 표기된 도면 등)을 보관하여야 하며 계측을 실시한 경우에는 계측지점을 표시 보존함으로써 연계성 있는 계측이 이루어질 수 있도록 도면과 계측지점을 일치시켜 기록 보존한다.

특히, 침하 등에 의해 구조적 안전성의 결여가 야기될 수 있는 시설물에 대해서는 정기적인 계측결과를 검토 분석함으로써 지속적인 유지관리가 반드시 이루어져야 한다.

제 3 장 안전점검

3.1 일 반

3.2 점검 종류

3.3 점검 계획 및 방법

3.4 상태평가

3.5 안전성평가

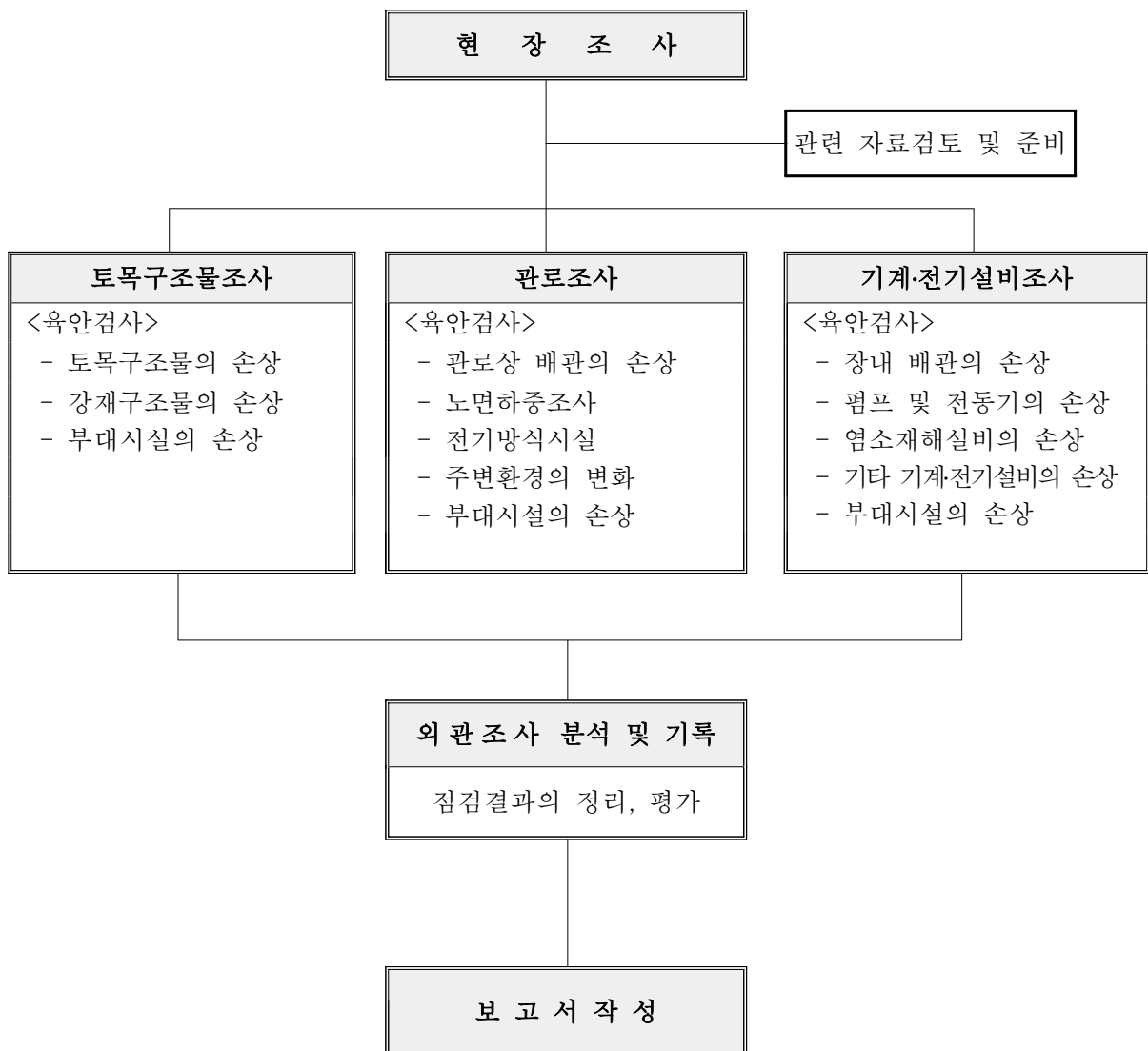
3.6 종합평가

3.7 점검보고서

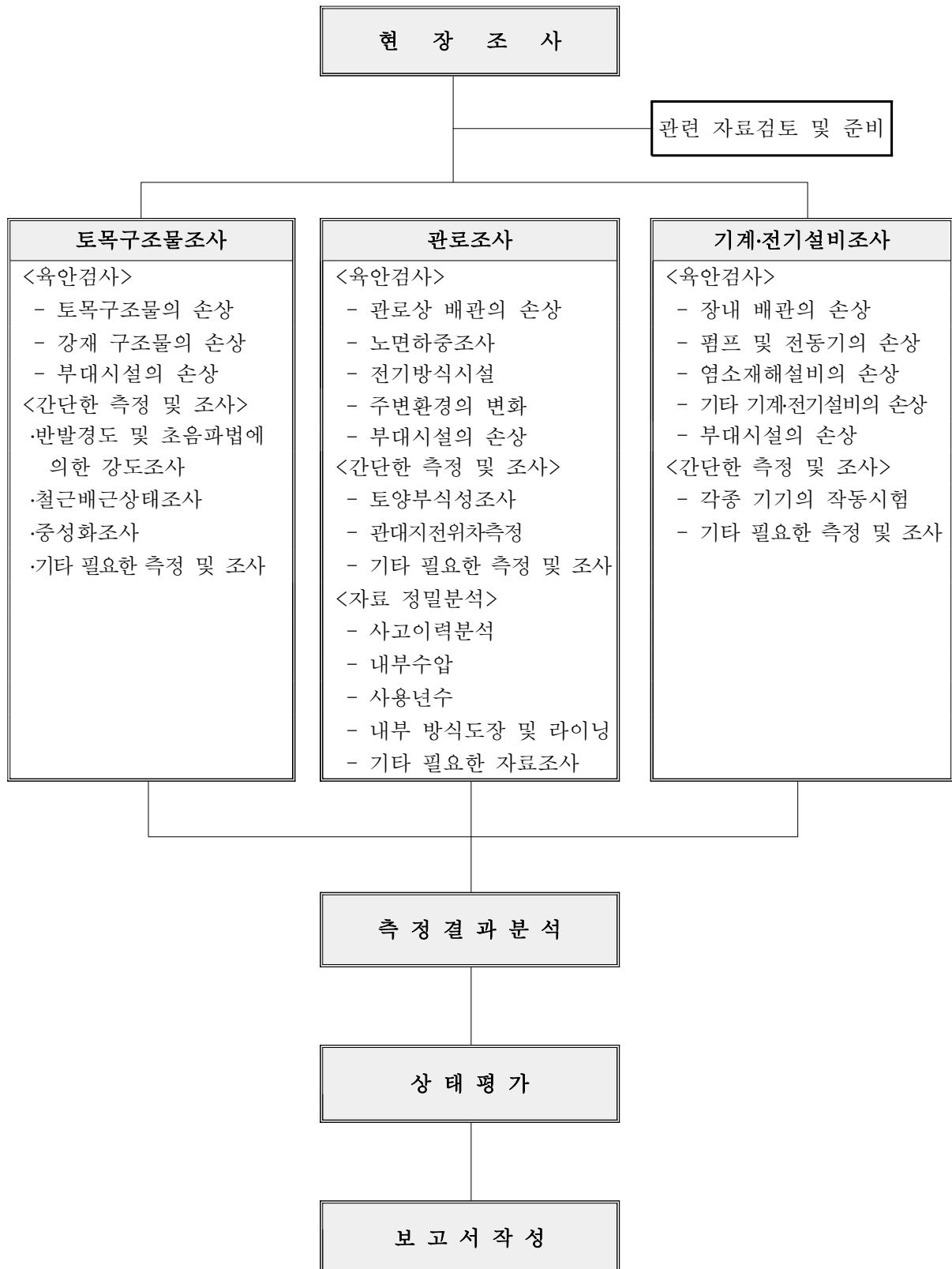
제 3 장 안전점검

3.1 일반

안전점검(이하 “점검”이라 한다)은 육안검사와 간단한 장비를 이용하여 시설물의 현 상태를 파악하여 상태평가를 실시함이 주 목적이며 「지침」 제3장의 규정에 따라 실시토록 한다. 일반적인 안전점검의 흐름을 정기점검과 정밀점검 및 긴급점검으로 구분하여 도표로 나타내면 다음과 같다.



<그림 3.1-1> 정기점검 업무흐름도



<그림 3.1-2> 정밀점검 및 긴급점검 업무흐름도

3.2 점검종류

안전점검은 「법」 제6조에서 정기점검, 정밀점검 및 긴급점검으로 구분하고 있으며 이를 근거로 「지침」에서는 정기점검, 정밀점검(초기점검, 정기적 정밀점검) 그리고 긴급점검(손상점검, 특별점검)으로 세분하고 있다.

3.2.1 정기점검

정기점검은 경험과 기술을 갖춘 자가 시설물의 손상이나 결함을 조기에 발견하고 시설물의 기능적 상태를 판단하며 시설물이 현재의 사용요건을 계속 만족시키고 있는지 확인하기 위하여 필요한 관찰로 실시되는 세심한 육안검사 수준의 점검이다.

점검 시기는 시설물의 준공일 또는 사용승인일(임시사용 포함) 다음 반기부터 반기별 1회 이상 실시한다. 다만 정밀점검, 긴급점검 및 정밀안전진단의 현장조사 기간과 중복되는 반기에는 생략할 수 있다.

정기점검의 범위는 상수도 시설물에 대하여 전반적인 외관상태를 관찰하여 손상이나 결함의 유무를 확인하고 이상 발견 시에는 즉시 보고토록하며, 부록에 수록되어 있는 정기점검 서식에 정기점검 결과 및 조치필요사항을 기록하여 보관토록 한다. 또한, 관리주체는 정기점검결과 필요할 경우 결함의 정도에 따라 긴급점검 또는 정밀안전진단을 실시하고 필요한 조치를 취하여야 한다.

3.2.2 정밀점검

정밀점검은 2년에 1회 이상 실시하는 점검으로서 정기점검 보다 정밀한 육안검사와 간단한 측정기구를 통해 시설물의 현 상태를 정확히 판단하고 이전에 기록된 상태의 변화를 확인하여 시설물이 사용요건을 계속 만족시키고 있는지 여부를 판별하는 점검이다. 다만 긴급점검 및 정밀안전진단의 기간과 중복되는 경우에는 생략할 수 있다.

정밀점검의 범위는 상수도의 시설물에 대하여 전반적인 외관상태조사 및 필요한 내구성 조사·시험·측정을 실시하고 시설물의 상태평가 및 내진설계 여부판단과 필요시 시설물의 안전성평가를 포함하며 기존의 정기점검 결과를 면밀히 검토함과 더불어 시설물의 구조상태 및 외력조건이 변화되어 안전성에 영향을 주는 경우에는 필요한 구조해석 및 구조계산을 다시 하여 보관하여야 한다.

또한, 부록에 수록되어 있는 정밀점검 서식에 정밀점검 내용, 결과 및 조치필요사항 등을 기록하고 상수도의 전체적인 시설물에 대한 종합평가와 종합평가등급(A, B, C, D, E)을 포함하는 전반적인 정밀점검 내용 및 결과에 대한 보고서를 작성 보관토록 한다.

정밀점검 결과 중대한 결함이 있거나 결함이 광범위하여 정밀안전진단이 필요하다고 판단될 때에는 점검자는 관리주체에게 즉시 보고하여야 하며 관리주체는 「법」 제11조 규정에 따라 즉시 관계행정기관장에게 중대한 결함에 대하여 통보토록 하고 「법」 제7조 제1항의 규정에 의하여

정밀안전진단을 실시하여야 한다.

정밀점검은 시설물의 정밀점검시기에 따라 초기점검과 정기적 정밀점검으로 구분된다.

가. 초기점검

초기점검은 「영」 제7조 별표2의 규정에 의하여 신설 시설물과 구조형태가 변화된 시설물에 대하여 준공 또는 사용승인(임시사용 포함) 후 6개월 이내에 최초의 정밀점검을 실시한다.

초기점검의 목표는 첫째로 관리주체가 시설물의 유지관리를 하는데 필요한 초기치와 기초 자료를 얻기 위함이며, 둘째로 시설물의 전 부재에 대한 조사·관찰로 현재 발생한 결함 및 장래 발생하기 쉬운 결함을 조사하여 시설물의 상태평가 및 중점유지관리항목을 파악하는 것이다. 따라서 초기점검 시에는 사전에 설계도서를 상세히 검토하고 붕괴유발부재 또는 부위를 파악하여 현장 조사 시 주의를 기울여야 하며, 추후 유지관리 시 특별한 주의를 필요로 하는 사항을 제시하여야 한다. 또한 초기치를 얻기 위하여 결함부위 등, 주요 부위에 대한 외관조사망도(현황도) 작성 등 조사결과를 도면으로 기록하여야 한다.

나. 정기적 정밀점검

초기점검 실시 후 2년마다 정기적으로 실시하는 정밀점검으로서 시설물의 현 상태를 정확히 판단하고 최초 또는 이전에 기록된 상태로부터의 변화를 확인하며 시설물이 현재의 사용요건을 계속 만족시키고 있는지 확인하여야 한다. 또한 이전의 점검·진단 시 발견된 결함의 진전 및 신규 발생을 파악하여 시설물의 주요 부재별 상태를 평가하고 이전의 점검·진단 시 상태평가 결과와 비교·검토하여 시설물 전체에 대한 상태평가등급을 결정하며 결함부위 등 주요 부위에 대한 외관조사망도 작성 등 조사결과를 도면으로 기록하여야 한다.

3.2.3 긴급점검

긴급점검은 관리주체가 필요하다고 판단하는 경우나 관계행정기관의 장이 필요하다고 판단하여 관리주체에 긴급점검 요청이 있을 때 실시하는 점검으로서 손상점검과 특별점검으로 구분된다.

가. 손상점검

손상점검은 비계획적인 점검으로 재해나 사고에 의해 비롯된 시설물의 구조적 손상을 긴급히 점검하고 이를 검토·분석하여 시설물의 상태를 평가하는 점검이다.

점검의 범위는 경우에 따라서는 하수처리장의 모든 시설물을 대상으로 하지만 통상 긴급한 점검이 필요한 시설물에 한하며 손상의 정도를 파악하여 긴급한 하중제한이나 사용제한 또는 사용금지의 필요여부, 보수·보강의 긴급성, 보수·보강작업의 규모 및 작업량 등을 결정하는 것으로서 이를 위하여 측정·시험 및 필요한 경우 안전성평가를 실시하여야 한다.

점검자는 하중제한이나 사용제한 및 사용금지가 필요하다고 판단되는 경우에는 즉시 관리주체에 통보하여야 하며 관리주체는 필요한 조치를 취하여야 한다.

나. 특별점검

특별점검은 정밀점검의 수준으로 실시되는 점검으로서 기초침하 또는 세굴 등과 같은 결함이 관찰되어 구조적 안전성의 결여가 의심되는 경우나 시설물의 구조형태가 변화되었을 경우 또는 사용제한 중인 시설물의 지속적인 사용여부를 판단코자 하는 경우에 실시하며 점검 시기는 결함의 심각성을 고려하여 결정한다.

이는 결함의 유발요인을 파악하고 구조적 안전성을 검토하여 필요한 조치를 강구하고 중점 유지관리 사항을 제시함과 더불어 향후 안전점검 및 정밀안전진단 시 상태 및 안전성 평가의 기초자료인 각종 기초 자료를 확보하는 것이 주목적이다.

점검서식은 정밀점검 서식에 준해 작성하되 점검의 범위·내용 및 특성에 따라 조정 가능하다.

3.3 점검 계획 및 방법

3.3.1 고려사항

효과적인 안전점검을 수행하기 위해서는 현장의 사전조사를 통하여 체계적이고 철저한 점검계획이 수립되고 적절한 점검방법이 강구되어야 함이 필수적이며 아래의 사항을 고려하여야 한다.

- 점검의 범위 및 내용, 장비에 관한 사항
- 시설물의 주위지반에 대한 조사여부, 조사항목 및 범위
- 점검대상 시설물의 설계자료, 관리이력
- 개개의 시설물에 대한 독특한 특성 및 특별한 문제여부
- 시설물의 규모 및 점검의 난이도
- 최근의 점검기술 및 장비 등의 적용
- 점검자의 자격 및 안전관리에 관한 사항
- 기상조건, 현장여건 및 주변환경
- 교통통제 계획 및 타 기관과의 협조사항
- 기타 관련사항

3.3.2 점검계획

「지침」 3.6.1항에서 규정하고 있는 내용을 바탕으로 아래의 사항들을 고려하여 점검계획을 수립하며 안전관리에 대한 사항은 기관별 자체 안전관리규정에 의해 안전관리계획서를 별도 작성하여 시행한다.

- 점검형식의 결정
- 점검을 수행하는데 필요한 인원, 장비 및 기기의 결정
- 기 발생된 결함의 확인을 위한 기존 점검자료의 검토

- 점검기간과 계획된 작업시간의 예측
- 타 기관 또는 주민과의 협조체제
- 현장기록의 서식을 취합하고 문제부위에 대한 적절한 사전 스케치
- 시설물의 주변환경에 대한 조사여부, 조사항목 및 범위의 판단
- 기타 관련사항

3.3.3 점검방법

「지침」 3.9항의 규정에 따라 실시하되 세부시설물별 점검방법은 다음과 같으며, 정밀점검 시의 점검항목 및 조사수량은 제5장에 제시된 기준을 원칙으로 한다.

가. 취수시설

- 1) 토목구조물 및 강재에 대하여 육안조사로 손상상태를 점검하고 필요하다고 판단될 경우 현장시험을 실시하여 구조물의 손상상태와 노후도 상태를 평가하고 시험보고서를 작성한다.
- 2) 가능한 범위내에서 구조물 주위의 세굴, 퇴사량 등을 점검한다.
- 3) 취수시설의 부대시설에 대하여 부식상태와 손상상태 등을 검사한다
- 4) 기타 검사자가 필요하다고 판단되는 사항을 점검한다.

나. 취수장

<흡수정 및 펌프장 구조물>

- 1) 용수공급에 지장이 없는 범위 내에서 흡수정을 Pit별로 단수를 실시하여 가능한 한 흡수정의 물과 이토를 완전히 제거한 후 점검한다.
- 2) 토목구조물 및 강재에 대하여 육안조사로 손상상태를 점검하고 필요하다고 판단될 경우 현장시험을 실시하여 구조물의 손상상태와 노후도 상태를 평가하고 시험보고서를 작성한다.
- 3) 콘크리트 구조물에 도장을 한 경우에는 도장상태를 점검한다.
- 4) 흡수정은 취수장 건축물의 지하구조 내력벽과 일체화된 구조물로서 건축 또는 지하구조분야 기술자와 합동으로 점검한다.
- 5) 기타 검사자가 필요하다고 판단되는 사항을 점검한다.

<기계·전기설비>

- 1) 각종 배관에 대한 이음부 상태와 관체의 부식 및 노후정도, 도장상태, 누수 등의 배관손상 대한 조사를 실시한다.
- 2) 펌프 및 염소재해설비에 대한 외관검사 및 작동상태, 소음, 진동에 대해 점검한다.
- 3) 펌프토출측에 수격압방지시설이 있는 경우는 시설의 용량, 정상작동여부, 설정압력 및 외관 검사를 통하여 시설의 노후도, 부식도 등을 점검한다.
- 4) 배수펌프의 설치유무, 배수펌프의 용량 및 비상전원 설치상태를 점검한다.

- 5) 크레인 또는 호이스트의 레일, 지지기둥, 로프 등의 부식 및 마모 등 손상상태를 점검한다.
- 6) 필요하다고 판단될 경우 현장시험을 실시하여 기계·전기설비의 손상상태와 노후도 상태를 평가하고 시험보고서를 작성한다.
- 7) 기타 검사자가 필요하다고 판단되는 사항을 점검한다.

다. 관로시설(도·송·배수관로시설 및 수로터널)

<관로>

- 1) 관로를 관중, 매설년도, 관경 등을 고려하여 구간별로 분할하고 구간별로 관로의 상태를 평가한다.
- 2) 관련 자료를 분석하고 그 결과를 평가한다.
- 3) 관이 노출되는 지점의 일부를 선정하여 도막두께를 측정하고, 관체 및 배관의 부식 등 손상상태를 점검한다.
- 4) 전체 관로구간을 현지 답사하여 관로상의 지장물, 주변환경 및 하중의 변동사항 및 누수여부를 점검하고, 관의 매설깊이가 설계대로 적정하게 유지되고 있는지를 기존 밸브실 등을 이용하여 매설깊이를 실측한다.
- 5) 관 파열로 제3자에게 중대한 재해를 줄 우려가 있는 도로의 경사지, 주거밀집지역, 주요공단지역, 다중교통도로, 철도횡단구간 등을 점검하고 위험이 예상되는 구간에 대해서는 관로의 보호공, 긴급차단밸브의 설치여부를 확인한다.
- 6) 관로사고 시 긴급복구에 장기간이 소요되는 하천횡단 및 복개구간, 구조물Box 통과구간을 점검하고 필요 시 예비관로 추가설치 등 방안을 검토한다.
- 7) 관로 내부의 검사는 단수조치 후 점검자가 내부에 진입하여 관체 및 배관의 부식 등 손상상태를 점검한다..
- 8) 관로에 방식설비가 되어 있는 경우에는 전위를 측정하여 기록하고, 방식설비가 설치되지 아니한 경우에는 자연전위를 측정하여 기록하고 이를 분석하여 평가한다.
- 9) 관로매설지역의 토양특성에 따라 토양비저항 등 토양부식성을 측정하여 분석하고 평가한다.
- 10) 관내외부의 환경조건의 변화에 따른 관체부식 또는 전철통과지역 등 직류전류가 누설되는 지역에서 미주전류(Stray Current)에 의한 전식이 우려되는 관로구간을 점검하여 이에 대한 영향을 검토한다.
- 11) 이토밸브의 퇴수로 상태를 확인한다.
- 12) 기타 검사자가 필요하다고 판단되는 사항을 점검한다.

<각종 밸브실 및 밸브실내 배관>

- 1) 밸브실의 토목구조물 및 강재에 대하여 육안조사로 손상상태를 점검하고 필요하다고 판단될 경우 현장시험을 실시하여 구조물의 손상상태와 노후도 상태를 평가하고 시험보고서를 작성한다.

- 2) 각종 밸브실(제수밸브, 공기밸브, 이토밸브, 신축관, 유량계 등)의 내부침수 및 도로포장 등에 의한 매몰여부를 점검한다.
- 3) 각종 밸브류가 적정한 위치에 설치되어 있는지를 준공도면 및 현장조사 시 지형 등을 통하여 확인한다.
- 4) 밸브교체가 신속히 될 수 있는지를 준공도면 및 현장조사를 통하여 점검한다.
- 5) 각종 밸브실 구조물은 외부지하수의 유입방지를 위하여 구조물의 방수처리 유무를 점검한다.
- 6) 단수 시 수격압의 경감과 수두가 40m이상인 경우에 개폐조작을 원활히 하기 위하여 부제수 밸브의 설치상태 및 이상유무 등을 점검한다.
- 7) 각종 밸브류는 최고정수압과 동수압 및 수격압을 고려한 압력에 적합한 규격을 설치하였는지를 검토한다.
- 8) 각종 밸브류와 관의 중심선이 부등침하 등으로 불일치하여 이음부인 플랜지부위에 집중응력이 발생되어 밸브류 또는 관의 파열 우려가 있는지를 점검한다.
- 9) 각종 밸브류의 기초고정 볼트는 밸브실 바닥과 일체가 되도록 고정이 되어 있는지를 점검한다.
- 10) 부등침하가 우려되는 장소에 신축관을 적절하게 설치하였는지를 검토하고, 신축이음 등 이음부위의 상태를 조사하여 기록한다.
- 11) 기타 검사자가 필요하다고 판단되는 사항을 점검한다.

<수로터널>

- 1) 수로터널의 점검 시에는 지형, 지질, 지하수위 및 주변환경 등에 의해 안전성이 좌우되는 요소가 많으므로 이들에 대한 상황을 우선적으로 충분히 숙지하여야 한다.
- 2) 수로터널이 압력수로인 경우에는 내·외부수압에 충분히 견딜 수 있는 단면의 철근콘크리트 라이닝을 확보하고 있는지 설계도면이나 준공도면 등을 통해 확인함과 더불어 터널출입구에 강관 또는 닥타일 주철관 등으로 적정하게 삼입되어 있는지도 확인하여야 한다.
- 3) 수로터널 내부의 현장조사는 수요처의 단수일정으로 한정된 짧은 시간에 많은 인력이 집중 투입되어 조사가 이루어지는 것이 대부분이므로 체계적이고 효율적인 조사팀의 구성, 점검 범위 및 수준, 점검항목 및 내용, 점검순서 및 방법, 안전수칙 등의 계획이 사전에 마련하여 함과 더불어 관리주체와 면밀한 협의·검토가 필수적이다.
- 4) 수로터널의 출입구는 안전취약구간에 해당하므로 절취면 및 보호공의 유지상태가 적정한지 면밀히 조사·기록토록 한다.
- 5) 단수조치 등에 의해 수로터널내부의 점검이 가능한 경우에는 터널내부의 출입을 위한 바이패스(Bypass)설비, 가로갱 및 경사갱 등의 유무와 그 위치 및 상황을 사전에 정확히 파악하는 것이 중요하다.
- 6) 수로터널의 내부점검 시에는 콘크리트 라이닝에 대한 손상이나 결함(균열, 박리, 박락, 누수,

백태, 층분리, 세굴 및 철근노출 등)상태와 구조물의 변위상태(내공변위 및 시공이음부의 단차 발생유무 등)를 조사·측정하여 기록토록 한다.

- 7) 수로터널의 내구성 검토가 필요하다고 판단되는 경우에는 콘크리트강도, 중성화정도, 철근 배근간격, 철근피복두께 등을 시험·측정하며 안전성 평가를 실시코자 하는 경우에는 필요에 따라 지표지질(지질의 종류, 풍화도, 방향성, 절리상태 등) 및 시추조사에 의한 암반특성 등을 파악하여야 한다.
- 8) 수로터널 외부로 누수의 징후나 발생시에는 지하수질 분석 등에 의해 누수의 원인 등을 확인토록 한다.
- 9) 대구경 터널, 토피가 적은 구간, 중요한 도로나 하천 횡단구간 및 지반이 나쁜 구간 등에서는 이에 적절한 보강(콘크리트 복공두께 증대, 철근삽입 등)이 이루어져 있는지 조사하여야 한다.
- 10) 기타 검사자가 필요하다고 판단되는 사항을 점검한다.

라. 정수시설

- 1) 정수시설의 구조물은 취수장의 점검요령에 준하여 실시한다.
- 2) 기계·전기설비는 취수장 및 도수시설, 송·배수관로의 점검요령에 준하여 실시한다.
- 3) 기타 검사자가 필요하다고 판단되는 사항을 점검한다.

마. 가압장

- 1) 가압장 구조물은 취수장의 점검요령에 준하여 실시한다.
- 2) 토출관로내의 수격압 방지시설인 각종 밸브류 및 장치의 작동상태를 확인한다.
- 3) 각종 밸브류의 도장손상, 부식 등의 이상여부를 점검하고 비상 시 퇴수관로 상태를 확인한다.
- 4) 기계·전기설비는 취수장의 점검요령에 준하여 실시한다.

바. 조절지 및 배수지

- 1) 조절지 및 배수지의 점검은 취수장의 점검요령에 준한다.
- 2) 고지대에 위치한 조절지, 배수지 주변지역의 상태를 관찰하여 누수, 지반침하 등과 구조물의 상태를 점검한다.

사. 부대시설 등

상기한 대상시설물을 제외한 부대시설물 등으로서 상수도시설의 안전에 직접 영향을 미치는 시설물에 한하여 검사자가 필요하다고 판단되는 시설물에 대해서는 점검을 실시한다.

3.4 상태평가

상태평가는 「지침」 3.9.4항 및 「지침」 제5장에 따라 점검대상시설물에 대한 상태를 평가하고 주요 구조부재에 대한 재료 및 육안검사에서 조사된 상태에 대한 평가를 포함하며 상태평가기준 및 절차는 제6장에 제시된 내용에 따라 실시한다.

정기점검은 현장조사결과를 토대로 시설물의 상태를 개략적으로 평가함을 원칙으로 하고 상태평가등급을 매기지 않는다.

정밀점검은 부재별로 문제부위에 대하여 손상 및 결함에 대한 외관조사망도를 작성하여 상태평가기준에 의해 상태평가등급을 매기며 이를 기초로 점검대상시설물에 대한 상태평가를 실시하고 상태평가등급을 부여한다.

3.5 안전성평가

정기점검은 안전성평가를 실시하지 않으나 정밀점검은 점검대상시설물의 상태평가등급이 D등급 이하인 경우나 주요부재에 구조적 균열, 침하 등의 중요결함이 발생하여 전문가의 지적이 있는 경우 또는 「영」 제12조의 중대한 결함이 발생한 경우 등에 있어서는 필요에 따라 안전성평가를 실시할 수 있다.

안전성평가를 실시하는 경우에는 「지침」 제6장의 규정에 의해 실시하되 제7장에 제시된 안전성평가 기준 및 절차에 따라 시설물의 안전성을 평가함과 더불어 안전성평가등급을 부여한다.

3.6 종합평가

상태평가와 안전성평가를 동시에 실시한 경우에는 각각의 평가결과를 비교·분석하여 종합적인 평가를 실시한다. 안전성평가를 실시하지 않고 상태평가만을 실시한 경우에는 상태평가 결과를 종합평가로 갈음한다.

종합평가는 제8장에 제시된 종합평가기준 및 절차에 따라 시설물의 종합평가와 더불어 종합평가등급을 부여한다.

3.7 점검 보고서

안전점검 보고서는 「지침」 3.8.1항의 규정에 의거 작성함을 원칙으로 하며 보고서의 결론에는 현장조사의 주요사항과 상태평가, 안전성평가(필요 시) 및 종합평가에 대한 요약 및 평가등급이 기재되어야 하고 중대한 결함이 있는 경우에는 필요한 후속 조치사항이 강구되어야 함은 물론 정밀안전진단의 실시여부를 결정하여야 한다.

정밀점검 보고서는 「지침」 3.8.2항에 제시된 다음과 같은 내용이 포함되도록 하고 표준점검서식은 필요에 따라 부록으로 수록한다.

1. 서두

보고서의 표지 다음에 정밀점검의 개략을 쉽게 알 수 있도록 다음의 서류를 붙인다.

- 제출문(안전진단 전문기관의 장)
- 참여기술자 명단
- 시설물의 위치도
- 시설물 전경사진
- 정밀점검 실시결과 요약문
- 보고서 목차

2. 정밀점검의 개요

정밀점검의 범위와 과업내용 등 정밀점검 계획 및 실시와 관련된 주요사항을 기술한다.

- 점검의 목적
- 시설물의 개요 및 이력사항
- 점검의 범위 및 과업내용
- 사용장비 및 기기
- 점검 수행일정

3. 시설물의 상태평가

과업내용에 의거 실시한 육안검사, 조사·시험 및 측정의 결과에 의거하여 분석과 시설물의 상태평가 결과를 작성한다.

- 외관조사 결과분석
- 현장시험결과의 분석
- 주요 결함(붕괴)의 발생원인 분석
- 시설물의 내진설계 여부 확인
- 시설물에 대한 상태평가등급 결정 및 상태평가에 대한 소견

4. 시설물의 안전성 평가

필요한 경우 추가로 실시

5. 시설물의 종합평가

과업내용(기본과업 및 대가기준 제9조의 선택과업)에 의거 상태평가 및 안전성 평가를 시행한 경우는 두 가지 결과를 비교하여 최저등급을 시설물에 대한 종합평가 등급으로 작성하며 안전성 평가를 실시하지 않고 상태평가만을 실시한 경우는 상태평가 결과를 종합평가로 갈음한다.

6. 종합결론 및 건의

보고서의 결과표에는 외관조사 및 상태평가 등을 종합적으로 검토·분석한 결과를 기재하여야 하며 점검대상 시설물 전체에 대한 종합평가등급을 기재하여야 한다. 또 점검결과 「영」 제12조의 중대한 결함이 있는 경우에는 필요한 후속조치 사항을 기재하여야 한다.

- 정밀점검 결과의 종합결론
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 여부
- 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항
- 기타 필요한 사항

※ 부록

- 육안검사 사진
- 외관조사망도
- 측정·시험 성과표
- 기타 참고자료

제 4 장 정밀안전진단

4.1 일 반

4.2 진단 계획 및 방법

4.3 상태평가

4.4 안전성평가

4.5 종합평가

4.6 진단보고서

제 4 장 정밀안전진단

4.1 일반

정밀안전진단(이하 “진단”이라 한다)은 「법」 제7조 제1항의 규정에 의하여 관리주체가 안전점검을 실시한 결과 시설물의 재해 및 재난 예방과 안전성 확보 등을 위하여 필요하다고 인정되는 경우에 실시하는 것으로서 정밀한 육안조사와 시험·측정 장비 및 기기를 사용하여 시설물의 물리적·기능적 결함을 발견하고 그에 대한 신속하고 적절한 조치를 하기 위하여 구조적 안전성 및 결함의 원인 등을 검토·분석·평가함과 더불어 보수·보강방법을 제시하여야 한다.

즉, 정밀안전진단은 시설물에 대한 외관상태 및 내구성 조사(측정·시험 등)결과를 토대로 상태평가 및 상태평가등급을 부여하고 선택과업에 해당하는 각종 구조·수리해석 등을 실시한 후 해석결과를 분석·검토하여 안전성평가 및 안전성평가등급을 부여하여야 한다. 또한 상태평가 및 안전성평가 결과를 비교·검토하여 최종적으로 종합평가 및 종합평가등급을 결정하여야 한다. 더불어 손상이나 결함부위 등의 보수·보강이 필요한 경우에는 적절한 보수·보강공법을 제시하여야 한다.

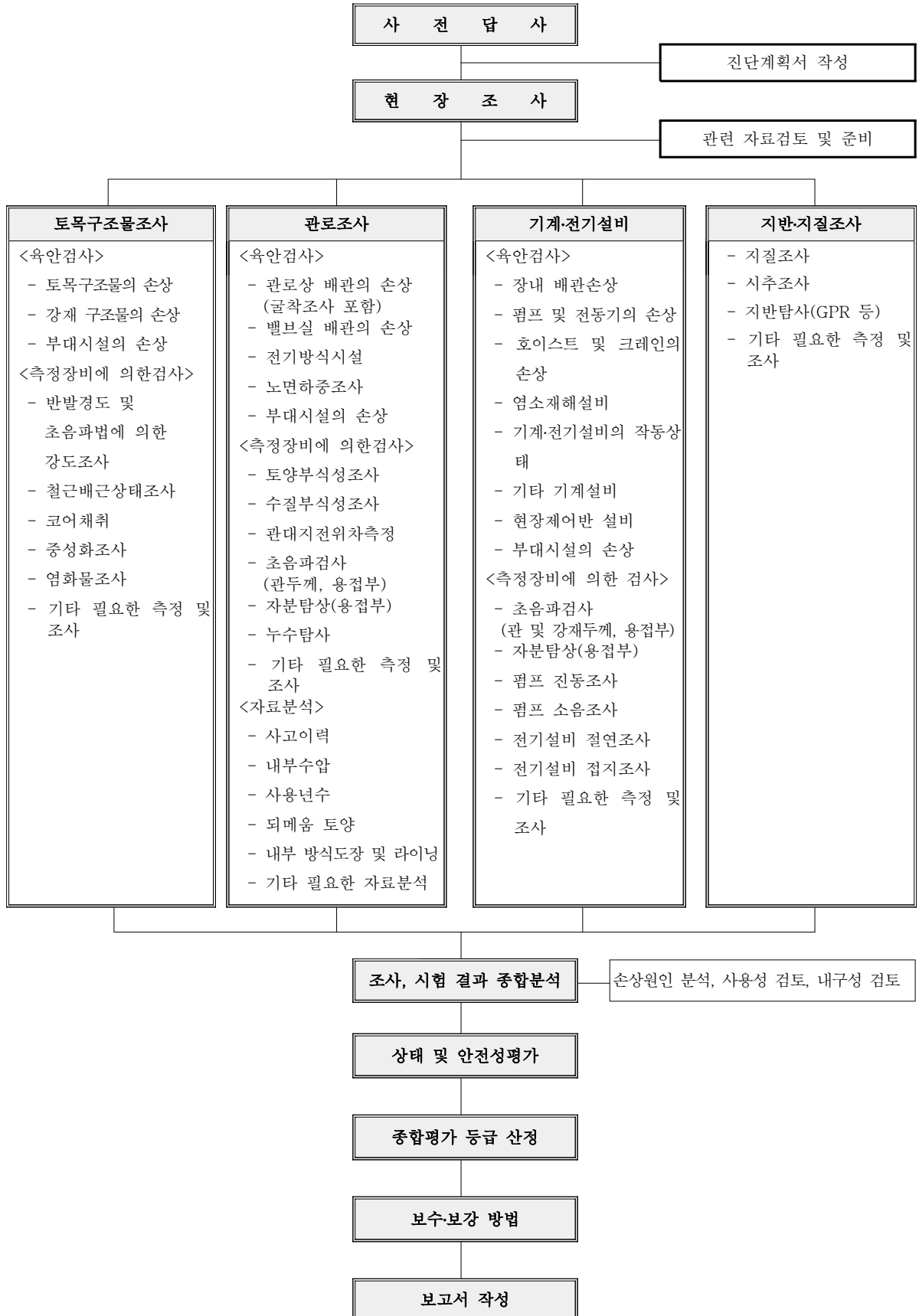
일반적인 정밀안전진단 업무흐름은 <그림 4.1-1>과 같다.

4.2 진단 계획 및 방법

4.2.1 고려사항

효과적인 진단을 수행하기 위해서는 사전조사를 통해 문제점을 파악하고 관련자료를 수집·분석하며 「지침」 3.6.1항의 규정에 의해 아래 사항들을 고려하고 「지침」 3.7.3항을 참조하여 진단계획을 수립한다.

- 진단의 범위 및 내용, 장비에 관한 사항
- 시설물의 기초와 주변지반에 대한 조사여부, 조사항목 및 범위
- 진단대상 시설물의 설계자료, 관리이력
- 개개의 시설물에 대한 독특한 구조적 특성 및 특별한 문제여부
- 시설물의 규모 및 점검의 난이도
- 최근의 진단기술 및 장비 등의 적용
- 진단 종사자의 자격 및 안전관리에 관한 사항
- 기상조건, 현장여건 및 주변환경
- 교통 통제계획 및 타 기관과의 협조사항
- 기타 관련사항



<그림 4.1-1> 정밀안전진단 업무흐름도

4.2.2 진단범위

상수도의 정밀안전진단은 시설물의 안전에 직접 영향을 미치는 시설물에 한하여 실시함을 원칙으로 한다.

4.2.3 진단내용

상수도에 대한 정밀안전진단의 주요내용은 아래와 같다.

- 시설물 관련도서 검토 및 계획수립
- 현장조사
- 제반 관련시험 및 측정
- 부재별, 시설물별 조사결과 검토 및 분석
- 상태평가 및 상태평가등급 산정
- 안전성평가 및 안전성평가등급 산정
- 종합평가 및 종합평가등급 산정
- 보수·보강공법 제시
- 보고서 작성

4.2.4 진단계획

「지침」 3.6.1항에서 규정하고 있는 내용을 바탕으로 아래의 사항들을 고려하여 진단계획을 수립하며 안전관리에 대한 사항은 관리주체 자체 안전관리규정에 의해 안전관리계획서를 별도 작성하여 시행한다.

- 진단 형식의 결정
- 진단을 수행하는데 필요한 인원, 장비 및 기기의 결정
- 기 발생된 결함의 확인을 위한 기존 점검자료의 검토
- 진단기간과 소요 작업시간의 예측
- 타 기관 또는 주민과의 협조체제
- 현장 기록의 서식을 취합하고 문제부위에 대한 적절한 사전 스케치
- 수중조사 등 선택과업에 대한 조사범위, 투입장비 및 인력동원 계획
- 비파괴 시험을 포함한 기타 재료시험 실시에 대한 적정성 여부의 판단 및 실시위치, 시험 실시계획
- 붕괴유발부재, 피로취약부위 등과 같이 특별한 주의를 필요로 하는 부재·부위 선정
- 시설물의 기초 및 주위지반에 대한 조사방법, 조사항목 및 범위의 판단
- 내하력 검토를 위한 조사·측정·시험·계측 항목 및 범위의 판단
- 정수장, 취수장, 가압장 등의 각 시설물별 특성 및 운영계획 분석

- 물리탐사를 포함한 기타 물성시험에 대한 실시 및 적정성 여부의 판단
- 시설물의 주변 환경에 대한 조사방법, 조사항목 및 범위의 판단
- 기타 관련사항

4.2.5 진단방법

「지침」 3.9항의 규정에 따라 실시하되 세부시설물별 점검방법은 다음과 같으며 정밀안전진단 시의 조사항목 및 조사수량은 「세부지침」 제5장에 제시된 기준을 원칙으로 한다.

「세부지침」 제6장, 제7장, 제8장에 제시된 정밀안전진단의 상태평가, 안전성평가 및 종합평가 절차를 <그림 4.2-1>에 나타내었다.



Note ; $E_1 \sim E_7, E_c, E_s$: 평가지수, M : 상태평가 점수, F : 영향계수, A : 조정계수, W : 중요도

<그림 4.2-1> 정밀안전진단의 단계별 평가절차

가. 취수시설

- 1) 3.3.3 가항의 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시한다.
- 2) 취수시설 구조물의 수중조사는 무단수로 실시할 경우에는 접근유속으로 인한 안전사고의 우려가 크므로 조사기간 중에는 반드시 관리주체와 단수조치 등 협의를 취한 후 진단에 임한다.
- 3) 재료의 강도, 상태, 구조부재의 평가 및 육안검사결과를 확인하기 위하여 필요한 현장시험을 실시하고 시험보고서를 작성한다.
- 4) 취수시설에 대한 외관조사망도를 작성하여 각 부재별·부위별 결함의 종류, 노후화의 형태, 크기, 양, 심각한 정도 등을 기록·정리한다.

나. 취수장

- 1) 3.3.3 나항의 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시한다.
- 2) 재료의 강도, 상태, 구조부재의 평가 및 육안검사 결과를 확인하기 위하여 필요한 현장시험을 실시하고 시험보고서를 작성한다.
- 3) 육안검사결과 외관상으로 노후도가 상당히 진행된 강재에 대해서는 시편채취가 가능한 경우에는 실내시험을 실시하며, 그 외의 경우에는 관체의 부식도, 실(Seal)두께 추정치, 용접(접합)부위의 결함상태 등에 대한 비파괴시험을 실시하고 시험결과를 기록 정리한다.
- 4) 취수장에 대한 외관조사망도를 작성하여 각 부재별·부위별 결함의 종류, 노후도의 형태, 크기, 양, 심각한 정도 등을 기록·정리한다.

다. 관로시설(도·송·배수관로 및 수로터널)

- 1) 3.3.3 다항의 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시한다.
- 2) 관로는 단수조치를 하고 관로주위를 터파기하여 육안조사, 비파괴시험 등으로 직접 점검하는 방법이 원칙이므로 진단업무를 수행하기 전에 관리주체와 사전 협의한다.
- 3) 관내부의 검사는 필요에 따라 내시경검사, 직접검사(단수 시 등) 또는 이와 동등한 효과가 있는 검사방법을 이용하여 관내부 상태를 조사한다.
- 4) 관로에 방식설비가 설치되어 있는 경우에는 관로방식설비에 대한 노후화 정도 및 성능저하 상태를 정밀히 조사한다.
- 5) 관로는 대부분이 지중에 매설되어 시편채취가 곤란할 뿐만 아니라 관 내부조사가 무단수로 는 사실상 곤란하므로 진단기간 중에 관리주체와 협의하여 이설구간이 있을 경우 회수되는 기존 매설관의 시편을 채취하여 관의 상태를 확인하고, 재료시험 등 실내시험 등을 통하여 관의 상태를 점검한다.
- 6) 관로의 상태평가결과 취약하다고 판단되는 구간에 대하여는 굴착하여 관체의 부식도, 실(Seal)두께, 관의 손상정도 및 용접부검사 등을 실시하여 평가한다.
- 7) 관 매설지역의 토양특성에 따라 토양시료를 채취하여 관 주변의 토양부식성을 분석하여야

한다. 이 경우 굴착조사 시에도 관 주변의 토양부식성을 분석한다.

- 8) 과도한 하중이 예상되는 구간에 대하여는 관로탐지기 또는 지중탐사장비 등을 이용하여 정확한 매설깊이 등을 조사하여 기록한다.
- 9) 관로상의 곡관부위, 이형관 등 분기점, 터널 입·출구부 등에 누수가 있거나 누수발생유무 확인이 필요한 경우에는 누수탐사기나 지중탐사장비 등을 사용하여 누수여부를 확인한다.
- 10) 밸브실 구조물의 경우 콘크리트의 강도와 상태, 구조부재의 평가 및 육안검사결과 필요하다고 판단되는 부재에 대해서는 필요한 현장시험을 실시하고 시험보고서를 작성한다.
- 11) 밸브실 구조물의 각 부재별·부위별 손상의 종류, 노후도의 형태, 크기, 양, 심각한 정도 등을 상태조사표(부록참조)에 기록·정리한다.

라. 정수시설

- 1) 3.3.3 라항의 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시한다.
- 2) 재료의 강도, 상태, 구조부재의 평가 및 육안검사결과를 확인하기 위하여 필요한 현장시험을 실시하고 시험보고서를 작성한다.
- 3) 육안검사결과 외관상으로 노후도가 상당히 진행된 강재에 대해서 시편채취가 가능한 경우에는 실내시험을 실시하여야 하며, 그 외의 경우에는 관체의 부식도, 실(Seal)두께 추정치, 용접(접합)부위의 상태 등에 대한 비파괴시험을 실시하고 시험결과를 기록·정리한다.
- 4) 정수시설물 별로 외관조사망도를 작성하여 각 부재별·부위별 손상의 종류, 노후도의 형태, 크기, 양, 심각한 정도 등을 기록·정리한다.

마. 가압장

- 1) 3.3.3 마항의 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시한다.
- 2) 재료의 강도, 상태, 구조부재의 평가 및 육안검사결과를 확인하기 위하여 필요한 현장시험을 실시하고 시험보고서를 작성한다.
- 3) 육안검사결과 외관상으로 노후도가 상당히 진행된 강재에 대해서는 시편채취가 가능한 경우에는 실내시험을 실시하며, 그 외의 경우에는 초음파탐상시험 등으로 관체의 부식도, 실(Seal)두께 추정치, 용접(접합)부위의 결함상태 등에 대한 비파괴시험을 실시하고 시험결과를 기록·정리한다.
- 4) 가압장에 대한 외관조사망도를 작성하여 각 부재별·부위별 손상의 종류, 노후도의 형태, 크기, 양, 심각한 정도 등을 기록·정리한다.

바. 조절지 및 배수지

- 1) 3.3.3 사항의 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시한다.
- 2) 기타 진단요령은 4.2.5. 나항에 준하여 실시한다.

사. 부대시설 등

상기한 대상시설물을 제외한 부대시설물 등으로서 수도시설의 안전에 직접 영향을 미치는 시설물에 한하여 검사자가 정밀안전진단이 필요하다고 판단되는 시설물에 대해서는 진단을 실시한다.

4.3 상태평가

상태평가는 「지침」 3.9.4항 및 「세부지침」 제5장에 따라 진단대상시설물에 대한 정밀외관조사 및 내구성조사 결과에 의해 상태평가를 실시하고 상태평가기준 및 절차는 「세부지침」 제6장에 제시된 내용에 따라 수행한다.

각 부재별, 시설물별로 손상 및 결함에 대한 외관조사망도를 작성하여 상태평가기준에 의해 상태평가등급을 매기며 이를 기초로 진단대상시설물에 대한 상태평가를 실시하고 상태평가등급을 부여한다.

4.4 안전성평가

안전성평가는 「지침」 제6장의 규정에 의해 실시하되 「세부지침」 제7장에 제시된 안전성평가기준 및 절차에 따라 주요 개별시설물에 대하여 안전성평가를 실시하고 그 결과를 기초로 진단대상시설물에 대한 안전성을 평가함과 더불어 안전성평가등급을 부여하며 기타의 개별시설물은 구조안전성에 문제가 없거나 중요도가 낮은 경우에 책임기술자의 판단에 따라 안전성평가를 생략할 수 있다.

안전성평가는 육안검사와 재료시험결과 및 각종 조사·시험·측정·계측 등을 통하여 얻은 결과를 분석하고 이를 바탕으로 구조적 특성에 따른 이론적 계산과 해석에 의해 각 부재의 내하력을 산정한 후 안전도를 검토함으로써 이루어진다.

평가에 사용된 평가방법의 종류 및 해석결과에 대한 설명과 계산기록 등을 보고서에 포함하며 안전성 평가를 위하여 실시하는 계측, 측정, 조사 및 시험은 구조적 특성에 따라 아래 항목 중 필요한 사항을 결정하여 실시한다.

- 토질조사 및 지반탐사
- 지하수위 측정 및 양압력 조사
- 침하, 변위, 거동 등의 계측 및 기타 필요한 사항

또한, 안전성평가 시에는 시공 및 운영과정 뿐만 아니라 주변 자연환경의 변화상태를 충분히 고려하여 현실에 근접한 상태로 제 현상을 반영함으로써 구조적 안전성을 평가한다.

그리고 각종 기기에서 나타난 결함사항(부식, 균열, 마모, 변형, 처짐, 단락, 체결력 등)에 대하여 준공도면, 구조계산서, 설비상세도면 등을 검토하고 적절한 재질선택, 열처리방법, 구조해석, 안전여유, 부식여유 등을 상세히 검토하여 안전성을 평가한다.

각종 전기설비는 시스템 작동 시 부하전류의 변화율 및 전력량을 검토하고 각종 지시계기의 일정기간 동안에 나타난 기록을 검토하여 안전성을 평가한다.

4.5 종합평가

종합평가는 상태 및 안전성 평가결과를 종합하여 비교 분석함으로써 이루어지며 「세부지침」 제8장에 제시된 종합평가기준 및 절차에 따라 시설물별 종합평가등급을 매기고 이를 기초로 진단대상시설물의 전체에 대한 종합평가와 종합평가등급을 부여한다.

개별시설물에 대하여 안전성평가를 실시하지 않고 상태평가만을 실시한 경우에는 상태평가결과를 종합평가로 같음하며 상태평가와 안전성평가를 동시에 실시한 경우에는 각각의 평가결과를 비교·분석하여 시설물에 대한 종합평가와 종합평가등급을 부여한다.

4.6 진단보고서

진단 보고서는 「지침」 3.8.1항의 규정에 의거 작성함을 원칙으로 하며 보고서의 결론에는 현장조사의 주요사항과 상태평가, 안전성평가 및 종합평가에 대한 요약 및 평가등급이 기재되어야 하고 중대한 결함이 있는 경우에는 필요한 후속 조치사항이 강구되어야 함은 물론 손상 및 결함 부위에 대하여 적절한 보수·보강공법을 제시하여야 한다. 진단 보고서는 「지침」 3.8.3항에 제시된 다음과 같은 내용이 포함되도록 하고 표준진단서식은 필요에 따라 부록으로 수록한다.

1. 서두

보고서의 표지 다음에 정밀안전진단의 개략을 쉽게 알 수 있도록 다음의 서류를 붙인다.

- 제출문
- 참여기술자 명단
- 시설물의 위치도
- 시설물의 전경사진
- 정밀안전진단 결과 요약문
 - 진단의 목적
 - 시설물의 개요
 - 진단의 과업내용
 - 진단수행 일정
 - 시설물의 이력사항
 - 시설물의 상태평가, 안전성평가 및 종합평가
 - 보수·보강 방법
 - 종합결론 및 건의사항
- 보고서 목차

2. 정밀안전진단 개요

정밀안전진단의 범위와 과업내용 등 진단계획 및 실시와 관련된 주요사항을 기술한다.

- 진단의 목적
- 시설물의 개요 및 이력사항
- 진단의 범위와 과업내용
- 사용장비 및 시험기기
- 진단 수행일정

3. 시설물의 상태평가

과업내용에 의거 실시한 조사, 시험 및 측정의 결과분석과 시설물의 상태평가 결과를 작성한다.

- 전체 부재별 외관조사 결과분석
- 비파괴 현장시험 및 측정 등 결과 분석
- 재료시험 결과분석(콘크리트, 강재, 토질재료 등)
- 주요한 결함의 발생원인 분석
- 부재별 상태평가 및 시설물에 대한 상태평가등급 결정

4. 시설물의 안전성평가

과업내용(기본과업 및 대가기준 제9조의 선택과업)에 의거 실시한 조사 등의 결과를 분석하고 이를 바탕으로 이론적 계산과 해석을 통하여 시설물의 구조적, 기능적 안전성을 평가한 결과를 작성한다.

- 비파괴시험 결과 및 분석
- 지형, 지질, 지반 및 토질조사 등 결과 및 분석
- 시설물의 변위 및 거동 등의 측정결과 및 분석
- 시설물의 구조해석 및 구조계산을 통한 분석결과
- 수문, 수리 등의 해석결과 및 분석
- 시설물의 내하력 검토
- 시설물의 내진성 평가
- 기타 보호시설의 내하력의 평가
- 시설물의 안전성평가등급 결정

5. 종합평가

시설물의 상태평가와 안전성평가 결과를 종합하여 종합평가등급을 결정하고 시설물의 종합적인 평가 결과를 작성한다.

6. 보수·보강공법

시설물의 상태평가와 안전성평가 결과에 따라 손상 및 결함이 있는 부위에 대하여 적용할 보수·보강 방법을 제시한다.

- 보수·보강방법에 대한 개요, 시공방법, 시공 시 주의사항 등

7. 종합결론 및 건의사항

- 정밀안전진단 결과의 종합결론
- 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항
- 기타 필요한 사항

8. 참고문헌

※ 부록

- 육안검사 사진
- 외관조사망도
- 수치해석자료
- 측정, 시험, 계측 성과표
- 상태평가, 안전성평가 및 종합평가등급 결정 자료
- 기타 참고자료

제 5 장 조사·시험 항목 및 수량

5.1 일 반

5.2 조사·시험 항목 및 수량기준

제 5 장 조사·시험 항목 및 수량

5.1 일반

상수도의 안전점검 및 정밀안전진단 시 실시하는 조사·시험항목들은 외관 조사·시험항목, 내구성 조사·시험항목 및 안전성 조사·시험항목으로 대별할 수 있다.

이러한 조사·시험항목들 중 조사·시험수량을 구체적으로 명시할 필요가 있는 필수적 항목들에 대하여 최소한의 조사·시험수량을 정함으로써 안전점검 및 정밀안전진단의 현장조사 범위와 내용이 일정수준 이상 유지되도록 하고 점검·진단결과에 의한 시설물의 상태 또는 안전성 평가가 객관적이며 보편타당하게 이루어질 수 있도록 하는 것이 필요하다.

따라서 다음과 같이 필수적 조사·시험항목들을 선정하고 그 조사·시험수량 기준을 설정하였으며 이는 단지 표준적인 기준으로서 시설물 특성 및 제반여건을 고려하여 적절히 응용할 수 있다.

5.2 조사·시험 항목 및 수량기준

5.2.1 조사·시험 항목의 선정

정기점검은 육안검사수준의 관찰에 의해 시설물의 외관상태를 중심으로 점검하며 점검결과에 의해 시설물에 대한 상태평가를 실시하지 않으므로 특별한 내구성 조사·시험 항목 및 수량 기준을 구체적으로 명시하지 않는다.

긴급점검은 관리주체가 필요하다고 판단하거나 관계기관의 장이 필요하다고 판단하여 관리주체에 점검요청이 있는 특별한 경우에 실시되는 점검으로서 점검의 범위 및 내용이 그 상황에 따라 크게 차이를 가짐과 더불어 조사항목 및 조사수량 역시 크게 달라지므로 관리주체나 점검책임기술자가 점검의 범위 및 내용을 고려하여 조사·시험 항목 및 수량을 결정하도록 한다.

정밀점검은 현장조사(외관조사 및 내구성조사 등)결과에 의해 시설물에 대한 상태평가를 실시함이 기본과업이며 안전성평가는 필요 시 실시하는 선택과업으로 되어있다.

정밀안전진단은 상기의 안전점검 결과 시설물의 재해 및 재난예방과 안전성 확보 등을 위하여 필요하다고 인정되는 경우 또는 완공 후 10년이 경과된 1종 시설물에 대하여 5년에 1회 이상 정기적으로 실시하는 진단으로서 시설물의 물리적·기능적 결함을 발견하고 구조적 안전성 및 결함의 원인 등을 조사·측정하여 그 결과에 의해 시설물의 상태 및 안전성 평가를 실시함과 더불어 결함에 대한 보수·보강 등의 방법을 제시함이 기본과업으로 되어있다.

따라서 본 세부지침에서는 정기점검 및 긴급점검을 제외한 정밀점검과 정밀안전진단 시 필요한 표준적인 조사·시험항목들을 다음 <표 5.2-1>과 같이 선정하였으며 <표 5.2-1>의 내용 중

「안전점검 및 정밀안전진단 대가기준」 제9조에 명시된 선택과업에 해당하는 조사·시험항목은 과업의 범위 및 내용이나 과업의 특성에 따라 관리주체나 점검·진단책임기술자가 선정의 여부를 결정하도록 한다.

<표 5.2-1> 상수도의 조사·시험 항목

구 분	안전점검(정밀점검)	정밀안전진단	
조사·시험 항목	관 로	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 관로구간 분할 ◦ 사고이력 ◦ 내부수압 ◦ 사용년수 ◦ 내부 방식도장 및 라이닝 ◦ 배관의 손상 ◦ 전기방식시설 ◦ 노면하중 ◦ 토양부식성 ◦ 관대지전위차 ◦ 초음파검사(관두께 측정) ◦ 누수탐사 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 관로구간 분할 ◦ 사고이력 ◦ 내부수압 ◦ 사용년수 ◦ 되메움 토양 ◦ 내부 방식도장 및 라이닝 ◦ 배관의 손상(굴착조사 포함) ◦ 전기방식시설 ◦ 노면하중 ◦ 토양부식성 ◦ 수질부식성 ◦ 관대지전위차 ◦ 초음파검사(관두께 측정) ◦ 누수탐사
	토목 구조물	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 콘크리트강도 <ul style="list-style-type: none"> - 비파괴시험법(반발경도법 및 초음파법) ◦ 철근탐사 <ul style="list-style-type: none"> - 철근간격 - 철근피복두께 ◦ 콘크리트 중성화깊이 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 콘크리트강도 <ul style="list-style-type: none"> - 비파괴시험법(반발경도법 및 초음파법) ◦ 파괴시험법(코어채취법) ◦ 철근탐사 <ul style="list-style-type: none"> - 철근간격 - 철근피복두께 ◦ 콘크리트 중성화깊이 ◦ 콘크리트 염화물함량 ◦ 철근부식도 ◦ 콘크리트 물성 및 미세구조 ◦ 기초지반(시추)조사
	기계설비	-	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 소음·진동측정 <ul style="list-style-type: none"> - 각종 펌프 및 배관 - 기타 소음·진동발생 기기 ◦ 배관두께(초음파 측정) <ul style="list-style-type: none"> - 각종 배관 ◦ 권양와이어 단면감소 및 소선절단 상태 <ul style="list-style-type: none"> - 크레인 및 호이스트 등

5.2.2 조사·시험 수량의 결정

정밀점검과 정밀안전진단 시 실시하여야 하는 표준적인 조사·시험 항목별 최소한의 수량에 대한 기준은 다음과 같다.

가. 안전점검(정밀점검)

1) 관 로

가) 관로구간 분할

관로를 체계적이고 효율적으로 점검·진단하기 위해서는 현장조사에 앞서 수집된 자료의 분석과 예비(사전)조사를 통해 얻어진 물리적, 환경적 요소 및 중요도 등을 고려하여 관로의 분할기준을 설정하고 이의 기준에 의해 전체관로를 각 단위관로구간으로 세분화하는 것이 필요하며 현장조사 시 관로구간분할기준이 되는 항목들이 현장의 상황에 따라 부적절할 수 있으므로 현장조사과정에서 얻어진 정보를 검토하여 적절히 재조정하여야 한다.

관로의 구간은 일반적으로 아래와 같은 항목들을 관로구간분할기준으로 설정하여 상태평가항목을 중심으로 분할한다.

- 관로용도 : 생활용수, 공업용수, 취수, 도수, 송수 및 배수 등
- 관리권역 : 수도사업소별, 공구별 등
- 관로특성 : 관경, 관종, 사용년수, 방식도장유무 등
- 지반조건 : 암반, 토사, 연약(점토)지반, 이토층 등
- 매설현황 : 매설깊이, 매설지역(도로, 녹지, 농경지, 산지, 하천, 제방, 철도, 수관교, 교량첨가관 등)
- 운영상황 : 가압, 자연유하, 전기방식유무, 관내수질 등
- 사고유발성 : 사고이력, 타 시설물과의 간섭, 문제내제구간(Known Problem Areas) 등
- 사고피해도 : 단수지역범위, 침수구역, 교통장애도, 복구용이성 등

단, 도로, 하천, 제방, 철도 등의 횡단구간이나 수관교, 교량첨가관 등의 구간에서는 그 연장이 극히 짧은 경우에는 별도의 구간으로 세분화하는 것보다 인접구간에 포함시키는 것이 합리적이고 관로 중간에 설치된 조절지의 경우는 조절지의 규모, 주변의 환경 등을 고려하여 별도의 구간으로 세분할 것인지 아니면 인접구간에 포함시킬 것인지는 책임기술자의 판단에 따른다.

나) 사고이력 분석

관로의 사고는 부식, 하중, 재질, 시공, 유지관리 등에 따라 발생되며 이러한 여러 가지 사고유발인자의 영향에 의해 관로의 파손, 누수라는 결과가 표출되는 것으로 과거의 사고이력이 많은 구간인 경우 앞으로도 사고가 발생할 개연성이 높다고 할 수 있다.

관로의 사고이력은 관리주체로부터 관련 자료를 수집하여 조사하되 타 공사, 관로이설공사 등에 의한 사고로 시설물의 노후화와 관련이 없는 사고이력은 제외한다.

다) 노면하중

관로가 매설되어 있는 노면에 중차량의 통행이 빈번하다면 이로 인한 과대하중에 의해 매설관의 손상 및 파손이 발생할 우려가 높다.

노면하중에 대한 자료는 직접 관로에 대한 현장조사를 실시함으로써 얻을 수 있다.

노면하중의 구분은 차량하중의 재하여부 및 하중의 크기를 간접적으로 평가하는 방법을 이용하며 매설관로 상의 토지이용현황을 기초로 하여 각 관로구간별로 비차도, 전용도로, 2차선 미만도로, 2차선 이상도로, 4차선 이상도로, 중차량 작업장 등으로 구분 조사한다.

라) 내부수압(kgf/cm²)

관 내부의 수압은 관로에 구조적으로 직접적인 영향을 미치는 인자로 내부수압은 최대 정수압과 수격압 중 큰 값을 적용하는 것이 원칙이나 수격압의 정확한 산정을 위해서는 많은 자료와 시간, 경비가 소요됨을 감안하여 정밀점검 시는 관로에 발생될 수 있는 최대정수압을 적용한다.

마) 사용년수

사용년수와 관의 구조적 안전과는 직접적인 상관관계는 없지만 사용년수가 경과될수록 여러 가지 요인들에 의해 사고발생의 개연성은 높아지게 되므로 관로구간별로 사용년수를 조사토록 한다.

바) 토양부식성

토양부식성의 인자로는 토질, 토양비저항, 토양pH, 산화환원전위, 염화물함량, 황화물함량 및 함수비 등으로서 이들의 토양부식성 인자들 중 정밀점검 시는 토양비저항을 조사·측정한다.

토양비저항의 측정은 시가지, 주택지, 공업지대 등은 토양환경의 변화가 심하므로 상대적으로 측정구간을 짧게 하고 토양환경의 변화가 거의 없는 산지, 농지 등은 측정간격을 길게 하되 평균적으로 300m마다 1회 이상 조사·측정한다.

사) 배관의 부식

관체, 각종 밸브 및 볼트·너트 등의 부식상태를 조사하는 것으로서 정밀점검 시는 차도 상에 위치한 밸브실내의 배관에 대하여 조사하며 이때 배관에 대한 별도의 외관조사망도 대신 배관의 상태를 상세히 기록하는 상태조사표(부록참조)를 작성한다.

아) 관대지전위차

관대지전위차는 관로의 방식시설의 적정운영 및 관로의 부식 개연성을 판단할 수 있는 중요한 인자로 강관에 대하여 정밀점검 시는 테스트 박스(T/B)마다 측정한다.

자) 관내·외면 방식도장 및 라이닝

관내·외면 방식도장 및 라이닝의 유무는 수집한 각종 자료와 관로시설의 이설 및 보수·교체 공사 시 관내·외면조사 등을 통하여 조사한다.

차) 배관의 누수

관체, 각종 밸브 및 신축관 등의 배관 누수여부 확인 및 그 원인을 파악하는 것으로서 정밀점

검 시는 차도 상에 위치한 밸브실내의 배관에 대하여 조사하며 이 때 배관에 대해서는 별도의 외관조사망도 대신 배관의 상태를 상세히 기록하는 상태조사표(부록참조)를 작성한다.

카) 기타

밸브실 조사는 정밀점검인 경우 차도 상에 위치한 밸브실에 대해 육안검사를 실시하며 이 때 별도의 외관조사망도 대신 밸브실의 상태를 상세히 기록하는 상태조사표(부록참조)를 작성한다.

2) 수로터널

가) 외관조사망도 구성

수로터널의 중간부에 유지관리 경사갱이 있는 경우는 수로터널과 경사갱이 연결되는 지점을 기준으로 복합부재(구간1, 구간2, ...)로서 구분하고, 수로터널의 중간부에 유지관리 경사갱이 없는 경우는 입구부, 중간부, 출구부의 3등분으로 구분하여 이를 복합부재로서 구분한다. 각각의 구간(복합부재)을 수축이음부 또는 수십~수백m의 다수의 블록(개별부재)으로 세분하여 외관조사망도를 작성한다.

나) 콘크리트 강도(비파괴시험)

비파괴시험에 의한 콘크리트강도 조사는 반발경도법 및 초음파법으로 실시하며 부재(바닥콘크리트, 벽체 및 상부 콘크리트 등)별로 그 면적과 시공 시의 콘크리트타설(시공이음) 간격 등을 고려하여 조사위치 및 수량을 결정하는 것이 타당하다.

일반적으로 수로터널 구조물의 부재별 콘크리트 타설은 먼저 바닥콘크리트를 별도로 타설한 후 벽체 및 상부 콘크리트를 타설하며 약 20~30m 간격으로 시공이음처리를 하게 되므로 시공 시 콘크리트타설 조건 및 방법 등을 감안할 경우 바닥콘크리트와 나머지 벽체 및 상부 콘크리트로 구분하고 시공이음부를 경계로 조사를 실시하여야하나 일반적으로 단일 터널에서는 콘크리트 설계강도가 동일하고, 또한 정밀점검 시 실시하는 콘크리트강도(비파괴시험) 조사는 시설물의 구조적 안전성평가를 위하기보다는 구조적 안전성 검토의 필요성 여부를 판별하고 상태평가를 위한 개략적 콘크리트강도의 기초자료 확보차원에서 실시되는 것이므로 수로터널 라이닝 콘크리트의 강도조사는 반발경도법을 사용하여 조사하고 터널 길이 200m를 기준으로 1회 실시하되 수로터널에서 최소 9회 이상 실시한다.

다) 콘크리트 강도(코어채취 파괴시험)

콘크리트 코어를 채취하여 실내시험에 의해 콘크리트강도를 조사하는 주목적은 비파괴시험에 의한 콘크리트강도 조사결과 치를 검증하여 보다 정확하고 실제적인 콘크리트강도 현황을 얻기 위함으로써 가능한 한 부재별로 이의 조사시험을 실시하는 것이 조사목적에 최대한 접근할 수 있다.

그러나 수밀을 요구하는 수로터널의 구조물 특성과 경제성 및 작업성 등을 고려할 때 비현실적이며 또한, 콘크리트 코어채취 및 시험이 「지침」상 선택과업으로 분류하고 있어 비용적 측면에서 많은 수량을 실시할 수 없는 실정이다.

따라서 정밀점검에서는 콘크리트 코어를 채취하지 않는 것을 원칙으로 하고 과업의 범위 및 내용이나 외관상태 조사결과 또는 비파괴시험에 의한 콘크리트강도 조사결과 등에 따라 관리주체

나 책임기술자의 판단에 따라 필요시에는 구조물에 영향이 적은 부위를 선정하여 제한적으로 실시한다.

라) 철근탐사

정밀점검에서의 철근탐사는 철근의 간격과 피복두께 등을 조사하여 설계도대로 시공되어 있는지의 여부를 확인하고 그 결과에 의해 구조적 안전성 검토여부를 판별함과 더불어 상태평가의 기초자료 확보차원에서 실시되는 조사항목이다. 수로터널은 항시 물과 접촉함으로 인해 터널 내부의 습도가 높아 조사 시 탐사장비의 오작동으로 측정결과가 불확실하고 조사결과의 정확성 및 신뢰성이 결여되기 때문에 조사의 어려움이 수반되는 문제를 안고 있다.

구조물 전체에 대한 철근의 배근상태를 확인하기 위해서는 조사대상 구조물의 부재별로 전 면적에 걸쳐 조사되어야 하나 이는 인력, 시간적 및 경제적 등의 측면에서 매우 부적절할 뿐만 아니라 수로터널의 특성상 거의 불가능하므로 부재별로 대표적인 부위를 선정하여 철근탐사를 실시하는 것이 필요하다. 하지만 부재수가 많은 경우에는 조사수량이 과다하게 되어 조사의 어려움이 수반되므로 부재수가 많은 경우에는 대표적인 부재를 선정하여 조사하는 것이 바람직하다.

일반적으로 수로터널은 무근콘크리트라이닝의 구조로 설치되는 경우가 대부분이나 압력수로, 대구경 수로, 토피가 적은 구간, 중요한 도로나 하천 횡단구간, 지반이 나쁜 구간 및 취약한 터널의 출입구 등에는 철근콘크리트라이닝 구조로 설치하는 경우도 있다.

정밀점검에서는 철근배근 상태조사는 실시하지 않으며, 외관상태 조사결과 관리주체나 책임기술자의 판단에 따라 안전상 문제가 있다고 판단될 경우에만 문제부위에 대하여 제한적으로 실시한다.

이때 철근배근상태조사는 직교하는 2방향의 철근에 대해 철근간격과 피복두께 조사를 함께 실시토록 하고 1개소 당 철근탐사면적은 조사코자 하는 철근의 직각방향으로 1.5m 이상 실시함을 원칙으로 한다.

마) 콘크리트 중성화깊이

중성화 깊이를 시험하는 방법에는 페놀프탈레인법, 시차 열중량 분석법, X선회절 분석법, 전기화학적 방법 등이 있으나 일반적으로 대부분 페놀프탈레인법을 사용하고 있다.

현장에서 중성화깊이 시험은 콘크리트를 파취(드릴링)한 후 그 파단면에 페놀프탈레인 용액을 분무하여 중성화 깊이를 시험하는 간이시험방법과 콘크리트 코어를 채취한 후 코어 표면에 페놀프탈레인 용액을 분무하여 중성화깊이를 측정하는 코어채취 시험방법으로 구분된다.

본 기준에서는 간이시험방법에 의한 중성화깊이 시험수량을 표준으로 한다.

콘크리트는 초기에 pH11 이상인 강알칼리성으로 철근의 표면에 수산화물의 부동태막을 형성시켜 철근의 부식을 억제하지만 대기 중의 탄산가스(CO₂) 등의 침식성 가스와 접촉하게 되면 콘크리트 pH가 낮아지면서 중성화로 진행되며 중성화깊이가 철근부위까지 도달하게 되면 철근표면의 수산화물 부동태막이 파괴되어 철근의 부식을 유발하게 된다.

이와 같이 콘크리트 중성화는 탄산가스(CO₂) 등의 침식성 가스와 관련되며 수로터널 구조물은

대부분 물과 항상 접촉되고 있으므로 콘크리트 중성화에 대한 문제가 비교적 적다고 볼 수 있다.

따라서 콘크리트 중성화깊이 조사는 수로터널 구조물이 수밀을 필요로 하는 구조적 특성과 상기한 내용을 감안하여 가능한 한 최소화하는 방향으로 하여 다음과 같이 조사수량을 정하였다.

콘크리트 중성화깊이 측정은 무근콘크리트라이닝 구조의 수로터널에서는 생략할 수 있고 철근콘크리트라이닝 구조의 수로터널에서만 실시함을 원칙으로 하며 조사수량은 복합부재(구간1, 구간2,...)마다 3개소 이상 조사하되 수로터널에서 최소 9개소 이상 조사한다.

3) 토목구조물

가) 외관조사망도 구성

개별부재(예 : 착수정 1지, ..., 정수지 1지 등)를 하나의 외관조사망도 단위로 구분하는 것을 원칙으로 하고 길이가 긴 공동구나 옹벽 등과 같은 구조물에 대해서는 책임기술자의 판단에 따라 신축이음부, 불연속면 등을 기준으로 구간 분할하여 작성할 수 있다.

나) 콘크리트 강도(비파괴시험)

비파괴시험에 의한 콘크리트강도 조사는 반발경도법 및 초음파법으로 실시하며 부재(벽체, 슬래브, 보 및 기둥 등)별로 그 면적과 시공 시의 콘크리트타설(시공이음) 간격 등을 고려하여 조사 위치 및 수량을 결정하는 것이 타당하다.

일반적으로 구조물의 부재별 콘크리트 타설은 먼저 바닥슬래브를 별도로 타설한 후 벽체, 상부슬래브, 보 및 기둥을 타설하게 된다.

벽체나 기둥의 높이가 낮을 경우(약 7.0m이하)에는 상부슬래브 및 보와 일체로 타설하나 높이가 높을 경우(약 7.0m이상)에는 콘크리트타설 작업성, 콘크리트 품질, 거푸집의 배부풀기나 동바리의 좌굴 등에 의한 안전사고 가능성 등을 고려하여 벽체 및 기둥의 약 4.0m 높이에서 끊어 시공이음처리를 하며 폭 및 길이방향으로는 약 20m 간격으로 신축이음처리를 하게 된다.

그런데 상수도의 토목구조물 높이는 보통 4.0~7.0m정도로서 7.0m를 넘는 경우가 극히 드물므로 시공 시 콘크리트타설 조건 및 방법 등을 감안할 경우 바닥슬래브 부재와 나머지 부재(벽체, 상부슬래브, 보 및 기둥)로 구분하여 콘크리트강도 조사가 이루어져야 전체구조물에 대한 전반적인 콘크리트강도를 파악할 수 있다.

그러나 정밀점검 시 실시하는 콘크리트강도(비파괴시험) 조사는 구조물의 구조적 안전성평가를 하기보다는 구조적 안전성 검토의 필요성 여부를 판별하고 상태평가를 위한 개략적 콘크리트강도의 기초자료 확보차원에서 실시되는 것이므로 상기와 같은 수준으로 상수도의 각 토목구조물에 대한 조사수량을 정하는 과다하다고 사료된다.

따라서 상수도 토목구조물의 정밀점검 시의 콘크리트강도(비파괴시험)는 반발경도법으로 조사하며, 조사수량은 상기 사항을 고려하고 구조물의 접근성 및 작업성, 구조물의 수량 등을 감안하여 취수시설에 대해서는 책임기술자의 판단에 따라 조사여부 및 수량을 결정하며 취수장, 가압장, 조절지, 배수지 등에 대해서는 구조형식에 관계없이 각각 3개소 이상 실시하고 정수장에 대

해서는 5개소 이상 실시한다.

다) 콘크리트강도(코어채취 파괴시험)

콘크리트 코어를 채취하여 실내시험에 의해 콘크리트강도를 조사하는 주목적은 비파괴시험에 의한 콘크리트강도 조사결과를 검증하여 보다 정확하고 실제적인 콘크리트강도 현황을 얻기 위함으로써 가능한 한 구조물별 및 부재별로 이의 조사시험을 실시하는 것이 조사목적에 최대한 접근할 수 있다.

그러나 수밀을 요구하는 상수도의 토목구조물 특성과 경제성 및 작업성 등을 고려할 때 비현실적이며 또한, 콘크리트 코어채취 및 시험이 「지침」상 선택과업으로 분류하고 있어 비용적 측면에서 많은 수량을 실시할 수 없는 실정이다.

따라서 정밀점검에서는 콘크리트 코어채취를 하지 않는 것을 원칙으로 하나 과업의 범위 및 내용이나 외관상태 조사결과 또는 비파괴시험에 의한 콘크리트강도 조사결과 등에 따라 관리주체나 정밀점검 책임기술자가 파괴시험에 의한 콘크리트강도 조사여부 및 조사수량을 결정하는 것으로 한다.

단, 콘크리트 코어를 채취할 경우 그 채취 지점은 관리주체와 협의한 후 구조물에 영향이 최소화되는 지점을 선정토록 하고 1개소 당 3개의 코어를 채취한다. 또한 이전에 수행한 안전점검이나 정밀안전진단에서 코어채취 및 실내시험에 대한 자료가 충분하고 이들의 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 이를 생략할 수 있으며 기존의 자료를 이용할 수 있다.

라) 철근탐사

정밀점검에서의 철근탐사는 철근의 간격과 피복두께 등을 조사하여 설계도대로 시공되어 있는지의 여부를 확인하고 그 결과에 의해 구조적 안전성 검토여부를 판별함과 더불어 상태평가의 기초자료 확보차원에서 실시되는 조사항목이다.

구조물 전체에 대한 철근의 배근상태를 확인하기 위해서는 조사대상 구조물의 부재별로 전 면적에 걸쳐 조사되어야 하나 이는 인력, 시간적 및 경제적 등의 측면에서 매우 부적절할 뿐만 아니라 상수도 토목구조물의 특성상 거의 불가능하므로 부재별로 대표적인 부위를 선정하여 철근탐사를 실시하는 것이 필요하다. 하지만 기둥이나 보와 같이 동일한 부재수가 많은 경우에는 조사수량이 과다하게 되어 조사의 어려움이 수반되므로 동일한 부재수가 많은 경우에는 대표적인 부재를 선정하여 조사하는 것이 바람직하다.

따라서 정밀점검 시 실시되는 철근탐사의 목적과 상기사항을 고려하고 구조물의 접근성 및 작업성, 구조물의 수량 등을 감안하여 철근탐사에 대한 조사수량을 구조물의 종류에 따라 다음과 같은 기준으로 설정하였다.

취수시설은 책임기술자의 판단에 따라 조사여부 및 수량을 결정하고 취수장, 가압장, 조절지, 배수지 등은 구조형식에 관계없이 각각 1개소 이상 실시하며 정수장에 대해서는 5개소 이상 실시한다.

이때 철근배근상태조사는 직교하는 2방향의 철근에 대해 철근간격과 피복두께 조사를 함께 실시토록 하고 1개소 당 철근탐사면적은 조사코자 하는 철근의 직각방향으로 1.5m 이상 실시함을 원칙으로 하며 이전의 안전점검이나 정밀안전진단 등에서 실시한 결과를 이용 가능한 경우에는 이의 조사부위와 중복되지 않도록 한다.

마) 콘크리트 중성화깊이

중성화 깊이를 시험하는 방법에는 페놀프탈레인법, 시차 열중량 분석법, X선회절 분석법, 전기화학적 방법 등이 있으나 일반적으로 대부분 페놀프탈레인법을 사용하고 있다.

현장에서 중성화깊이 시험은 콘크리트를 파취(드릴링)한 후 그 파단면에 페놀프탈레인 용액을 분무하여 중성화 깊이를 시험하는 간이시험방법과 콘크리트 코어를 채취한 후 코어 표면에 페놀프탈레인 용액을 분무하여 중성화깊이를 측정하는 코어채취 시험방법으로 구분된다.

본 기준에서는 간이시험방법에 의한 중성화깊이 시험수량을 표준으로 한다.

콘크리트는 초기에 pH11 이상인 강알칼리성으로 철근의 표면에 수산화물의 부동태막을 형성시켜 철근의 부식을 억제하지만 대기 중의 탄산가스(CO₂) 등의 침식성 가스와 접촉하게 되면 콘크리트 pH가 낮아지면서 중성화로 진행되며 중성화깊이가 철근부위까지 도달하게 되면 철근표면의 수산화물 부동태막이 파괴되어 철근의 부식을 유발하게 된다.

이와 같이 콘크리트 중성화는 탄산가스(CO₂) 등의 침식성 가스와 관련되므로 상수도의 토목구조물은 대부분 물과 항상 접촉되고 또한, 콘크리트 표면에 방수·방식도막처리가 되어 있어 콘크리트 중성화에 대한 문제가 비교적 적다고 볼 수 있다.

하지만 정수처리과정에서 투입되는 약품과 발생하는 가스가 대부분 침식성 성분으로 구성되어 있어 대기와 접촉되는 콘크리트 부위는 상대적으로 콘크리트 중성화에 취약하다고 볼 수 있으므로 이러한 부위에 대한 콘크리트 중성화깊이 조사는 필수적이다.

따라서 콘크리트 중성화깊이 조사위치는 상수도의 토목구조물이 수밀성을 필요로 하는 구조적 특성과 상기한 내용을 감안하여 가능한 한 대기와 접촉되는 부위에서 선정토록 하며 조사수량은 가능한 한 최소화하는 방향으로 하여 다음과 같이 조사수량을 정하였다.

콘크리트 중성화깊이 측정은 무근콘크리트 구조물에서는 실시하지 않고 철근콘크리트구조물에서만 실시함을 원칙으로 하며 취수시설은 책임기술자가 판단하여 실시여부 및 수량을 결정하되 단, 취수장, 가압장, 조절지, 배수지 등은 1개소, 정수장에 대해서는 3개소 이상 실시한다.

단, 콘크리트코어채취를 하는 경우 채취된 코어로 중성화깊이를 측정하며 이의 수량만큼 금회 조사수량에서 공제할 수 있다.

나. 정밀안전진단

1) 관 로

가) 관로구간 분할

관로를 체계적이고 효율적으로 점검·진단하기 위해서는 현장조사에 앞서 수집된 자료의 분석과 예비(사전)조사를 통해 얻어진 물리적, 환경적 요소 및 중요도 등을 고려하여 관로의 분할기준을 설정하고 이의 기준에 의해 전체관로를 각 단위관로구간으로 세분화하는 것이 필요하며 현장조사 시 관로구간분할기준이 되는 항목들이 현장의 상황에 따라 부적절할 수 있으므로 현장조사과정에서 얻어진 정보를 검토하여 적절히 재조정하여야 한다.

관로의 구간은 일반적으로 아래와 같은 항목들을 관로구간분할기준으로 설정하여 상태평가항목을 중심으로 분할한다.

- 관로용도 : 생활용수, 공업용수, 취수, 도수, 송수 및 배수 등
- 관리권역 : 수도사업소별, 공구별 등
- 관로특성 : 관경, 관종, 사용년수, 방식도장유무 등
- 지반조건 : 암반, 토사, 연약(점토)지반, 이토층 등
- 매설현황 : 매설깊이, 매설지역(도로, 녹지, 농경지, 산지, 하천, 제방, 철도, 수관교, 교량첨가관 등)
- 운영상황 : 가압, 자연유하, 전기방식유무, 관내수질 등
- 사고유발성 : 사고이력, 타 시설물과의 간섭, 문제내제구간(Known Problem Areas) 등
- 사고피해도 : 단수지역범위, 침수구역, 교통장애도, 복구용이성 등

단, 도로, 하천, 제방, 철도 등의 횡단구간이나 수관교, 교량첨가관 등의 구간에서는 그 연장이 극히 짧은 경우에는 별도의 구간으로 세분화하는 것보다 인접구간에 포함시키는 것이 합리적이고 관로 중간에 설치된 조절지의 경우는 조절지의 규모, 주변의 환경 등을 고려하여 별도의 구간으로 세분할 것인지 아니면 인접구간에 포함시킬 것인지는 책임기술자의 판단에 따른다.

나) 사고이력 분석

관로의 사고는 부식, 하중, 재질, 시공, 유지관리 등에 따라 발생되며 이러한 여러 가지 사고유발인자의 영향에 의해 관로의 파손, 누수라는 결과가 표출되는 것으로 과거의 사고이력이 많은 구간인 경우 앞으로도 사고가 발생할 개연성이 높다고 할 수 있다.

관로의 사고이력은 관리주체로부터 관련 자료를 수집하여 조사하되 타 공사, 관로이설공사 등에 의한 사고로 시설물의 노후화와 관련이 없는 사고이력은 제외한다.

다) 노면하중

관로가 매설되어 있는 노면에 중차량의 통행이 빈번하다면 이로 인한 과대하중에 의해 매설관의 손상 및 파손이 발생할 우려가 높다.

노면하중에 대한 자료는 직접 관로에 대한 현장조사를 실시함으로써 얻을 수 있다.

노면하중의 구분은 차량하중의 재하여부 및 하중의 크기를 간접적으로 평가하는 방법을 이용하며 매설관로 상의 토지이용현황을 기초로 하여 각 관로구간별로 비차도, 전용도로, 2차선 미만도로, 2차선 이상도로, 4차선 이상도로, 중차량 작업장 등으로 구분 조사한다.

라) 내부수압(kgf/cm²)

관 내부의 수압은 관로에 구조적으로 직접적인 영향을 미치는 인자로 내부수압은 최대 정수압과 수격압 중 큰 값을 적용하는 것이 원칙이나 수격압의 정확한 산정을 위해서는 많은 자료와 시간, 경비가 소용됨을 감안하여 내부수압의 평가에 수격압을 고려할 것인지는 관리주체의 판단에 따르고 수격압을 고려하지 않을 경우에는 관로 상에 발생될 수 있는 최대정수압을 적용한다.

마) 사용년수

사용년수와 관의 구조적 안전과는 직접적인 상관관계는 없지만 사용년수가 경과될수록 여러 가지 요인들에 의해 사고발생의 개연성은 높아지게 되므로 관로구간별로 사용년수를 조사토록 한다.

바) 토양부식성

토양부식성의 인자로는 토질, 토양비저항, 토양pH, 산화환원전위, 염화물함량, 황화물함량 및 함수비 등으로서 이의 토양부식성 인자들에 대해서 조사·측정한다.

토양비저항의 측정은 시가지, 주택지, 공업지대 등은 토양환경의 변화가 심하므로 상대적으로 측정구간을 짧게 하고 토양환경의 변화가 거의 없는 산지, 농지 등은 측정간격을 길게 하되 평균적으로 300m마다 1회 이상 조사·측정하고 토질, 토양pH, 산화환원전위, 황화물함량, 염화물함량 및 함수비 등은 실험실에서 관련 전문가에 의해 분석하는 경우가 많음을 감안하여 평균적으로 2km마다 1회 이상 측정하는 것을 원칙으로 하되 이전의 안전점검이나 정밀안전진단 등에서 실시한 자료이용이 가능한 경우에는 이의 수량만큼 금회 조사수량에서 공제할 수 있다.

사) 배관의 부식

관체, 각종 밸브 및 볼트·너트 등의 부식상태를 조사하는 것으로서 차도 상에 위치한 모든 밸브실과 기타 중요 밸브실내의 배관 및 굴착조사 지점의 배관에 대하여 조사하며 이때 배관에 대한 별도의 외관조사망도 대신 배관의 상태를 상세히 기록하는 상태조사표(부록참조)를 작성한다.

아) 관대지전위차

관대지전위차는 관로의 방식시설의 적정운영 및 관로의 부식 개연성을 판단할 수 있는 중요한 인자로 강관에 한하여 조사하며 조사수량은 평균적으로 200m마다 1회 이상 측정하고 테스트 박스(T/B)는 모두 측정하는 것을 원칙으로 한다.

자) 관내·외면 방식도장 및 라이닝

관내·외면 방식도장 및 라이닝의 유무는 수집한 각종 자료와 관로시설의 이설 및 보수·교체

공사 시 관내·외면조사 등을 통하여 조사한다.

차) 굴착조사

굴착조사는 현장여건, 지주와의 협의 등 여러 가지 제약으로 인해 현실적으로 상당히 어려운 점을 감안하여 최소 3개소 이상 실시한다.

굴착지점의 선정은 관중, 관경, 토양부식성, 주변환경 및 매설환경, 굴착 가능성 등을 종합적으로 고려하여 선정하며, 굴착조사 시 외부도장 및 도복장의 상태(잔존율 포함)와 배관의 부식, 잔존 관두께 및 관체의 변형유무 등에 대해 조사토록 한다.

카) 수질의 부식성

수질 부식성은 관로 내부수질의 부식성을 평가하는 것으로 Langelier Saturation Index(LSI), Larson Ratio(LR), Ryznar Stability Index(RSI) 및 Buffer Intensity(BI) 등의 여러 가지 평가방법 중 부식속도와 탄산칼슘의 막형성에 대한 정보를 얻을 수 있는 Ryznar Stability Index(RSI)가 계산 값에 따라 수질부식성의 정도가 세분화 되어 있어 객관화 및 정량화 측면에서 우수한 것으로 판단되어 이를 기준으로 수질부식성을 평가하는 것으로 한다.

Ryznar Stability Index는 현장에서 채취한 시료를 실험실에서 분석하거나 관리주체의 수질자료를 분석함으로써 결과를 얻을 수 있다. 수질의 부식성은 원수 및 정수에 대해 각 1회 이상 실시한다.

여기서, $RSI = 2pH_s - pH_a$

pH_s = 측정된 칼슘이온농도와 알카리도 값에서 탄산칼슘으로 포화되었을 경우 물의 pH

pH_a = 실제 물에서 측정된 pH

타) 배관의 누수

관체, 각종 밸브 및 신축관 등의 배관 누수여부 확인 및 그 원인을 파악하는 것으로서 차도 상에 위치한 밸브실내 및 기타 중요 밸브실내의 배관에 대하여 조사하며 이 때 배관에 대해서는 별도의 외관조사망도 대신 배관의 상태를 상세히 기록하는 상태조사표(부록참조)를 작성한다.

파) 기타

토목구조물인 밸브실 조사는 차도 상에 위치한 모든 밸브실 및 기타 중요 밸브실에 대해 육안검사를 실시하며 이때 밸브실에 대해서는 별도의 외관조사망도 대신 밸브실의 상태를 상세히 기록하는 상태조사표(부록참조)를 작성한다.

2) 수로터널

가) 외관조사망도 구성

수로터널의 중간부에 유지관리 경사갱이 있는 경우는 수로터널과 경사갱이 연결되는 지점을 기준으로 복합부재(구간1, 구간2, ...)로서 구분하고, 수로터널의 중간부에 유지관리 경사갱이 없는 경우는 입구부,

중간부, 출구부의 3등분으로 구분하여 이를 복합부재로서 구분한다. 각각의 구간(복합부재)을 수축이음부 또는 수십~수백m의 다수의 블록(개별부재)으로 세분하여 외관조사망도를 작성한다.

나) 콘크리트강도(비파괴시험)

비파괴시험에 의한 콘크리트강도 조사는 반발경도법 및 초음파법으로 실시하며 부재(바닥콘크리트, 벽체 및 상부 콘크리트 등)별로 그 면적과 시공 시의 콘크리트타설(시공이음) 간격 등을 고려하여 조사위치 및 수량을 결정하는 것이 타당하다. 수로터널은 항시 물과 접촉함으로 인해 터널 내부의 습도가 높아 조사 시 탐사장비의 오작동으로 측정결과가 불확실하고 조사결과의 정확성 및 신뢰성이 결여되기 때문에 조사의 어려움이 수반되는 문제를 안고 있다.

일반적으로 수로터널 구조물의 부재별 콘크리트 타설은 먼저 바닥콘크리트를 별도로 타설한 후 벽체 및 상부 콘크리트를 타설하며 약 20~30m 간격으로 시공이음처리를 하게 되므로 시공 시 콘크리트타설 조건 및 방법 등을 감안할 경우 바닥콘크리트와 나머지 벽체 및 상부 콘크리트로 구분하고 시공이음부를 경계로 조사를 실시하여야하나 일반적으로 단일 터널에서는 콘크리트 설계강도가 동일하고, 또한 정밀안전진단에서 실시하는 콘크리트강도(비파괴시험) 조사는 시설물의 상태평가 및 구조적 안전성평가를 위한 콘크리트강도의 기초 자료를 확보코자하는 차원에서 실시되는 것이므로 수로터널 라이닝 콘크리트의 강도조사는 반발경도법을 사용하여 조사하고 콘크리트 표면이 건조한 상태인 경우는 초음파법을 병행하여 실시한다. 강도조사는 터널 길이 200m를 기준으로 1회 실시하되 수로터널에서 최소 9회 이상을 실시한다.

다) 콘크리트강도(코어채취 파괴시험)

콘크리트 코어를 채취하여 실내시험에 의해 콘크리트강도를 조사하는 주목적은 비파괴시험에 의한 콘크리트강도 값을 검증하여 보다 정확하고 실제적인 콘크리트강도 현황을 얻기 위함으로서 가능한 한 부재별로 이의 조사시험을 실시하는 것이 조사목적에 최대한 접근할 수 있다.

그러나 수밀을 요구하는 수로터널의 구조물 특성과 경제성 및 작업성 등을 고려할 때 비현실적이며 또한, 콘크리트 코어채취 및 시험이 「지침」상 선택과업으로 분류하고 있어 비용적 측면에서 많은 수량을 실시할 수 없는 실정이다.

따라서 정밀안전진단에서 콘크리트 코어채취는 과업의 범위, 내용 및 외관상태 조사결과 또는 비파괴시험에 의한 콘크리트강도 조사결과 등에 따라 관리주체나 책임기술자의 판단에 따라 필요한 경우에만 콘크리트 코어를 채취하며 구조물에 영향이 적은 부위를 선정하여 제한적으로 실시한다.

라) 철근탐사

정밀안전진단에서의 철근탐사는 철근의 간격과 피복두께 등을 조사하여 설계도대로 시공되어 있는지의 여부를 확인하고 그 결과에 의해 구조적 안전성 검토여부를 판별함과 더불어 상태평가의 기초자료 확보차원에서 실시되는 조사항목이다. 수로터널은 항시 물과 접촉함으로 인해 터널 내부의 습도가 높아 조사 시 탐사장비의 오작동으로 측정결과가 불확실하고 조사결과의 정확성

및 신뢰성이 결여되기 때문에 조사의 어려움이 수반되는 문제를 안고 있다.

구조물 전체에 대한 철근의 배근상태를 확인하기 위해서는 조사대상 구조물의 부재별로 전 면 적에 걸쳐 조사되어야 하나 이는 인력, 시간적 및 경제적 등의 측면에서 매우 부적절할 뿐만 아니라 수로터널의 특성상 거의 불가능하므로 부재별로 대표적인 부위를 선정하여 철근탐사를 실시하는 것이 필요하다. 하지만 부재수가 많은 경우에는 조사수량이 과다하게 되어 조사의 어려움이 수반되므로 부재수가 많은 경우에는 대표적인 부재를 선정하여 조사하는 것이 바람직하다.

일반적으로 수로터널은 무근콘크리트라이닝의 구조로 설치되는 경우가 대부분이나 압력수로, 대구경 수로, 토피가 적은 구간, 중요한 도로나 하천 횡단구간, 지반이 나쁜 구간 및 취약한 터널의 출입구 등에는 철근콘크리트라이닝 구조로 설치하는 경우도 있다.

철근콘크리트라이닝 구조의 수로터널을 정밀안전진단하는 경우에는 철근탐사 목적과 상기사항을 고려하여 철근탐사에 대한 조사수량은 복합부재(구간1, 구간2,...)마다 3개소 이상 조사하되 수로터널에서 최소 9개소 이상 조사한다.

이때 철근배근상태조사는 직교하는 2방향의 철근에 대해 철근간격과 피복두께 조사를 함께 실시토록 하고 1개소 당 철근탐사면적은 조사코자 하는 철근의 직각방향으로 1.5m 이상 실시함을 원칙으로 한다.

마) 콘크리트 중성화깊이

중성화 깊이를 시험하는 방법에는 페놀프탈레인법, 시차 열중량 분석법, X선회절 분석법, 전기 화학적 방법 등이 있으나 일반적으로 대부분 페놀프탈레인법을 사용하고 있으며 현장에서 콘크리트를 파취(드릴링)한 후 그 파단면에 페놀프탈레인 용액을 분무하여 중성화 깊이를 시험하는 간이시험방법과 콘크리트 코어를 채취한 후 코어 표면에 페놀프탈레인 용액을 분무하여 중성화 깊이를 측정하는 코어채취 시험방법으로 구분된다.

본 기준에서는 간이시험방법에 의한 중성화깊이 시험수량을 표준으로 한다.

콘크리트는 초기에 pH11 이상인 강알칼리성으로 철근의 표면에 수산화물의 부동태막을 형성시켜 철근의 부식을 억제하지만 대기 중의 탄산가스(CO₂) 등의 침식성 가스와 접촉하게 되면 콘크리트 pH가 낮아지면서 중성화로 진행되며 중성화깊이가 철근부위까지 도달하게 되면 철근표면의 수산화물 부동태막이 파괴되어 철근의 부식을 유발하게 된다.

이와 같이 콘크리트 중성화는 탄산가스(CO₂) 등의 침식성 가스와 관련되며 수로터널 구조물은 대부분 물과 항상 접촉되고 있으므로 콘크리트 중성화에 대한 문제가 비교적 적다고 볼 수 있다.

따라서 콘크리트 중성화깊이 조사는 수로터널 구조물이 수밀을 필요로 하는 구조적 특성과 상기한 내용을 감안하여 가능한 한 최소화하는 방향으로 다음과 같이 조사한다.

콘크리트 중성화깊이 측정은 무근콘크리트라이닝 구조의 수로터널에서는 생략할 수 있고 철근콘크리트라이닝 구조의 수로터널에서만 실시함을 원칙으로 하며 조사수량은 복합부재(구간1, 구간2,...)마다 3개소 이상 조사하되 수로터널에서 최소 9개소 이상 조사한다.

바) 콘크리트 염화물함량

콘크리트 염화물함량 조사는 별도로 콘크리트를 파취하여 시료를 채취하기도 하나 통상, 콘크리트 중성화깊이를 조사하기 위해 콘크리트를 파취(드릴링)함으로써 발생하는 콘크리트 파편이나 파괴시험에 의한 콘크리트강도 조사를 위해 채취되는 콘크리트 코어를 시료로 이용하며 이의 조사항목은 「지침」상 선택과업으로 분류되고 있다.

따라서 앞에서 정한 파괴시험(콘크리트코어 채취시험)에 의한 콘크리트강도 조사수량과 콘크리트 중성화깊이 조사수량에 대해 모두 실시하는 것은 시료채취 시 소실되는 양과 선택과업에 따른 비용적 측면에서 불합리하다고 판단된다.

그러므로 콘크리트 염화물함량 조사는 과업의 범위, 내용 및 외관상태 조사결과 염화물에 의하여 철근에 유해한 영향이 있다고 판단될 경우에 관리주체나 책임기술자의 판단에 따라 필요한 경우에 실시한다.

사) 철근부식도

철근의 부식도 조사는 통상 전위차법(Electrical Method)에 의해 이루어지는데 수로터널은 항상 물과 접촉함으로 인해 터널 내부의 습도가 높아 조사 시 탐사장비의 오작동으로 측정결과가 불확실하고 조사결과의 정확성 및 신뢰성이 결여되기 때문에 조사의 어려움이 수반되는 문제를 안고 있다.

그러나 수로터널의 외관상태 조사결과 중대한 구조적 결함이 발견된 경우 또는 수로터널에 작용하는 하중조건이 크게 변하였거나 변화가 예상되는 경우 등에는 수로터널의 구조적 안전성 검토가 필요할 수 있으며 이러한 구조적 안전성검토에 요구되는 철근의 단면상태에 대한 기초 자료를 얻기 위해 철근부식도 등의 조사가 필요하다.

그러므로 철근부식도 조사는 과업내용, 외관상태 조사결과 층분리 및 박락 발생 또는 염화물에 의하여 철근에 유해한 영향이 있다고 판단될 경우에 관리주체나 책임기술자의 판단에 따라 필요한 경우에 실시한다.

아) 콘크리트 물성시험

콘크리트 물성 분석은 외관상태 조사결과 중대한 구조적 결함이 발견되었거나 콘크리트강도 조사결과 현저하게 강도저하가 이루어진 경우 또는 구조물에 작용하는 하중조건이 크게 변하였거나 변화가 예상되는 경우 등에는 구조물의 구조적 안전성 검토가 필요할 수 있으며 이러한 구조적 안전성 검토 시 콘크리트 물성 상태를 파악하는 것이 필요하다.

따라서 과업의 범위 및 내용, 외관상태 조사결과, 콘크리트강도 조사결과 또는 하중 변화조건 등에 따라 관리주체나 책임기술자가 실시여부를 결정하며 수로터널의 특성 및 상황 등을 고려하여 조사수량은 책임기술자가 정하는 것으로 한다.

자) 지반(시추)조사

지반시추조사는 외관상태 조사결과 중대한 구조적 결함이 발견되었거나 또는 구조물에 작용하

는 하중조건이 크게 변하였거나 변화가 예상되는 경우 등에는 수로터널의 구조적 안전성 검토가 필요할 수 있으며 이러한 구조적 안전성 검토 시 지반의 특성 및 상태를 파악하는 것이 필요하다. 따라서 과업의 범위 및 내용, 외관상태 조사결과, 콘크리트강도 조사결과 또는 하중 변화조건 등에 따라 구조적 안전성 검토가 필요한 경우 관리주체나 책임기술자가 실시여부를 결정하며 수로터널의 특성 및 상황 등을 고려하여 조사수량은 책임기술자가 정하는 것으로 한다. 단, 설계 시나 이전의 안전점검이나 정밀안전진단 등에서 실시한 결과를 이용 가능한 경우에는 이를 이용할 수 있다.

3) 토목구조물

가) 외관조사망도 구성

개별부재(예 : 착수정 1지, ..., 정수지 1지 등)를 하나의 외관조사망도 단위로 구분하는 것을 원칙으로 하고 길이가 긴 공동구나 옹벽 등과 같은 구조물에 대해서는 책임기술자의 판단에 따라 신축이음부, 불연속면 등을 기준으로 구간 분할하여 작성할 수 있다.

나) 콘크리트강도(비파괴시험)

비파괴시험에 의한 콘크리트강도 조사는 반발경도법 및 초음파법으로 실시하며 부재(벽체, 슬래브, 보 및 기둥 등)별로 그 면적과 시공 시의 콘크리트타설(시공이음) 간격 등을 고려하여 조사 위치 및 수량을 결정하는 것이 타당하다.

일반적으로 구조물의 부재별 콘크리트 타설은 먼저 바닥슬래브를 별도로 타설한 후 벽체, 상부슬래브, 보 및 기둥을 타설하게 된다.

벽체나 기둥의 높이가 낮을 경우(약 7.0m이하)에는 상부슬래브 및 보와 일체로 타설하나 높이가 높을 경우(약 7.0m이상)에는 콘크리트타설 작업성, 콘크리트 품질성, 거푸집의 배부풀기나 동바리의 좌굴 등에 의한 안전사고 우려성 등을 고려하여 벽체 및 기둥의 약 4.0m 높이에서 끊어 시공이음처리를 하며 폭 및 길이방향으로는 약 20m 간격으로 신축이음처리를 하게 된다.

그런데 상수도의 토목구조물 높이는 보통 4.0~7.0m정도로서 7.0m를 넘는 경우가 극히 드물므로 시공 시 콘크리트타설 조건 및 방법 등을 감안할 경우 바닥슬래브 부재와 나머지 부재(벽체, 상부슬래브, 보 및 기둥)로 구분하여 콘크리트강도 조사가 이루어져야 전체구조물에 대한 전반적인 콘크리트강도를 파악할 수 있다.

그러나 이와 같이 조사할 경우 그 수량이 매우 과다하게 되며 정밀안전진단 시 실시하는 콘크리트강도(비파괴시험) 조사는 시설물의 상태평가 및 구조적 안전성평가를 위한 콘크리트강도의 기초 자료를 확보코자하는 차원에서 실시되는 것이므로 정밀안전진단 시 실시되어야 할 최소한의 조사수량은 아래와 같이 정하였다.

상수도 토목구조물의 정밀안전진단 시의 콘크리트강도(비파괴시험)조사는 반발경도 및 초음파법을 사용하여 조사하고, 조사수량은 상기 사항을 고려하고 구조물의 접근성 및 작업성, 구조물

의 수량 등을 감안하여 취수시설에 대해서는 책임기술자의 판단에 따라 조사여부 및 수량을 결정하며 취수장, 가압장, 조절지, 배수지 등에 대해서는 구조형식에 관계없이 각각 5개소 이상 실시하고 정수장에 대해서는 10개소 이상 실시한다.

다) 콘크리트강도(코어채취 파괴시험)

콘크리트 코어를 채취하여 실내시험에 의해 콘크리트강도를 조사하는 주목적은 비파괴시험에 의한 콘크리트강도 조사결과를 검증하여 보다 정확하고 실제적인 콘크리트강도 현황을 얻기 위함으로써 가능한 한 구조물별 및 부재별로 이의 조사시험을 실시하는 것이 조사목적에 최대한 접근할 수 있다.

그러나 수밀을 요구하는 상수도의 토목구조물 특성과 경제성 및 작업성 등을 고려할 때 비현실적이며 또한, 콘크리트 코어채취 및 시험이 「지침」상 선택과업으로 분류하고 있어 비용적 측면에서 많은 수량을 실시할 수 없는 실정이다.

따라서 정밀안전진단 시 조사하여야 할 코어채취 파괴시험에 의한 콘크리트강도 조사수량은 상기 사항을 고려하고 구조물의 접근성 및 작업성, 구조물의 수량 등을 감안하여 구조물별로 다음과 같다.

취수시설은 콘크리트 코어채취를 하지 않는 것을 원칙으로 하나 과업의 범위 및 내용이나 외관 상태 조사결과 또는 비파괴시험에 의한 콘크리트강도 조사결과 등에 따라 관리주체나 정밀점검 책임기술자가 파괴시험에 의한 콘크리트강도 조사여부 및 조사수량을 결정하는 것으로 한다.

취수장, 가압장, 배수지 및 조절지 등은 필요시에 각각 1개소 이상 실시하고 정수장에 대해서는 필요시에 2개소 이상 실시한다.

단, 콘크리트 코어채취 지점은 관리주체와 협의한 후 구조물에 영향이 최소화되는 지점을 선정토록 하고 1개소 당 3개의 코어를 채취한다. 또한 이전에 수행한 안전점검이나 정밀안전진단에서 코어채취 및 실내시험에 대한 자료가 충분하고 이들의 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 이를 생략할 수 있으며 기존의 자료를 이용할 수 있다.

라) 철근탐사

정밀안전진단에서의 철근탐사는 철근의 간격과 피복두께 등을 조사하여 설계도면대로 시공되어 있는지의 여부를 확인하고 상태평가 및 구조적 안전성평가를 위한 기초자료 확보차원에서 실시되는 조사항목이다.

구조물 전체에 대한 철근의 배근상태를 확인하기 위해서는 조사대상 구조물의 부재별로 전 면적에 걸쳐 조사되어야 하나 이는 인력, 시간적 및 경제적 등의 측면에서 매우 부적절할 뿐만 아니라 상수도 토목구조물의 특성상 거의 불가능하므로 부재별로 대표적인 부위를 선정하여 철근탐사를 실시하는 것이 필요하다. 하지만 기둥이나 보와 같이 동일한 부재수가 많은 경우에는 조사수량이 과다하게 되어 조사의 어려움이 수반되므로 동일한 부재수가 많은 경우에는 대표적인 부재를 선정하여 조사하는 것이 바람직하다.

따라서 정밀안전진단 시 실시되는 철근탐사의 목적과 상기사항을 고려하고 구조물의 접근성 및 작업성, 구조물의 수량 등을 감안하여 철근탐사에 대한 조사수량을 구조물의 종류에 따라 다음과 같은 기준으로 설정하였다.

취수시설은 책임기술자가 판단하며 취수장, 가압장, 조절지, 배수지 등은 구조형식에 관계없이 각각 3개소 이상 실시하며 정수장에 대해서는 10개소 이상 실시한다.

이때 철근배근상태조사는 직교하는 2방향의 철근에 대해 철근간격과 피복두께 조사를 함께 실시토록 하고 1개소 당 철근탐사면적은 조사코자 하는 철근의 직각방향으로 1.5m 이상 실시함을 원칙으로 하며 이전의 안전점검이나 정밀안전진단 등에서 실시한 결과를 이용 가능한 경우에는 이의 조사부위와 중복되지 않도록 한다.

마) 콘크리트 중성화깊이

중성화 깊이를 시험하는 방법에는 페놀프탈레인법, 시차 열중량 분석법, X선회절 분석법, 전기화학적 방법 등이 있으나 일반적으로 대부분 페놀프탈레인법을 사용하고 있다.

현장에서 중성화깊이 시험은 콘크리트를 파취(드릴링)한 후 그 파단면에 페놀프탈레인 용액을 분무하여 중성화 깊이를 시험하는 간이시험방법과 콘크리트 코어를 채취한 후 코어 표면에 페놀프탈레인 용액을 분무하여 중성화깊이를 측정하는 코어채취 시험방법으로 구분된다.

본 기준에서는 간이시험방법에 의한 중성화깊이 시험수량을 표준으로 한다.

콘크리트는 초기에 pH11 이상인 강알칼리성으로 철근의 표면에 수산화물의 부동태막을 형성시켜 철근의 부식을 억제하지만 대기 중의 탄산가스(CO₂) 등의 침식성 가스와 접촉하게 되면 콘크리트 pH가 낮아지면서 중성화로 진행되며 중성화깊이가 철근부위까지 도달하게 되면 철근표면의 수산화물 부동태막이 파괴되어 철근의 부식을 유발하게 된다.

이와 같이 콘크리트 중성화는 탄산가스(CO₂) 등의 침식성 가스와 관련되므로 상수도의 토목구조물은 대부분 물과 항상 접촉되고 또한, 콘크리트 표면에 방수·방식도막처리가 되어 있어 콘크리트 중성화에 대한 문제가 비교적 적다고 볼 수 있다.

하지만 정수처리과정에서 투입되는 약품과 발생하는 가스가 대부분 침식성 성분으로 구성되어 있어 대기와 접촉되는 콘크리트 부위는 상대적으로 콘크리트 중성화에 취약하다고 볼 수 있으므로 이러한 부위에 대한 콘크리트 중성화깊이 조사는 필수적이다.

따라서 콘크리트 중성화깊이 조사위치는 상수도의 토목구조물이 수밀성을 필요로 하는 구조적 특성과 상기한 내용을 감안하여 가능한 한 대기와 접촉되는 부위에서 선정토록 하며 조사수량은 가능한 한 최소화하는 방향으로 하여 다음과 같이 조사수량을 정하였다.

콘크리트 중성화깊이 측정은 무근콘크리트 구조물에서는 실시하지 않고 철근콘크리트구조물에서만 실시함을 원칙으로 하며 취수시설에서는 책임기술자가 판단하고 취수장, 가압장, 조절지, 배수지 등에서는 3개소, 정수장에 대해서는 9개소 이상 실시한다.

단, 콘크리트코어채취를 하는 경우 채취된 코어로 중성화깊이를 측정하며 이의 수량만큼 금회 조사수량에서 공제할 수 있다.

바) 콘크리트 염화물함량

콘크리트 염화물함량 조사는 별도로 콘크리트를 파취하여 시료를 채취하기도 하나 통상, 콘크리트 중성화깊이를 조사하기 위해 콘크리트를 파취(드릴링)함으로써 발생하는 콘크리트 파편이나 파괴시험에 의한 콘크리트강도 조사를 위해 채취되는 콘크리트 코어를 시료로 이용하며 이의 조사항목은 「지침」상 선택과업으로 분류되고 있다.

따라서 앞에서 정한 파괴시험(콘크리트코어 채취시험)에 의한 콘크리트강도 조사수량과 콘크리트 중성화깊이 조사수량을 모두 실시하는 것은 시료채취 시 소실되는 양과 선택과업에 따른 비용적 측면에서 불합리하다고 판단된다.

그러므로 최소한의 콘크리트 염화물함량 조사는 콘크리트강도 조사를 위해 채취된 코어시료를 이용하여 실시하며 과업의 범위 및 내용과 구조물의 특성 및 상황 등을 고려하여 구조물별 조사수량을 책임기술자가 조정 가능한 것으로 한다.

사) 철근부식도

철근의 부식도 조사는 통상 전위차법(Electrical Method)에 의해 이루어지는데 상수도의 대부분 토목구조물들은 항시 물과 접촉함으로 인해 습윤상태로 유지되고 있음으로써 철근부식도 조사 시 전위차가 제대로 측정되지 못함에 따라 측정결과가 불확실하고 조사결과의 정확성 및 신뢰성이 결여되기 때문에 철근부식도 조사의 어려움이 수반되는 문제를 안고 있다.

그러나 구조물의 외관상태 조사결과 중대한 구조적 결함이 발견된 경우 또는 구조물에 작용하는 하중조건이 크게 변하였거나 변화가 예상되는 경우 등에는 구조물의 구조적 안전성 검토가 필수적으로 이루어져야 하며 이러한 구조적 안전성검토에 요구되는 철근의 단면상태에 대한 기초 자료를 얻기 위해 철근부식도 등의 조사가 필요하다.

철근부식도 조사는 과업내용, 외관상태 조사결과 층분리 및 박락 발생 또는 염화물에 의하여 철근에 유해한 영향이 있다고 판단될 경우에 관리주체나 책임기술자의 판단에 따라 필요한 경우에 실시한다.

아) 콘크리트 물성

콘크리트 물성 분석은 외관상태 조사결과 중대한 구조적 결함이 발견되었거나 콘크리트강도 조사결과 현저하게 강도저하가 이루어진 경우 또는 구조물에 작용하는 하중조건이 크게 변하였거나 변화가 예상되는 경우 등에는 구조물의 구조적 안전성 검토가 필수적으로 이루어져야 하며 이러한 구조적 안전성 검토 시 콘크리트 물성 및 미세구조의 변화상태를 파악하는 것이 필요하다.

따라서 과업의 범위 및 내용, 구조물의 외관상태 조사결과, 콘크리트강도 조사결과 또는 하중 변화조건 등에 따라 관리주체나 책임기술자가 실시여부를 결정하며 구조물의 특성 및 상황 등을 고려하여 구조물별 조사수량은 책임기술자가 정하는 것으로 한다.

자) 기초지반(시추)조사

기초지반 시추조사는 외관상태 조사결과 중대한 구조적 결함이 발견되었거나 콘크리트강도 조사결과 현저하게 강도저하가 이루어진 경우 또는 구조물에 작용하는 하중조건이 크게 변하였거나 변화가 예상되는 경우 등에는 구조물의 구조적 안전성 검토가 필수적으로 이루어져야 하며 이러한 구조적 안전성 검토 시 기초지반의 특성 및 상태를 파악하는 것이 필요하다.

따라서 과업의 범위 및 내용, 구조물의 외관상태 조사결과, 콘크리트강도 조사결과 또는 하중변화조건 등에 따라 구조적 안전성 검토가 필요한 경우 관리주체나 책임기술자가 실시여부를 결정하며 구조물의 특성 및 상황 등을 고려하여 구조물별 조사수량은 책임기술자가 정하는 것으로 한다. 단, 설계 시나 이전의 안전점검이나 정밀안전진단 등에서 실시한 결과를 이용 가능한 경우에는 이를 적용할 수 있다.

4) 기계설비

가) 소음·진동 측정

상수도의 각종 기기 중 구조물에 영향을 미치는 진동을 일으키고 처리장 운영자의 심신에 스트레스를 유발하는 소음을 발생시키는 주요 기기는 각종 펌프 등으로서 이들의 기기에서 소음·진동이 크게 발생하거나 콘크리트 외관상태 조사결과 균열 등의 결함이 기기 및 배관의 진동에 의해 발생하는 징후를 보일 경우 이러한 기기 및 배관에 대한 소음·진동치를 측정하여 허용치 초과여부를 확인하고 그 원인을 파악하여 대책을 강구하는 것이 필요하며 또한, 기기의 소음·진동 정도를 측정함으로써 기기의 상태를 간접적으로 파악할 수 있다.

따라서 상수도의 기계설비에 대한 정밀안전진단 시 각종 펌프 및 이와 관련한 배관 등의 진동 측정은 펌프의 작동시험을 시행하여 KSB 0142의 ‘회전속도 10~200 rev/sec로 운전되는 기계의 진동평가기준 기본사항’에 준하여 실시토록 하며 기기의 진동측정 회수는 펌프의 부하측 및 반부하측을 수직, 수평, 축방향에 대하여 1회 이상 측정한다.

펌프의 소음측정은 펌프의 작동시험을 시행하여 펌프의 부하측, 반부하측 및 모터 반부하측을 수평거리 1m에서 1회 이상 측정한다.

나) 배관두께(초음파 측정)

상수도의 각종 배관 중 부식성이 염소 등과 접촉하는 배관들은 부식에 매우 취약하며 이러한 물질들이 부식이나 이음부위의 체결불량 또는 손상 등으로 누수가 이루어질 경우 처리장의 운영에 막대한 지장을 초래할 뿐만 아니라 안전사고로 이어질 수 있기 때문에 부식발생 우려가 높거나 관내압이 크게 작용하는 배관에 대해서는 관의 두께가 소요두께 이상을 확보하고 있는지를 조사할 필요가 있다.

따라서 상수도의 기계설비에 대한 정밀안전진단 시 각종 배관에 대한 관의 두께조사(초음파 측정)는 과업의 범위 및 내용이나 배관의 외관상태 조사결과 등을 감안하고 배관의 특성 및 상황 등을 고려하여 책임기술자가 실시여부와 배관별 조사위치 및 조사수량을 정하는 것으로 한다.

다) 권양와이어의 단면감소 및 소선절단 상태

크레인 및 호이스트 등은 권양와이어에 의해 각종 기기를 운반하거나 설치하게 되는데 권양와이어가 부식 등으로 단면이 크게 감소하거나 소선이 절단되어 있는 경우에는 작업 시 권양 기기의 낙하로 각종 기기나 배관의 파손을 발생시키거나 안전사고 등의 문제를 야기할 수 있다.

따라서 상수도의 기계설비에 대한 정밀안전진단을 실시하는 경우 과업의 범위 및 내용이나 크레인 및 호이스트 등의 외관상태 조사결과 등에 따라 책임기술자가 권양와이어의 단면감소율 및 소선절단 유무 등의 조사에 대한 실시여부를 결정하고 이의 조사수량 역시 권양기(크레인 및 호이스트)의 특성 및 상황 등을 고려하여 책임기술자가 정하는 것으로 한다.

제 6 장 상태평가 기준 및 절차

6.1 일 반

6.2 상태평가 기준

6.3 상태평가등급 산정절차

제 6 장 상태평가 기준 및 절차

6.1 일 반

본 장은 정량적이고 객관적인 상태평가를 위하여 시설물의 외관조사 및 내구성 조사 등 각 항목에 대한 상태평가 기준을 수록하였고 시설물의 평가체계에 따라 평가등급을 산정하는 절차를 정리·예시하였다. 점검·진단 책임기술자는 본 상태평가 기준 및 절차에 따라 조사 및 평가하는 것을 원칙으로 하고 본 장에 기술되지 않은 결함 및 손상이 시설물의 안전에 미치는 영향이 크다고 판단될 경우에는 본 장에 기술된 것과 같이 5단계의 상태평가기준 및 평가유형을 제시하고 의견서를 첨부하여 시설물의 평가에 반영할 수 있다. 또한, 시설물의 특성 및 제반 여건 등을 고려하여 적절히 응용할 수 있다.

6.2 상태평가기준

각 부재에 발생한 결함 및 손상에 대한 평가는 각 결함형태별 상태평가기준 및 상태평가등급에 따라 결정된다. 다음 <표 6.2-1>은 시설물의 상태에 따른 상태평가등급을 결정하는 표준적인 기준이다.

<표 6.2-1> 시설물의 상태에 따른 상태평가등급기준

상태평가등급	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 보수·보강이 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 전

체구조물에 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.

6.2.1 관로

가. 항목별 상태평가기준

1) 관로사고이력(건/km/년)

관로의 사고이력에 대한 상태평가기준은 다음 <표 6.2-2>와 같다.

<표 6.2-2> 관로사고이력의 상태평가기준

상태등급	평가점수	사고이력(건/km/년)	비 고
a	5	$f = 0$	▪f : 관로사고이력 ▪수도용도복장강관과 주철관은 동일한 기준으로 적용
b	4	$0.7 \geq f > 0$	
c	3	$1.4 \geq f > 0.7$	
d	2	$2.1 \geq f > 1.4$	
e	1	$f > 2.1$	

2) 관내·외면 방식도장 유무

관내·외면 방식도장 유무에 대한 상태평가기준은 다음 <표 6.2-3>과 같다.

<표 6.2-3> 관 내·외면 방식도장 유무에 대한 상태평가기준

상태등급	평가점수	방식도장 유무	비 고
a	5	유	■수도용도복장강관과 주철관은 동일한 기준으로 적용
b	4	-	
c	3	-	
d	2	무	
e	1	-	

3) 노면하중

관로에 작용하는 노면하중에 대한 상태평가기준은 다음 <표 6.2-4>와 같다.

<표 6.2-4> 노면하중의 상태평가기준

상태등급	평가점수	노면하중	비 고
a	5	비차도	■수도용도복장강관과 주철관은 동일한 기준으로 적용
b	4	전용도로, 2차선미만도로	
c	3	2차선 이상 도로	
d	2	4차선 이상 도로	
e	1	중차량 작업장내	

4) 관내수압(kgf/cm²)

관의 내부수압에 대한 상태평가기준은 다음 <표 6.2-5>와 같다.

<표 6.2-5> 관내수압의 상태평가기준

상태등급	평가 점수	관내수압(kgf/cm ²)	비 고
a	5	0 ~ 3.0미만	■수도용도복장강관과 주철관은 동일한 기준으로 적용
b	4	3.0 ~ 6.0 미만	
c	3	6.0 ~ 9.0 미만	
d	2	9.0 ~ 12.0 미만	
e	1	12.0 이상	

5) 사용년수(년)

관로의 사용년수에 대한 상태평가기준은 다음 <표 6.2-6>과 같다.

<표 6.2-6> 사용년수에 대한 상태평가기준

상태등급	평가점수	사용년수(년)	비 고
a	5	10년 미만	▪수도용도복장강관과 주철관은 동일한 기준으로 적용
b	4	10 ~ 20 미만	
c	3	20 ~ 30 미만	
d	2	30 ~ 40 미만	
e	1	40년 이상	

6) 되메움 토양

관로부설 시 되메움 토양의 상태평가기준은 다음 <표 6.2-7>과 같다.

<표 6.2-7> 되메움 토양의 상태평가기준

상태등급	평가점수	되메움 토양	비 고
a	5	모래질	▪수도용도복장강관과 주철관은 동일한 기준으로 적용
b	4	일반토	
c	3	점토, 이토	
d	2	석탄재, 오염토양	
e	1	쇄석	

7) 토양의 부식성

대부분의 수도관은 토양에 매설되어 있기 때문에 관체의 외부부식은 토양부식성에 많은 영향을 받는다. 토양부식성에 대한 평가기준은 다음 표들과 같이 설정하였으나 지역특성에 따라 특정한 인자가 토양의 부식성을 지배하는 경우도 많이 있으므로 토양부식성을 판단하는 여러 인자 중 특정한 인자에 의한 사고가 빈번한 때에는 다음 표에서 제시된 기준과 달리 지역특성에 맞는 인자와 상태등급기준을 책임기술자의 판단으로 조정하여 평가할 수 있다.

가) 토양비저항($\Omega \cdot \text{cm}$)

토양비저항은 토양에 의한 관외부의 부식성평가에 대한 주요항목으로서 상태평가기준은 다음 <표 6.2-8>과 같다.

<표 6.2-8> 토양비저항의 상태평가기준

상태등급	평가점수	토양비저항($\Omega\cdot\text{cm}$)	비 고
a	5	10,000 이상	<ul style="list-style-type: none"> 수도용도복장강관과 주철관은 동일한 기준으로 적용
b	4	5,000 ~ 10,000 미만	
c	3	2,000 ~ 5,000 미만	
d	2	700 ~ 2,000 미만	
e	1	700 미만	

나) 토양pH

토양pH에 대한 상태평가기준은 다음 <표 6.2-9>와 같다.

<표 6.2-9> 토양pH의 상태평가기준

상태등급	평가점수	토양pH	비 고
a	5	8.5 이상	<ul style="list-style-type: none"> 수도용도복장강관과 주철관은 동일한 기준으로 적용 토양pH가 6 이상이나 황화물이 존재하고 Redox전위가 50mV 이하인 경우는 D등급을 부여한다.
b	4	6 ~ 8.5 미만	
c	3	4 ~ 6 미만	
d	2	2 ~ 4 미만	
e	1	2 이하	

다) 황화물 및 염화물 함량(mg/kg)

관로와 접하는 토양의 황화물 및 염화물 함량에 대한 상태평가기준은 다음 <표 6.2-10>과 같다.

<표 6.2-10> 황화물 및 염화물 함량의 상태평가기준

상태등급	평가점수	황화물 및 염화물함량(mg/kg)	비 고
a	5	황산이온 200 이하 또는 염소이온 100 이하	<ul style="list-style-type: none"> 수도용도복장강관과 주철관은 동일한 기준으로 적용
b	4	황산이온 200 ~ 300 미만 또는 염소이온 100 ~ 150 미만	
c	3	황산이온 300 ~ 400 미만 또는 염소이온 150 ~ 200 미만	
d	2	황산이온 400 ~ 500 미만 또는 염소이온 200 ~ 250 미만	
e	1	황산이온 500 이상 또는 염소이온 250 이상	

8) 수질 부식성

수질부식성에 대한 상태평가기준은 Ryznar가 개발한 Ryznar Stability Index(RSI)의 계산값에 따르며 상태평가기준은 다음 <표 6.2-11>과 같다.

여기서, $RSI = 2pH_s - pH_a$

$pH_s =$ 측정된 칼슘이온농도와 알카리도 값에서 탄산칼슘으로 포화되었을 경우 물의 pH

$pH_a =$ 실제 물에서 측정된 pH

<표 6.2-11> 수질 부식성의 상태평가기준

상태등급	평가점수	RSI 값	비 고
a	5	$RSI < 5.0$	■수도용도복장강관과 주철관은 동일한 기준으로 적용
b	4	$5.0 \leq RSI < 7.0$	
c	3	$7.0 \leq RSI < 9.0$	
d	2	$9.0 \leq RSI < 11.0$	
e	1	$RSI \geq 11.0$	

9) 관대지전위차(mV)

관대지전위차에 대한 상태평가기준은 다음 <표 6.2-12>와 같다.

<표 6.2-12> 관대지전위차의 상태평가기준

상태등급	평가점수	관대지전위차(mV)	비 고
a	5	$(-850 \sim (-)2500$	■수도용도복장강관에 적용하며 주철관은 해당 없음.
b	4	$(-650 \sim (-)850$ 미만 또는 $(-2500$ 이하	
c	3	$(-400 \sim (-)650$ 미만	
d	2	$0 \sim (-)400$ 미만	
e	1	0 이상	

10) 관내·외면 방식도막

관내·외면 방식도막의 잔존율에 대한 상태평가기준은 다음 <표 6.2-13>과 같다.

<표 6.2-13> 관내·외면 방식도막의 상태평가기준

상태등급	평가점수	방식도막	비 고
a	5	손상 없음	수도용도복장강관에 적용하며 주철관은 해당 없음.
b	4	전반적으로 깨끗하고 도막의 손상이 국부적으로 발생	
c	3	도막면이 비교적 깨끗하나 도막의 손상이 다소 발생	
d	2	도막면이 불량하고 도막의 손상이 많이 발생	
e	1	도막면이 매우 불량하고 손상이 전체적으로 발생	

11) 배관의 부식

관로의 관체, 밸브 및 볼트·너트 등의 배관부식에 대한 상태평가기준은 다음 <표 6.2-14>와 같다.

<표 6.2-14> 배관부식의 상태평가기준

상태등급	평가점수	부 식 상 태	비 고
a	5	부식이 없음	수도용도복장강관과 주철관은 동일한 기준으로 적용
b	4	경미한 전면부식이 조금 발생되거나 건전부 모재두께의 5% 미만의 점부식이 관찰되는 상태	
c	3	가벼운 전면부식이 전단면에 발생되었거나 건전부 모재두께의 5~15% 미만의 점부식이 관찰되는 상태	
d	2	심화된 전면부식이 전단면에 발생되었거나 건전부 모재두께의 15~30% 미만의 점부식이 관찰되는 상태	
e	1	전면부식과 건전부 모재두께의 30% 이상의 점부식으로 인하여 당장 보강을 하지 않으면 안 되는 상태	

12) 잔존 관두께

관체의 부식에 의해 관두께는 감소되고 시간이 경과함에 따라 부식의 진전에 의해 관두께도 점감하게 되며 종국에는 관의 소요두께 미만이 되면 관의 파손이나 파열 등으로 관로사고가 발생하게 된다. 따라서 관체의 부식에 의해 감소되어 있는 현재의 잔존 관두께에 대한 상태평가기준을 수도용도복장강관과 주철관으로 구분하여 설정하면 다음 <표 6.2-15>와 같다.

<표 6.2-15> 잔존 관두께의 상태평가기준

상태등급	평가점수	수도용도복장 강관	주철관
a	5	$y \geq 30$	$t \geq 1.0$
b	4	20 ~ 30 미만	0.95 ~ 1.0 미만
c	3	10 ~ 20 미만	0.8 ~ 0.95 미만
d	2	0 ~ 10 미만	0.7 ~ 0.8 미만
e	1	$y < 0$	$t < 0.7$

여기서, y (년, 소요관두께 미만이 되는 기간) = {측정 최소관두께(mm) - 최대 관부식깊이(mm)} / 최대부식도

최대부식도(mm/년) = 최대 관부식깊이(mm) / 경과년수(년)

t (평균 잔존 관두께율) = 잔존 평균관두께 / 규정 관두께

13) 관체 변형

관체변형에 대한 상태평가기준은 다음 <표 6.2-16>과 같다.

<표 6.2-16> 관체 변형의 상태평가기준

상태등급	평가점수	관체 변형율(%)	비 고
a	5	없음	■수도용도복장강관에 적용하며 주철관은 해당 없음.
b	4	3% 미만	
c	3	3 ~ 5% 미만	
d	2	5 ~ 10% 미만	
e	1	10% 이상	

14) 배관의 누수

배관의 누수에 대한 상태평가기준은 다음 <표 6.2-17>과 같다.

<표 6.2-17> 배관의 누수에 대한 상태평가기준

상태등급	평가점수	누수 상태
a	5	누수가 없음
b	4	현저한 흔적(누수부위가 습윤한 상태)
c	3	누수의 진행이 관찰 가능(방울 방울 떨어짐)
d	2	누수의 진행이 관찰 가능(소량이 흘러 내림)
e	1	누수의 진행이 확연 함(많은 양의 분출)

나. 영향계수(F)

관로에 발생하는 각종 손상 및 결함에 의한 관로의 상태평가 시 각각의 손상 및 결함이 관로에 미치는 구조적인 영향도가 적절히 고려되어 평가될 수 있도록 손상 및 결함의 종류에 따라 영향계수를 적용하게 되므로 다음 <표 6.2-18>에 관로의 결함 및 손상별 영향계수를 설정하였으며 여기에서 설정한 영향계수(F)는 관로의 상태평가를 위한 기준으로서 현장여건, 관로의 특성 및 상황 등에 따라 책임기술자의 판단으로 조정 가능한 것으로 한다.

<표 6.2-18> 관로의 손상 및 결함 평가항목별 영향계수

손상 및 결함 평가항목		상태등급	평가점수	영향계수	비 고
관로특성	사고이력(건/km/년)	a	5	1.0	국부결함
		b	4	1.1	
		c	3	1.2	
		d	2	1.4	
		e	1	2.0	
	관내·외면의 방식도장 유무	a	5	1.0	중요결함
		d	2	1.0	
	사용년수	a	5	1.0	일반손상
		b	4	1.1	
		c	3	1.3	
		d	2	1.7	
		e	1	3.0	
	관내·외면의 방식도막	a	5	1.0	국부결함
		b	4	1.1	
		c	3	1.2	
		d	2	1.4	
		e	1	2.0	
	배관의 부식	a	5	1.0	중요결함
		b	4	1.0	
		c	3	1.0	
		d	2	1.0	
		e	1	1.0	
	잔존 관두께	a	5	1.0	중요결함
		b	4	1.0	
		c	3	1.0	
		d	2	1.0	
		e	1	1.0	
	관체 변형	a	5	1.0	중요결함
b		4	1.0		
c		3	1.0		
d		2	1.0		
e		1	1.0		

<표 6.2-18> 관로의 결함 및 손상 평가항목별 영향계수(계속)

손상 및 결함 평가항목		상태등급	평가점수	영향계수	비 고
관로특성	배관의 누수	a	5	1.0	중요결함
		b	4	1.0	
		c	3	1.0	
		d	2	1.0	
		e	1	1.0	
하중	노면하중	a	5	1.0	일반손상
		b	4	1.1	
		c	3	1.3	
		d	2	1.7	
		e	1	3.0	
	내부수압	a	5	1.0	일반손상
		b	4	1.1	
		c	3	1.3	
		d	2	1.7	
		e	1	3.0	
시공	되메움 토양	a	5	1.0	일반손상
		b	4	1.1	
		c	3	1.3	
		d	2	1.7	
		e	1	3.0	
토양부식성	토양비저항	a	5	1.0	일반손상
		b	4	1.1	
		c	3	1.3	
		d	2	1.7	
		e	1	3.0	
	토양pH	a	5	1.0	일반손상
		b	4	1.1	
		c	3	1.3	
		d	2	1.7	
황화물 및 염화물 함량	a	5	1.0	일반손상	
	b	4	1.1		
	c	3	1.3		
	d	2	1.7		
전기방식	관대지전위차	a	5	1.0	국부결함
		b	4	1.1	
		c	3	1.2	
		d	2	1.4	
		e	1	2.0	
수질부식성	수질부식성(RSI)	a	5	1.0	일반손상
		b	4	1.1	
		c	3	1.3	
		d	2	1.7	
		e	1	3.0	

6.2.2 토목구조물

가. 항목별 상태평가기준

1) 침하/부상

구조물의 침하나 부상은 중요결함의 하나로서 이의 결함정도에 따른 상태평가기준은 다음 <표 6.2-19>와 같다.

<표 6.2-19> 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

2) 경사

구조물이 기울어 경사가 이루어지는 것은 중요결함으로서 경사정도에 상태평가기준은 다음 <표 6.2-20>과 같다.

<표 6.2-20> 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

3) 활동

구조물의 활동이 이루어지는 경우에는 구조물에 매우 심각한 손상을 발생시키는 중요결함으로 활동의 정도에 따른 상태평가기준은 다음 <표 6.2-21>과 같다.

<표 6.2-21> 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

4) 기초 세굴

구조물의 기초에 발생하는 세굴은 국부적인 결함이나 세굴이 심화되면 중요결함으로 발전되어 구조물의 안전성에 영향을 미치게 되며 기초의 세굴 정도에 따른 상태평가기준은 다음 <표 6.2-22>와 같다.

<표 6.2-22> 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

5) 콘크리트 중성화깊이

구조물의 콘크리트 중성화 정도에 따른 상태평가기준은 「콘크리트구조물의 건전도 진단기술개발에 관한 공동연구보고서(일본 건설성 토목연구소 재료시공부 콘크리트 연구실, 1998)」의 내용을 기초로 하여 콘크리트의 피복두께를 감안한 중성화깊이에 대한 상태평가기준은 다음 <표 6.2-23>과 같다.

<표 6.2-23> 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

6) 콘크리트 염화물함량

구조물의 콘크리트 염화물함량에 따른 상태평가기준은 「콘크리트구조물의 유지관리지침(안)(일본토목학회, 1995)」에서 제시되고 있는 기준과 일본 콘크리트시방서 시공편에 수록된 강재부식 발생한계 염화물농도를 1.2kgf/m³로 정하고 있는 기준을 고려하여 다음 <표 6.2-24>와 같이 콘크리트 염화물함량에 대한 상태평가기준을 설정하였다.

<표 6.2-24> 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

7) 콘크리트 균열

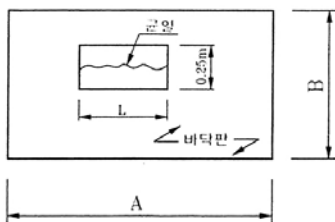
구조물의 콘크리트 균열은 일반손상의 하나로서 구조적 균열과 비구조적 균열로 구분되나 현장 조사 시 균열의 종류를 구분하기가 어렵기 때문에 균열의 종류를 구분하지 않고 총체적으로 수밀성을 요구하는 구조물의 콘크리트 허용균열 폭 0.1mm 규정과 누수발생 균열 폭 약 0.2mm를 고려하여 콘크리트 균열 폭 및 면적율에 따른 상태평가기준은 다음 <표 6.2-25>와 같다.

<표 6.2-25> 콘크리트 균열의 상태평가기준

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

주) 균열 면적율 산정방법

■ 1방향 균열인 경우

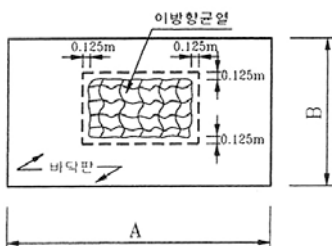


• 균열발생면적은 길이 당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 하며 균열의 개수가 2개 이상일 경우는 각 균열길이에 0.25m의 폭을 곱해서 합산하여 구한다.

• 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.

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

8) 콘크리트 박리

구조물에서 발생하는 콘크리트의 박리는 일반손상 중 하나로서 상수도 토목구조물의 철근피복 두께가 다양하므로 콘크리트 박리깊이 및 면적을 고려하여 상태평가기준을 설정하면 다음 <표 6.2-26>과 같다.

<표 6.2-26> 콘크리트 박리의 상태평가기준

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

9) 콘크리트 박락/층분리

구조물의 콘크리트 박락/층분리는 일반손상으로 손상정도에 따른 상태평가기준은 다음 <표 6.2-27>과 같다.

<표 6.2-27> 콘크리트 박락/층분리의 상태평가기준

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

10) 철근노출

구조물에서 발생하는 철근노출은 일반손상으로서 손상면적을 기준으로 구조물에 대한 상태평가 기준을 설정하면 다음 <표 6.2-28>과 같으며 여기서 철근노출면적은 철근노출 길이 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 6.2-28> 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

11) 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 6.2-29>와 같다.

<표 6.2-29> 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

12) 백태

백태는 콘크리트 내부의 수분에 의하여 용존성분이 표면에 석출되는 현상으로 일반손상의 일종으로 구분되며 백태에 따른 상태평가기준은 다음 <표 6.2-30>과 같다.

<표 6.2-30> 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

13) 콘크리트 파손

구조물이 외적인 요인에 의한 손상 및 시공 시 부주의에 의해 발생할 수 있는 재료분리 등의 정도에 따라 구조물의 내구성 및 안전성 저하를 가져올 수 있으므로 콘크리트 파손깊이 및 면적율에 따른 상태평가 기준은 다음 <표 6.2-31>과 같다.

<표 6.2-31> 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

14) 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 6.2-32>와 같이 신축이음 탈락 및 열화 정도에 따른 상태평가기준을 설정하였다.

<표 6.2-32> 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	

나. 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 6.2-33>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 6.2-33> 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
		e	1	2.0
콘크리트 균열	일반손상	a	5	1.0
콘크리트 박리				
콘크리트 박락/층분리				
철 근 노 출				
누 수				
백 태				
콘크리트 파손				
신축이음 탈락/열화				
	c	3	1.3	
	d	2	1.7	
	e	1	3.0	

6.2.3 강 구조물

가. 항목별 상태평가기준

1) 강재 부식

상수도의 강 구조물에 일반적으로 발생하는 노후화 현상의 하나인 부식은 물과 약품 등을 취급하는 수도시설물의 특성으로 취약한 환경에 접하고 있으며 부식의 진행이 심화되면 강 구조물의 내구성 저하뿐만 아니라 안전성에도 문제를 일으키게 되므로 부식정도에 따른 강 구조물의 상태를 평가하는 것이 중요하다. 따라서 이를 위해 강재에 발생하는 부식정도에 따른 상태평가기준을 다음 <표 6.2-34>와 같이 설정하였다.

<표 6.2-34> 강재 부식의 상태평가기준

상태등급	평가점수	상태평가기준
a	5	부식발생이 전혀 없음
b	4	국부적으로 부식이 발생(부식발생 면적을 5% 미만)
c	3	부식이 다소발생(부식발생 면적을 5~15% 미만)
d	2	전반적으로 부식이 발생(부식발생 면적을 15~30% 미만)
e	1	부식발생이 심화(부식발생 면적을 30% 이상)

2) 강재 피로균열

상수도의 강 구조물에 발생하는 피로균열은 과대하중, 진동 및 외부충격 등에 의해 발생할 수 있으며 피로균열의 발생으로 구조적 안전성에 심각한 문제를 야기할 수 있기 때문에 부재의 종류와 피로균열 발생정도에 따라 다음 <표 6.2-35>와 같이 상태평가기준을 설정하였다.

<표 6.2-35> 강재 피로균열의 상태평가기준

상태등급	평가점수	상태평가기준
a	5	전 부재에 걸쳐 균열발생이 없음
b	4	보조부재에 국부적으로 미세 표면균열이 발생
c	3	주 부재에 국부적으로 미세 표면균열 발생
d	2	주 부재에 균열길이 20mm 미만의 관통균열 발생
e	1	주 부재에 균열길이 20mm 이상의 관통균열 발생

3) 강재 변형/변위

강 구조물은 과대하중이나 외부충격 등에 의해 변형이나 변위 등의 손상을 입을 수 있으며 이는 구조물의 안전성에 크게 영향을 미치게 되므로 강 구조물의 변형 및 변위 정도에 따라 다음 <표 6.2-36>과 같이 상태평가기준을 설정하였다.

<표 6.2-36> 강재 변형 및 변위의 상태평가기준

상태등급	평가점수	상태평가기준
a	5	변형이나 변위 등이 전혀 없음
b	4	변형이나 변위가 없으나 미소한 처짐의 발생(최대 허용처짐량의 20% 미만)
c	3	변형이나 변위가 미미하고 이로 인한 손상이 없으며 처짐이 다소 크게 발생(최대 허용처짐량의 20~50% 미만)
d	2	변형이나 변위가 다소 크게 발생하였으나 이로 인한 손상은 없고 처짐이 크게 발생(최대 허용처짐량의 50%~100% 미만)
e	1	변형이나 변위가 과대하고 이로 인해 손상이 발생

4) 강재 도장손상

상수도의 강 구조물은 강재의 부식 등을 방지하고 미관상 도장을 실시하는 것이 일반적이며 이러한 목적으로 실시된 도장이 변색, 부풀림 및 탈락 등이 이루어지면 내구성 저하를 촉진하고 더불어 구조적 안전성에 영향을 미치는 손상을 유발할 우려가 있으므로 강재의 도장상태에 따른 상태평가기준을 다음 <표 6.2-37>과 같이 설정하였다.

<표 6.2-37> 강재의 도장상태에 따른 상태평가기준

상태등급	평가점수	상태평가기준
a	5	도장면 상태가 매우 깨끗하고 결함이 전혀 없음
b	4	도장면 상태가 전반적으로 깨끗하고 도장의 변색, 부풀림 및 탈락 등이 국부적으로 발생(전체면적의 10% 미만)
c	3	도장면이 비교적 깨끗하고 도장의 변색, 부풀림 및 탈락 등이 다소 발생(전체면적의 10~25%미만)
d	2	도장면이 불량하고 도장의 변색, 부풀림 및 탈락 등이 크게 발생(전체면적의 25~50% 미만)
e	1	도장면이 매우 불량하고 도장의 변색, 부풀림 및 탈락 등이 전반적으로 발생(전체면적의 50% 이상)

나. 영향계수(F)

강 구조물에 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 6.2-38>에 강 구조물의 결함 및 손상별 영향계수를 설정하였으며 여기에서 설정한 영향계수(F)는 강 구조물의 상태평가를 위한 기준으로서 현장여건, 구조물의 특성 및 상황 등에 따라 책임기술자의 판단으로 조정 가능한 것으로 한다.

<표 6.2-38> 강 구조물의 손상 및 결함 평가항목별 영향계수

손상 및 결함 평가항목		상태등급	평가점수	영향계수	비고
중요결함	강재 변형/변위	A	5	1.0	
		B	4	1.0	
		C	3	1.0	
		D	2	1.0	
		E	1	1.0	
국부결함	강재 부식	A	5	1.0	
		B	4	1.1	
	강재 피로균열	C	3	1.2	
		D	2	1.4	
		E	1	2.0	
일반손상	강재 도장손상	A	5	1.0	
		B	4	1.1	
		C	3	1.3	
		D	2	1.7	
		E	1	3.0	

6.2.4 기계·전기설비

가. 항목별 상태평가기준

1) 펌프설비

상수도에는 원수를 취수하여 정수장으로 도수하고 정수장에서 처리된 정수를 배수지나 수요처로 송·배수하며 또한 관로 도중에 지형여건 상 가압펌프장을 설치운영하게 되는데 이를 위해서 각종 펌프설비가 설치된다. 이들의 펌프설비에서 주로 발생하는 손상 및 결함의 종류를 살펴보면 다음과 같다.

■ 펌프의 손상 및 결함 종류

- 펌프베드 기초불량
 - 기초볼트이완 및 그라우팅 훼손
- 진동 과다발생
 - 펌프 및 전동기의 진동
- 소음 과다발생
 - 펌프 및 전동기의 소음
- 도장손상 및 부식
 - 펌프 케이싱의 부식
 - 펌프 베드 및 기초볼트의 부식

가) 펌프베드 기초불량

펌프의 기초(그라우팅 부위)는 대부분 콘크리트로 설치되어 있으며 여기에서 발생하는 균열 등의 손상은 펌프베드의 고정 불량을 야기하여 펌프 및 모터의 손상, 변형, 정렬불량 및 기능저하를 유발하고 과다한 진동을 발생시켜 구조물에 손상이 나타날 수 있으므로 펌프베드 기초콘크리트 균열의 상태평가기준을 다음 <표 6.2-39>와 같이 설정하였다.

<표 6.2-39> 펌프베드 기초부의 상태평가기준

상태등급	평가점수	상 태
a	5	베드의 기초에 전혀 균열이 없는 최상의 상태
b	4	베드의 기초에 균열이 없는 양호한 상태
c	3	베드의 기초에 미세균열이 부분적으로 발생한 보통의 상태
d	2	베드의 기초의 볼트주위에 균열이 발생한 상태
e	1	펌프 고정이 불가능한 정도로 베드의 기초에 균열이 발생하여 보강 또는 교체 등이 필요한 상태

나) 펌프진동 과다발생

펌프의 베어링에서 발생하는 진동에 따른 펌프의 상태평가기준은 KSB 0142에서 제시된 진동 평가 대상펌프 등급기준(<표 6.2-40>참조)과 진동 시베러티(Severity)의 범위에 따른 진동평가 대상펌프 등급별 양호도 평가기준(<표 6.2-41>참조)을 참고로 하여 다음 <표 6.2-42>와 같이 설정하였다.

<표 6.2-40> 펌프의 형식 및 설치기준에 따른 진동평가 대상펌프의 등급

대상등급	진동평가 대상펌프 등급기준
I 급	출력 15kw 이하의 일반용 전동기펌프
II 급	출력 15~75kw의 전동기펌프(방진기초 등) 또는 견고한 기초 위에 견고히 설치된 펌프(출력 300kw 까지)
III 급	대형 회전기계로서 강 기초 또는 진동의 측정 방향에는 상당히 높은 강성을 가진 견고한(무거운) 기초 위에 설치된 펌프
IV 급	대형 회전기계로서 진동의 측정 방향에는 비교적 유연한 기초 위에 설치된 펌프(터보 발전기 세트 특히, 경량 구조물 위에 설치된 펌프)

<표 6.2-41> 진동 시베러티 범위에 따른 진동대상 펌프등급별 양호도 판정기준

진동 시베러티의 범위 [측정범위 10Hz~1kHz, 속도 rms 값(mm/s)]	펌프등급별 양호도 판정기준				
	I 급	II 급	III 급	IV 급	
0.28	A	A	A	A	
0.45					
0.71					
1.12	B	B	B	B	
1.8					
2.8	C	C	C	B	
4.5					
7.1	D	D	C	C	
11.2					
18			D	D	D
28					
45					
71				D	

<표 6.2-42> 펌프의 진동크기에 따른 상태평가기준

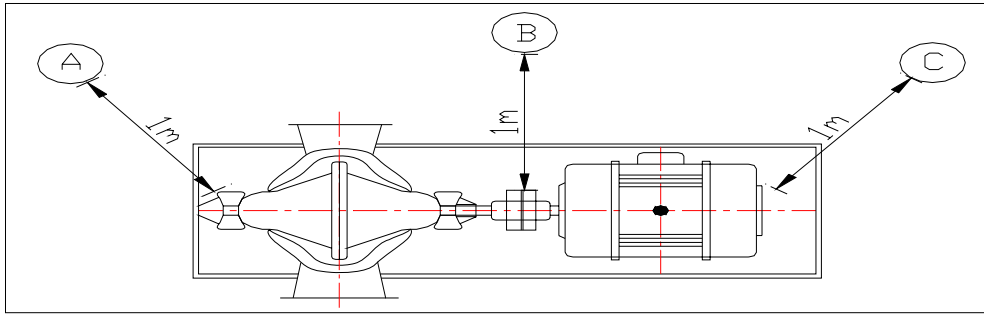
상태등급	평가점수	상태평가기준			
		펌프 I 급	펌프 II 급	펌프 III급	펌프 IV급
a	5	진동크기(속도) 0.71mm/s 미만	진동크기(속도) 1.12mm/s 미만	진동크기(속도) 1.80mm/s 미만	진동크기(속도) 2.80mm/s 미만
b	4	진동크기(속도) 0.71mm/s 이상 1.80mm/s 미만	진동크기(속도) 1.12mm/s 이상 2.80mm/s 미만	진동크기(속도) 1.80mm/s 이상 4.50mm/s 미만	진동크기(속도) 2.80mm/s 이상 7.10mm/s 미만
c	3	진동크기(속도) 1.80mm/s 이상 4.50mm/s 미만	진동크기(속도) 2.80mm/s 이상 7.10mm/s 미만	진동크기(속도) 4.50mm/s 이상 11.2mm/s 미만	진동크기(속도) 7.10mm/s 이상 18.0mm/s 미만
d	2	진동크기(속도) 4.50mm/s 이상 71.0mm/s 미만	진동크기(속도) 7.10mm/s 이상 71.0mm/s 미만	진동크기(속도) 11.2mm/s 이상 71.0mm/s 미만	진동크기(속도) 18.0mm/s 이상 71.0mm/s 미만
e	1	진동크기(속도) 71.0mm/s 이상	진동크기(속도) 71.0mm/s 이상	진동크기(속도) 71.0mm/s 이상	진동크기(속도) 71.0mm/s 이상

다) 펌프소음 과다발생

펌프 임펠라 및 모터에서 발생하는 소음은 회전기기 및 마찰부위의 이상을 감지할 수 있는 척도로 이용할 수 있고 소음의 발생장소 내에서 작업하는 작업자의 청력감소 및 안전에 영향을 미칠 수 있으며 또한, 주기적으로 발생하는 소음은 이상음의 청취와 발생소음의 증가여부로 펌프 기기의 손상여부 등을 예측하여 큰 손상 이전에 미리 대처할 수 있다. 그러나 펌프장과 같은 기계실의 소음기준은 명확히 구분되어 있지 않지만 일반적으로 펌프의 운전 중 합성소음은 기계측 1m 거리에서 소형펌프는 75dB 이하이고 대형펌프에서는 85dB 이하가 바람직하다는 견해도 있으며 펌프제작사의 소음기준은 사양 점 운전상태 시에 기계로부터 1m 거리에서 80~90dB 정도로 디젤기관이나 전동기의 소음보다 다소 낮은 값으로 판단하기도 하나 실제 현장에서 펌프의 운전 중 발생하는 소음은 500kw, 1800rpm 전폐형 전동기에서 발생하는 소음치가 이미 95dB 정도로 상기의 펌프의 소음기준 값보다 크게 나타난다.

그런데 상수도에서 펌프실내에 설치된 펌프는 거의 노출된 펌프이고 전동기출력도 500kw이하인 경우가 대다수이므로 펌프의 소음크기는 85dB를 기준으로 하여 5~15dB 정도 가감하여 판단하는 것이 현실적으로 타당하다.

그리고 상세한 펌프소음을 측정하기 위해서는 펌프설비를 펌프 반부하측 베어링부위, 커플링 연결부위 및 모터 반부하측 베어링부위의 3개 부위로 구분하고 각 부위로부터 수평으로 1m 거리에서 운전시의 소음을 측정하여 그 값들을 평균한 값을 발생소음의 값으로 한다.



<그림 6.2-1> 펌프소음의 측정위치도

참고로 환경법 제29조의 2 제3항에서 규정하고 있는 일반적인 생활소음·진동 규제기준을 제시하면 다음 <표 6.2-43>과 같다.

<표 6.2-43> 생활소음·진동 규제기준(환경법 제29조2 제3항) [단위 : dB(A)]

대상지역	시간별		조 석 (05:00 ~ 08:00, 18:00 ~ 22:00)	주 간 (08:00 ~ 18:00)	심 야 (22:00 ~ 05:00)
	소음원				
주거지역, 녹지지역, 준도시지역 중 취락지구 및 운동·휴양지구, 자연환경보전지구, 기타 지역 안에 소재한 학교·병원·공공도서관	확성기	옥외설치	70 이하	80 이하	60 이하
		옥내에서 옥외로 방사되는 경우	50 이하	55 이하	45 이하
	공장·사업장		50 이하	55 이하	45 이하
	공 사 장		65 이하	70 이하	55 이하
기 타 지 역	확성기	옥외설치	70 이하	80 이하	60 이하
		옥내에서 옥외로 방사되는 경우	60 이하	65 이하	55 이하
	공장·사업장		60 이하	65 이하	55 이하
	공 사 장		70 이하	75 이하	55 이하

- 주) - 소음의 측정방법과 평가단위는 소음·진동공정시험방법에서 정하는 바에 따른다.
 - 대상지역의 구분은 국토이용관리법(도시지역의 경우에는 도시계획법)에 의한다.
 - 규제기준치는 생활소음의 영향이 미치는 대상지역을 기준으로 하여 적용한다.
 - 옥외에 설치한 확성기의 사용은 1회 2분 이내, 15분 이상의 간격을 두어야 한다.

이상에서 검토한 내용을 토대로 펌프에서 발생하는 소음의 크기에 따른 상태평가기준을 설정하면 다음 <표 6.2-44>와 같다.

<표 6.2-44> 펌프의 소음크기에 따른 상태평가기준

상태등급	평가점수	상태평가기준
a	5	펌프1m에서 평균소음의 크기가 70dB 이하
b	4	펌프1m에서 평균소음의 크기가 70dB 초과, 85dB 이하
c	3	펌프1m에서 평균소음의 크기가 85dB 초과, 100dB 이하
d	2	펌프1m에서 평균소음의 크기가 100dB 초과, 115dB 이하
e	1	펌프1m에서 평균소음의 크기가 115dB 초과

라) 펌프 도장손상 및 부식

펌프에서 발생하는 도장손상 및 부식은 펌프의 기능성 및 내구성 등을 저하시키고 미관을 저해하며 부식이 심화되면 누수 등의 발생으로 이어져 여러 가지 문제를 야기할 수 있음에 따라 도장손상 및 부식방지를 위한 유지관리가 필요하므로 펌프의 도장상태와 부식정도에 따라 펌프의 상태를 평가하는 기준을 다음 <표 6.2-45>와 같이 설정하였다.

<표 6.2-45> 펌프의 도장상태 및 부식정도에 따른 상태평가기준

상태등급	평가점수	상태평가기준	
		도장상태	부식정도
a	5	도장면 상태가 매우 깨끗하고 결함이 전혀 없음	부식발생이 전혀 없음
b	4	도장면 상태가 전반적으로 깨끗하고 도장의 변색, 부풀림 및 탈락 등이 국부적으로 발생 (전체면적의 10% 미만)	국부적으로 부식이 발생 (부식발생 면적을 5% 미만)
c	3	도장면이 비교적 깨끗하고 도장의 변색, 부풀림 및 탈락 등이 다소 발생 (전체면적의 10~25% 미만)	부식이 다소발생 (부식발생 면적을 5~15% 미만)
d	2	도장면이 불량하고 도장의 변색, 부풀림 및 탈락 등이 크게 발생 (전체면적의 25~50% 미만)	전반적으로 부식이 발생 (부식발생 면적을 15~30% 미만)
e	1	도장면이 매우 불량하고 도장의 변색, 부풀림 및 탈락 등이 전반적으로 발생 (전체면적의 50% 이상)	부식발생이 심화 (부식발생 면적을 30% 이상)

2) 장내 배관

가) 배관의 잔존관두께

각종 펌프장내에 설치되어 있는 배관의 관체에 부식이 발생하면 관두께는 감소되고 시간이 경과함에 따라 부식의 진전에 의해 관두께도 점감하게 되며 종국에는 관의 소요두께 미만이 되면 관의 파손이나 파열 등으로 관로사고가 발생하게 된다. 따라서 배관의 부식에 의해 감소되어 있는 현재의 잔존 관두께에 대한 상태평가기준은 앞의 관로편에서 설정한 <표 6.2-15>를 준용하는 것으로 한다.

나) 관체의 손상

관체의 주요 손상에는 부식, 도장탈락 및 누수 등이 있으며 이들의 손상정도에 따른 상태평가 기준을 다음 <표 6.2-46>과 같이 설정하였다.

<표 6.2-46> 관체의 손상정도에 따른 상태평가기준

상태등급	평가점수	상태평가기준		
		도장상태	부식정도	누수상태
a	5	도장면이 매우 깨끗하고 결함이 전혀 없음	부식발생이 전혀 없음	누수가 전혀 없음
b	4	도장면이 전반적으로 깨끗하고 도장의 변색, 부풀림 및 탈락 등이 국부적으로 발생 (전체면적의 10% 미만)	국부적으로 부식이 발생(부식발생 면적율 5% 미만)	누수가 없음
c	3	도장면이 비교적 깨끗하고 도장의 변색, 부풀림 및 탈락 등이 다소발생(전체면적의 10~25% 미만)	부식이 다소발생 (부식발생 면적율 5~15% 미만)	누수는 없으나 누수의 우려가 보임
d	2	도장면이 불량하고 도장의 변색, 부풀림 및 탈락 등이 크게 발생 (전체면적의 25~50% 미만)	전반적으로 부식이 발생(부식발생 면적율 15~30% 미만)	누수의 진행이 관찰
e	1	도장면이 매우 불량하고 도장의 변색, 부풀림 및 탈락 등이 전반적으로 발생(전체면적의 50% 이상)	부식발생이 심화 (부식발생 면적율 30% 이상)	누수의 진행이 확연함 (분출)

다) 관연결부의 손상

각종 배관의 연결부(플랜지, 신축관 등)에 대한 적절한 설치기준(편심 및 편각)은 명확히 구분

되어 있지 않고 제작사의 내부설치규정에 따르고 있으며 배관설치 후 외부하중, 수격압 및 침하 등으로 인해 신축관 등의 연결부(이음부)가 편심 및 편각이 발생한 경우에 이에 대한 기준(편심 및 편각)도 명확하지 않다. 그러나 미국수도협회 매뉴얼(AWWA Manual M11)에 드레서형 신축관의 연결부(이음부)에 대한 최대설치편각 기준을 다음 <표 6.2-47>와 같이 추천하고 있다.

<표 6.2-47> 드레서형 신축관의 연결부(이음부)에 대한 최대 설치편각 기준

관의경(mm)	중간링 길이별 최대설치편각(。)				
	127mm	178mm	203mm	254mm	254mm이상
0 ~ 350	4	4	4	4	4
350 ~ 500	2.5	4	4	4	4
500 ~ 750	2	4	4	4	4
750 ~ 900	1.5	3	3.5	3.5	3.5
900 ~ 1050	-	2.5	3.5	3.5	3.5
1050 ~ 1200	-	2	3	3	3
1200 ~ 1350	-	2	2.5	3	3
1350 ~ 1650	-	-	2	2.5	2.5
1650 ~ 1950	-	-	-	2	2
1950 ~ 2200	-	-	-	1.5	1.5

따라서 상기의 신축관 설치기준을 참고로 하고 누수여부와 여타손상 가능성 등을 종합하여 다음 <표 6.2-48>과 같이 관연결부의 손상에 따른 상태평가기준을 설정하였다.

<표 6.2-48> 관연결부의 손상정도에 따른 상태평가기준

상태등급	평가점수	상태평가기준
a	5	처짐이나 여타 손상이 전혀 없음
b	4	처짐이나 편심 및 편각이 최대허용범위의 50% 이내에 있으나 여타 손상은 없음
c	3	처짐이나 편심 및 편각이 최대허용범위에 있거나 도장탈락, 부식 등의 손상이 국부적으로 발생
d	2	처짐이나 편심 및 편각이 최대허용범위를 초과(120% 미만)하거나 도장탈락, 부식 등의 손상이 전반적으로 발생 또는 누수의 진행이 관찰
e	1	처짐이나 편심 및 편각이 최대허용범위를 120% 이상 초과하거나 도장탈락, 부식 등의 손상이 매우 심하게 발생 또는 누수의 진행(분출)이 확인함

라) 밸브 손상

상수도의 각종 펌프장내 배관 상에 설치되어 있는 주요밸브는 버터플라이밸브, 게이트밸브, 역지밸브, 안전밸브(PRV), 공기밸브, 후드밸브 등으로서 구동방식별로 수동, 전동 및 유·공압식으로 구분된다. 그러나 각각의 밸브의 손상·마모기준은 명확히 구분되어 있지 않고 밸브의 고착으로 인한 작동불량, 작동부위의 과다 마모에 의한 작동불량, 내부 디스크 마모로 인한 차수불량, 연결플랜지의 누수, 외부 발청부식 등의 고장 및 손상요인이 있다. 따라서 밸브본체, 연결플랜지부, 축봉부 등의 외관상태를 조사하고 필요에 따라 작동상태를 검사하여 그 결과에 의해 상태평가기준을 다음 <표 6.2-49>와 같이 설정하였다.

<표 6.2-49> 밸브의 손상정도에 따른 상태평가기준

상태등급	평가점수	상태평가기준
a	5	밸브의 작동이 원활하고 여타 손상이 전혀 없음
b	4	밸브의 작동에 문제가 없고 발청부식 등의 손상이 경미하게 발생(전체면적의 5% 미만)
c	3	밸브의 작동에 문제가 없고 발청부식 등의 손상이 전체면적의 15% 미만 발생
d	2	밸브는 작동가능하나 고장으로 수리가 필요하거나 발청부식 등의 손상이 전체면적의 30% 미만 발생 또는 누수의 진행이 관찰
e	1	밸브의 작동이 불가하거나 발청부식 등의 손상이 전체면적의 30% 이상 발생 또는 누수의 진행(분출)이 확연함.

3) 전기설비

상수도에서 각종 기기를 작동하기 위한 전기설비의 손상에는 동력 케이블 및 전동기 등의 절연열화, 접지불량 및 현장제어반 불량 등이 있으며 이들의 손상별 정도에 따른 전기설비의 상태평가기준을 설정하면 아래와 같다.

가) 동력케이블 및 전동기 등의 절연열화

기기의 작동을 위해 전기를 전달하는 동력케이블 및 전동기의 외관조사(육안, 측각 및 청각 등)결과와 절연저항의 측정값 등을 근거로 절연열화의 정도에 따른 전기설비의 상태평가가 필요에 따라 요구된다.

동력케이블 및 전동기의 절연열화 측정방법을 살펴보면 아래와 같다.

- ① 절연열화 판정에 대한 시험은 많은 방법이 있지만 현장에서는 간편한 절연저항계에 의한 측정이 가장 많이 이용되며 보통, 250~500V, 1000V의 메거를 사용하여 간선용이나 분기용 개폐기 또는 과전류 차단기 등으로 구분 지을 수 있는 선로별로 측정한다.
- ② 저압전선 상호간의 절연저항은 사용설비의 전로를 포함하지 않는 상태로 측정하므로 개폐기는 열어 둔다.

③ 전선과 대지(접지)간의 절연저항은 사용설비 전로를 포함한 사용상태에서 측정하므로 개폐기는 닫아 둔다.

또한, 절연저항 값은 측정시의 날씨, 기온, 습도, 오염의 정도 등에 따라 크게 좌우되기 때문에 사용의 상황 및 기상 조건 등을 염두에 두고 그 적부를 판정하여야 한다.

절연저항 값이 낮은 경우에 니스를 사용한 기기는 흡습하기 쉬워서 오랫동안 사용하지 않으면 절연저항 값이 떨어지기 쉽기 때문에 그것만으로 절연불가라고 할 수 없으므로 신중한 검토 및 측정이 필요하다.

절연저항 값의 측정 시 주의하여야 할 사항들을 살펴보면 다음과 같다.

- ① 신설의 경우 : 1MΩ 이상, 내선규정에 준거한 것으로서 1MΩ 미만인 것은 주의하여 취급하고, 간선 등 중요한 것은 교체를 포함한 대책이 요구된다.
- ② 사용 중인 경우 : 전기설비기술기준 15, 16조 및 내선규정 135-2 등에 따른다.
- ③ 저압의 전선로 중 절연부분의 전선과 대지간의 절연저항은 사용전압에 대한 누설전류가 최대 공급전류의 2,000분의 1을 넘지 말아야 한다.
- ④ 전동기의 경우 : 전동기의 절연열화도 전로와 대지 간뿐만 아니라 코일-권선간 혹은 층간 절연열화도 무시할 수 없으며 이는 보통 대지간 절연저항 값으로부터의 추리 혹은 외견상의 진단에 의해서 판단하고 있기 때문이다.

참고로 저압전로의 절연저항 값의 기준은 다음 <표 6.2-50>과 같다.

<표 6.2-50> 저압전로의 절연저항 기준치

전로 사용전압의 구분		절연 저항치
400V 미만	대지전압(접지식 전로는 전선과 대지 간의 전압, 비접지식 전로는 전선간의 전압을 말함)이 150V이하인 경우	0.1MΩ 이상
	대지전압이 150V를 넘고 300V 이하인 경우(전압측 전선과 중성선 또는 대지 간의 절연저항)	0.2MΩ 이상
	사용전압이 300V를 넘고 400V 미만인 경우	0.3MΩ 이상
400V 이상		0.4MΩ 이상
전동기 및 회전기의 경우	$R = \text{정격전압(V)} / \text{정격출력(Kw or KVA)} + 1,000(\text{M}\Omega)$ 또는 $R = \{(\text{정격전압(V)} + (\text{매분회전수}) / 3) / \text{정격출력(Kw or KVA)} + 2,000) + 0.5(\text{M}\Omega)$	

이상의 내용을 토대로 동력케이블 및 전동기의 절연열화 정도에 따른 전기설비의 상태평가기준을 설정하면 다음 <표 6.2-51>과 같다.

<표 6.2-51> 동력케이블 및 전동기의 절연열화에 따른 상태평가기준

상태등급	평가점수	상태평가기준
a	5	절연열화가 전혀 없는 상태
b	4	절연열화가 매우 미미한 상태
c	3	절연열화가 경미한 상태(경년열화를 고려한 1MΩ 정도)
d	2	절연열화가 심화된 상태(경년열화를 고려한 1MΩ 이하로서 규정된 절연저항치 정도)
e	1	절연열화가 매우 위험하게 진행된 상태(규정된 절연저항치 미만)

나) 접지 불량

내선규정 제140절 건축전기설비공사 표준시방서(9-4 접지설비공사), 전기설비 기술설계 핸드북(6.1접지공사), 전기설비기술기준(제3절 전로의 절연 및 접지), NEC 250 (Grounding, Grounding conductors) 및 IEC 364-5-54, ESB(한전 내선규정) 등의 규정에 제시된 접지의 종류와 권고값, 접지선의 굵기 산정식을 살펴보면 아래와 같다.

<표 6.2-52> 접지종류 및 권고값

종 류	적 용 예	접 지 저 항	NEC 적용 시
제1종 접지공사	고압 및 특고압 전기기기의 철대, 외함 등의 접지	10Ω 이하	권고값은 5Ω 이하 적용
제2종 접지공사	고압 및 특고압전로와 저압전로를 결합하는 변압기의 중성점 또는 단자 등의 접지	변압기 고압측 또는 특별고압측 전로의 1선지락 전류암페어수로 150을 나눈값과 같은 Ω수	
제3종 접지공사	400V 미만의 저압 전기기계 기구의 철대, 외함 등의 접지	100Ω 이하	
특별 제3종 접지공사	400V 이상의 저압 전기기계 기구의 철대, 외함 등의 접지	10Ω 이하	

◎ 접지선 굵기의 산정식

$$A = 0.052 I_n \text{ (mm}^2\text{)}$$

여기서, I_n : 과전류 차단기의 정격전류

위의 내용을 토대로 하고 접지상태에 대한 외관조사(육안, 촉각 및 청각 등)결과와 측정된 접지저항 값 등을 근거로 하여 접지불량 정도에 따른 전기설비의 상태평가기준을 다음 <표 6.2-53>과 같이 설정하였다.

<표 6.2-53> 접지불량에 따른 상태평가기준

상태등급	평가점수	상태평가기준
a	5	접지불량이 전혀 없음
b	4	접지불량이 매우 미미한 상태
c	3	접지불량이 경미한 상태(규정된 접지저항치 범위 내)
d	2	접지불량이 심화된 상태(규정된 접지저항치의 120% 이하)
e	1	접지불량이 위험하게 진행된 상태(규정된 접지저항치의 120% 초과)

다) 현장 제어반의 불량

현장 제어반의 상태조사는 건축전기설비공사 표준시방서(5장 동력설비공사), KS C 8321, KS C 4005, NEC 430(Motors, Motor circuit and controllers), 전기관리기술자핸드북, 메이커별 사양 매뉴얼, KS C 4504(교류 전자개폐기), 4505(교류 전자개폐기 조작용 스위치), ESB(한전 내선규정), 내선 규정 및 전기설비기술기준 등에 따르며 일반적인 조사항목을 제시하면 다음 <표 6.2-54>와 같다.

<표 6.2-54> 현장제어반의 일반적인 점검항목

구 분	조 사 항 목	비 고	
현 장 제 어 반	표시상태	작동 시 상태 표시등의 점검 및 유지 상태	
	계기류	작동시험 시 전압. 전류계의 작동 및 지시상태	
	차단기 및 계전기	휴즈류(Diz fuse), 배선용 차단기(MCCB), 계전기(MC, Relay, Timer), 전자식 과전류계전기(EOCR), Thermal Relay, 3E RELAY 등의 작동상태	
	개도계	작동이 원활하고 실양정과 일치하는지 확인	
	작동상태	현장 및 원방 제어반에서 수·자동 조작 시 원활한 작동상태를 유지하는지 확인 작동시험 시 이상현상(진동, 아크, 이상음 등)이 발생하는지 확인	

현장제어반의 외관조사(육안, 촉각 및 청각 등)결과와 필요에 따라 실시한 작동시험 및 측정된 공급전압, 접지·절연저항 값 등을 근거로 하여 현장제어반의 불량상태에 따른 전기설비의 상태평가기준을 설정하면 다음 <표 6.2-55>와 같다.

<표 6.2-55> 현장제어반의 불량정도에 따른 상태평가기준

상태등급	평가점수	상태평가기준
a	5	현장제어반의 불량률이 전혀 없는 상태
b	4	현장제어반의 불량률이 매우 미미한 상태
c	3	현장제어반의 불량률이 경미한 상태(전기설비의 기동 및 운전에 지장이 없는 상태)
d	2	현장제어반의 불량률이 심화된 상태(전기설비의 기동 및 운전에 지장을 초래하는 상태)
e	1	현장제어반의 불량률이 극심한 상태(전기설비의 기동 및 운전이 불가능한 상태)

나. 영향계수(F)

상수도의 기계·전기설비에 발생하는 각종 손상 및 결함에 의한 시설물의 상태평가 시 각각의 손상 및 결함이 시설물에 미치는 구조적인 영향도가 적절히 고려되어 평가될 수 있도록 손상 및 결함의 종류에 따라 영향계수를 적용하게 되므로 다음 <표 6.2-56>에 기계·전기설비의 결함 및 손상별 영향계수를 설정하였으며 여기에서 설정한 영향계수(F)는 기계·전기설비의 상태평가를 위한 기준으로서 현장여건, 시설물의 특성 및 상황 등에 따라 책임기술자의 판단으로 조정 가능한 것으로 한다.

<표 6.2-56> 기계·전기설비의 손상 및 결함 평가항목별 영향계수

손상 및 결함의 종류		상태등급	평가점수	영향계수	비고
중요결함	배관의 잔존관두께	A	5	1.0	
		B	4	1.0	
		C	3	1.0	
	관체의 손상	D	2	1.0	
		E	1	1.0	
국부결함	펌프진동 과다발생	A	5	1.0	
	펌프소음 과다발생	B	4	1.1	
	관연결부 손상	C	3	1.2	
		D	2	1.4	
	밸브 손상	E	1	2.0	
일반손상	펌프베드 기초불량	A B C D E	5	1.0	
	펌프 도장손상 및 부식		4	1.1	
			3	1.3	
	접지불량		2	1.7	
	현장제어반 불량		1	3.0	

6.3 상태평가등급 산정절차

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

이의 시설물들 중 건축구조물과 상수도전용 댐(수원지시설)은 각각 건축물 세부지침 및 댐 세부지침에서 제시하는 상태등급산정절차에 의해 평가가 이루어지고 나머지 시설물들은 다음에 제시되는 상태평가등급 산정예시에 따라 수행한다.

6.3.1 평가단계별 부재 및 시설물 구분

상수도 시설물의 상태평가는 앞의 4장 4.2.5절에 제시된 평가단계별 절차(<그림 4.2-1>참조)를 고려하여 부재나 시설물의 특성 및 상황에 따라 책임기술자가 판단하여 평가단계를 병합 또는 조정 할 수 있다.

평가단계별 평가대상 부재 및 시설물의 구분(예)은 다음 <표 6.3-1>과 같다.

<표 6.3-1> 상수도 시설물의 평가단계별 평가대상 부재 및 시설물 구분(예)

평가단계별 구분		부재 및 시설물의 구분						
평가구분	평가대상							
상태평가	1단계	손상 및 결함 [개별부재(부위) 에 대한 외관조사 망도 작성]	관로1 관로2 ...	블록1 블록2 ...	슬래브 벽체 기둥 보 ... 등등	펌프1,... 전동기1,... 베드1,... 배관1,... 권양와이어 권양레일 등등	건축물 세부 지침 적용	댐 세부지침 적용
	2단계	개별부재	밸브실1 밸브실2 ...					
	3단계	복합부재	구간1 구간2 ...	구간1 구간2 ...	취수탑1,... 흡수정1,... 착수정1,... 침전지1,... 여과지1,... 정수지1,... 등등	펌프설비1,... 배관설비1,... 권양기1,... 등등		
상태평가 안전성평가 종합평가	4단계	개별시설물	계통1 계통2 ...	수로터널1 수로터널2 ...	취수탑 흡수정 착수정 침전지 여과지 정수지 등등	펌프설비 배관설비 기기설비 등등		
종합평가	5단계	복합시설물	관로	수로터널	취수시설 취수장1,... 정수장1,... 가압장1,... 등등	취수장1,... 정수장1,... 가압장1,... 등등		
	6단계	통합시설물	관로시설물		토목구조물	기전설비	건축구조물	수원지시설 (댐)
	7단계	종합시설물	상 수 도					

6.3.2 상태평가등급 산정예시

가. 관로시설물

1) 관로

가) 부재(部材)별 손상 및 결함상태 조사표 작성 : 1단계 평가

1단계는 상기와 같이 관로의 분할구간 중 소정의 연장구간(단위조사구간)으로 구획한 개별부재(부위)에 대해 아래 <표 6.3-2>의 양식에 준하여 개별부재(부위)에 발생되어 있는 손상 및 결함 등의 조사항목에 대한 상태등급을 표기(알파벳 소문자)한다.

<표 6.3-2> 관로의 개별부재(부위)별 손상 및 결함상태 조사표 예

개별부재(부위) 손상 및 결함상태 조사표				
조사망번호	부재(부위)명	복합부재명	개별시설물명	표번호
Sta. No. 49+00~52+00	관로 1-2-2	관로구간 1-2	송수관로 1	No. P1-1-2
외관조사망도 작성(손상·결함상태 도시 및 주기사항 기록)				
번호	조사항목	조사내용	손상(결함)정도	상태등급
①	관·내외면 방식 도장 유무	관외면 : 코울타르 에나멜 도복장 관내면 : 액상 에폭시수지 도장	방식도장 유	a
②	사용년수	매설	23 년	c
③	관·내외면 방식 도막	관외면 : 코울타르 에나멜 도복장 관내면 : 액상 에폭시수지 도장	관외면 : 손상 다소 발생	c
④	관 부식	경미한 전면부식	최대부식깊이 : 0.2mm 최대부식면적 : 0.05m ²	b
⑤	관체 변형	수평변형	2.4 %	b
특기사항	- 관종 : 강관, - 관경 : D=1,200mm, - 연장 : L=120m			
조사일자	2003. 10. 23 14:00 ~ 17:00	조사자	홍길동, 김철수	

나) 개별부재(個別部材) 상태평가표 작성 : 2단계 평가

1단계에서 개별부재별로 조사 작성된 손상 및 결함상태 조사표에 의해 앞의 <표 6.2-18>을 참조하여 손상 및 결함의 평가유형에 따라 중요결함, 국부결함, 일반손상으로 구분하고 손상 및 결함별 상태평가기준에 의한 평가점수(M)에 평가유형별 영향계수(F)를 곱하여 결함 및 손상별 상태평가지수(E_{c1})를 산출한다. 단, 상태평가지수 값은 소수점 이하 3째 자리에서 반올림한다.

산출된 결함 및 손상별 상태평가지수(E_{c1}) 중 최소 값을 개별부재의 상태평가지수(E_{c2})를 산정한 후 아래 <표 6.3-3>의 상태평가지수 범위에 따른 상태평가등급기준에 의해 개별부재의 상태평가등급(알파벳 소문자)을 부여한다.

표준적인 개별부재의 상태평가표 작성 예를 다음 <표 6.3-4>에 제시하였다.

<표 6.3-3> 상태평가지수 범위에 따른 상태평가등급기준 및 평가유형별 영향계수(F)

상태평가지수 범위에 따른 상태평가등급		구 분	영 향 계 수(F)				
상태평가지수(E_c)	상태평가등급	상태평가등급	a	b	c	d	e
$4.5 \leq E_c \leq 5.0$	a	상태평가점수	5	4	3	2	1
$3.5 \leq E_c < 4.5$		평가 유 형	중요결함	1.0	1.0	1.0	1.0
$2.5 \leq E_c < 3.5$	국부결함		1.0	1.1	1.2	1.4	2.0
$1.5 \leq E_c < 2.5$	d		일반손상	1.0	1.1	1.3	1.7
$1.0 \leq E_c < 1.5$	e						

<표 6.3-4> 관로 개별부재의 상태평가표 예

개별부재 상태평가표					
개별부재명	관로 1-2-2	개별부재규모	강관, $D = 1,200mm$, $L = 120m$		표번호
복합부재명	관로구간 1-2	개별시설물명	송수관로 1		No. P1-2-2
근거(1단계) 표번호	No. P1-1-2 (1단계에서 다수의 개별부위 조사표가 작성된 경우에는 각 각의 개별부위 표번호 기입)				
평가항목	평가유형	상태평가기준	상태평가점수 (M)	영향계수 (F)	상태평가지수 ($E_{c1}=M \times F$)
관내·외면 방식도장 유무	중요결함	<표 6.2-3>	5	1.0	5.0
사용년수	일반손상	<표 6.2-6>	3	1.3	3.9
관내·외면 방식도막	국부결함	<표 6.2-13>	3	1.2	3.6
관 부식	중요결함	<표 6.2-14>	4	1.0	4.0
관체 변형	중요결함	<표 6.2-16>	4	1.0	4.0
평가의견					
상태평가결과	1. 개별부재의 상태평가지수(E_{c2}) = 상태평가지수(E_{c1})값 중 최소 값 = 2. 개별부재(관로1-2-2)의 상태평가등급 =				3.6 b 등급

다) 복합부재(複合部材) 상태평가표 작성 : 3단계 평가

관로의 복합부재는 관로계통(도수, 송수, 배수 등)에서 하나의 분할구간을 의미하는 것으로 단 위조사관로구간, 밸브실 및 조절지 등의 개별부재 집합이므로 복합부재의 평가는 각 개별부재가 복합부재의 기능과 안전에 미치는 영향을 판단하여 그 중요도(W)를 반영함이 필요하다. 따라서 복합부재를 구성하는 각 주요개별부재에 대한 중요도를 다음 <표 6.3-5>와 같이 설정하였으며 각 개별부재별 중요도의 합은 100이 되도록 하였다.

중요도가 설정되지 않은 추가적인 개별부재가 있는 경우에는 그 개별부재의 중요도를 책임기술자가 판단하여 정하되 각 개별부재의 중요도 합은 100이 되도록 하며 중요도는 설정되어 있으나 평가대상이 아닌 개별부재인 경우에는 그 개별부재의 중요도 값을 나머지 평가대상 개별부재에 배분한다. 책임기술자는 개별부재의 특성에 따라 중요도를 조정할 필요가 있다고 판단될 경우 규정된 값의 $\pm 20\%$ 값 범위 내에서 조정할 수 있다.

<표 6.3-5> 관로의 개별부재 종류에 따른 중요도(W) 및 조정방법의 예

구 분	조 절 지	관 로	밸 브 실	비 고
중요도 (%)	20 $\pm 4(16 \sim 24)$	65 $\pm 13(52 \sim 78)$	15 $\pm 3(12 \sim 18)$	()내는 책임기술자가 조정할 수 있는 중요도의 범위
조정 후 중요도 (%)	-	$65 \times 100 / 80$ $= 81.25$ $\Rightarrow 81$	$15 \times 100 / 80$ $= 18.75$ $\Rightarrow 19$	조절지가 없는 경우 조절지의 중요도 값을 나머지 개별부재의 중요도 가중치를 적용하여 배분

또한, 복합부재의 안전은 상태가 나쁜 개별부재의 영향을 크게 받으므로 그에 상응하는 보정을 하기 위하여 다음 <표 6.3-6>과 같은 조정계수(A)를 적용한다. 복합부재의 상태평가지수(E_{c3}) 산정 시 조정계수의 사용은 개별부재의 상태평가지수(E_{c2})별로 위험성이 큰 값에 보다 큰 가중치를 적용하여 부재전체의 안전성을 평가절하 하는 것으로서 이는 단순 산술평균법의 적용보다 다소 낮은 평가지수의 평가결과를 도출하고자 함에 있다.

<표 6.3-6> 상태평가지수에 따른 조정계수(A)

상태평가등급	a	b	c	d	e
상태평가지수(E_c)	5.0 ~ 4.5이상	4.5미만 ~ 3.5이상	3.5미만 ~ 2.5이상	2.5미만 ~ 1.5이상	1.5미만 ~ 1.0이상
조정계수(A)	1	2	3	6	6

복합부재의 상태평가는 개별부재의 상태평가지수(E_{c2})에 중요도(W) 및 조정계수(A)를 반영하는 아래 식을 사용하여 복합부재의 상태평가지수(E_{c3})를 산출하고 앞의 <표 6.3-3> 상태평가지수 범위에 따른 상태평가등급기준에 의해 상태평가등급(알파벳 소문자)을 결정한다.

$$\text{복합부재의 상태평가지수}(E_{c3}) = \sum(E_{c2} \times P) / \sum P$$

여기서, E_{c2} : 개별부재의 상태평가지수

P : 조정 값($=A \times W$)

A : 조정계수

W : 중요도

상기의 내용을 토대로 표준적인 관로 복합부재의 상태평가표 작성 예를 제시하면 다음 <표 6.3-7>과 같다.

<표 6.3-7> 관로 복합부재의 상태평가표 예

복합부재 상태평가표						
복합부재명	관로구간 1-2		개별시설물명	송수관로 1		표번호
복합부재규모	강관, $D = 1,200\text{mm}$, $L = 1,800\text{m}$					No. P1-3-2
근거(2단계) 표번호	No. P1-2-1, No. P1-2-2, No. P1-2-3, No. P1-2-4, No. P1-2-5, No. P1-2-6, No. P1-2-7					
개별부재구분	상태평가 등급	상태평가 지수(E_{c2})	조정계수 (A)	중요도 (W, %)	조정값 ($P=A \times W$)	계산값 ($E_{c2} \times P$)
관로 1-2-1	c	3.2	3	65/2	97.5	312.0
관로 1-2-2	b	3.6	2	65/2	65.0	234.0
밸브실1-2-1	a	4.6	1	15/3	5.0	23.0
밸브실1-2-2	b	3.9	2	15/3	10.0	39.0
밸브실1-2-3	c	2.8	3	15/3	15.0	42.0
조절지1-2-1	c	3.0	3	20/2	30.0	90.0
조절지1-2-2	d	2.3	6	20/2	60.0	138.0
합계(Σ)				100	282.5	878.0
평가의견						
상태평가결과	1. 복합부재 상태평가지수(E_{c3}) = $\sum(E_{c2} \times P) / \sum P = 878.0/282.5 =$ 2. 복합부재(관로구간 1-2) 상태평가등급 =					3.11 c 등급

라) 개별시설물(個別施設物) 상태평가표 작성 : 4단계 평가

도수관로, 송수관로1, 송수관로2, ... 등 각 계통별 관로는 개별시설물로서 동일기능을 수행하는 복합부재(구간1, 구간2, ...)의 집합으로서 구성된다.

개별시설물의 상태평가는 복합부재의 중요도가 같다는 가정 하에 복합부재의 상태평가지수(E_{c3})에 복합부재의 규모(관로구간 : 관의 단면적 \times 해당 관의 연장, 별도의 구간으로 구분된 조

절지 : 가로×세로×높이)를 반영하여 아래 식에 의해 개별시설물의 상태평가지수(E_{c4})를 산출하고 앞의 <표 6.3-3>에서 제시한 상태평가지수의 범위에 따른 상태평가등급기준에 의해 개별시설물에 대한 상태평가등급(알파벳 소문자)을 결정한다.

$$\text{개별시설물의 상태평가지수}(E_{c4}) = \text{Min} + V_1 \times V_2$$

여기서, $V_1 = 0.3 \times (\text{Max} - \text{Min})$

$$V_2 = \sum(E_{c3} \times S) / 5 \times \sum S$$

S : 복합부재별 규모(m, m^2, m^3)

Max : 복합부재의 상태평가지수(E_{c3}) 중 최대 값

Min : 복합부재의 상태평가지수(E_{c3}) 중 최소 값

또한, 개별시설물의 평가단계에서는 안전성평가가 필요한 경우 상태평가와 더불어 안전성평가를 수행하고(제7장 참조) 상태평가결과와 안전성평가결과를 비교·검토하여 종합평가가 이루어진다.(제8장 참조)

개별시설물에 대한 표준적인 상태평가표의 작성방법을 예시하면 다음 <표 6.3-8>과 같다.

<표 6.3-8> 관로 개별시설물의 상태평가표 예

개별시설물 상태평가표				
개별시설물명	송수관로 1	개별시설물 규모	강관, $D = 1,200mm$, $L = 5,500m$	표번호
근거(3단계) 표번호	No. PI-3-1, No. PI-3-2, No. PI-3-3			No. PI-4-1
복합부재구분	상태평가등급	상태평가지수(E_{c3})	규모(S, m^3)	계산값($E_{c3} \times S$)
관로구간 1-1	b	3.69	2,035	7,509
관로구간 1-2	c	3.11	2,035	6,329
관로구간 1-3	b	3.92	2,148	8,420
합계(Σ)			6,218	22,258
평가의견				
상태평가결과	1. 복합부재의 상태평가지수(E_{c3}) 중 최소 값(Min) = 3.11 2. 복합부재의 상태평가지수(E_{c3}) 중 최대 값(Max) = 3.92 3. $V_1 = 0.3 \times (\text{Max} - \text{Min}) = 0.3 \times (3.92 - 3.11) = 0.243$ 4. $V_2 = \sum(E_{c3} \times S) / 5 \times \sum S = 22,258 / 5 \times 6,218 = 0.716$ 5. 개별시설물(송수관로1)의 상태평가지수(E_{c4}) = $\text{Min} + V_1 \times V_2 = 3.11 + 0.243 \times 0.716 = 3.28$ 6. 개별시설물(송수관로1)의 상태평가등급 = c 등급			

2) 수로터널

가) 부재(部材)별 손상 및 결함상태 조사표 작성 : 1단계 평가

수로터널의 개별부재(부위)를 서로 다른 연장으로 구획하게 되면 복합부재나 개별시설물 등의 평가 시 연장에 대한 보정을 하여야 하는 번거로움이 있으므로 가능한 한 동일한 연장으로 개별부재(부위)를 구획하는 것이 바람직하다.

1단계는 상기와 같이 수로터널의 분할구간 중 소정의 동일 연장구간으로 구획한 개별부재(부위)에 대해 다음 <표 6.3-9>의 양식에 준하여 개별부재(부위)에 발생되어 있는 손상 및 결함상태를 도시하는 외관조사망도를 작성하고 조사내용을 상세히 기록하며 손상 및 결함별 상태평가 기준에 의해 상태등급을 표기(알파벳 소문자)한다.

<표 6.3-9> 수로터널의 개별부재(부위)별 손상 및 결함상태 조사표 예

개별부재(부위) 손상 및 결함상태 조사표				
조사망번호	부재(부위)명	복합부재명	개별시설물명	표번호
Sta. No. 3+00~5+00	블록 3-1-2	터널구간 3-1	수로터널 3	No. 3T-1-2
외관조사망도 작성(손상·결함상태 도시 및 주기사항 기록)				
번호	조사항목	조사내용	손상(결함)정도	상태등급
①	콘크리트 균열	수평균열 2개소	○균열폭 : 0.12~0.18mm ○균열길이 : 15.8m	b
②	콘크리트 균열	수직균열 3개소	○균열폭 : 0.2~0.25mm ○균열길이 : 3.6m	c
③	콘크리트 박리	부분적 박리	○박리면적 : 0.52m ² ○박리깊이 : 1.2mm	d
④	콘크리트 염화물 함량	염화물 미량검출	○염화물함량 : 0.12kg/m ³	a
⑤	콘크리트 중성화 깊이	콘크리트 pH저하 철근피복두께 : 70cm	○중성화깊이 : 12mm	b
특기사항	○마제형 철근콘크리트 라이닝 구조 ○규모 : D = 2.5m ○연장 : L = 80m ○조사단위면적 : 2.5m×3.14×80.0m = 628.0m ²			
조사일자	2003. 10. 23 14:00 ~ 17:00	조사자	홍길동, 김철수	

나) 개별부재(個別部材) 상태평가표 작성 : 2단계 평가

1단계에서 개별부재별로 조사 작성된 손상 및 결함상태 조사표에 의해 앞의 <표 6.2-33>을 참조하여 손상 및 결함의 평가유형에 따라 중요결함, 국부결함, 일반손상으로 구분하고 손상 및 결함별 상태평가기준에 의한 평가점수(M)에 평가유형별 영향계수(F)를 곱하여 결함 및 손상별 상태평가지수(E_{c1})를 산출한다. 단, 상태평가지수 값은 소수점 이하 3째 자리에서 반올림한다.

산출된 결함 및 손상별 상태평가지수(E_{c1}) 중 최소 값을 개별부재의 상태평가지수(E_{c2})를 산정한 후 앞의 <표 6.3-3>에 제시된 상태평가지수 범위에 따른 상태평가등급기준에 의해 개별부재의 상태평가등급(알파벳 소문자)을 부여한다.

표준적인 개별부재의 상태평가표를 작성하는 방법을 다음 <표 6.3-10>에 예시하였다.

<표 6.3-10> 수로터널 개별부재의 상태평가표 예

개별부재 상태평가표					
개별부재명	블록3-1-2	개별부재규모	$D = 2.5m, L = 80m$		표번호
복합부재명	터널구간 3-1	개별시설물명	수로터널 3		No. 3T-2-1
근거(1단계) 표번호	No. 3T-1-2 (1단계에서 다수의 개별부위 조사표가 작성된 경우에는 각각의 개별부위 표번호 기입)				
평가항목	평가유형	상태평가기준	상태평가점수 (M)	영향계수 (F)	상태평가지수 ($E_{c1}=M \times F$)
콘크리트 균열	일반손상	<표 6.2-25>	4	1.1	4.0
콘크리트 균열	일반손상	<표 6.2-25>	3	1.3	3.9
콘크리트 박리	일반손상	<표 6.2-26>	2	1.7	3.4
콘크리트 염화물함량	국부결함	<표 6.2-24>	5	1.0	5.0
콘크리트 중성화깊이	국부결함	<표 6.2-23>	4	1.1	4.4
평가의견					
상태평가결과	1. 개별부재의 상태평가지수(E_{c2}) = 상태평가지수(E_{c1})값 중 최소 값 = 2. 개별부재(블록3-1-2)의 상태평가등급 =				3.4 c 등급

다) 복합부재(複合部材) 상태평가표 작성 : 3단계 평가

수로터널의 복합부재는 수로터널을 분할한 다수의 구간들 중 하나의 구간을 의미하는 것으로 단위조사구간(Block)인 개별부재의 집합이므로 복합부재의 평가는 각 개별부재가 복합부재의 기능과 안전에 미치는 영향을 판단하여 그 중요도(W)를 반영하는 것이 필요하며 각 개별부재에 대한 중요도의 합은 100이 되도록 한다.

중요도가 설정되지 않은 추가적인 개별부재가 있는 경우에는 그 개별부재의 중요도를 책임기술자가 판단하여 정하되 각 개별부재의 중요도 합은 100이 되도록 하며 중요도는 설정되어 있으나 평가대상이 아닌 개별부재인 경우에는 그 개별부재의 중요도 값을 나머지 평가대상 개별부재에 배분한다. 책임기술자는 개별부재의 특성에 따라 중요도를 조정할 필요가 있다고 판단될 경우 규정된 값의 ±20%값 범위 내에서 조정할 수 있다.

또한, 복합부재의 안전은 상태가 나쁜 개별부재의 영향을 크게 받으므로 그에 상응하는 보정을 하기 위하여 앞의 <표 6.3-6>에 제시된 상태평가지수에 따른 조정계수(A)를 사용한다. 복합부재의 상태평가지수(E_{c3}) 산정 시 조정계수의 사용은 개별부재의 상태평가지수(E_{c2})별로 위험성이 큰 값에 보다 큰 가중치를 적용하여 부재전체의 안전성을 평가절하 하는 것으로서 이는 단순 산술 평균법의 적용보다 다소 낮은 평가지수의 평가결과를 도출하고자 함에 있다. 복합부재의 상태평가는 개별부재의 상태평가지수(E_{c2})에 중요도(W) 및 조정계수(A)를 반영하여 복합부재의 상태평가지수(E_{c3})를 산출하고 상태평가등급(알파벳 소문자)을 결정한다.

상기의 내용을 토대로 수로터널의 복합부재에 대한 상태평가표 작성 예를 제시하면 다음 <표 6.3-11>과 같다.

<표 6.3-11> 수로터널 복합부재의 상태평가표 예

복합부재 상태평가표						
복합부재명	터널구간 3-1		개별시설물명	수로터널 3		표번호
복합부재규모	마제형 철근콘크리트라이닝 구조 $D = 2.5m, L = 240m$					No. 3T-3-1
근거(2단계) 표번호	No. 3T-2-1, No. 3T-2-2, No. 3T-2-3					
개별부재구분	상태평가 등급	상태평가 지수(E_{c2})	조정계수 (A)	중요도 (W, %)	조정값 (P=A×W)	계산값 ($E_{c2}×P$)
블록3-1-1	b	4.2	2	100/3	66.7	280.1
블록3-1-2	c	3.4	3	100/3	100.0	340.0
블록3-1-3	b	3.9	2	100/3	66.7	260.1
합계(Σ)				100	233.4	880.2
평가의견						
상태평가결과	1. 복합부재 상태평가지수(E_{c3}) = $\Sigma(E_{c2} \times P) / \Sigma P = 880.2/233.4 =$ 2. 복합부재(터널구간 3-1) 상태평가등급 =					3.77 b 등급

라) 개별시설물(個別施設物) 상태평가표 작성 : 4단계 평가

관로도중에 설치되는 수로터널은 다수의 터널이 설치될 수 있으며 각각의 수로터널을 개별시설물로 구분하며 동일기능을 수행하는 복합부재(구간1, 구간2, ...)의 집합으로서 구성된다.

개별시설물의 상태평가는 복합부재의 중요도가 같다는 가정 하에 복합부재의 상태평가지수(E_{c3})에 복합부재의 규모(수로터널의 단면적 \times 수로터널의 연장)를 반영하여 개별시설물의 상태평가지수(E_{c4})를 산출하고 앞의 <표 6.3-3>에서 제시한 상태평가지수의 범위에 따른 상태평가등급기준에 의해 개별시설물에 대한 상태평가등급(알파벳 소문자)을 결정한다.

또한, 개별시설물의 평가단계에서는 안전성평가가 필요한 경우 상태평가와 더불어 안전성평가를 수행하고(제7장 참조) 상태평가결과와 안전성평가결과를 비교·검토하여 종합평가가 이루어진다.(제8장 참조)

개별시설물에 대한 표준적인 상태평가표의 작성방법을 예시하면 다음 <표 6.3-12>와 같다.

<표 6.3-12> 수로터널 개별시설물의 상태평가표 예

개별시설물 상태평가표				
개별시설물명	수로터널 3	개별시설물규모	마제형 철근콘크리트라이닝 구조 $D = 2.5m, L = 740m$	표번호
근거(3단계) 표번호	No. 3T-3-1, No. 3T-3-2, No. 3T-3-2			No. 3T-4-1
복합부재구분	상태평가등급	상태평가지수(E_{c3})	규모(S, m^3)	계산값($E_{c3} \times S$)
터널구간 3-1	b	3.77	1,177.5	4,439.2
터널구간 3-2	c	3.42	1,275.6	4,362.6
터널구간 3-3	b	3.83	1,177.5	4,509.8
합계(Σ)			3,630.6	13,311.6
평가의견				
상태평가결과	1. 복합부재의 상태평가지수(E_{c3}) 중 최소 값(Min) = 3.42 2. 복합부재의 상태평가지수(E_{c3}) 중 최대 값(Max) = 3.83 3. $V_1 = 0.3 \times (Max - Min) = 0.3 \times (3.83 - 3.42) = 0.123$ 4. $V_2 = \Sigma(E_{c3} \times S) / 5 \times \Sigma S = 13,311.6 / 5 \times 3,630.6 = 0.733$ 5. 개별시설물(수로터널3)의 상태평가지수(E_{c4}) = $Min + V_1 \times V_2 = 3.42 + 0.123 \times 0.733 = 3.51$ 6. 개별시설물(수로터널3)의 상태평가등급 = b 등급			

나. 토목구조물

1) 부재(部材)별 손상 및 결함상태 조사표 작성 : 1단계 평가

상수도의 토목구조물은 대부분 철근콘크리트 구조로서 슬래브, 벽체, 기둥 및 보 등으로 구성되며 이러한 구성요소를 개별부재로 본다.

1단계는 상기와 같은 개별부재에 대해 다음 <표 6.3-13>의 양식에 준하여 개별부재에 발생되어 있는 손상 및 결함상태를 도시하는 외관조사망도를 작성하고 조사내용을 상세히 기록하며 손상 및 결함별 상태평가기준에 의해 상태등급을 표기(알파벳 소문자)한다.

필요에 따라 개별부재를 부위별로 다수의 조사망을 구획하여 외관조사망도를 작성할 수 있으며 이러한 경우 2단계에서 부위별 손상 및 결함을 취합하여 개별부재에 대한 상태평가를 실시토록 한다.

<표 6.3-13> 토목구조물의 개별부재(부위)별 손상 및 결함상태 조사표 예

개별부재(부위) 손상 및 결함상태 조사표				
조사망번호	부재(부위)명	복합부재명	개별시설물명	표번호
A-S2W-3	벽체A-2-3	A-2호침전지	A정수장 침전지	No. SW-1-1
외관조사망도 작성(손상·결함상태 도시 및 주기사항 기록)				
번호	조사항목	조사내용	손상(결함)정도	상태등급
①	침하	부분적 경미한 침하 (보수불필요)	○ 침하깊이 : 1.5mm ○ 침하진전 없음	b
②	콘크리트 균열	수직균열 3개소	○ 균열폭 : 0.15~0.20mm ○ 균열길이 : 5.6m	b
③	콘크리트 박리	부분적 박리	○ 박리면적 : 0.40m ² ○ 박리깊이 : 0.8mm	c
④	누수	신축이음부위에 상당한 누수발생	○ 누수로 인한 철근부식진행	d
⑤	신축이음 이완 및 열화	고정장치 이완 및 고무판 마모, 철근부식발생	○ 고정장치 및 고무판의 보수교체가 필요	c
특기사항	○ 철근콘크리트 구조 및 예폭시방수·방식실시 ○ 규모 : H = 3.5m, L = 30.0m ○ 조사단위면적 : 3.5m×30.0m = 105m ²			
조사일자	2003. 10. 23 14:00 ~ 17:00	조사자	홍길동, 김철수	

2) 개별부재(個別部材) 상태평가표 작성 : 2단계 평가

1단계에서 개별부재별로 조사 작성된 손상 및 결함상태 조사표에 의해 앞의 <표 6.2-33>을 참조하여 손상 및 결함의 평가유형에 따라 중요결함, 국부결함, 일반손상으로 구분하고 손상 및 결함별 상태평가기준에 의한 평가점수(M)에 평가유형별 영향계수(F)를 곱하여 결함 및 손상별 상태평가지수(E_{c1})를 산출한다. 단, 상태평가지수 값은 소수점 이하 3째 자리에서 반올림한다.

산출된 결함 및 손상별 상태평가지수(E_{c1}) 중 최소 값을 개별부재의 상태평가지수(E_{c2})를 산정한 후 앞의 <표 6.3-3>에 제시된 상태평가지수 범위에 따른 상태평가등급기준에 의해 개별부재의 상태평가등급(알파벳 소문자)을 부여한다.

표준적인 개별부재의 상태평가표를 작성하는 방법을 다음 <표 6.3-14>에 예시하였다.

<표 6.3-14> 토목구조물 개별부재의 상태평가표 예

개별부재 상태평가표					
개별부재명	벽체A-2-3	개별부재규모	철근콘크리트 구조 $H = 3.5m, L = 30.0m$		표번호
복합부재명	A-2호침전지	개별시설물명	A정수장 침전지		No. SW-2-1
근거(1단계) 표번호	No. SW-1-1 (1단계에서 다수의 개별부위 조사표가 작성된 경우에는 각각의 개별부위 표번호 기입)				
평가항목	평가유형	상태평가기준	상태평가점수 (M)	영향계수 (F)	상태평가지수 ($E_{c1}=M \times F$)
침하	중요결함	<표 6.2-19>	4	1.0	4.0
콘크리트 균열	일반손상	<표 6.2-25>	4	1.1	4.4
콘크리트 박리	일반손상	<표 6.2-26>	3	1.3	3.9
누수	일반손상	<표 6.2-29>	2	1.7	3.4
신축이음부위 이완 및 열화	일반손상	<표 6.2-32>	3	1.3	3.9
평가의견					
상태평가결과	1. 개별부재의 상태평가지수(E_{c2}) = 상태평가지수(E_{c1})값 중 최소 값 = 2. 개별부재(벽체A-2-3)의 상태평가등급 =				3.4 c 등급

3) 복합부재(複合部材) 상태평가표 작성 : 3단계 평가

토목구조물의 복합부재는 각각의 개별부재(슬래브, 벽체, 기둥 및 보 등)로 구성되는 단위구조물로서 복합부재의 평가는 각각의 개별부재가 복합부재의 기능과 안전에 미치는 영향을 판단하여 그 중요도(W)를 반영하는 것이 필요하며 이때 각 개별부재의 중요도 합은 100이 되도록 한다. 표준적인 개별부재별 중요도(A)를 설정하면 아래 <표 6.3-15>와 같다.

<표 6.3-15> 개별부재별 중요도(A) 기준

개별부재구분	중요도(A)		비 고
	내력벽체인 경우	비 내력벽체인 경우	
바닥슬래브	20	25	
상부슬래브	10	10	
벽 체	25	10	
기 둥	25	30	
보	20	25	

중요도가 규정되지 않은 추가적인 개별부재가 있는 경우에는 그 개별부재의 중요도를 책임기술자가 판단하여 정하고 기타의 부재들은 규정된 비율대로 배분하며 중요도는 제시되어 있으나 평가할 수 있는 해당 개별부재가 없는 경우에는 그 중요도를 나머지 개별부재에 배분한다. 책임기술자는 개별부재의 특성에 따라 중요도를 조정할 필요가 있다고 판단될 경우 규정된 값의 $\pm 20\%$ 값 범위 내에서 조정할 수 있다.

또한, 복합부재의 안전은 상태가 나쁜 개별부재의 영향을 크게 받으므로 그에 상응하는 보정을 하기 위하여 앞의 <표 6.3-6>에 제시된 상태평가지수에 따른 조정계수(A)를 사용한다. 복합부재의 상태평가지수(E_{c3}) 산정 시 조정계수의 사용은 개별부재의 상태평가지수(E_{c2})별로 위험성이 큰 값에 보다 큰 가중치를 적용하여 부재전체의 안전성을 평가절하 하는 것으로서 이는 단순 산술 평균법의 적용보다 다소 낮은 평가지수의 평가결과를 도출하고자 함에 있다.

복합부재의 상태평가는 개별부재의 상태평가지수(E_{c2})에 중요도(W) 및 조정계수(A)를 반영하여 복합부재의 상태평가지수(E_{c3})를 산출하고 상태평가등급(알파벳 소문자)을 결정한다.

다음 <표 6.3-16>에 토목구조물의 복합부재에 대한 표준적인 상태평가표 작성 예를 제시하였다.

<표 6.3-16> 토목구조물 복합부재의 상태평가표 예

복합부재 상태평가표						
복합부재명	A-2호 침전지		개별시설물명	A정수장 침전지		표번호
복합부재규모	철근콘크리트 구조, H=3.5m, W=12.0m, L=30.0m					No. AS-3-2
근거(2단계) 표번호	No. BS-2-1, No. US-2-1, No. SW-2-1, No. CL-2-1, No. BM-2-1					
개별부재구분	상태평가 등급	상태평가 지수(E _{c2})	조정계수 (A)	중요도 (W, %)	조정값 (P=A×W)	계산값 (E _{c2} ×P)
바닥슬래브	b	3.7	2	20	40	148.0
상부슬래브	c	3.1	3	10	30	93.0
벽 체	c	3.4	3	25	75	255.0
기 동	a	4.7	1	25	25	117.5
보	a	4.8	1	20	20	96.0
합계(Σ)				100	190	709.5
평가의견						
상태평가결과	1. 복합부재 상태평가지수(E _{c3}) = $\Sigma(E_{c2} \times P) / \Sigma P = 709.5/190.0 =$ 2. 복합부재(A-2호 침전지) 상태평가등급 =					3.73 b 등급

4) 개별시설물(個別施設物) 상태평가표 작성 : 4단계 평가

토목구조물의 개별시설물은 대부분 동일한 기능과 형식을 가진 단위구조물들의 복수계열로 이루어진 집합구조물로서 개별시설물을 구성하는 복합부재들은 각각 동일한 고유의 기능을 가지면서 다른 복합부재와 유기적으로 밀접하게 관계되어 있다.

따라서 개별시설물의 상태평가는 복합부재의 중요도가 같다는 가정 하에 복합부재의 상태평가지수(E_{c3})에 복합부재의 규모(용량)를 반영하여 개별시설물의 상태평가지수(E_{c4})를 산출하고 앞의 <표 6.3-3>에서 제시한 상태평가지수의 범위에 따른 상태평가등급기준에 의해 개별시설물에 대한 상태평가등급(알파벳 소문자)을 결정한다.

또한, 개별시설물의 평가단계에서는 안전성평가가 필요한 경우 상태평가와 더불어 안전성평가를 수행하고(제7장 참조) 상태평가결과와 안전성평가결과를 비교·검토하여 종합평가가 이루어진다.(제8장 참조)

개별시설물에 대한 표준적인 상태평가표의 작성방법을 예시하면 다음 <표 6.3-17>과 같다.

<표 6.3-17> 토목구조물의 개별시설물 상태평가표 예

개별시설물 상태평가표				
개별시설물명	A정수장 침전지	개별시설물 규모	철근콘크리트구조 (H3.5m×W12.0m×L=30.0m×4지)	표번호
근거(3단계) 표번호	No. AS-3-1, No. AS-3-2, No. AS-3-3, No. AS-3-4			No. AS-4-1
복합부재구분	상태평가등급	상태평가지수(E _{c3})	규모(S, m ³)	계산값(E _{c3} ×S)
A-1호침전지	c	3.38	1,260	4,258.8
A-2호침전지	b	3.73	1,260	4,699.8
A-3호침전지	b	3.85	1,260	4,851.0
A-4호침전지	c	3.14	1,260	3,956.4
합계(Σ)			5,040	17,766.0
평가의견				
상태평가결과	1. 복합부재의 상태평가지수(E _{c3}) 중 최소 값(Min) = 3.14 2. 복합부재의 상태평가지수(E _{c3}) 중 최대 값(Max) = 3.85 3. $V_1 = 0.3 \times (Max - Min) = 0.3 \times (3.85 - 3.14) = 0.213$ 4. $V_2 = \Sigma(E_{c3} \times S) / 5 \times \Sigma S = 17,766.0 / 5 \times 5,040.0 = 0.705$ 5. 개별시설물(A정수장 침전지)의 상태평가지수(E _{c4}) = $Min + V_1 \times V_2 = 3.14 + 0.213 \times 0.705 = 3.29$ 6. 개별시설물(A정수장 침전지)의 상태평가등급 = c 등급			

다. 기전설비

1) 부재(部材)별 손상 및 결함상태 조사표 작성 : 1단계 평가

기전설비의 손상 및 결함상태조사표는 복합부재에 대하여 작성하며 조사표에는 손상상태를 기록하고 필요한 경우에 한해서 개략도를 포함하여 작성한다. 각각의 단위기기설비(펌프설비, 배관설비, 권양기 등)를 구성하고 있는 요소(펌프, 전동기, 펌프베드, 흡입관, 토출관, 권양와이어, 권양레일 등)를 개별부재(부위)로 보며 이들의 개별부재에 발생되어 있는 손상 및 결함상태의 조사내용을 상세히 기록하며 손상 및 결함별 상태평가기준에 의해 상태등급을 표기(알파벳 소문자)한다.

그러나 필요에 따라 개별부재를 부위별로 다수의 조사망을 구획하여 외관조사망도를 작성할 수 있으며 이러한 경우 2단계에서 부위별 손상 및 결함을 취합하여 개별부재에 대한 상태평가를 실시하도록 한다.

<표 6.3-18> 기전설비의 개별부재(부위)별 손상 및 결함상태 조사표 예

개별부재(부위) 손상 및 결함상태 조사표				
조사망번호	부재(부위)명	복합부재명	개별시설물명	표번호
B-P1-1	B-펌프1호	B-펌프설비1호	B취수장 펌프설비	No. P-1-1
외관조사망도 작성(손상·결함상태 도시 및 주기사항 기록)				
번호	조사항목	조사내용	손상(결함)정도	상태등급
①	펌프표면부식	국부적 부식	부식면적율 : 약 3%	b
②	펌프도장열화	부분적 변색 및 탈락	변색 및 탈락면적율 : 약 15%	c
③	펌프진동	약간의 진동발생	진동크기 : 1.5mm/sec	b
④	펌프소음	상당한 소음발생	소음크기 : 85dB	c
⑤				
특기사항	<ul style="list-style-type: none"> o 펌프형식 : 다단보류트 양흡입펌프 o 펌프특성 : 양정: 50m, 동력: 100kw, 토출량: 7.5m³/분 o 펌프등급 : II등급 			
조사일자	2003. 10. 23 14:00 ~ 17:00		조사자	홍길동, 김철수

2) 개별부재(個別部材) 상태평가표 작성 : 2단계 평가

1단계에서 개별부재별로 조사 작성된 손상 및 결함상태 조사표에 의해 앞의 <표 6.2-56>을 참조하여 손상 및 결함의 평가유형에 따라 중요결함, 국부결함, 일반손상으로 구분하고 손상 및 결함별 상태평가기준에 의한 평가점수(M)에 평가유형별 영향계수(F)를 곱하여 결함 및 손상별 상태평가지수(E_{c1})를 산출한다. 단, 상태평가지수 값은 소수점 이하 3째 자리에서 반올림한다.

산출된 결함 및 손상별 상태평가지수(E_{c1}) 중 최소 값을 개별부재의 상태평가지수(E_{c2})를 산정한 후 앞의 <표 6.3-3>에 제시된 상태평가지수 범위에 따른 상태평가등급기준에 의해 개별부재의 상태평가등급(알파벳 소문자)을 부여한다.

기전설비의 개별부재에 대한 표준적인 상태평가표 작성방법을 다음 <표 6.3-19>에 예시하였다.

<표 6.3-19> 기전설비 개별부재의 상태평가표 예

개별부재 상태평가표					
개별부재명	B-펌프1호	개별부재규모	양정: 50m, 동력: 100kw, 토출량: 7.5m ³ /분		표번호
복합부재명	B-펌프설비1호	개별시설물명	B취수장 펌프설비		No. P-2-1
근거(1단계) 표번호	No. P-1-1 (1단계에서 다수의 개별부위 조사표가 작성된 경우에는 각각의 개별부위 표번호 기입)				
평가항목	평가유형	상태평가기준	상태평가점수 (M)	영향계수 (F)	상태평가지수 (E _{c1} =M×F)
펌프표면부식	일반손상	<표 6.2-45>	4	1.1	4.4
펌프도장열화	일반손상	<표 6.2-45>	3	1.3	3.9
펌프진동	국부결함	<표 6.2-42>	4	1.1	4.4
펌프소음	국부결함	<표 6.2-44>	3	1.2	3.6
평가의견					
상태평가결과	1. 개별부재의 상태평가지수(E _{c2}) = 상태평가지수(E _{c1})값 중 최소 값 = 2. 개별부재(B-펌프1호)의 상태평가등급 =				3.6 b 등급

3) 복합부재(複合部材) 평가표 작성 : 3단계 평가

기전설비의 복합부재는 단위설비를 의미하는 것으로 이를 구성하는 각각의 개별부재가 복합부재의 기능과 안전에 미치는 영향정도에 따라 복합부재 평가 시 그 중요도를 반영하는 것이 필요하다. 하지만 기전설비에 있어서의 개별부재들은 단위설비의 복합부재 안전에 미치는 영향도가 크게 차이를 가지지 않으므로 개별부재별 중요도(A)는 동일하게 적용함을 원칙으로 한다. 단, 개별부재의 특성이나 상황 등에 따라 중요도에 차이가 있다고 판단되는 경우에는 책임기술자가 개별부재별 중요도를 ±20%값 범위 내에서 조정할 수 있는 것으로 하며 이때 개별부재의 중요도의 합은 100이 되도록 한다.

또한, 복합부재의 안전은 상태가 나쁜 개별부재의 영향을 크게 받으므로 그에 상응하는 보정을 하기 위하여 앞의 <표 6.3-6>에 제시된 상태평가지수에 따른 조정계수(A)를 사용한다. 복합부재

의 상태평가지수(E_{c3}) 산정 시 조정계수의 사용은 개별부재의 상태평가지수(E_{c2})별로 위험성이 큰 값에 보다 큰 가중치를 적용하여 부재전체의 안전성을 평가절하 하는 것으로서 이는 단순 산술 평균법의 적용보다 다소 낮은 평가지수의 평가결과를 도출하고자 함에 있다.

복합부재의 상태평가는 개별부재의 상태평가지수(E_{c2})에 중요도(W) 및 조정계수(A)를 반영하여 복합부재의 상태평가지수(E_{c3})를 산출하고 상태평가등급(알파벳 소문자)을 결정한다. 다음 <표 6.3-20>에 기전설비의 복합부재에 대한 표준적인 상태평가표 작성 예를 제시하였다.

<표 6.3-20> 기전설비 복합부재의 상태평가표 예

복합부재 상태평가표						
복합부재명	B-펌프설비1호		개별시설물명	B취수장 펌프설비		표번호
복합부재규모	펌프 : 양정 50m, 동력 100kw, 토출량 7.5m ³ /분 펌프베드 : 철근콘크리트기초(W1.2m×L2.5m×H0.5m)					No. P-3-1
근거(2단계) 표번호	No. P-2-1, No. P-2-2, No. P-2-3					
개별부재구분	상태평가 등급	상태평가 지수(E_{c2})	조정계수 (A)	중요도 (W, %)	조정값 (P=A×W)	계산값 ($E_{c2}×P$)
B-펌프1호	b	3.6	2	100/3	66.7	240.1
B-펌프1호 전동기	a	4.7	1	100/3	33.3	156.5
B-펌프1호 베드	c	2.9	3	100/3	100.0	290.0
합계(Σ)				100	200.0	686.6
평가의견						
상태평가결과	1. 복합부재 상태평가지수(E_{c3}) = $\sum(E_{c2} \times P) / \sum P = 686.6/200.0 =$ 3.43 2. 복합부재(B-펌프설비1호) 상태평가등급 = c 등급					

4) 개별시설물(個別施設物) 상태평가표 작성 : 4단계 평가

기전설비의 개별시설물은 대부분 동일한 기능과 형식을 가진 단위설비들의 복수계열로 이루어진 집합구조물로서 개별시설물을 구성하는 복합부재들은 각각 동일한 고유의 기능을 가지면서 다른 복합부재와 유기적으로 밀접하게 관계되어 있다.

따라서 개별시설물의 상태평가는 복합부재의 중요도가 같다는 가정 하에 복합부재의 상태평가지수(E_{c3})에 복합부재의 규모(용량)를 반영하여 개별시설물의 상태평가지수(E_{c4})를 산출하고 앞의 <표 6.3-3>에서 제시한 상태평가지수의 범위에 따른 상태평가등급기준에 의해 개별시설물에 대한 상태평가등급(알파벳 소문자)을 결정한다.

또한, 개별시설물의 평가단계에서는 안전성평가가 필요한 경우 상태평가와 더불어 안전성평가를 수행하고(제7장 참조) 상태평가결과와 안전성평가결과를 비교·검토하여 종합평가가 이루어진다.(제8장 참조)

개별시설물에 대한 표준적인 상태평가표의 작성방법을 예시하면 다음 <표 6.3-21>과 같다.

<표 6.3-21> 기전설비 개별시설물의 상태평가표 예

제 7 장 안전성평가 기준 및 절차

7.1 일 반

7.2 안전성평가 기준

7.3 안전성평가등급 산정절차

제 7 장 안전성평가 기준 및 절차

7.1 일 반

「지침」에 안전성평가에 대하여 정밀점검 시는 필요에 따라 실시하는 선택과업으로 되어있고 정밀안전진단 시에만 기본과업으로 규정하고 있으므로 안전성평가를 하기 위해서는 「지침」 3.7항 및 대가기준에 규정된 선택과업을 정밀점검 및 정밀안전진단 시 반영하여야 한다.

시설물의 안전성평가의 목적은 시설물이 제 기능 및 역할을 유지할 수 있는 구조적 및 운영상의 안전성에 대한 확보여부를 평가하는데 있으므로 현장으로부터 시설물의 현황과 상태 및 특성을 충분히 파악하여 제반 문제점을 도출하고 기초자료 분석 및 구조검토·해석 등에 의해 문제점에 대한 원인을 규명함과 더불어 안전성 여부를 판단하여야 한다.

이를 위해서는 설계자료 검토, 시공방법과 사용재료의 검토, 기록을 통한 운영이력의 분석, 부재별 상태평가결과 및 각종 계측·측정·조사·시험 등을 통하여 충분한 기초 자료를 확보하는 것이 중요하며 안전성 평가 시 검토되어야 할 주요항목은 다음과 같다.

- 비파괴 시험결과 분석
- 토질조사 등의 결과 분석
- 시설물의 변형/변위 및 거동 등의 측정결과 분석
- 구조물의 구조검토·해석결과 분석

상기의 항목들의 결과에 의해 각각 별도로 안전성평가를 수행하는 경우 정량적으로 평가하기 어렵거나 다양한 평가결과를 가져올 수 있으므로 상호의 평가결과를 비교하는 것이 필수적이며 본 장에 기술되지 않은 평가항목으로서 시설물의 안전에 미치는 영향이 크다고 판단될 경우에는 본 장에 기술된 것과 같이 5단계의 안전성평가기준을 제시하고 의견서를 첨부하여 시설물의 평가에 반영할 수 있다. 또한, 시설물의 특성 및 제반 여건 등을 고려하여 적절히 응용할 수 있다.

구조물의 안전성 평가방법은 대부분 해석적 방법에 의해 이루어지며 특별한 경우 재하시험방법에 의해 수행하기도 한다.

해석적 방법에 의해 구조물의 안전성을 평가하는 경우 현장조사 및 수집 자료에 의해 얻어진 구조물의 치수, 시공 상세도, 재료의 성질 및 구조물의 결함 등을 종합하여 실제상태대로 해석해야만 올바른 평가를 기대할 수 있으며 건설교통부에서 제정한 「콘크리트시방서」에 규정된 설계 및 안전에 관한 제반기준을 적용하고 공인된 신뢰도가 있는 해석방법에 의해 평가되어야 한다.

구조물의 해석방법에는 강도법과 허용응력법이 있으며 이 중 강도법을 원칙으로 하지만 특별한 경우에는 허용응력법을 적용할 수 있다.

강도법에서는 구조물의 안전여유를 두 가지 측면에서 고려하는데 하나는 하중의 변경, 구조해

석 시의 가정과 계산을 간단하게 함으로써 야기될지 모르는 초과하중의 영향을 고려한 하중계수이며 다른 하나는 설계계산상의 불확실성, 부재의 다양한 형식에 대한 상대적 중요도, 재료의 설계강도 및 실제단면치수와 제작시공기술 등에 관련된 다소의 불리한 오차들이 개별적으로는 허용한계에 있더라도 총체적으로 결합 시 부재의 강도감소를 초래할 가능성에 대비한 강도감소계수이다.

이러한 하중계수와 강도감소계수에 의한 설계상의 구조물 안전여유율을 등가안전율이라 하며 다음 식으로 표현된다. 이의 값은 활하중/사하중의 비(L/D)와 휨부재 혹은 전단부재의 여부에 따라 차이를 갖는데 휨부재에서는 약 1.5~2.0이고 전단부재인 경우는 1.7~2.5정도의 값을 갖는다.

$$n' = \frac{\gamma_D + \gamma_L L/D}{\Phi(1 + L/D)}$$

여기서, n' : 등가안전율

γ_D : 사하중계수

γ_L : 활하중계수

L/D : 활하중과 사하중의 비

Φ : 강도감소계수

이와 같이 구조물의 해석 시 안전여유율이 고려되어 있으므로 현재상태의 구조물에 대한 구조해석결과가 「콘크리트시방서」의 안전도 기준에 미흡하다고 해서 구조물의 안전성이 없는 것이 아니라 단지, 구조물의 안전여유율이 적다는 것을 의미한다.

따라서 구조해석에 의한 구조물의 안전성 평가는 현재상태의 구조물이 얼마나 안전여유율을 확보하고 있는지의 정도에 따라 평가하는 것이 합리적이라 할 수 있다.

즉, 구조해석결과 안전여유율이 등가안전율 이상인 경우는 안전성이 확보된 구조물로 평가하고 등가안전율 미만이나 안전여유율이 등가안전율의 약 75% 이상일 때는 안전성은 있지만 충분치 못한 상태로서 구조물의 상태를 주기적으로 점검 및 과대하중 재하억제 등의 관리가 필요한 상태로 평가하며 안전여유율이 등가안전율의 약 75% 미만인 경우에는 사용제한여부의 판단이 요구되거나 사용금지를 요하는 안전성이 결여된 구조물이라고 평가한다.

한편, 기존 상수도시설물에 대한 내진성평가 및 성능개선은 「기존시설물의 내진성평가 및 향상요령(건설교통부, 2003. 12)」을 참조토록 추천한다.

7.2 안전성평가 기준

7.2.1 관로시설물

상수도의 관로시설물은 크게 관로와 수로터널로 구분되며 대부분 지중에 부설되거나 축조되는

시설물들로 이루어져 있으므로 지하수의 부력, 지반의 부동침하 및 누수에 의한 지반함몰 등의 영향을 받고 관로 및 각종 배관이 벽체 등을 관통하여 연결되는 부위는 하중 및 지지조건이 달라 부동침하의 영향을 받는다. 따라서 상수도 관로시설물의 설계·준공도서 및 기존의 안전점검 또는 정밀안전진단 보고서 등을 검토하여 시설물의 안전성을 판단하거나 실제 주요부재의 상태 평가결과가 불량하게 나타나 현장조사 시 문제점이 발생한 부위를 대상으로 안전율(Safe factor, SF) 검토를 수행하여 시설물의 안전성을 판단하는 것이 필요하다.

외국에서의 시설물 안전성평가는 평가대상 항목의 안전율을 이용하여 안전성평가지수(Es)를 계산하고 이의 안전성평가지수를 토대로 안전성 평가기준에 근거하여 안전성평가가 수행되고 있다.(US Army, 1990)

또한, 안전율 검토도 국내에서와 같이 허용응력설계법(부재의 발생응력과 허용응력의 비)이나 강도설계법(부재의 소요강도와 설계강도의 비)에 따라 시설물의 각 부재에 작용하는 외력에 의한 응력을 산정하여 이루어지고 있다.

일반적으로 상수도의 관로시설물은 지반과의 상호작용을 바탕으로 구조적 거동이 이루어지므로 구조나 지반해석에 필요한 경계조건, 토질상수 등은 설계·준공도서 또는 토질조사에 의해 얻거나 「상수도시설기준, 환경부, 1997. 12」 및 「Steel Pipe A Guide for Design and Installation, AWWA MANUAL M11」 그리고 「구조물의 기초 설계기준, 건설교통부, 1997」 등에 나와 있는 값을 참고로 하여 구하며 관로의 안전성검토 식은 「상수도시설기준, 환경부, 1997. 12」에 제시된 식의 사용을 원칙으로 한다.

하중의 조합을 통한 안전율 검토는 사하중, 활하중, 전토압, 반토압 및 수압 등을 모두 고려하고 하중조합은 지하수의 유무에 따라 구분토록 하며 강도감소계수와 하중계수는 콘크리트구조물 설계기준에서 정해진 값을 적용하며 단면의 안전율은 휨, 전단 및 좌굴 등에 대하여 검토한다.

상기와 같은 내용을 근간으로 부재나 구조물의 구조적 안전율 정도에 따른 안전성평가기준을 설정하면 다음 <표 7.2-1>과 같다.

<표 7.2-1> 부재 및 구조물의 안전성 평가기준

안전성 평가등급	평가점수	안전성평가기준	비 고
a	5	안전율(SF)이 1.0 이상이고 주부재에 손상이 없는 경우	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 허용응력설계법 $SF = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\Phi M_n}{M_u}$ ◦ 강도설계법 $SF = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+1}}$
b	4	안전율(SF)이 1.0 이상이고 주부재에 손상(단면손실)이 있는 경우	
c	3	안전율(SF)이 1.0 미만 ~ 0.9이상	
d	2	안전율(SF)이 0.9 미만 ~ 0.75이상	
e	1	안전율(SF)이 0.75 미만	

※ 안전성평가등급은 통합시설물까지는 알파벳소문자(a, b, c, d, e)로 표기하고 종합시설물에 대해서만 알

파벳대문자(A, B, C, D, E)로 표기함.

7.2.2 토목구조물

상수도의 토목구조물은 대부분 철근콘크리트구조로서 지표면 아래에 축조되므로 지하수의 부력, 지반의 부동침하 및 누수에 의한 지반함몰 등의 영향을 받고 관로 및 각종 배관이 벽체 등을 관통하여 연결되는 구조물 부위는 하중 및 지지조건이 달라 부동침하의 영향을 받는다.

따라서 상수도 토목구조물의 설계·준공도서 및 기존의 안전점검 또는 정밀안전진단 보고서 등을 검토하여 구조물의 안전성을 판단하거나 실제 주요부재의 상태평가결과가 불량하게 나타나 현장조사 시 문제점이 발생한 부위를 대상으로 안전율(Safe factor, SF) 검토를 수행하여 구조물의 안전성을 판단하는 것이 필요하다.

외국에서의 시설물 안전성평가는 평가대상 항목의 안전율을 이용하여 안전성평가지수(E_s)를 계산하고 이의 안전성평가지수를 토대로 안전성 평가기준에 근거하여 안전성평가가 수행되고 있다.(US Army, 1990) 또한, 안전율 검토도 국내에서와 같이 허용응력설계법(부재의 발생응력과 허용응력의 비)이나 강도설계법(부재의 소요강도와 설계강도의 비)에 따라 시설물의 각 부재에 작용하는 외력에 의한 응력을 산정하여 이루어지고 있다.

일반적으로 상수도의 토목구조물은 지반과의 상호작용을 바탕으로 구조적 거동이 이루어지므로 구조나 지반해석에 필요한 경계조건, 토질상수 등은 설계·준공도서 또는 토질조사에 의해 얻거나 「상수도시설기준, 환경부, 1997. 12」 및 「구조물의 기초 설계기준, 건설교통부, 1997」 등에 나와 있는 값을 참고로 하여 구한다.

구조해석은 탄성해석을 원칙으로 하며 지지조건은 토질주상도가 있는 경우에는 지반스프링을 취하고 토질주상도가 없는 경우에는 힌지와 롤러로써 지지조건을 부여한다.

하중의 조합을 통한 안전율 검토는 사하중, 활하중, 전도압, 반토압 및 수압 등을 모두 고려하고 하중조합은 지하수의 유무에 따라 구분토록 하고 강도감소계수와 하중계수는 콘크리트구조물 설계기준에서 정해진 값을 적용하며 단면의 안전율은 휨, 전단 및 좌굴 등에 대하여 검토한다.

토목구조물의 부재나 구조물에 대한 안전성평가기준은 관로시설물편에서 제시한 앞의 <표 7.2-1>과 같다.

7.3 안전성평가등급 산정절차

7.3.1 안전성평가등급 산정

안전성평가는 평가체계의 4단계에서 수행하는 평가로서 개별시설물에 대하여 실시하게 되므로 개별시설물을 구성하고 있는 각종 부재나 구조물의 구조해석을 통하여 얻어진 각각의 구조적 안전율들을 종합적으로 검토·분석함으로써 개별시설물에 대한 안전성평가가 이루어지게 된다.

따라서 개별시설물의 안전성평가가 합리적이고 정량적으로 이루어지도록 하기 위해서 다음과

같은 평가체계에 의해 안전성평가가 수행되도록 표준을 정하였다.

먼저 구조해석을 통해 얻어진 부재별 또는 구조물별 구조적 안전율에 따라 앞에서 제시한 <표 7.2-1>의 기준에 의해 부재별 또는 구조물별 안전성평가등급 및 평가점수를 부여한다.

그리고 아래의 식을 사용하여 개별시설물에 대한 안전성평가지수(E_s)를 산정한 후 안전성평가지수의 범위에 따른 안전성평가등급기준(다음 <표 7.2-2> 참조)에 의해 개별시설물의 안전성평가등급을 결정한다.

안전성평가지수(E_s)를 산정하는 아래 식은 개별시설물을 구성하고 있는 각각의 부재나 구조물의 안전성평가등급들 중 가장 낮은 안전성평가등급보다 다소 상향된 개별시설물의 안전성평가등급 산정결과 가지게 된다. 한편, 부재나 구조물의 검토단면이 다수인 경우도 각 검토단면의 안전성평가등급(평가점수)을 하나의 검토항목으로 간주하여 아래 식에 의해 최종적인 개별시설물의 안전성평가등급을 결정할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{안전성평가지수}(E_s) &= L + 0.3(H - L) \frac{\sum_{i=1}^{N-2} M_i}{5 \times (N-2)}, \quad (N > 2) \\ &= L + 0.3(H - L), \quad (N = 2) \end{aligned}$$

여기서, N : 안전성 검토항목 수

L : 검토항목의 안전성평가지수(평가점수) 중 최소값

H : 검토항목의 안전성평가지수(평가점수) 중 최대값

M_i : 검토항목의 최대 및 최소값을 제외한 나머지 값들

<표 7.3-1> 안전성평가지수(E_s) 범위에 따른 안전성평가등급기준

안전성평가지수의 범위	안전성평가등급	비 고
$4.5 \leq E_s \leq 5.0$	a	
$3.5 \leq E_s < 4.5$	b	
$2.5 \leq E_s < 3.5$	c	
$1.5 \leq E_s < 2.5$	d	
$1.0 \leq E_s < 1.5$	e	

7.3.2 안전성평가등급 산정예시

본 안전성평가등급 산정예시에서는 관로와 토목구조물을 중심으로 안전성평가표 작성 예를 다음 <표 7.3-2> 및 <표 7.3-3>에 제시하였으며 나머지 시설물들(수로터널, 기전설비 등)의 안전

성평가표도 이에 준하여 작성토록 하고 안전성평가등급은 알파벳 소문자로 표기한다.

<표 7.3-2> 관로의 개별시설물에 대한 안전성평가표 예

개별시설물 안전성평가표				
개별시설물명	송수관로 1			표번호
개별시설물규모	강관, D= 1,200mm, L= 5,500m			No. P1-1
평가항목	안전율(SF)	평가등급	평가점수	비 고
관로구간1-1	0.92	c	3	
관로구간1-2	1.06	b	4	단면감소(부식)발생
관로구간1-3	0.87	d	2	
평가의견				
안전성평가결과	1. 평가항목수 N= 3, 최소평가점수 L= 2, 최대평가점수 H= 4 2. 개별시설물(송수관로 1)의 안전성평가지수(E_{s1}) = $2 + 0.3 \times (4-2) \times 4/5 \times (3-2) =$ 2.48 3. 개별시설물(송수관로 1)의 안전성평가등급 = d 등급			

<표 7.3-3> 토목구조물의 개별시설물에 대한 안전성평가표 예

개별시설물 안전성평가표

개별시설물명	A 정수장 침전지			표번호
개별시설물규모	철근콘크리트구조(H3.5m×W12.0m×L=30.0m×4지)			No. C1-1
평가항목	안전율(SF)	평가등급	평가점수	비 고
A-1호 침전지	0.95	c	3	
A-2호 침전지	1.03	b	4	균열 및 박락 등에 의한 단면손실 발생
A-3호 침전지	1.12	a	5	
A-4호 침전지	0.86	d	2	
평가의견				
안전성평가결과	1. 평가항목수 $N=4$, 최소평가점수 $L=2$, 최대평가점수 $H=5$ 2. 개별시설물(A 정수장 침전지)의 안전성평가지수(E_{s1}) = $2 + 0.3 \times (5-2) \times (3+4)/5 \times (4-2) =$ 2.63 3. 개별시설물(A 정수장 침전지)의 안전성평가등급 = c 등급			

제 8 장 종합평가 기준 및 절차

8.1 일 반

8.2 종합평가 기준

8.3 종합평가등급 산정절차

제 8 장 종합평가 기준 및 절차

8.1 일반

상수도의 각 개별시설물, 복합시설물, 통합시설물 그리고 종합시설물에 대한 종합평가는 상태평가만 실시하거나 또는 상태평가와 안전성평가를 각각 실시한 후 이들 결과를 기초로 종합하여 이루어진다. 즉, 상태평가만 실시하는 경우에는 상태평가결과를 종합평가결과로 가름하여 상태평가등급이 종합평가등급으로 결정되지만 상태평가와 안전성평가가 동시에 실시한 경우에는 상태평가결과와 안전성평가결과를 비교 검토하여 최종적인 종합평가등급을 부여하게 된다.

따라서 본 장에서는 상태평가와 안전성평가가 동시에 실시되는 경우에 대하여 상태평가결과와 안전성평가결과를 객관적이고 정량적이며 통일성 있는 종합평가가 이루어지고 합리적인 종합상태등급이 결정될 수 있도록 종합평가기준을 설정하고 그 평가방법 및 절차를 수립하였다.

8.2 종합평가 기준

시설물의 종합평가기준을 상태평가 및 안전성평가 결과가 동시에 반영되는 내용으로 다음 <표 8.2-1>과 같이 정하였으며 상태평가등급의 표기는 종합시설물만 알파벳 대문자(A, B, C, D, E)로 표기하고 나머지 개별시설물, 복합시설물 및 통합시설물은 알파벳 소문자(a, b, c, d, e)로 표기한다.

<표 8.2-1> 시설물의 종합평가기준

종합평가등급	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 위험이 있어 사용제한이 시급한 경우로서 임시조치 후 사용하거나 즉각 사용금지 또는 보강·개축이 필요한 상태

8.3 종합평가등급 산정절차

8.3.1 종합평가등급 산정

가. 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 8.3-1>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 8.3-1> 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	

나. 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 8.3-2>의 종합평가지수에 따른 조정계수(A)를 반영하여 다음에 예시되는 종합평가등급 산정예시에 따라 이루어진다.

<표 8.3-2> 종합평가지수에 따른 조정계수(A)

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

8.3.2 종합평가등급 산정예시

가. 개별시설물(個別施設物) 종합평가표 작성 : 4단계 평가

개별시설물에 대한 안전성평가를 실시하지 않은 경우에는 앞에서 예시한 개별시설물 상태평가표 작성으로 가름되지만 안전성평가를 실시한 경우에는 개별시설물 상태평가표를 작성하지 않고 다음에 예시되는 <표 8.3-3> 및 <표 8.3-4>를 표준으로 개별시설물의 종합평가표를 작성토록 하며 평가등급은 알파벳 소문자로 표기한다.

<표 8.3-3> 관로 개별시설물의 종합평가표 예

개별시설물 종합평가표

개별시설물명	송수관로 1	개별시설물 규모	강관, $D = 1,200mm$, $L = 5,500m$	표번호 No. P1-4-1
상 태 평 가				
근거(3단계) 표번호	No. P1-3-1, No. P1-3-2, No. P1-3-3			
복합부재구분	상태평가등급	상태평가지수(E_{c3})	규모(S, m^3)	계산값($E_{c3} \times S$)
관로구간 1-1	b	3.69	2,035	7,509
관로구간 1-2	c	3.11	2,035	6,329
관로구간 1-3	b	3.92	2,148	8,420
합계(Σ)			6,218	22,258
상태평가의견				
상태평가결과	1. 복합부재의 상태평가지수(E_{c3}) 중 최소 값(Min) = 3.11 2. 복합부재의 상태평가지수(E_{c3}) 중 최대 값(Max) = 3.92 3. $V_1 = 0.3 \times (Max - Min) = 0.3 \times (3.92 - 3.11) = 0.243$ 4. $V_2 = \Sigma(E_{c3} \times S) / 5 \times \Sigma S = 22,258 / 5 \times 6,218 = 0.716$ 5. 개별시설물(송수관로 1)의 상태평가지수(E_{c4}) = Min + $V_1 \times V_2 = 3.11 + 0.243 \times 0.716 = 3.28$ 6. 개별시설물(송수관로 1)의 상태평가등급 = c 등급			
안 전 성 평 가				
안전성평가항목	안전율(SF)	안전성평가등급	안전성평가점수	비 고
관로구간 1-1	0.92	c	3	
관로구간 1-2	1.06	b	4	단면감소(부식)발생
관로구간 1-3	0.87	d	2	
안전성평가의견				
안전성평가결과	1. 평가항목수 $N = 3$, 최소평가점수 $L = 2$, 최대평가점수 $H = 4$ 2. 개별시설물의 안전성평가지수(E_{s1}) = $2 + 0.3 \times (4-2) \times 4/5 \times (3-2) = 2.48$ 3. 개별시설물(송수관로 1)의 안전성평가등급 = d 등급			
종 합 평 가				
종합평가의견				
종합평가결과	상태평가지수(E_{c4})	안전성평가지수(E_{s1})	종합평가지수(E_{t1})	종합평가등급
	3.28	2.48	2.48	d 등급

<표 8.3-4> 토목구조물의 개별시설물 종합평가표 예

개별시설물 종합평가표

개별시설물명	A정수장 침전지	개별시설물 규모	철근콘크리트구조 (H3.5m × W12.0m × L=30.0m × 4지)	표번호 No. AS-4-1
상 태 평 가				
근거(3단계) 표번호	No. AS-3-1, No. AS-3-2, No. AS-3-3, No. AS-3-4			
복합부재구분	상태평가등급	상태평가지수(E _{c3})	규모(S, m ³)	계산값(E _{c3} × S)
A-1호 침전지	c	3.38	1,260	4,258.8
A-2호 침전지	b	3.73	1,260	4,699.8
A-3호 침전지	b	3.85	1,260	4,851.0
A-4호 침전지	c	3.14	1,260	3,956.4
합계(Σ)			5,040	17,766.0
상태평가의견				
상태평가결과	1. 복합부재의 상태평가지수(E _{c3}) 중 최소 값(Min) = 3.14 2. 복합부재의 상태평가지수(E _{c3}) 중 최대 값(Max) = 3.85 3. $V_1 = 0.3 \times (Max - Min) = 0.3 \times (3.85 - 3.14) = 0.213$ 4. $V_2 = \Sigma(E_{c3} \times S) / 5 \times \Sigma S = 17,766.0 / 5 \times 5,040.0 = 0.705$ 5. 개별시설물(A정수장 침전지)의 상태평가지수(E _{c4}) = $Min + V_1 \times V_2 = 3.14 + 0.213 \times 0.705 = 3.29$ 6. 개별시설물(A정수장 침전지)의 상태평가등급 = c 등급			
안 전 성 평 가				
안전성평가항목	안전율(SF)	안전성평가등급	안전성평가점수	비 고
A-1호 침전지	0.95	c	3	
A-2호 침전지	1.03	b	4	균열 및 박락 등에 의한 단면손실 발생
A-3호 침전지	1.12	a	5	
A-4호 침전지	0.86	d	2	
안전성평가의견				
안전성평가결과	1. 평가항목수 N= 4, 최소평가점수 L= 2, 최대평가점수 H= 5 2. 개별시설물(A정수장 침전지)의 안전성평가지수(E _{s1}) = $2 + 0.3 \times (5-2) \times (3+4) / 5 \times (4-2) = 2.63$ 3. 개별시설물(A정수장 침전지)의 안전성평가등급 = c 등급			
종 합 평 가				
종합평가의견				
종합평가결과	상태평가지수(E _{c4})	안전성평가지수(E _{s1})	종합평가지수(E _{t1})	종합평가등급
	3.29	2.63	2.63	c 등급

나. 복합시설물(複合施設物) 종합평가표 작성 : 5단계 평가

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 8.3-2>의 종합평가지수에 따른 조정계수(A)를 반영하는 아래 식을 적용하여 복합시설물의 종합평가지수(E_{t2})를 산출한 다음 앞의 <표 8.3-1>를 참조하여 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)

다음 <표 8.3-5> 및 <표 8.3-6>에 관로와 토목구조물에 대한 복합시설물의 표준적인 종합평가표 작성 예를 나타내었으며 수로터널, 기전설비 등도 이의 표에 준하여 작성토록 한다.

<표 8.3-5> 관로 복합시설물의 종합평가표 예

복합시설물 종합평가표						
복합시설물명	관 로	복합시설물 규 모	$D = 1,000 \sim 1,500mm$ $L = 14,500m$		표번호	
근거(4단계) 표번호	No. GP-4-1, No. P1-4-1, No. P2-4-1, No. DP-4-1				No. PL-5-1	
개별시설물구분	종합평가 등급	종합평가 지수(E_{t1})	조정계수 (A)	규 모 (S)	조정값 (P=A×S)	계산값 ($E_{t1} \times P$)
도수관로	b	3.84	2	1,766.3	3,532.6	13,565.2
송수관로1	d	2.48	6	6,217.3	37,303.8	92,513.4
송수관로2	c	3.01	3	5,652.0	16,956.0	51,037.6
배수관로	c	2.96	3	2,355.0	7,065.0	20,912.4
합계(Σ)				15,990.6	64,857.4	178,028.6
평가의견						
종합평가결과	1. 복합시설물(관로) 종합평가지수(E_{t2}) = $\sum(E_{t1} \times P) / \sum P = 178,028.6 / 64,857.4 = 2.74$ 2. 복합시설물(관로) 종합평가등급 = c 등급					

<표 8.3-6> 토목구조물의 복합시설물 종합평가표 예

복합시설물 종합평가표						
복합시설물명	A정수장	복합시설물 규모	시설용량(Q) = 200,000m ³ /일			표번호
근거(4단계) 표번호	No. AG-4-1, No. AS-4-1, No. AF-4-1, No. AW-4-1					No. AT-5-1
개별시설물구분	종합평가 등급	종합평가 지수(E _{t1})	조정계수 (A)	규모 (S)	조정값 (P=A×S)	계산값 (E _{t1} ×P)
착수정	b	3.75	2	600.0	1,200.0	4,500.0
침전지	c	2.63	3	5,040.0	15,120.0	39,765.6
여과지	c	3.39	3	1,080.0	3,240.0	10,983.6
정수지	b	4.34	2	1,400.0	2,800.0	12,152.0
합계(Σ)				8,120.0	22,360.0	67,401.2
평가의견						
종합평가결과	1. 복합시설물(A정수장) 종합평가지수(E _{t2}) = Σ(E _{t1} ×P)/ΣP = 67,401.2/22,360.0 = 3.01 2. 복합시설물(A정수장) 종합평가등급 = c 등급					

다. 통합시설물(統合施設物) 종합평가표 작성 : 6단계 평가

상수도의 통합시설물은 분야별 시설물로서 관로시설물, 토목구조물, 기전설비 등을 말하며 각각의 통합시설물을 구성하는 복합시설물에서 문제가 발생하는 경우 해당 통합시설물의 기능성 및 안전성에 미치는 영향도가 차이를 가지지 않는다고 볼 수 있으므로 복합시설물별 중요도는 동일한 것으로 하며 복합시설물별 규모(크기 또는 시설용량)에 대한 가중치만 고려하는 것으로 한다.

따라서 통합시설물의 종합평가는 각 복합시설물의 종합평가지수(E_{t2})에 규모에 따른 가중치(S)를 고려하고 앞에서 제시한 <표 8.3-2>의 종합평가지수에 따른 조정계수(A)를 반영하는 아래 식을 적용하여 통합시설물의 종합평가지수(E_{t3})를 산출한 다음 앞의 <표 8.3-1>를 참조하여 통합시설물에 대한 종합평가등급(알파벳 소문자)을 결정한다.

$$\text{통합시설물의 종합평가지수}(E_{t3}) = \frac{\sum(E_{t2} \times P)}{\sum P}$$

여기서, E_{t2} : 복합시설물의 종합평가지수

P : 조정 값(=A×S)

A : 조정계수

S : 복합시설물별 규모(m³/일)

다음 <표 8.3-7> 및 <표 8.3-8>에 관로시설물과 토목구조물에 대한 통합시설물의 표준적인 중

합평가표 작성 예를 나타내었으며 수로터널, 기전설비 등도 이의 표에 준하여 작성토록 한다.

<표 8.3-7> 관로시설물의 통합시설물 종합평가표 예

통합시설물 종합평가표						
통합시설물명	관로시설물	통합시설물 규모	관로 : D1,000~1,500mm×L14,5km 터널 : D2.5m×2.04km			표번호
근거(5단계) 표번호	No. PL-5-1, No. WT-5-1					No. PF-6-1
복합시설물구분	종합평가 등급	종합평가 지수(E _{t2})	조정계수 (A)	규모 (S)	조정값 (P=A×S)	계산값 (E _{t2} ×P)
관로	c	2.74	3	15,990.6	47,971.8	131,442.7
수로터널	b	4.03	2	10,008.8	20,017.6	80,670.9
합계(Σ)					67,989.4	212,113.6
평가의견						
종합평가결과	1. 통합시설물(관로시설물) 종합평가지수(E _{t3}) = Σ(E _{t2} ×P)/ΣP = 212,113.6 / 67,989.4 = 3.12 2. 통합시설물(관로시설물) 종합평가등급 = c 등급					

<표 8.3-8> 토목구조물의 통합시설물 종합평가표 예

통합시설물 종합평가표

통합시설물명	토목구조물	통합시설물 규모	시설용량(Q) = 200,000m ³ /일			표번호
근거(5단계) 표번호	No. IF-5-1, No. IP-5-1, No. AT-5-1, No. BP-5-1					No. CC-6-1
복합시설물구분	종합평가 등급	종합평가 지수(E _{t2})	조정계수 (A)	규모 (S)	조정값 (P=A×S)	계산값 (E _{t2} ×P)
A 취수시설물	b	4.05	2	220	440	1,782.0
A 취수장	d	2.39	6	220	1,320	3,154.8
A 정수장	c	3.01	3	200	600	1,806.0
A 가압장	a	4.53	1	120	120	543.6
합계(Σ)					2,480	7,286.4
평가의견						
종합평가결과	1. 통합시설물(토목구조물) 종합평가지수(E _{t3}) = Σ(E _{t2} ×P)/ΣP = 7,286.4/2,480 = 2.94 2. 통합시설물(토목구조물) 종합평가등급 = c 등급					

라. 종합시설물(綜合施設物) 종합평가표 작성 : 7단계 평가

상수도의 종합시설물은 평가대상 시설물의 총체를 말하는 것으로 각기 기능과 역할이 다르며 전체적인 종합시설물에 대한 안전적 측면에서도 영향정도에 차이가 있는 분야별 시설물(통합시설물)의 집합으로 구성된다. 그러므로 평가단계에서 최종적으로 수행하는 종합시설물의 종합평가에서는 각 분야별 시설물(통합시설물)의 중요도를 반영하는 것이 필요함에 따라 아래 <표 8.3-9>와 같이 통합시설물별 중요도를 정하였으며 통합시설물별 중요도의 합은 100이 되도록 하였다.

<표 8.3-9> 분야별 시설물(통합시설물)의 중요도(A)

통합시설물 구분	관로시설물	토목구조물	기전설비	건축구조물	수원지시설물 (댐시설물 등)
중요도(W)	35	20	10	10	25

중요도가 규정되지 않은 추가적인 통합시설물이 있는 경우에는 그 통합시설물의 중요도를 책임기술자가 판단하여 정하고 기타의 통합시설물들은 규정된 비율대로 배분하며 중요도는 제시되어 있으나 평가할 수 있는 해당 통합시설물이 없는 경우에는 그 중요도를 나머지 통합시설물에 배분한다. 책임기술자는 통합시설물의 특성에 따라 중요도를 조정할 필요가 있다고 판단될 경우 규정된 값의 $\pm 20\%$ 범위 내에서 조정할 수 있다.

종합시설물의 종합평가등급은 상기에서 정한 복합시설물별 중요도(A)와 앞에서 제시한 <표 8.3-2>의 종합평가지수에 따른 조정계수(A)를 반영하는 아래 식을 적용하여 종합시설물의 종합평가지수(E_{t4})를 산출하고 앞의 <표 8.3-1>를 참조하여 결정한다.

$$\text{종합시설물의 종합평가지수}(E_{t4}) = \sum(E_{t3} \times P) / \sum P$$

여기서, E_{t3} : 통합시설물의 종합평가지수

P : 조정 값(=A×W)

A : 조정계수

W : 복합시설물별 중요도

종합시설물의 평가등급 표기는 알파벳 대문자(A, B, C, D, E)를 사용하며 다음 <표 8.3-10>에 종합시설물의 표준적인 종합평가표 작성 예를 제시하였다.

<표 8.3-10> 종합시설물의 종합평가표 예

종합시설물 종합평가표						
종합시설물명	○○상수도	종합시설물 규모	시설용량(Q) = 200,000m ³ /일			표번호
근거(6단계) 표번호	No. PF-6-1, No. CC-6-1, No. AC-6-1, No. ME-6-1					No. TF-7-1
통합시설물구분	종합평가 등급	종합평가 지수(E _{t3})	조정계수 (A)	중요도 (W)	조정값 (P=A×W)	계산값 (E _{t3} ×P)
관로시설물	c	3.12	3	47	141.0	439.9
토목구조물	c	2.94	3	27	81.0	238.1
기전 설비	a	4.78	1	13	13.0	62.1
건축구조물	b	4.35	1	13	13.0	56.6
합계(Σ)				100	248.0	796.7
평가의견						
종합평가결과	1. 종합시설물(○○상수도)의 종합평가지수(E _{t4}) = Σ(E _{t3} ×P)/ΣP = 796.7 / 248.0 = 2. 종합시설물(○○상수도)의 종합평가등급 =					3.21 C 등급

제 9 장 보수·보강방법

9.1 일 반

9.2 보수·보강

제 9 장 보수·보강방법

9.1 일 반

노후 구조물에 대한 보수·보강은 손상부위의 구조물에 대한 영향도, 구조물의 중요도, 사용환경 조건 및 경제성 등에 의해서 보수·보강공법 및 보수·보강의 수준을 정하여야 한다.

통상 보수는 구조물에 작용한 위해요인에 의해 발생된 구조물의 손상을 치유하는 것을 말하며 보강은 설계하중 이상의 하중 등 위해요인에 구조물이 안전하도록 하기 위해서 구조물의 내하력 등을 증진시키는 것을 말한다.

따라서 일반적으로 보수는 상태평가결과에 의해 보수의 필요성, 공법 및 그 수준이 이루어지며 보강은 안전성평가결과에 의해 보강의 필요성, 공법 및 그 수준이 결정된다.

9.2 보수·보강

9.2.1 필요성판단

보수의 필요성은 발생된 손상이나 결함이 어느 정도까지 허용되는가의 판단에 의하며 이를 위해 각종 기준(콘크리트표준시방서, 상수도시설기준 등)을 참조한다.

보강의 필요성은 부재의 안전율을 각종 기준(콘크리트시방서, 상수도시설기준 등)에서 정하는 수치이상으로 안전성을 확보하기 위하여 어느 정도까지 부재의 단면 등을 증가하여야 하는가의 판단에 의한다.

9.2.2 공법선정

시설물 결함에 따른 보수·보강은 보수재료와 공법 선정 시 내하력, 내구성, 기능 및 미관 등을 검토하여 결정하며 이 때 중요한 것은 구조물의 결함발생원인에 대한 정확한 추정이며 이를 통해 적절한 공법을 선정할 수 있고 또한, 적절한 보수재료를 선택할 수 있다.

따라서 시설물관련 제반자료, 진단 시 수행한 각종 상태평가 및 안전성평가 결과를 기초로 하여 결함발생원인에 대한 정확한 추정 후 보수·보강공법을 선택한다.

구조물 기초지반의 일반적인 보수·보강공법으로는 그라우팅공법, 치환공법, 압성토공법, 말뚝공법, 아스팔트 및 점토차수공법, 시트파일(Sheet Pile)공법, 토목섬유공법 등이 있으며 콘크리트 구조물의 손상에 대한 일반적인 보수·보강공법으로는 표면보호공법, 단면보수공법, 강관접착공법, 프리스트레스 도입공법, 콘크리트 덧붙이기공법 등이 있다.

콘크리트 균열보수공법에는 표면처리공법, 주입공법, 충전공법 및 침수성방수제 도포공법 등이 있으며 균열기준은 구조물의 중요도, 특성 등에 따라 다양하므로 구조물의 특성 및 균열현상 등을 고려하여 적절한 보수공법을 사용해야 한다.

수도관로 개량공법에는 다음과 같은 방법이 있다.

- 교체공법 : 기능이 저하된 관을 새로운 관으로 교체하여 기능을 향상
 - 부설관 교체공법
 - 기설관내 부설공법
- 세관(Cleaning)공법 : 관내를 세척하여 스케일 등을 제거함으로써 통수능력을 향상
 - Water Jet 공법
 - Air Sand 공법
 - Polly - Pig 공법
 - Scraper 공법
- 갱생공법 : 기능저하의 종류 및 정도에 맞게 기존관의 기능을 회복
 - 합성수지관 삽입공법
 - 피복재 관내 장착공법
 - 시멘트 모르타 라이닝공법
 - 액상 에폭시수지 라이닝공법
 - 긴급성등의 항목등에 대하여 충분한 검토가 필요

콘크리트 균열의 보수목적과 균열상태에 따른 보수공법별 적정성을 비교하면 다음 <표 9.2-1>과 같다.

<표 9.2-1> 콘크리트 균열의 보수공법 적정성 비교

보수 목적	균열현상·원인		균열폭 (mm)	보수 공 법				
				표면처리 공법	주입공법	충진공법	침투성 공법	기타
방수성	철근부식 미발생 시	균열폭 변동이 작음	0.2 이하	○	△		○	
			0.2 ~ 1.0	△	○	○		
		균열폭 변동이 큼	0.2 이하	△	△		○	
			0.2 ~ 1.0	○	○	○	○	
내구성	철근부식 미발생 시	균열폭 변동이 작음	0.2 이하	○	△	△		
			0.2 ~ 1.0	△	○	○		
			1.0 이상		△	○		
		균열폭 변동이 큼	0.2 이하	△	△	△		
			0.2 ~ 1.0	△	○	○		
			1.0 이상		△	○		
	철근부식		-					□
	염 해		-					□
	반응성 골재		-					□

주1) 균열폭 3.0 mm 이상의 균열은 구조적인 결함을 수반하는 일이 많으므로 여기에 표시하는 보수공법 뿐만 아니라 구조내력의 보강을 포함하여 실시하는 일이 보통이다.

주2) ○ : 적당 △ : 조건에 따라 적당 □ 기타

9.2.3 수준결정

보수·보강의 수준은 현재의 위험도, 경제성 및 시공성 등을 고려하여 아래의 경우 중에서 선택한다.

- 현상유지(진행억제)
- 실용상 지장이 없는 성능까지 회복
- 초기수준 이상으로 개선
- 개축

9.2.4 우선순위결정

각 시설물은 주요부재와 보조부재로 이루어져 있으며 이들 시설물에서 발생된 각종 결함에 대한 보수·보강은 다음 사항을 원칙으로 하여 우선순위를 결정한다.

- 보수보다 보강을 우선으로 한다.
- 보조부재보다 주요부재를 중요 시 한다.
- 전체 시설물에서의 우선순위 결정은 각 시설물이 가지는 중요도, 결함의 심각성 등을 종합검토 후 단기, 중기, 장기로 구분하여 우선순위를 결정한다.

또한, 단계별 평가에서 시설물에 대한 종합평가는 부재 및 시설물에 발생한 결함 및 손상의 심각성과 부재 및 시설물의 중요도가 반영되어 있다. 따라서 보수·보강의 우선순위는 평가단계의 역순으로 추적하여 평가등급이 낮고, 중요도가 큰 부재 및 시설물 순서로 우선순위를 결정할 수 있다.

부록 I. 표준서식

부록 II. 상태조사표 및 평가표

I. 표준서식

「별표 1」 정기점검표

「별표 2」 정기점검결과 조치 총괄요약표

「별표 3」 정밀점검결과표

「별표 4」 정밀점검결과 조치 총괄요약표

「별표 5」 정밀안전진단결과표

「별표 6」 정밀안전진단결과 조치 총괄요약표

「별표 1」 정 기 점 검 표

시 설 물 명		관 리 주 체		
준공년월일	년 월 일	최종점검년월일	년 월 일	
세 부 시 설		점 검 결 과		
취수시설	구 체			
	문 비			
	권 양 기			
	스 크 린			
	기 타			
취수장	흡 수 정			
	구 내 배 관			
	각종밸브류			
	기 타			
도·송·배수 관로시설	구 조 물			
	터널			
	조압수조			
	관 로 시 설			
	각종 밸브류	제수밸브		
		공기밸브		
		이토밸브		
신축관				
기 타				
정수시설	착 수 정			
	혼화, floc형성지			
	침 전 지			
	여 과 지			
	정 수 지			
	송수펌프실			
	기 타			
가 압 장	흡 수 정			
	구 내 배 관			
	각종밸브류			
	기 타			
조절지 및 배수지	배 수 지			
	유출입밸브실			
	구 내 배 관			
	각종밸브류			
기 타				
특 기 사 항				
점 검 자 의 견				

주1) 본 세부지침 3.3.3항을 참조하여 작성

주2) 점검결과 발견된 손상 및 결함 등의 정도, 위치, 형상, 진행성 등을 상세히 기술

점 검 일 자 : 년 월 일 점 검 자 : _____

「별표 2」 정기점검결과 조치 총괄요약표

부재(부위)	점검결과	조치필요사항

※ 작성요령

1. 부재(부위) : 문제(손상 및 결함)가 발견된 부재(부위)의 위치 또는 명칭
2. 점검결과 : 문제(손상 및 결함) 내용을 간단히 기입
3. 조치필요사항 : 문제(손상 및 결함) 내용을 제거하기 위하여 필요한 조치내용을 기입

<기입예>

◦ 보수실시(보수공법제시)
◦ 보강실시(보강공법제시)
◦ 주의관찰 필요(관찰주기·방법제시)

「별표 4」 정밀점검결과 조치 총괄요약표

부재(부위)	점검결과	조치필요사항

※ 작성요령

1. 부재(부위) : 문제(손상 및 결함)가 발견된 부재(부위)의 위치 또는 명칭
2. 점검결과 : 문제(손상 및 결함) 내용을 간단히 기입
3. 조치필요사항 : 문제(손상 및 결함) 내용을 제거하기 위하여 필요한 조치내용을 기입

<기입예>

◦ 보수실시(보수공법제시)
◦ 보강실시(보강공법제시)
◦ 주의관찰 필요(관찰주기·방법제시)

「별표 6」 정밀안전진단결과 조치 총괄요약표

부재(부위)	진단결과	조치필요사항

※ 작성요령

1. 부재(부위) : 문제(손상 및 결함)가 발견된 부재(부위)의 위치 또는 명칭
2. 점검결과 : 문제(손상 및 결함) 내용을 간단히 기입
3. 조치필요사항 : 문제(손상 및 결함) 내용을 제거하기 위하여 필요한 조치내용을 기입

<기입예>

◦ 보수실시(보수공법제시)
◦ 보강실시(보강공법제시)
◦ 주의관찰 필요(관찰주기·방법제시)

Ⅱ. 상태조사표 및 평가표

1. 상태조사표 서식
2. 평가단계별 평가표 서식
3. 손상표시 범례

1. 상태조사표 서식

◎ 개별부재(부위) 손상 및 결함상태 조사표 서식

개별부재(부위) 손상 및 결함상태 조사표				
조사망번호	부재(부위)명	복합부재명	개별시설물명	표번호
외관조사망도 작성(손상·결함상태 도식 및 주기사항 기록)				
번호	조사항목	조사내용	손상(결함)정도	상태등급
특기사항				
조사일자		조사자		

◎ 밸브실, 관로 및 관외면 상태조사표 서식(예)

밸브실 상태조사표

·관로명 :	·전경 사진
·위 치 : Sta. No.	
·밸브실명 : <input type="checkbox"/> 제수 <input type="checkbox"/> 공기 <input type="checkbox"/> 물빼기 <input type="checkbox"/> 신축관 <input type="checkbox"/> 유량계	
·매설위치 : <input type="checkbox"/> 차도 <input type="checkbox"/> 보도 <input type="checkbox"/> 하천 <input type="checkbox"/> 나대지 <input type="checkbox"/> 논,밭 <input type="checkbox"/> 산,임야 <input type="checkbox"/> ()	
·현황설명 :	

1. 구조물 상태

·침수깊이 : m	·뚜껑형식 : <input type="checkbox"/> 원형 <input type="checkbox"/> 사각	·환기구 : <input type="checkbox"/> 유 <input type="checkbox"/> 무
·출 입 구 : <input type="checkbox"/> 전체증고 <input type="checkbox"/> 출입구만 증고 <input type="checkbox"/> 증고없음	·T/B : <input type="checkbox"/> 유 <input type="checkbox"/> 무	
·규 격 : 실내(B × L × H m), 출입구 높이(m), 관상단높이(m), 매설깊이(m)		
·콘크리트강도 : 위치(). kg/cm ²	·중성화 깊이 : 위치(), mm	
·철근배근상태 : 위치(). ()방향, 배근간격(cm), 철근덮개(cm)		

2. 밸브 및 배관 상태

·밸브Type(mm) :	·평균도장두께 : mm	·평균관두께 : mm
·누수유무 : <input type="checkbox"/> 무 <input type="checkbox"/> 유(위치: , 누수형태 :)	·수압Tap : <input type="checkbox"/> 유 <input type="checkbox"/> 무	
·용접부 비파괴검사 결과 :		
·결함사항 (도막잔존율, 외면부식, 관체변형, 잔존관두께, 누수 등)		

3. 손상상태 평가표

조사 결과 표					
번호	손상(결함)종류	손상(결함)내용	단 위	크 기	평가등급
①					
②					
조사일자 :			조사자 :		

관로시설 상태조사표

·일련번호 : 1	·구간 No. : A1	·측점 (Sta. No.) : 0+0 ~ 11+27
·관 종 : STWW	·관 경 : 1,000 mm	·연 장 : 627 m

1. 매설주변 조건

·매설주변지역 : <input type="checkbox"/> 도심지역 <input type="checkbox"/> 시내지역 <input type="checkbox"/> 시외곽 <input type="checkbox"/> 농업지역 <input type="checkbox"/> 산지 <input checked="" type="checkbox"/> 하천
·매 설 위 치 : <input type="checkbox"/> 차도 <input type="checkbox"/> 인도 <input type="checkbox"/> 갓길 <input type="checkbox"/> 비포장도로 <input type="checkbox"/> 농경지 <input type="checkbox"/> 둔치 <input checked="" type="checkbox"/> 제방 <input type="checkbox"/> 하상
·교 통 량 : <input type="checkbox"/> 많음 <input type="checkbox"/> 보통 <input type="checkbox"/> 적음 <input checked="" type="checkbox"/> 없음
·도로 매 설 율(%) : 비차도(100), 2차선(-), 4차선(-), 6차선(-)
·취약구간(철도·도로횡단) : 철도 - 개소, 도로(차도) - 개소

2. 관로 조건

·밸브·신축관 : 총 4 개소(6.38 개/km) 공기 1 개소, 물빠기 - 개소, 제수 1 개소, 신축 1 개소, 유량 1 개소	
·곡관·이형관 : 총 16 개소(25.52개/km)	
·방청(도복) : 내면·외면(Coal Tar Enamel)	·매설깊이 : 1.65 m
·내부수압(최대정수압) : 6.05 kg/cm ²	·공 급 륜 : 100 %
·매설년도 : 1989년	·사고및보수횟수 : (3.19건/km)

3. 내부 환경

·잔류염소농도 : -	·칼슘경도 : 71 mg/l	·pH : 7.3
·알칼리도 : 71 mg/l	·염소이온 : 27 mg/l	·수 온 : 11. C
·황산이온 : - mg/l	·중발잔유물 : 94 mg/l	

4. 외부 환경

·토성(점토함유율) : - %	·pH : 5 ~ 5.2	·함수율 : - %
·토양비저항 : 22,608 ~ 54,008Ω·cm	·관대지전위 : - 550 ~ - 480 mV	

5. 기타 특기사항

○도수관로(취수펌프장 ~ ○○가압장)

관외면 상태조사표

No.

·관로명 : ○○관로(A-1)	·위 치 : Sta. No. 2 + 15	
·관 종 : 수도용 도복장 강관	·관 경 : 1,200mm	·설계 관두께 : 9.0mm

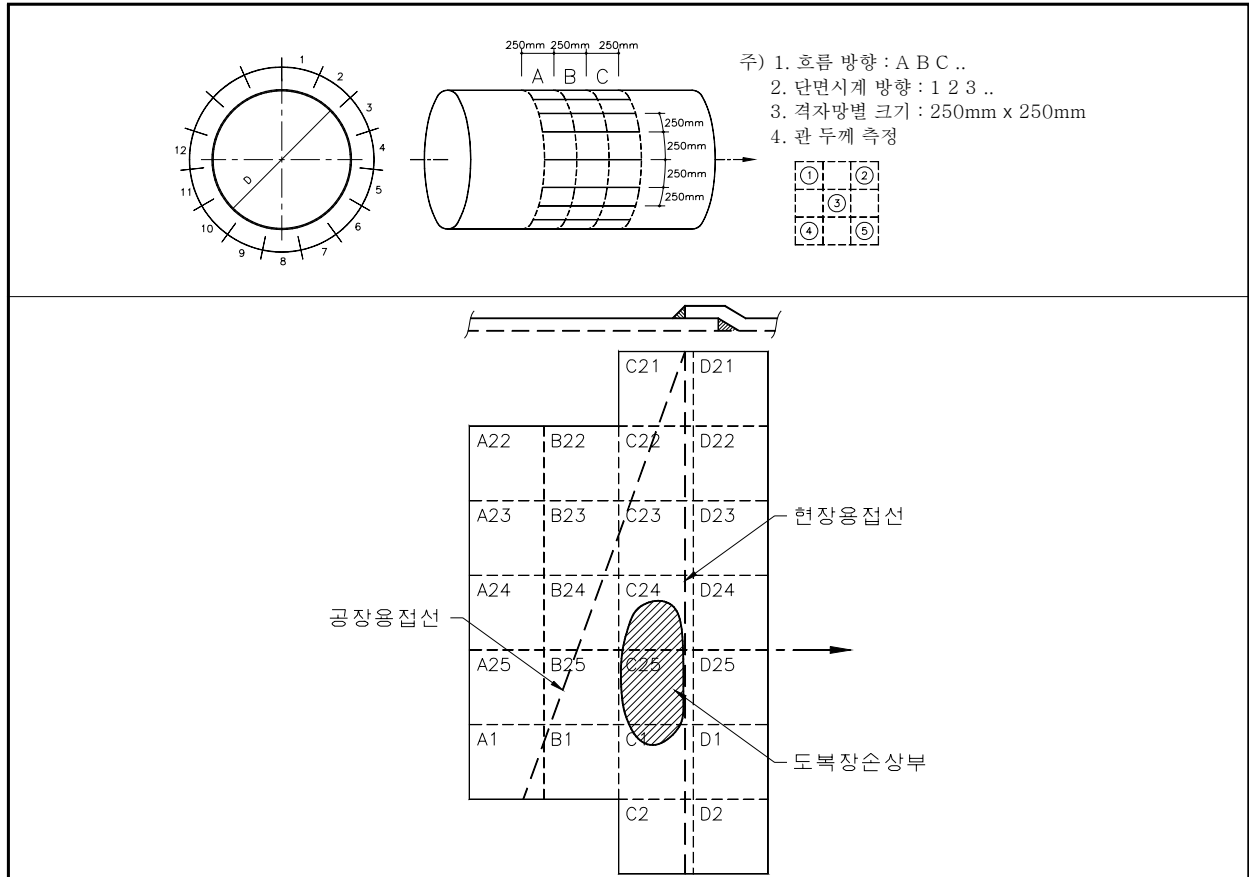
1. 매설환경

·주변지역 특기사항 : ○○정수장 신축공사 현장 노출배관		
·매설위치 : 제2정수장 구내	·매설깊이 : 2.8m	·지하수깊이 : 0m
·토 성 : 사질점토	·토양비저항 : 8,164Ω·cm	·토양 pH : 6.0
·부식층 두께 : 0m	·누수·오염의 징후 : 없음	

2. 관외면 상태

·관 이음 형식	관 체 : 맞데기 (공장용접), 이음부 : 겹치기 (현장용접)
·관외면 도복장 재료	관 체 : 콜타르 에나멜, 용접부 : 콜타르 에나멜
·외면 부착물·침전물	없음

3. 관외면 외관조사망도



4. 상태조사표

격자망 No.	도복장 상태 (도복장두께, mm)	관제외면상태 (외면부식깊이, mm)	관두께(mm)				
			①	②	③	④	⑤
A1	양호(5.0mm)	양호 공장용접부	8.7	8.8	8.7	8.8	8.7
A23	양호(4.8mm)	양호					
A24	양호	양호	8.8	8.9	8.9	8.8	8.8
A25	양호	양호	8.7	8.7	8.8	8.8	8.8
B1	양호	점부식(0.5mm 7개소) 공장용접부	8.7	8.8	8.7	8.7	8.7
B22	양호	양호					
B23	양호	양호 공장용접부					
B24	양호	양호 공장용접부	8.8	8.8	8.8	8.8	8.9
B25	상태양호	점부식(0.5mm 8개소) 공장용접부	8.8	8.8	8.7	8.8	8.8
C1	도복장 손상 (5.0mm)	점부식(0.5mm 7개소) 현장용접부	8.8	8.8	8.8	8.8	8.9
C2	양호	현장용접부	8.8	8.8	8.8	8.8	8.9
C21	양호	점부식(0.5mm 10개소) 현장용접부, 공장용접부	8.7	8.8	8.8	8.8	8.8
C22	양호	점부식(0.5mm 5개소) 현장용접부, 공장용접부	8.7	8.7	8.8	8.8	8.8
C23	양호	현장용접부, 공장용접부	8.8	8.8	8.8	8.7	8.7
C24	도복장 손상 (4.8mm)	현장용접부	8.8	8.8	8.8	8.8	8.7
C25	도복장 손상	점부식(0.5mm 1개소) 현장용접부	8.8	8.7	8.8	8.8	8.8
D1	양호	점부식(0.5mm 3개소)	8.8	8.9	8.7	8.7	8.7
D2	양호	양호	8.8	8.7	8.8	8.7	8.7
D21	양호	점부식(0.5mm 1개소)	8.9	8.9	8.7	8.7	8.7
D22	양호	점부식(0.5mm 3개소, 1.0mm 1개소)	8.9	8.9	8.7	8.7	8.6
D23	양호	양호	8.9	8.9	8.8	8.7	8.7
D24	양호(4.8mm)	점부식(0.5mm 4개소)	8.8	8.8	8.6	8.8	8.6
D25	양호	점부식(0.5mm 7개소)	8.9	8.9	8.7	8.7	8.7

5. 조사 사진



관 도복장 상태



관 외면 상태(D22)



관두께 측정



용접부 초음파검사



용접부 자분탐상



도복장 복구 상태

6. 상태평가

항 목	평가 결과	비 고
·도복장 상태	현장용접부 도복장에서 부분적으로 들뜸 및 손상이 발견되었으나 전반적으로는 양호한 상태임. 도복장 두께 : 4.8 ~ 5.0mm	
·관외면 상태	관체 부식깊이는 0.5mm미만의 점부식이 부분적으로 발견되었으나 부식정도는 경미함. 다만 D22 격자망에서 1.0mm의 점부식 1개소가 발견됨.	
·용접부 상태	공장용접부 및 현장용접부에 대한 초음파탐사 및 자분탐상 검사 실시. 용접부 비파괴검사 결과, 뚜렷한 결함사항 없음.	
·외면 부식깊이	최대 1.0mm	
·관 두께	최소 8.6mm, 최대 8.9mm, 평균 8.8mm	
·최대 부식깊이	외면(최대 부식깊이) : 1.0mm 내면(최대-최소 관두께) : 0.3mm	
·기 타		

검사 일자 : 2002년 10월 일

2. 평가단계별 평가표 서식

【평가단계별 평가대상 부재 및 시설물 구분표】

평가단계별 구분			부재 및 시설물의 구분					
평가구분	평가대상							
상태평가	1단계	손상 및 결함 [개별부재(부위)에 대한 외관조사망도 작성]						
	2단계	개별부재						
	3단계	복합부재						
상태평가 안전성평가 종합평가	4단계	개별시설물						
	5단계	복합시설물						
종합평가	6단계	통합시설물						
	7단계	종합시설물						

【복합부재의 상태평가표 : 3단계 평가표】

복합부재 상태평가표						
복합부재명	개별시설물명					표번호
복합부재규모						
근거(2단계) 표번호						
개별부재구분	상태평가 등급	상태평가 지수(E_{c2})	조정계수 (A)	중요도 (W, %)	조정값 ($P=A \times W$)	계산값 ($E_{c2} \times P$)
합계(Σ)						
평가의견						
상태평가결과						

【개별시설물의 상태평가표 : 4단계 평가표】

개별시설물 상태평가표				
개별시설물명		개별시설물 규모		표번호
근거(3단계) 표번호				
복합부재구분	상태평가등급	상태평가지수(E_{c3})	규모(S, m^3)	계산값($E_{c3} \times S$)
합계(Σ)				
평가의견				
상태평가결과				

【개별시설물의 종합평가표 : 4단계 평가표】

개별시설물 종합평가표				
개별시설물명		개별시설물 규모	표번호	
상 태 평 가				
근거(3단계) 표번호				
복합부재구분	상태평가등급	상태평가지수(E_{c3})	규모(S, m^3)	계산값($E_{c3} \times S$)
합계(Σ)				
상태평가의견				
상태평가결과				
안 전 성 평 가				
안전성평가항목	안전율(SF)	안전성평가등급	안전성평가점수	비 고
안전성평가의견				
안전성평가결과				
종 합 평 가				
종합평가의견				
종합평가결과	상태평가지수(E_{c4})	안전성평가지수(E_{s1}))	종합평가지수(E_{t1})	종합평가등급

【복합시설물의 종합평가표 : 5단계 평가표】

복합시설물 종합평가표						
복합시설물명	복합시설물 규 모					표번호
근거(4단계) 표번호						
개별시설물구분	종합평가 등급	종합평가 지수(E_{t1})	조정계수 (A)	규 모 (S)	조정값 ($P=A \times S$)	계산값 ($E_{t1} \times P$)
합계(Σ)						
평가의견						
종합평가결과						

【종합시설물의 종합평가표 : 7단계 평가표】

종합시설물 종합평가표						
종합시설물명	종합시설물 규모					표번호
근거(6단계) 표번호						
통합시설물구분	종합평가 등급	종합평가 지수(E_{t3})	조정계수 (A)	중요도 (W)	조정값 ($P=A \times W$)	계산값 ($E_{t3} \times P$)
합계(Σ)						
평가의견						
종합평가결과						

3. 손상표시 범례

R : 손상의 상태등급

	면 얼		망상균열
	표면 HONEYCOMB		편칭 표면 결함
	박리, 파손		시공이음 결리, 층분리
	부수, 습윤부		표화
	철근노출		철근부식
	면크리프 변형, 수축		철민보강부
	포장의 요철		기초의 세굴
	좌굴, 변형		
	연결상태 (볼트, 용접)		강재표면 부식
	반침		배수구
	신축이음 결체		

안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(상수도)

감수 건설교통부 안전정책과
발행 한국시설안전기술공단

2003년 12월 일 인쇄

2003년 12월 일 발행

* 본 세부지침의 내용에 관한 질의 및 건의 사항은
건설교통부 안전정책과 및 한국시설안전기술공단
으로 연락하여 주시기 바랍니다.

한국시설안전기술공단
(<http://www.kistec.or.kr>)

(우) 411-758 경기도 고양시 일산구 대화동 2311
진단2본부 하천수도실 : 031)910-4123