

신고리 5,6호기

# 예비안전성분석보고서(공개본)

10장



본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

제 10 장 - 증기 및 동력변환계통

목 차 (5 중 1)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
10	<u>증기 및 동력변환계통</u>	10.1-1
10.1	<u>개요</u>	10.1-1
10.2	<u>터빈발전기</u>	10.2-1
10.2.1	설계기준	10.2-1
10.2.2	계통설명	10.2-2
10.2.2.1	터빈발전기	10.2-2
10.2.2.2	터빈발전기 보조설비	10.2-5
10.2.2.3	터빈/발전기 제어 및 보호	10.2-6
10.2.2.3.1	기본제어 기능	10.2-7
10.2.2.3.2	속도제어 기능	10.2-7
10.2.2.3.3	비상 과속트립	10.2-8
10.2.2.3.4	부하제어 기능	10.2-9
10.2.2.3.5	유량제어 기능	10.2-9
10.2.2.3.6	출력/부하 불평형 기능	10.2-9A
10.2.2.3.7	터빈 보호트립	10.2-9B
10.2.2.3.8	순차적 트립방식	10.2-9C
10.2.2.3.9	증기밸브 닫힘	10.2-9D
10.2.2.3.10	기타 보호계통	10.2-9D
10.2.2.3.11	발전소 부하 및 부하추종	10.2-9E
10.2.3	터빈집합체	10.2-10
10.2.3.1	재료의 선택	10.2-10
10.2.3.2	파괴인성	10.2-11
10.2.3.3	터빈 로터 설계	10.2-11
10.2.3.4	응력부식균열	10.2-12
10.2.4	안전성 평가	10.2-12
10.2.5	검사 및 시험요건	10.2-13
10.2.6	계측설비	10.2-15
10.2.7	참고문헌	10.2-15
10.3	<u>주증기계통</u>	10.3-1

# 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

## 목 차 (5 중 2)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
10.3.1	설계기준	10.3-1
10.3.2	계통 설명	10.3-1
10.3.2.1	계통 성능	10.3-3
10.3.2.2	계통 배치	10.3-3
10.3.2.3	배관, 밸브, 계측설비 및 보온	10.3-6
10.3.2.3.1	배관	10.3-6
10.3.2.3.2	밸브	10.3-7
10.3.2.3.2.1	주증기격리밸브와 주증기격리밸브 우회밸브	10.3-7
10.3.2.3.2.2	주증기안전밸브	10.3-8
10.3.2.3.2.3	주증기대기방출밸브	10.3-9
10.3.2.3.3	계측 및 제어	10.3-11
10.3.2.3.3.1	주증기격리밸브와 주증기격리밸브 우회밸브	10.3-11
10.3.2.3.3.2	주증기대기방출밸브	10.3-12
10.3.3	안전성 평가	10.3-12
10.3.4	검사 및 시험요건	10.3-13
10.3.5	2차계통 수화학 조건	10.3-14
10.3.5.1	수화학 관리 기준	10.3-14
10.3.5.2	부식 억제 효과	10.3-16
10.3.6	증기 및 급수계통 재료	10.3-17
10.3.6.1	파괴인성	10.3-17
10.3.6.2	재료의 선정 및 제작	10.3-18
10.3.6.3	유체가속부식(FAC)	10.3-19
10.3.7	참고문헌	10.3-20
10.4	<u>증기 및 동력변환계통의 기타 특성</u>	10.4-1
10.4.1	복수기	10.4-1
10.4.1.1	설계 기준	10.4-1
10.4.1.2	계통 설명	10.4-1
10.4.1.3	안전성 평가	10.4-2
10.4.1.4	시험 및 검사	10.4-3
10.4.1.5	계측설비	10.4-3
10.4.2	복수기진공계통	10.4-4
10.4.2.1	설계 기준	10.4-4
10.4.2.2	계통 설명	10.4-4

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

### 목 차 (5 중 3)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
10.4.2.3	안전성 평가	10.4-5
10.4.2.4	시험 및 검사	10.4-5
10.4.2.5	계측설비	10.4-5
10.4.3	터빈축밀봉계통	10.4-5
10.4.3.1	설계 기준	10.4-5
10.4.3.2	계통설비	10.4-6
10.4.3.3	안전성 평가	10.4-6
10.4.3.4	시험 및 검사	10.4-7
10.4.3.5	계측설비	10.4-7
10.4.4	터빈우회계통	10.4-7
10.4.4.1	설계 기준	10.4-7
10.4.4.2	계통 설명 및 운전	10.4-8
10.4.4.2.1	개요	10.4-8
10.4.4.2.2	배관 및 계측설비	10.4-8
10.4.4.2.3	터빈우회밸브	10.4-8
10.4.4.2.4	계통 운전	10.4-9
10.4.4.2.4.1	계통 성능	10.4-9
10.4.4.3	안전성 평가	10.4-10
10.4.4.4	시험 및 검사	10.4-10
10.4.4.5	계측 설비	10.4-10
10.4.5	순환수 계통	10.4-10
10.4.5.1	설계 기준	10.4-11
10.4.5.2	계통 설명	10.4-11
10.4.5.3	안전성 평가	10.4-13
10.4.5.4	시험 및 검사	10.4-13
10.4.5.5	계측설비	10.4-13
10.4.6	복수탈염계통	10.4-13
10.4.6.1	설계 기준	10.4-13
10.4.6.2	계통 설명	10.4-14
10.4.6.2.1	일반 개요 및 계통 운전	10.4-14
10.4.6.2.2	양이온 재생/저장탱크	10.4-15
10.4.6.2.3	혼합상 이온재생탱크	10.4-15
10.4.6.2.4	황산과 가성소다 저장 및 공급계통	10.4-16
10.4.6.2.5	시료채취계통	10.4-16
10.4.6.3	안전성 평가	10.4-16



## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

### 목 차 (5 중 4)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
10.4.6.4	시험 및 검사	10.4-16
10.4.6.5	계측 설비	10.4-16
10.4.7	복수 및 급수계통	10.4-17
10.4.7.1	설계기준	10.4-17
10.4.7.2	계통 설명	10.4-17
10.4.7.2.1	복수계통	10.4-18
10.4.7.2.2	급수가열기 배수	10.4-18
10.4.7.2.3	급수계통	10.4-19
10.4.7.2.4	기동 및 정지	10.4-20
10.4.7.2.5	계통 성능	10.4-20
10.4.7.2.6	계통 배치	10.4-21
10.4.7.2.7	배관, 밸브, 기기 및 계장	10.4-22
10.4.7.3	안전성 평가	10.4-26
10.4.7.4	시험 및 검사	10.4-26
10.4.7.5	계측 설비	10.4-27
10.4.8	증기발생기취출계통	10.4-27
10.4.8.1	설계 기준	10.4-27
10.4.8.2	계통 설명	10.4-28
10.4.8.2.1	기기 설명	10.4-31
10.4.8.3	안전성 평가	10.4-32
10.4.8.4	시험 및 검사	10.4-32
10.4.8.5	계측설비	10.4-32
10.4.9	보조급수계통	10.4-32
10.4.9.1	설계 기준	10.4-32
10.4.9.1.1	기능 요건	10.4-32
10.4.9.1.2	설계 기준	10.4-33
10.4.9.2	계통 설명	10.4-36
10.4.9.2.1	일반 사항	10.4-36
10.4.9.2.2	기기 설명	10.4-38
10.4.9.2.2.1	보조급수펌프	10.4-38
10.4.9.2.2.2	보조급수펌프 터빈	10.4-38
10.4.9.2.2.3	보조급수저장탱크	10.4-39
10.4.9.2.2.4	보조급수 캐비테이팅 벤츄리	10.4-39
10.4.9.2.2.5	능동밸브	10.4-39
10.4.9.2.3	전원 공급	10.4-41

목 차 (5 중 5)

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>	
10.4.9.2.4	보조급수계통 운전 및 제어	10.4-42	
10.4.9.3	안전성 평가	10.4-43	
10.4.9.4	시험 및 검사	10.4-44	
10.4.9.4.1	보조급수계통 성능시험	10.4-45	
10.4.9.4.2	신뢰도 시험 및 검사	10.4-45	
10.4.9.5	계측설비	10.4-45	
10.4.9.5.1	압력	10.4-46	
10.4.9.5.2	온도	10.4-46	
10.4.9.5.3	유량	10.4-47	
10.4.9.5.4	수위	10.4-47	
10.4.9.5.5	터빈구동 보조급수펌프 터빈속도	10.4-48	
10.4.10	약품주입 및 취급계통	10.4-48	
10.4.10.1	설계 기준	10.4-48	
10.4.10.2	계통 설명	10.4-48	
10.4.10.3	안전성 평가	10.4-48A	1
10.4.10.4	시험 및 검사	10.4-48A	
10.4.10.5	계측 설비	10.4-48A	
부록 10A	보조급수계통 신뢰도분석		2

# 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

## 제 10 장 - 증기 및 동력변환계통

### 표 목 차

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
표 10.1-1	증기 동력변환계통 설계와 성능특성	10.1-3
표 10.2.2-1	터빈속도제어시스템 보호장치	10.2-16
표 10.2.4-1	터빈조속계통의 파손해석	10.2-17
표 10.3.2-1	주증기계통 설계자료	10.3-21
표 10.3.5-1	증기발생기 2차계통수에 대한 운전중 수질 제한치	10.3-23
표 10.3.5-2	급수에 대한 운전중 수질 제한치	10.3-24
표 10.3.5-3	복수에 대한 운전중 수질 제한치	10.3-25
표 10.3.5-4	정상운전중 2차계통의 시료채취 및 분석 주기	10.3-26
표 10.3.5-5	발전소 기동 및 습식보관 동안의 2차계통 시료채취 및 분석 주기	10.3-27
표 10.4.5-1	순환수계통 운전 변수	10.4-49
표 10.4.8-1	증기발생기 연속취출수 유동 조건	10.4-50
표 10.4.8-2	증기발생기 고유량 및 비상 취출수 유동 조건	10.4-51
표 10.4.9-1	보조급수계통 기기변수	10.4-52
표 10.4.9-2	보조급수계통 - 능동밸브 목록	10.4-53
표 10.4.9-3	보조급수계통 고장유형 및 영향분석	10.4-54
표 10.4.9-4	보조급수계통 계장과 제어	10.4-57
표 10.4.9-5	보조급수계통 비상전원 요건	10.4-58

제 10 장 - 증기 및 동력변환계통

그림 목차

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>
그림 10.1-1	열평형도(VWO)
그림 10.1-2	증기 및 동력변환계통 개략도
그림 10.2.2-1	수소 냉각 계통도
그림 10.2.2-2	고정자 냉각 계통도
그림 10.2.2-3	축밀봉유계통도
그림 10.3.2-1	주증기계통 배관 및 계장도
그림 10.3.2-2	추기계통 배관 및 계장도
그림 10.4.2-1	복수기진공계통 배관 및 계장도
그림 10.4.3-1	주터빈 및 보조계통 배관 및 계장도
그림 10.4.5-1	순환수계통 배관 및 계장도
그림 10.4.6-1	복수탈염계통 배관 및 계장도
그림 10.4.7-1	복수계통 배관 및 계장도
그림 10.4.7-2	급수가열기배수계통 배관 및 계장도
그림 10.4.7-3	급수계통 배관 및 계장도
그림 10.4.8-1	증기발생기취출계통 배관 및 계장도
그림 10.4.9-1	보조급수계통 배관 및 계장도
그림 10.4.10-1	약품주입 및 취급계통 배관 및 계장도

## 10 증기 및 동력변환계통

### 10.1 개요

증기 및 동력변환계통의 기능은 원자로에서 생성된 열에너지를 전기에너지로 변환하는 것이다. 터빈발전기는 2대의 증기발생기로부터 생산된 증기로 구동된다.

증기 및 동력변환계통은 재생 급수가열 및 응축 사이클을 활용한다. 터빈 배기증기는 복수기에서 응축된다. 응축된 복수는 복수 및 급수계통을 통하여 증기발생기로 되돌아간다.

전부하 주증기유량의 55%를 감당할 수 있는 터빈우회계통은 터빈 그리고/또는 원자로가 정지해 있는 동안 원자로냉각재계통의 열을 제거하는 역할을 한다. 이 계통은 터빈으로의 증기공급 중지에 따른 증기발생기 압력 상승을 제한하기 위해 8개의 터빈우회밸브로 구성되어 있다. 터빈정지밸브가 닫혀 터빈으로의 증기 유로가 폐쇄되면, 원자로냉각재계통 붕괴열은 복수기로 증기를 보내어 제거된다.

또한, 주증기격리밸브 전단에 설치되는 주증기대기방출밸브는 고온대기시 발전소를 유지하고, 순환수펌프로의 공급전원상실시에는 정지냉각계통의 운전시점까지 발전소를 냉각할 수 있도록 설계된다. 주증기대기방출밸브는 주증기우회계통에 포함되지 않는다.

증기발생기의 쉘측과 터빈정지밸브입구 주증기배관까지의 과압보호는 스프링구동 주증기 안전밸브에 의해 이루어진다. 원자로출력급감발계통과 연계된 증기우회계통은 복수기를 사용할 수 있는 한 터빈 그리고/또는 원자로정지에 따른 안전밸브의 개방을 방지한다.

각 증기발생기는 2개의 주증기배관을 가지고 있다. 각 배관은 유량측정기, 5개의 스프링구동 주증기 안전밸브, 주증기격리밸브 그리고 동력구동 대기방출밸브로 구성되어 있다. 각각의 주증기격리밸브 주위에는 우회배관과 밸브가 설치된다.

2대의 터빈구동 및 2대 전동기구동 보조급수펌프가 주급수펌프의 상실사건시에 적절한 급수를 증기발생기로 공급될 수 있도록 설치된다. 보조급수계통은 10.4.9절에 기술되어 있다.

증기 및 동력변환계통의 안전성관련 부분은 다음과 같다.

가. 증기발생기 쪽으로의 보조급수격리밸브, 역류방지밸브 및 배관을 포함한 보조급수계통

나. 증기발생기로부터의 주증기배관을 포함한 주증기격리밸브

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

다. 주증기대기방출밸브

라. 주증기안전밸브

마. 보조급수계통으로의 증기 공급

바. 증기발생기로부터의 주급수배관을 포함한 주급수격리밸브

정상운전조건, 예상된 계통 오기능 또는 사고 조건에서 16장 기술지침서 요건을 만족하기 위해 방사성 물질의 대기방출을 감시하고 방지하기 위한 설비가 설치된다.

설계와 성능특성의 요약은 표 10.1-1에 있다. 발전소 증기사이클의 설계를 위한 기준 열 평형도가 그림 10.1-1에 제시되어 있으며 동력변환계통 개략도는 그림 10.1-2에 나타나 있다. 주증기계통 및 추기계통 배관 및 계장도는 각각 그림 10.3.2-1과 그림 10.3.2-2에 나타나 있으며 복수계통, 급수가열기배수계통, 급수계통의 배관 및 계장도는 각각 그림 10.4.7-1, 그림 10.4.7-2 및 그림 10.4.7-3에 나타나 있다.

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

표 10.1-1 (3 중 1)

### 증기 동력변환계통 설계와 성능특성

설계와 성능특성	설계치
주증기계통 설계 압력/온도	84.37 kg/cm <sup>2</sup> A(1,200 psia)/299 °C (570 °F)
주증기계통 운전 압력/온도 (증기발생기의 증기 노즐 출구측에서)	69.7 kg/cm <sup>2</sup> A(992 psia)/284 °C (544 °F)
주증기유량	8.14×10 <sup>6</sup> kg/hr(17.95×10 <sup>6</sup> lb/hr)
주급수 온도	232 °C (450 °F)
주급수 유량	8.22×10 <sup>6</sup> kg/hr(18.13×10 <sup>6</sup> lb/hr)
하향유로 유량	8.21×10 <sup>5</sup> kg/hr(1.81×10 <sup>6</sup> lb/hr)
이코노마이저 유량	7.40×10 <sup>6</sup> kg/hr(16.32×10 <sup>6</sup> lb/hr)
증기발생기취출계통 유량률, 정상/비정상/고유량	주증기 정격유량률의 0.2 %/1 %/5 %

계통/부품	성능특성
주증기계통(10.3절)	
주증기배관	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 안전성관련 주증기배관(각 증기발생기로부터 주증기격리밸브까지) : KEPIC MNC (설계압력 84.37 kg/cm<sup>2</sup>A(1,200 psia), 설계온도 299 °C(570 °F), 내진범주 I급)</li> <li>- 비안전성관련 주증기배관 : KEPIC MGE</li> </ul>
주증기격리밸브(주증기관당 1개)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 신호 수신 후 최대 닫힘시간 5초</li> <li>- ASME Sec. III, Class 2 밸브 (설계압력 84.37 kg/cm<sup>2</sup>A(1,200 psia), 설계온도 299 °C(570 °F), 내진범주 I급)</li> </ul>
주증기안전밸브(주증기관당 5개)	<p>주증기안전밸브 합계 유량률은 8.62×10<sup>6</sup> kg/hr (19×10<sup>6</sup> lb/hr) ; ASME Sec. III, NC-7000에 따른 설정 압력</p> <p>ASME Sec. III, Class 2 밸브 (설계압력 84.37 kg/cm<sup>2</sup>A(1,200 psia), 설계온도 299 °C(570 °F), 내진범주 I급)</p> <p>(표 5.4.13-2 참조)</p>

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

표 10.1-1 (3 중 2)

계통/부품	성능특성
주증기대기방출밸브 (주증기관당 1개)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 포화된 증기유량은 498,952 kg/hr(1,100,000 lb/hr) 보다 많고 <math>9.07 \times 10^5</math> kg/hr(<math>2.0 \times 10^6</math> lb/hr)보다는 적음.</li> <li>- ASME III, Class 2 밸브(설계압력 84.37 kg/cm<sup>2</sup>A(1,200 psia), 설계온도 299 °C(570 °F), 내진범주 I급)</li> </ul>
터빈우회계통(10.4.4절)	
터빈우회밸브 및 배관	설계증기유량의 55 % 상당 유량: 배관 KEPIC MGE(설계압력 84.37 kg/cm <sup>2</sup> A(1,200 psia), 설계온도 299 °C(570 °F), 비내진범주)
복수 및 주급수계통(10.4.7절)	
급수펌프	3대-55 %/대 터빈구동
급수승압 펌프	3대-55 %/대 전동기구동
복수펌프	3대-50 %/대 전동기구동 ; 운전2대, 대기1대
기동급수펌프	전동기구동
저압급수가열기	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3단 및 3계열, 계열마다 전체 복수 유동의 1/3.</li> <li>- No. 1 및 No. 2 저압가열기는 복수기 내에 위치해 있음</li> </ul>
탈기기	전 공급 유량의 100 %
고압급수가열기	3단 및 2계열, 계열마다 전공급 유동의 1/2
복수 및 주급수계통 배관	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 주증기격리밸브실을 포함한 증기발생기까지의 배관</li> <li>- KEPIC MNC, 내진범주 I급의 다른 모든 배관 : KEPIC MGE</li> <li>- 비안전성관련 계통배관 : KEPIC MGE</li> </ul>

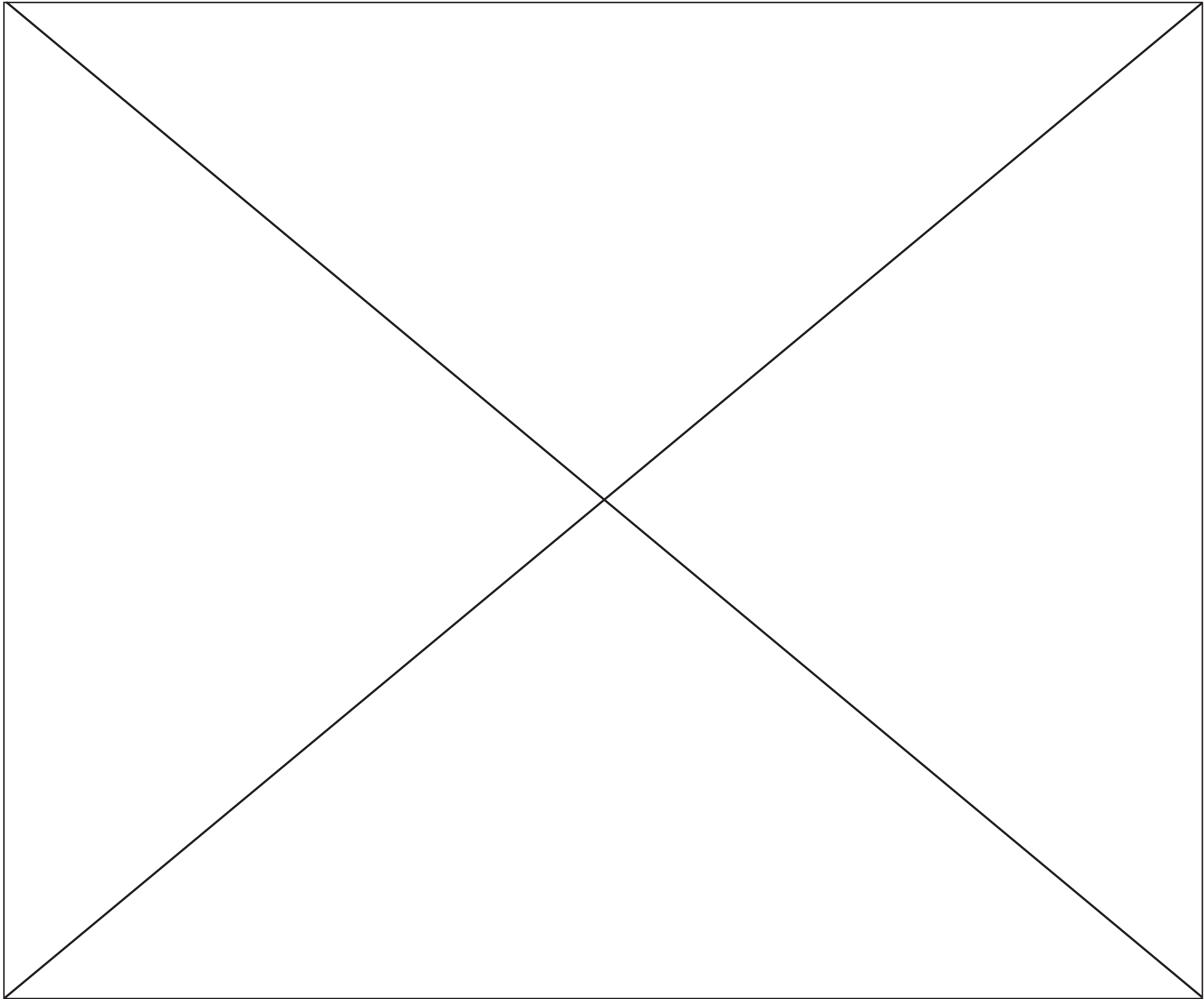


표 10.1-1 (3 중 3)

계통/부품	성능특성
보조급수계통(10.4.9절)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2개의 내진범주 I급 전동기구동 보조급수 펌프와 2개의 내진범주 I급 터빈구동 보조급수펌프는 각각 증기발생기로 최저 2,460L/min(650 gpm)을 제공.</li> <li>- 2개의 100 % 용량의 내진범주 I급 보조급수 저장탱크는 각 급수의 최소 사용량 1,514,165 L(400,000 gal) 저장.</li> <li>- 보조급수저장탱크부터 내진범주 I급 보조급수펌프와 원자로건물격리밸브까지의 모든 배관은 KEPIC MND 적용; 격리밸브를 포함한 증기발생기까지의 배관은 KEPIC MNC, 내진범주 I급 적용</li> </ul>
2차측화학제어계통(10.3.5절, 10.4.6절, 10.4.8절)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 전부 혹은 일부 유량 복수탈염</li> <li>- 산소제거를 위한 지속적인 하이드라진 추가와 pH 제어를 위해 사용되는 에탄올아민 추가.</li> <li>- 중요 화학 변수의 지속적인 감시.</li> <li>- 주증기 유량율의 1 %까지 지속적인 증기발생기 취출.</li> </ul>

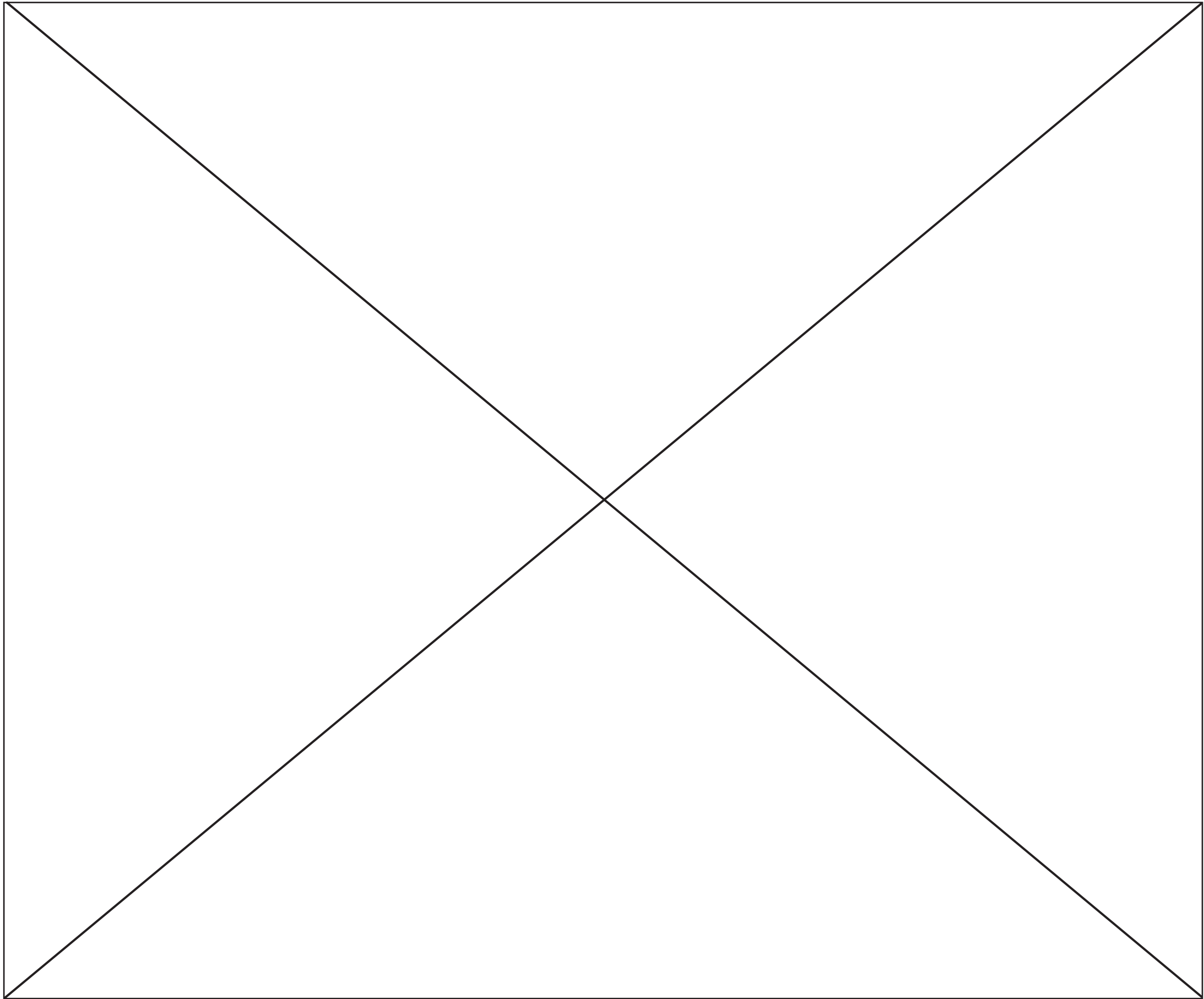
| 2

| 2



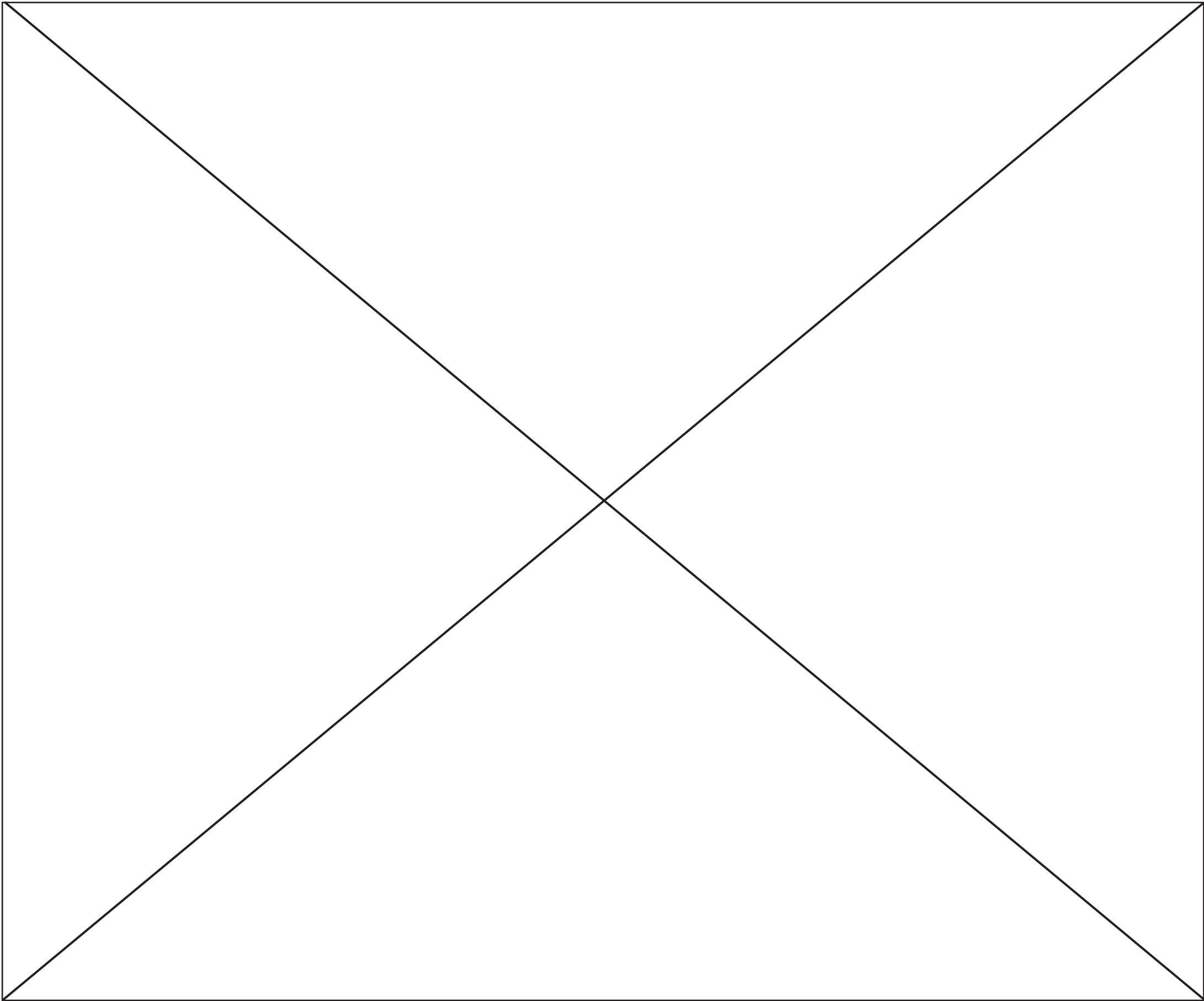
본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

	한국수력원자력주식회사 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서
	열평형도 (VWO)  그림 10.1-1 (2 중 1)



본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

	한국수력원자력주식회사 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서
	열평형도 (MGR)  그림 10.1-1 (2 중 2)



	한국수력원자력주식회사 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서
증기 및 동력변환계통 개략도	
그림 10.1-2	

## 10.2 터빈발전기

### 10.2.1 설계기준

터빈발전기는 증기발생기에서 생성된 증기의 에너지를 기계적 에너지로 바꾸고 다시 전기에너지로 바꾼다. 터빈발전기는 자동운전시에는 설계수명을 보증하는 분당 3.75% 이하의 선형 부하변동률로, 수동운전시에는 최대 분당 10%의 선형 부하변동률로 부하를 증가시키거나 감소시킬 수 있다. 단, 비정상운전 조건으로 인해 신속한 부하감발이 필요한 셋백(Setback)의 경우 최대 10%/초로 부하감발이 가능하며, 진공도는 최대 127 mmHgA까지 허용된다. 또한 터빈발전기는 100%의 정격 전기출력에서의 부하탈락을 수용할 수 있다.

정상상태, 과도상태, 비상상태 및 기능장애조건 하에서 터빈발전기의 기능은 10.2.2절에 기술된 터빈제어계통에 의해 감시되고 자동 제어된다. 제어계통은 터빈발전기의 과도한 과속을 방지하기 위해 다중의 기계적, 전기적 트립장치를 포함한다. 터빈발전기의 손상방지를 위해 추가적인 수동트립장치가 있다.

발전기 고정자냉각수계통은 발전기 부하에 따라 고정자 권선에서 발생하는 열량을 흡수하여 발전기 내부온도의 상승을 방지하는 냉각수의 압력과 유량을 10.2.2절에 기술된 고정자냉각수계통을 통해 조절되도록 설계된다.

발전기 축밀봉유계통은 발전기 내부 수소가 밖으로 유출되지 않도록 하며 수소 내부압력보다 높게 유지되도록 10.2.2절에 기술된 축밀봉유계통에 의해 조절되도록 설계된다.

터빈발전기는 제작사 품질보증규정상의 설계기준 및 제조규칙, 절차, 공정에 따라 설계되고 제작된다. 다음의 규정과 표준이 동등하게 사용될 수 있다.

Korea Industrial Standard(KS), American Society of Mechanical Engineers(ASME), American Society for Testing and Materials(ASTM), American Welding Society(AWS), Institute of Electrical Manufacturers Association(NEMA), Institute of Electrical and Electronic Engineers(IEEE) 등

습분분리재열기와 배수탱크는 KEPIC MGB에 따라 설계되고 제작된다.

터빈 방향과 안전성관련 구조물의 설계는 3.5절에 기술된 터빈 비산물에 대한 방호를 제공한다.

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

### 10.2.2 계통설명

#### 10.2.2.1 터빈발전기

터빈발전기는 한 축으로 연결된 발전기를 구동하는 1대의 복류 고압터빈과 3대의 복류 저압터빈으로 구성된다.

증기발생기에서 생산된 주증기는 터빈정지밸브와 터빈제어밸브를 통과한 후 고압터빈으로 유입된다. 고압터빈을 통과하여 팽창한 후, 배출증기는 습분분리재열기를 통과한다. 고압터빈에서 추기된 증기와 주증기 모관으로부터 추기된 증기는 1단, 2단 재열기로 공급된다.

재열증기는 각각의 조합형 중간밸브를 통하여 저압터빈으로 유입되며 저압터빈을 통과하여 팽창이 완료된 증기는 복수기로 방출된다.

급수가열을 위한 증기는 터빈케이싱 및 배관을 통하여 공급된다. 추기증기배관은 Cr-Mo 저합금강 또는 동등한 침식/부식 저항성을 가진 재료로 제작된다.

급수가열기 각 단에 대한 추기증기의 공급원은 아래와 같다.

추기번호	급수가열기 번호	추기생성원
1	7	고압터빈 3단
3	6	고압터빈 5단
5	5	고압터빈 출구
6	탈기기	저압터빈 9단
7	3	저압터빈 11단
8	2	저압터빈 12단
9	1	저압터빈 13단

추기배관에 추기차단밸브와 추기증기 역류방지밸브가 있다. 역류방지밸브 구동기는 마찰력을 극복하도록 설계되고, 터빈 트립시 신속히 밸브가 닫히도록 설계된다. 또한, 이러한 역류방지밸브는 터빈발전기계통 트립시에 안정된 터빈속도를 유지하기 위해 고압 소구경 역류방지밸브의 경우에는 완전 개방시 닫힘시간이 0.1초 이내, 저압 대구경 역류방지밸브의 경우에는 0.6초 이내에 닫히도록 설계된다. 1번, 2번 저압급수가열기와 연결된 추기라인은 복수기 내에 위치하며, 3번 급수가열기는 가열기 구역에 수평으로 설치되어 있다. 1번, 2번 급수가열기 내부에는 플래싱방지판이 설치되어 있다.

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

저압터빈으로부터 1번, 2번, 3번 저압급수가열기 및 탈기기에 연결되는 추기배관에는 배관 열팽창 해석의 결과에 따라 단식 신축이음관(Single Expansion Joint)이 설치된다. 단식 신축이음관의 설계 및 제작은 EJMA(Expansion Joint Manufacture Association) 표준에 따른다.

복수기 압력이 비정상적으로 상승할 경우 저압터빈케이싱 내부의 온도가 상승되어 로터 및 차실에 손상을 일으킬 수 있다. 이를 방지할 목적으로 저압터빈케이싱 상부에 비상대기방출관을 설치하며 저압외부 케이싱의 내압이 대기압 이상으로 상승할 때 비상대기방출관이 터져 저압터빈 내부의 증기를 외부로 유출시켜 로터 및 저압터빈 차실을 보호한다.

고압터빈 배기증기는 배기배관을 통하여 습분분리재열기를 거쳐 저압터빈으로 전달되는데 배기배관 및 습분분리재열기에 이상 고압이 발생할 경우 습분분리재열기에 설치된 대기방출밸브가 열려 배기배관 및 습분분리기를 보호한다.

저압터빈에서 저부하운전 및 무부하시 과열에 의한 저압터빈 손상을 방지하기 위해 냉각 살수노즐이 설치되어 있다. 저압터빈 최종단(exhaust blade)에 인접한 저압케이싱 내부에 습분제거기능이 있는 다수의 살수노즐(spray jet)이 있다. 이 살수노즐은 내벽에 균일하게 분사되며, 수직표면에 수막이 형성되도록 배열되어 있다. 살수는 저압터빈 배기구 온도가 57 °C(135 °F)를 초과할 경우 작동된다.

발전기 정격, 온도 상승, 절연재 등급 등은 관련 IEEE 표준에 따르고, 여자(excitation)는 정류된 출력으로 정지형 여자시스템에 의해서 제공된다.

비율차동 계전기로 전기적 사고로부터 발전기를 보호한다.

발전기 보조계통은 발전기 수소계통, 발전기 축밀봉유계통 그리고 발전기 고정자냉각수계통으로 구성된다.

발전기 축밀봉유계통, 발전기 수소계통에 의해 회전자를 냉각하며, 고정자 도체 등은 발전기 고정자냉각수계통에 의해서 냉각된다.

발전기 축밀봉유계통(Hydrogen seal oil system)의 목적은 수소가 발전기 케이싱으로부터 빠져나가는 것을 방지하기 위한 것으로 주요 구성품의 역할과 기능은 다음과 같다.

가. 진공탱크 및 펌프는 밀봉유에 용해되어 있는 가스 및 습분을 제거하는 장치이다.

나. 차압조절기(Differential governor)는 밀봉유 압력과 발전기 내부 가스 압력을

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

감지하여 밀봉유 압력이 발전기 내부압력보다 높게 유지시킨다.

다. 비상밀봉유펌프(Emergency seal oil pump)는 주밀봉유펌프(Main seal oil pump)가 고장 났을 경우 긴급수단으로 제공된다.

라. 밀봉유 여과기는 차압조절기 후단에 설치된다.

밀봉링을 통과한 밀봉유는 발전기 케이싱을 통해 밀봉유를 수집하는 수소측 밀봉유 집유탱크(Hydrogen detraining tank)에 모인다. 그리고 밀봉유 역류상태를 감시하는 밀봉유 감지기(Liquid detector), 수소측 밀봉유를 대기압으로 환원하기 위한 밀봉유 회수장치(Float trap)가 있다.

발전기 고정자냉각수계통의 목적은 고정자 권선을 냉각하기 위한 것으로, 주요 구성품은 다음과 같다.

가. 저장탱크는 수두를 유지하고 냉각수로부터 가스를 제거하고 배기시키는 역할을 한다.

나. 기포제거기(Debubbler)는 저장탱크 내에 위치하여 발전기로부터 회수되는 냉각수 속의 공기와 가스를 분리한다.

다. 고정자냉각수펌프는 저장탱크 내의 냉각수를 발전기 내부로 공급하기 위한 펌프 기능을 한다.

라. 열교환기는 고정자 냉각수를 냉각시킨다.

마. 냉각수정화계통은 전기자 권선의 전기적 사고를 방지하기 위해 순수한 냉각수를 공급하여 전도성을 낮게 만드는 계통이다.

바. 온도 및 유량조절밸브(Temperature and water flow control)를 통해 냉각수에 요구되는 온도 및 유량을 제어한다.

또한 온라인 감시설비는 고정자 권선의 절연 건전성 감시를 위한 온라인 부분방전감시시스템(PDMS : Partial Discharge Monitoring System)과 회전자 권선의 건전성 감시를 위한 회전자 충전단락감시설비(STDA: Short Turn Detector and Analyzer)로 구성된다. 온라인 부분방전감시시스템은 부분방전감지기(PD sensor)가 고정자 권선에서 방전이 일어날 때 발생하는 전자파를 감지하여 자료취득기기(DAU: Data Aquisition Unit)로 전송되고 취득된 자료는 제어시스템을 통해 저장되고 분석된다.



## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

회전자 층간단락감시설비는 회전자와 고정자 사이의 공극에 자속감지기가 설치되어 자속의 변화율에 따른 전압 신호를 보내 층간 단락을 분석하는 시스템이다.

수소는 옥외에 설치된 수소공급계통으로부터 공급된다.

폭발이나 화염방지를 위해서 수소배관 및 주발전기의 수소누설여부를 검사하며, 수소유입 전에 이산화탄소를 유입하여 모든 공기와 산소를 제거한다. 발전기로부터 제거된 수소는 터빈건물 지붕을 통하여 배출되고 대기로 빠져나간다. 분배계통에는 이산화탄소 제거와 정비 전에 발전기와 배관 내의 수소 배출을 안전하게 하기 위한 설비가 포함되어 있다.

발전기 고정자냉각수계통이 터빈 트립을 발생시키는 신호들에는 냉각수의 고온도, 저압력, 저유량 및 유량 상실 등이 있다.

### 10.2.2.2 터빈발전기 보조설비

터빈발전기 베어링들은 윤활유계통에 의해 윤활되며, 정상운전 동안 터빈발전기 축 베어링으로 윤활유를 공급하는 주윤활유펌프는 원심형 펌프이며, 프론트 스탠다드(Front Standard) 내에 설치하며, 고압터빈에 연결된 축에 의해 구동된다. 이 펌프는 승압펌프를 필요로 하며, 이는 기동과 정지시 3,600 rpm의 속도로 윤활유를 공급한다. 정상운전 중에는 윤활유저장조 내부에 설치된 윤활유구동 터빈펌프(Oil driven booster pump)에 의해 공급되고, 기동/정지시에는 전동기구동 펌프(MSP, TGOP)에 의해 윤활유가 공급된다. 주윤활유펌프로부터 배출된 윤활유는 윤활유계통으로 공급된다. 윤활유 온도는 윤활유냉각기( $2 \times 100\%$ )를 통하여 조절된다.

윤활유저장조는 터빈 베어링에 공급하는 윤활유와 베어링으로부터 배유된 윤활유를 저장하는 기능을 하며 또한 저장중인 윤활유에서 이물질을 제거하고 윤활유펌프 등 각종 윤활유계통 기기를 설치하는 장소를 제공한다. 윤활유계통 내의 이물질과 수분을 제거하여 운전 중 윤활유의 청정도를 유지하기 위하여 윤활유정화기를 사용한다.

윤활유냉각기들은 2차측기기냉각수계통에 의해 냉각된다.

터닝기어는 터빈정지시 로터의 휨 변형이 발생하지 않도록 저속으로 로터를 회전시켜 주며, 터빈 운전초기에 로터를 저속으로 돌리면서 원활한 로터 예열 및 터빈기동 환경을 만들어 준다.

터닝기어 윤활유펌프(원심형)는 터빈발전기의 터닝기어 운전, 기동 및 정지시 윤활유계통으로 윤활유를 공급한다.

축올림유펌프(BLOP)는 유압으로 로터를 베어링으로부터 들어 올려주는 장치로서 로터

회전시 작전 기동하여 베어링과 로터저널부의 마찰을 적게 함으로써 로터의 회전을 쉽게 하도록 한다.

비상베어링유회유펌프(원심형)는 터닝기어 유회유펌프의 교류전원상실이 발생한 경우 유회유계통으로 유회유를 공급한다.

터빈제어유계통은 다음의 터빈 제어기능을 위한 회로와 설비로 구성된다.

- 가. 모든 속도 범위에서 터빈 속도와 가속도의 자동 제어
- 나. 연속적인 부하 및 부하율 조정으로 무부하에서 전부하까지 자동운전
- 다. 터빈발전기는 제어계통에 전원이 공급되는 상태에서 필요한 경우 자동운전에  
서 반자동운전으로 전환되어 반자동운전으로 속도 및 부하 제어
- 라. 허용된 운전부하 범위 내에서 운전
- 마. 위험 또는 비정상운전 상태를 감지하여 경고하고 이러한 조건에 맞는 제어
- 바. 전원공급장치 및 다중화 제어회로를 갖춘 터빈제어계통의 감시
- 사. 터빈밸브와 제어계통의 시험

터빈제어유계통은 터빈 제어를 위해  $112.49 \text{ kg/cm}^2 (1,600 \text{ psig})$ 로 유체를 공급하며, 유회유 기계적 과속도정지장치에 제어유를 제공한다. 이 계통과 터빈보호계통의 연계는 분리된 회로에 의해 동작된다.

모든 계통에 공급되는 제어유는 적절한 온도와 청결도를 가져야 하며, 오랫동안 적절한 유압을 공급하기 위해 특수한 화학여과장치가 공급된다. 터빈제어유계통은 2개의 독립된 펌프와 관련 밸브가 있으며 터빈운전 중 정비가 필요한 펌프에 대해 정비작업이 가능하다.

터빈제어유계통은 정상운전 중인 펌프가 고장이 생겼을 경우 대기펌프가 자동 작동될 수 있게 압력스위치와 각종 경보를 제공하며 신뢰성을 최대화하도록 설계된다.

### 10.2.2.3 터빈/발전기 제어 및 보호

터빈제어계통은 이중화된 2개의 교류 120 V 전원을 받을 수 있다. 이러한 전원은 무정전 계통 또는 다른 신뢰성 있는 계통에서 제공된다.

#### 10.2.2.3.1 기본제어 기능

터빈제어계통은 다음의 기본적인 터빈제어 기능을 제공하기 위한 회로 및 관련 설비들로 구성되어 있다.

- 가. 전속도 범위에 걸쳐서 정해진 몇 단계의 속도 및 가속도 설정치에 따라 터빈 속도와 가속도의 자동제어
- 나. 연속적인 부하 및 부하율 조정으로 무부하에서 전부하까지의 부하와 부하감발율의 자동제어
- 다. 자동제어로 운전되고 있는 터빈/발전기에서 자동제어방식을 대체할 필요가 있는 경우 속도 및 부하의 반자동 운전으로 터빈/발전기의 연속운전을 가능토록 함.
- 라. 요구부하 및 주증기압력과 같은 운전변수들의 기 설정된 제한치의 응답에 따른 부하제한 또는 발전출력 능력에 영향을 미치는 발전소의 구성요소 변경과 같은 사용자 설정 제한치의 응답에 따른 출력의 제한
- 마. 위험 또는 비정상운전 상태를 감지하여 경고하고 이 상태에 대한 제어 수행
- 바. 전원공급장치와 다중의 제어회로를 갖춘 터빈제어시스템의 감시
- 사. 증기밸브 및 터빈제어계통 시험 수행

2

#### 10.2.2.3.2 속도제어 기능

속도제어 기능은 터빈트립시스템과 연계되어 있고, 터닝기어 속도에서부터 과속보호장치를 시험하기에 충분한 과속도까지 전 속도 범위에 걸쳐서 정확하게 속도를 제어할 수 있다. 터빈 속도는 3개의 독립된 센서에 의해서 측정되며, 과속보호를 위해 3중화 모듈은 각각 전원 상실시 작동되는 신호를 제공한다. 각 3중 속도제어루프는 비동기 동안 터빈의 속도와 가속도를 제어하는데 이용되며, 터빈이 계통과 동기가 되면 정확하게 속도를 제어한다. 최종적인 터빈제어는 3중 전자조속채널로부터 3개 중 2개의 선택으로 결정된다.

속도제어 기능은 부하제어 기능에 입력을 제공하기 위해 속도편차신호를 발생하고, 이 속도편차신호는 증기흡입밸브를 제어하기 위한 다른 신호들과 조합된다. 속도편차신호는 정상운전시에는 터빈의 실제속도와 요구속도의 비교에 의해서 발생한다.

요구 목표속도는 터빈 운전반에서 수동으로 선택되어질 수도 있다. 목표속도는 정격속도

를 선택하기 위해 제공되어 지고, 정상운전 속도보다 낮은 속도유지상태에서 안정적인 운전상태를 선택하기 위해 제공되어 진다. 가속율이 선택된 후 과속도 능력을 시험하기 위해 목표속도를 선택함으로써 터빈을 과속한다. 목표속도가 취소되면 터빈속도는 정격속도로 내려간다.

우블레이터(wobbulator)기능은 높은 속도를 유지한 상태에서 터빈의 속도를 천천히 올리고 내리는 기능으로 속도제어 기능과 연계되어 있다. 우블레이터는 버켓의 공진 임계속도 근처에서 터빈이 일정한 속도로 운전되는 것을 방지한다. 추가사항으로 운전원의 선택에 따라 비조절 기능이 선택될 수 있다. 이 기능은 주파수 데드밴드(59.75~60.25 Hz) 범위에서 발생하는 속도편차신호는 속도제어 기능에 영향을 주지 않는다.

### 10.2.2.3.3 비상 과속트립

터빈 과속도 보호장치는 두 가지로 분류 된다.

기계적 과속도 보호는 터빈 보호를 위해 독립적인 하나의 기계적 과속도 보호 기능을 갖고 있으며, 이 기능은 관련 연계 기능에 비상 유압계통의 압력을 차단시켜 정지밸브와 제어밸브를 모두 닫는다. 이 설정치는 정격속도의 110~111 % 이다. 기계식 과속트립 장치는 터빈의 프론트 스탠다드의 터빈 축에 위치하며, 스프링의 힘에 따른 편심링으로 구성되어 있다. 이 트립장치는 증기밸브를 빠르게 닫기 위해 유압트립시스템과 바로 연결되어 있다.

전자식 과속도 보호는 보호계통과는 별도로 3중화된 모듈의 속도신호를 조합하여 사용한다. 전자식 과속트립설비는 4중의 피피알오(<PPRO>)제어기에서 감시되는 3개의 비상 과속감지기와 알(<R>), 에스(<S>), 티(<T>) 제어기에서 감시되는 독립된 3개의 속도제어감지기로 구성되어 있다. 트립은 3개의 속도제어감지기로부터 나오는 신호의 중간값이 비상 과속트립 기준값보다 클 경우 발생된다. 이 트립은 증기밸브들을 빠르게 닫기 위해 프론트 스탠다드에 위치한 전기적 트립 솔레노이드를 동작시킨다. 정상운전중에 기계적 과속트립계통의 시험을 가능하게 하고, 전기적 과속트립계통이 기계적 과속트립계통에 대한 후비보호 기능을 제공하도록 전기적 과속트립 기준 설정치는 111.5 %로, 기계적 과속트립 기준 설정치 보다 약간 높게 설정되어 있다. 터빈 트립시 또는 정격부하에서 부하 차단이 생길 때의 밸브 닫힘 소요시간은 터빈의 최대 예상과속도가 정격속도의 110 %를 초과하지 않도록 한다. 이러한 기준을 위해 과속도 제어계통과 터빈관성이 고려된다. 터빈 과속도 상태를 안정화시키기 위해 정해진 시간 내에 터빈과속도 정지신호에 의해 모든 정지밸브와 제어밸브는 닫힌다. 정지밸브는 비상 트립계통 장치의 구동에 의해 증기압이 있을 때 0.2초 이내에 닫히고 증기압이 없을 때 0.3초 이내에 닫힌다.

터빈정격속도의 110 %~111 %가 될 경우 터빈제어계통은 모든 제어밸브와 모든 정지밸브를 닫는다. 고부하에서 부하가 차단될 경우 구동되는 과속방지기능은 마이크로프로세

서가 내장된 제어기에 내장되어 있으며 터빈속도가 110%~111%가 되면 모든 밸브들이 완전히 닫히도록 한다.

#### 10.2.2.3.4 부하제어 기능

부하제어 기능의 기본값과 다른 제어기능으로부터 얻은 기본값을 조합하여 유량조절에 필요한 기본값을 산출하는 것이 부하제어 기능의 목적이다. 부하제어 기능은 다음의 기능들을 갖추고 있다.

- 가. 터빈에 영향을 미치는 변수에 대한 비례신호를 발생시키고 검출하는 감지기능
- 나. 감지회로나 발전소 구성요소의 상태를 검출하는 장치의 속도제어 기능으로부터 나오는 신호의 응답에 따른 유량기본신호를 제한하기 위한 제한적 기능
- 다. 요구부하신호, 제한적 기능 그리고 속도편차신호 등을 고려하여 밸브조절에 필요한 유량기본신호를 발생시키는 계산
- 라. 운전모드를 변경하거나 부하제어와 다른 제어계통과의 상황정보를 교환하고 주변장치로 신호를 전환 제공하기 전에 그 허용조건이 만족한가를 확인하는 논리 기능

#### 10.2.2.3.5 유량제어 기능

유량제어 기능은 부하제어 기능에서 지시한 값에 따라 증기유량을 조절하며, 증기유량 참조신호에 따라서 증기유량을 비례적으로 조절하기 위한 보정을 수행한다. 제 2번 고압정지밸브의 우회밸브, 제어밸브, 그리고 6개 중 3개의 인터셉트밸브 각각은 소프트웨어로 제어되는 전자회로, 삼중코일 전자유압 서보밸브, 유압구동기 그리고 3중으로 된 선형위치변환기로 구성된 제어루프를 가지고 있다. 밸브 개구도 제한제어의 사용으로, 밸브제어 기능은 밸브 시험시 부하제어 기능 또는 제어반으로부터의 유량 요구에 따라 제 2번 고압정지밸브의 우회밸브, 제어밸브, 그리고 인터셉트밸브의 개구도를 설정한다.

4개의 고압정지밸브 중 제 2번 고압정지밸브만 내부우회밸브를 가지고 있으며, 이는 터빈의 예열만을 위하여 사용된다.

고압터빈으로 유입되는 주증기의 유량은 4개의 고압정지밸브와 4개의 제어밸브에 의해 조절된다. 각 고압정지밸브는 고압정지밸브가 완전히 개폐되기 위하여 전자 유압구동기에 의해 제어된다. 고압정지밸브의 기능은 필요시 터빈으로 가는 증기유량을 차단하는 것이다. 고압정지밸브는 비상트립계통 장치의 구동에 의해 증기압이 있을 때 0.2초 이내에 닫히고, 증기압이 없을 때 0.3초 이내에 닫히도록 설계된다.

터빈제어밸브는 모든 상태의 운전 동안 그들 각각의 밸브 개구도 설정회로부터 나오는 신호에 따라 삼중코일 전자유압 서보밸브와 유압구동기에 의해 개구도가 설정된다. 하나의 케이싱내에 중간정지 및 인터셉트밸브로 구성된 조합형 중간밸브는 재열기에서 저압 터빈으로 유입하는 증기유량을 조절한다. 터빈의 정상운전 동안, 중간정지 및 인터셉트 밸브는 완전히 열린다. 인터셉트밸브 개구도 설정회로는 기동 및 정상운전 동안 밸브 개구도를 설정하고 터빈부하의 상실에 따라 신속히 밸브들을 닫는다. 중간정지밸브는 터빈 과속 또는 트립시 완전히 닫힌다.

#### 10.2.2.3.6 출력/부하 불평형 기능

부하의 급감발에 따른 터빈/발전기로터의 급가속으로 인해 과속이 발생하는 것을 막기 위해 제어 및 인터셉트밸브들을 신속히 닫기 위한 비율 감지형 출력/부하 불평형 기능이 제공된다.

출력/부하 불평형 기능은 부하가 일반적으로 40 % 이상이 되면 준비상태가 된다. 출력이 최소한 부하보다 40 % 이상 초과할 때와 발전기의 전류가 35 msec 이하의 시간 내에 상실되었을 때 밸브가 동작된다. 부하상실사고와 전기계통 고장발생을 구별하기 위해 재열증기 압력은 출력 측정용으로 발전기 전류는 부하 측정용으로 각각 사용된다.

출력/부하 불평형 상태가 발생되면 급속 동작의 솔레노이드 밸브에 의해서 제어 및 인터셉트밸브들이 빠르게 닫힌다. 동시에 기준이 부하는 영으로 맞추어 지고, 기준 목표부하는 무부하 값으로 초당 2 % 비율로 런백되어 진다.

출력과 부하의 차가 40 % 이상의 불평형으로 출력/부하 불평형 기능이 수행되는 동안 제어밸브들은 닫힌 상태로 된다. 출력과 부하의 불평형이 사라진 뒤 1초 후에 인터셉트밸브들은 현재의 기준부하와 바이어스 그리고 조절값 등에 따라서 속도를 제어하기 위해서 다시 열린다.

출력/부하 불평형이 신속히 소멸되면 출력/부하 불평형 회로는 자동적으로 원상회복되며, 기준 목표부하는 부하상실 전의 값 근처에서 재설정되고 닫혀진 밸브들은 예전의 위치로 다시 열린다.

출력과 부하의 불평형 조건이 지속되는 상태에서 45초 이내에 부하가 복귀되지 않으면 기준 목표부하 런백이 완전히 이루어진다. 출력/부하 불평형 회로는 재열증기압력이 정격의 40 % 이하로 떨어질 때 자동적으로 소거되고, 터빈은 정격속도로 복귀되며, 재동기를 원할 경우 운전원은 재동기를 위한 준비를 한다.

가상적 부하상실시험 동안 신호가 상실되면 출력/부하 불평형 기능의 이상유무시험을 할 수 있다. 이 시험은 터빈출력에 영향을 주지 않고 부하운전 상태에서 수행된다.

전류신호나 재열증기신호가 상실되면 출력/부하 불평형 기능의 실행이 취소되고 경보가 발생된다. 부하급감발로 터빈 부하가 감소하더라도 터빈 과속트립(overspeed trip)은 발생되지 않는다.

만일 부하운전 중일 때, 순간적 부하상실이 일어나면 다음과 같은 결과가 일어난다.

- 가. 높은 가속도에서 가속도 제한기능이 작동
- 나. 최대 정격에서 주 제어 및 인터셉트 밸브가 닫힌다.
- 다. 밸브와 터빈사이 그리고 터빈 케이싱과 크로스오버 사이, 추기 배관사이의 증기는 팽창한다.
- 라. 정격부하에서 예상되는 과속도는 정격속도의 10 % 이하이다.
- 마. 재열증기 정지밸브는 실제 속도가 설정값 아래일 때 다시 열린다.

부하가 상실되었을 때 과속도 일차 보호 기능이 정상작동되지 않을 경우 터빈은 가속되어 과속도 터빈 트립이 일어난다. 이로 인해 모든 정지, 제어, 재열증기 정지밸브들은 닫히게 되며 이후 터빈은 속도가 감소한다. 터빈은 과전동시 터빈 트립을 위한 기기를 구비하고 있다.

터빈 트립 및 감시시스템은 긴급 상황이 발생했을 경우 적절한 조치를 취하며, 이를 운전원에게 알려준다.

#### 10.2.2.3.7 터빈 보호트립

터빈 보호트립은 전자제어계통과는 분리되어 있으며, 트립이 발생되면 터빈의 모든 정지 및 제어밸브들이 트립된다. 보호트립은 다음과 같다.

- 가. 과속트립(기계식) : 정격의 110 %~111 %
- 나. 전자식 과속트립 : 정격의 111.5 %
- 다. 저 진공 트립
- 라. 추력 베어링 과다마모에 의한 트립
- 마. 원자로 트립

- 바. 발전기 트립
- 사. 제어실에서의 수동 트립
- 아. 과도한 진동에 의한 트립
- 자. 터빈 프론트 스탠다드에 위치한 수동 트립 손잡이
- 차. 배기후드 고온에 의한 트립
- 카. 습분분리기 배수계통의 고 수위에 의한 트립
- 타. 고정자냉각수 장시간 상실에 의한 트립
- 파. 제어유 저압에 의한 트립
- 하. 두 개의 속도 신호 상실에 의한 트립
- 거. 베어링 오일 저 압력에 의한 트립
- 너. 축 구동 오일펌프 출구압력 상실에 의한 트립

#### 10.2.2.3.8 순차적 트립방식

터빈 과속방지를 위하여, 순차적 트립계통은 고압터빈과 저압터빈으로 유입되는 모든 증기를 차단하는 것이며, 발전기 차단기의 개방전에 발전기에 부하가 없음을 확인하는 것이다. 순차적 트립계통은 하나의 트립신호가 발생되면 순차적으로 정지하도록 하며, 터빈 밸브가 닫히기 전 발전기 차단기 개방으로 인한 급속한 속도 증가를 방지한다. 모든 터빈 보호트립은 순차적 트립 논리회로(제어실로부터의 수동트립을 포함) 또는 터빈 프론트 스탠다드의 트립 손잡이에 의해 이루어진다. 발전기에 심각한 손상을 줄 수 있는 몇 가지 전기적 장애에서는 순차적 트립방식이 허용되지 않으며, 이런 경우 발전기와 터빈은 동시에 트립된다.

비상시에 운전원이 터빈 트립버튼을 사용하는 대신에 제어실 스위치로 발전기 차단기를 개방하는 것이 가능하지만, 전부하 또는 전부하 출력 준위에서의 발전기 스위치 개방은 증기발생기내의 증기조건이 불안정 할 때 심각한 터빈 손상과 과도한 과속을 야기 시킬 수 있다. 이를 방지하기 위해 운전원은 발전기 트립을 위한 허용조건으로 주 차단기 스위치를 작동하기 전에 차단기 우회 스위치를 "Trip"에 두는 것이 요구된다. 고압정지밸브, 제어밸브, 중간정지밸브, 그리고 인터셉트밸브의 리미트 스위치가 순차적 트립회로 구



성에 사용되고 있으며, 역전력 계전기가 발전기에서 무부하 조건 때의 역전류 흐름을 검출하기 위하여 사용되고 있다.

#### 10.2.2.3.9 증기밸브 닫힘

모든 증기밸브는 고압정지밸브와 제어밸브, 또는 중간정지밸브와 인터셉트밸브와 같이 직렬 쌍으로 배열되어 있다. 고압터빈을 위한 4쌍의 밸브가 있고, 저압터빈을 위한 6쌍의 밸브가 있어 총 10쌍의 증기유입밸브가 있다. 고압정지밸브, 제어밸브, 중간정지밸브, 그리고 인터셉트밸브(총 20개)는 2개의 과속트립계통 중 하나에 의해서 작동된다. 고압터빈의 4개 제어밸브와 각 저압터빈의 1개의 인터셉트밸브는 또한 조속계통에 의해 조절된다. 한 쌍의 밸브 중 어느 하나의 밸브를 차단하면 증기발생기로부터의 증기흐름을 차단시키므로 어느 하나의 밸브가 고장 나더라도 터빈 과속트립 기능을 방해하지 않도록 설계된다.

#### 10.2.2.3.10 기타 보호계통

앞에서 설명된 장치 이외에, 터빈 및 증기계통의 기타 보호장치는 다음과 같다.

- 가. 고압정지 및 제어밸브 또는 조합형 중간밸브의 고장시 고압터빈의 과압방지를 위해 습분분리재열기에 설치된 안전밸브
- 나. 최종단의 두 저압가열기를 제외하고는, 터빈 트립시 증기추기의 역류로 터빈과 속을 방지하기 위한 역류방지밸브를 각 증기 추기 배관에 장착
- 다. 복수기 진공상실시 저압터빈의 과압방지를 위한 배기 케이싱 과열 격막

#### 10.2.2.3.11 발전소 부하 및 부하추종

터빈/발전기는 기저부하에서 운전된다. 그러나 핵증기공급계통의 과도 부하추종 능력과 일치하거나 초과하도록 터빈/발전기를 설계한다. 터빈제어계통은 미리 설정된 조건에서 터빈을 트립시킴으로써 터빈을 보호하도록 설계된다. 터빈은 원자로 트립시에 트립되며, 원자로보호계통은 터빈제어계통에 2개의 분리된 원자로 트립신호를 보낸다.

터빈제어계통은 마이크로프로세서를 사용한다. 주제어실의 키보드나 마우스로 입력신호를 줄 수 있다.

- 가. 정격속도 선택을 제외한 속도제어 논리
- 나. 기 설정값을 초과하는 부하입력 신호 지시

다. 발전기 고정자 냉각수 상실

라. 프로세스제어시스템의 신호

마. 일부 부하상실

만일 운전원이 제한값 이상의 유압신호를 입력하더라도 제한 기능에 의해 제한되고, 부하 설정값은 제한값보다 조금 높게 조정된다. 과다한 주증기압력의 감소를 막기 위한 주증기 제한 기능이 있으며 설정값 이하로 주증기압력이 내려가면 제어밸브를 닫는다. 이 회로는 10%의 조정 범위로 설정된다. 주증기압력이 조정가능 범위 아래로 내려가면 제어밸브에 입력되는 유압신호는 주증기압력의 허용범위 내로 설정된다. 압력 설정값은 주 제어실의 키보드나 마우스에 의해 0에서 정격압력 범위까지 조정가능하다. 실제 주증기압력과 설정 압력값이 지시된다. 주차단기가 열리고 터빈이 과도한 가속을 하면 가속제어 기능이 작동한다.

주제어밸브의 위치제어를 위해 전자회로, 전자유압식 서보밸브, 유압기동장치 그리고 밸브 위치전송기 등이 있다. 밸브 위치 알림 신호에 의해 제어밸브의 위치는 제어패널에서 직접 또는 부하제어시스템에서 유량요구 신호에 따라 제어된다. 밸브의 위치제어는 명령값과 실제값을 대수적으로 비교하여 사용한다. 서보밸브에 의해 작동되는 유압장치는 편차 신호를 없애기 위해 사용된다. 터빈운전 중 제어밸브 시험이 가능하도록 설계되며, 이 시험은 서보밸브와 연계되어 행해진다. 위치제어기가 서보밸브 및 제어밸브를 안전하게 닫히도록 한다.

Intentionally Blank

## Intentionally Blank

### 10.2.3 터빈집합체

터빈집합체는 정상운전 조건과 터빈 과속도트립을 유발하는 예상운전과도상태에서 구조적 건전성의 손상 없이 견디도록 설계된다. 터빈집합체의 설계는 다음의 설계기준을 만족 한다.

- 가. 터빈 축 베어링은 터빈트립을 유발하는 최종단 동익의 손실과 같은 가능성이 희박한 상태에서도 견디도록 설계한다. 따라서 베어링은 정상운전부하와 예상과도상태 하에서 견딜 수 있다.
- 나. 영 속도와 20 % 과속 사이에 터빈축집합체 고유진동수의 배수가 존재하더라도 운전 중 설비에 무리를 주지 않도록 설계되어 있다.
- 다. 원심응력, 열구배에 기인한 조합응력은 정격속도의 115 %에서 재료 항복강도의 0.75배를 넘지 않는다.
- 라. 터빈의 설계 과속은 정격속도의 115 %이다(부하상실에 기인한 최대 예상과도 속도는 110 % 미만).

#### 10.2.3.1 재료의 선택

일체형 터빈 로터는 단일 단조품으로 최종정삭가공 전에 열처리와 재료시험이 수행된다. 저압 터빈로터의 경우 큰 단조품이므로 중심공이 필요하다. 일체형 터빈 로터는 결함발생을 최소화하고 적합한 파괴인성을 갖도록 하는 처리공정을 거친 Ni-Cr-Mo-V 합금강으로 제조된다. 용접형 로터와 달리 일체의 용접부가 없다.

로터 단조품에 대한 단조비(upset ratio)는 최소 2이다.

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

로터는 전기로에서 진공용해 및 진공 탈기 처리공정을 거쳐 제조된다.

일체형 로터에 사용된 각 단조품은 다음의 기준에 맞추어 시험이 수행된다.

가. 제작자 허용기준에 따른 성분 분석

나. 제작자 허용기준에 따른 상온의 인장시험(최소항복강도, 최소인장강도, 파단까지 최소 연신율)

다. 제작자 허용기준에 따른 3번의 상온 충격시험

라. 파괴양상천이 온도는 부품의 크기와 부품 내 위치 등에 따라 변할 수 있으므로, 이러한 변화를 고려하여 ASTM A-370에 따라 수행된 샤피 충격시험에서 얻은 파괴양상천이 온도 (50 % FATT)는 로터 표면 휠 부분에서는  $-12^{\circ}\text{C}(10^{\circ}\text{F})$  이하이고, 중심공이 있는 경우 로터 축 중심에서는  $-1^{\circ}\text{C}(30^{\circ}\text{F})$  이하이어야 한다.

마. 샤피 V-notch 에너지는 부품의 크기와 부품 내 위치, 시험온도 등에 따라 변할 수 있으므로, 이러한 변화를 고려하여 ASTM A-370에 따라 실내온도  $23.89^{\circ}\text{C} \sim 26.67^{\circ}\text{C}(75^{\circ}\text{F} \sim 80^{\circ}\text{F})$ 에서 수행된 샤피 충격시험에서 얻은 샤피 V-notch 에너지는 로터 표면 휠 부분 및 축 중심(중심공이 있는 경우)에서  $61\text{ J}(45\text{ ft-lb})$  이상이어야 한다. ASTM A-370에 따라 최소 3개의 시편이 시험에 사용되어야 한다.

### 10.2.3.2 파괴인성

Ni-Cr-Mo-V 합금강을 사용하여 터빈 로터에 적합한 재료의 인성을 확보하였으며, 재료의 강도와 인성간의 균형을 유지하여 운전기간 동안 높은 신뢰성, 이용률 및 효율을 동시에 만족시키고 안전성을 보장한다. 터빈 로터에 대한 취성과파괴를 방지하기 위해 파괴인성  $K_{IC}$  값을 구하여 평가한다. 또한 터빈 로터는 파괴양상천이온도 이상에서 운전되도록 한다. 보어(bore) 응력의 계산은 원심응력 부하 및 열구배를 고려한다. 운전온도에서 터빈 로터 정격속도의 115 % 속도에서 조합응력에 대한 재료의 파괴인성의 비,  $K_{IC}/\sigma_{max}$ 는 최소한  $3.19\sqrt{\text{cm}}(2\sqrt{\text{in}})$ 이다. 이러한 비율을 얻는데 필요한 재료의 파괴인성  $K_{IC}$  값은 ASTM E1820-01 A5에 따라 수행된 시험으로부터 구한다.

### 10.2.3.3 터빈 로터 설계

로터의 경우 응력은 기계적 부하와 열하중에 대해 고려한다. 터빈과속의 경우 적합한 안전율을 고려한다. 로터의 응력은 다음과 같이 구체적으로 나타낼 수 있다.

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

- 가. 정격속도와 설계과속사이 속도에서의 조합응력에 대해 상온에서 로터 재료의 파괴인성치의 비가  $3.19 \sqrt{\text{cm}} (2 \sqrt{\text{in}})$  이상이다. 이 기준은 디스크 재료에서 요구되는 조합응력에 대한 파괴인성의 비가  $3.19 \sqrt{\text{cm}} (2 \sqrt{\text{in}})$  이상인 것과 동일하다.
- 나. 원심응력, 열구배에 기인한 터빈 로터에 작용하는 조합응력은 설계과속에서 재료 항복강도의 0.75배를 초과하지 않는다. 항복강도( $YS_{\min}$ )는 운전온도에서 재료의 최소항복강도이다.

### 10.2.3.4 응력부식균열

일체형 로터는 용접이나 열박음 영역이 존재하지 않으므로 응력부식균열(SCC) 또는 부식피로에 의한 균열의 발생 혹은 성장의 가능성은 없다. 단지 기계적인 응력과 열응력에 의한 피로는 설계시 고려된다.

다음 3가지 조건이 충족될 경우 응력부식균열이 발생될 수 있다.

- 가. 습증기 등의 부식 매개체의 존재
- 나. 응력부식균열에 민감한 재료의 사용
- 다. 높은 인장응력

터빈 로터 설계시 응력부식균열의 발생 가능성이 없도록 한다.

- 가. 로터의 중심공(최대응력이 작용하는 영역)은 증기에 노출되지 않도록 완전히 격리된다. 그러므로 중심공에서는 응력부식균열 발생과 성장 가능성은 없다.
- 나. 작용응력을 낮추어 응력부식균열에 민감하지 않도록 한다.

### 10.2.4 안전성 평가

터빈발전기와 모든 증기취급장치는 검증된 설계이다. 이 설비는 소내부하에서 전부하까지 전기적인 부하 요건에 따라 자동 운전된다.

터빈발전기는 터빈건물에 설치되어 있다. 따라서 터빈발전기 또는 저압터빈/복수기 연결부와 관련된 고에너지 또는 중에너지배관파단사고에 의하여 터빈발전기가 안전성관련 계통 또는 안전성관련계통의 일부에 영향을 미칠 만큼 근접되어 있지 않다.

터빈의 조속계통의 파손해석 결과는 표 10.2.4-1에 있다. 계통은 터빈정지밸브, 터빈제어

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

밸브, 조합형 중간정지밸브 중의 어느 하나의 밸브 파손에 의해 터빈과속도 트립기능을 상실하지 않도록 설계된다.

정상운전조건에서 방사능 오염물질은 존재하지 않는다. 증기발생기 전열관의 누설로 인하여 계통이 오염될 수 있다. 주증기계통에서 방사능 누설은 복수기 진공펌프 배기관에 위치한 누설감시기에서 감지되고 2차측 통합배기관을 통하여 방출된다. 또한 방사능누설은 증기발생기 취출수 채취에 의해서도 감시된다.

터빈발전기 및 관련 보조계통에 대한 방사선 차폐는 필요하지 않다. 정상운전시 계통 기기에 지속적인 접근이 가능하다.

1차측에서 2차측으로 누설이 일어날 경우, 복수탈염계통은 복수기 온수조에서 방사성물질을 제거하기 위해 사용된다. 복수탈염계통 이온교환탑, 재생탱크, 수지혼합 및 저장탱크류와 관련 펌프를 포함하는 영역은 임시차폐벽이 설치된다.

발전기 축밀봉유계통은 발전기 내부의 냉각용 수소가스가 회전자축의 틈새로 누설되는 것을 방지하기 위해 발전기 내부압력보다 높게 밀봉유 압력이 유지되도록 자동 운전된다.

운전 중인 밀봉유공급펌프가 고장 발생시 대기중인 펌프가 자동 기동되어 압력 저하에 따른 수소누설을 방지하게 구성되며, 밀봉유 기능상실로 수소누설 발생시 발전기 베어링 윤활유 배기관을 통해 대기로 방출되어 터빈건물 내로 수소가 누설되는 것을 방지한다.

발전기 고정자냉각수계통은 타 계통과 연관되지 않고 독립적인 폐회로를 구성하여 운전된다.

발전기 내부 권선에서 냉각수 누설이 발생되었을 경우 발전기 본체 하부와 연결된 누설 탐지기를 통해 검출된다.

운전중인 냉각수 펌프가 고장발생시 대기중인 펌프가 자동 기동되도록 구성되어 냉각수 공급기능상실을 방지한다.

터빈발전기 및 관련 보조계통에는 안전성관련계통이 없다.

### 10.2.5 검사 및 시험요건

가동전검사 계획은 다음과 같다.

- 가. 일체형 로터에 사용된 로터 단조품은 열처리 전에 최소의 가공 여유를 남기고 황삭된다.

나. 각 로터 단조품은 100 % 체적(초음파)검사를 받는다. 초음파 탐상검사는 반경 및 축 방향에서 수직빔 검사에 의해, 중심공에서는 경사빔을 사용하여 수행한다. 검출할 수 있는 결함크기는 반경방향 1.5 mm, 축방향 1.3 mm 이다. 조립 전과 조립 후에는 접근할 수 없는 모든 표면에 대해 자분탐상 검사를 한다. 초음파 탐상에 의한 Back Reflection이 Full height의 5 % 이하일 경우, 재검사를 받거나 또는 불합격이고, 검출된 모든 결함지시들의 크기 및 위치가 보고되어, 이들에 대해 보수적인 파괴역학 해석을 수행하여 그 결과가 보증수명 후의 조건에서  $K_{IC} \leq K_{FINAL}$ , 또는  $a_{CR} \leq a_{FINAL}$ <sup>1)</sup>이면 불합격이다. 이들 기준은 ASME Sec. III의 Class 1과 Sec. V의 부품에 대한 기준보다 더욱 엄격한 것이며, 초음파 검사로 검출된 표면결함은 제거하거나 설비의 설계수명 동안 설비의 건전성에 영향을 미치는 크기로 성장하지 않음을 보증하기 위한 평가기준을 포함하고 있다.

DOOSAN 로터에서 5 mm 직경의 초기등가결함을 가지는 표면결함이 임계결함크기로 성장하는데 요구되는 필요하중의 반복수는 설계수명까지의 반복수보다 더 많다. 신고리 5,6호기 기준에 의해 설계되고 제조된 로터는 균열성장에 대한 저항성(피로균열성장속도)과 파괴인성이 피로균열해석을 통하여 충분한 여유의 반복수를 가지므로 우수한 피로수명을 가진다(청정강, 개선된 용해기술, 단조기술 및 장비에 의해).

가. 정삭가공 후 증기에 노출될 모든 표면, 즉 로터 양끝단부를 제외한 모든 접근 가능한 표면은 자분탐상 검사를 한다. 고응력부에 대해서는 특별한 주의를 기울여야 한다.

나. 각각의 동익이 완전히 조립된 터빈 로터집합체는 전출력 부하상실이 예상되는 최대속도(110 %) 또는 그 이상인 120 % 과속에서 3분 동안 과속시험을 한다.

터빈집합체에 대한 가동중검사 계획은 모든 터빈집합체는 대략 10년 주기로 검사될 수 있도록 하고 발전소 정지기간 동안 대략 10년 이하의 주기로 전체 단에서 터빈의 마지막 2단의 동익이 해체되는 경우를 포함하여 계획한다. 조립된 상태에서는 접근할 수 없었던 부품, 즉 커플링, 커플링 볼트, 저압터빈 동익, 저압터빈 로터와 고압터빈 로터에 대한 검사가 수행된다. 이 검사는 육안, 표면 및 체적 검사로 구성된다.

터빈밸브의 가동중검사는 다음에 따라 수행된다.

핵연료재장전 또는 계획예방정비기간 동안, 대략 3년 주기로 최소한 1개의 터빈정지밸브, 터빈제어밸브 및 조합형 중간정지밸브가 해체되어 밸브시트, 디스크, 스템에 대한 육안

1)  $K_{IC}$  : 파괴인성,  $K_{FINAL}$  : 설계수명 후 성장한 결함의 응력확대 계수  
 $a_{CR}$  : 임계결함 크기,  $a_{FINAL}$  : 설계수명 후 성장한 결함 크기



및 표면검사를 한다. 검사결과 밸브에서 허용할 수 없는 결함과 부식이 발견되면 같은 종류의 다른 모든 밸브도 해체하여 검사한다. 밸브 부상(bushing)<sup>1)</sup>에 대한 검사와 청소가 실시되며, 보어에서는 간극(clearance) 점검이 실시된다.

가동중시험은 터빈정지밸브 및 터빈제어밸브, 조합형 중간정지밸브, 추기라인 동력보조 역류방지밸브(power-assisted check valves), 터빈트립, 기계적 과속트립장치, 유압제어 스위치, 윤활유펌프 및 터빈비상정지계통(Emergency Trip System, ETS) 즉 윤활유 압력감지 스위치, 전기적 과속트립, 진공트립등에 대해 주기적으로 수행한다.

주요 계통 기기는 검사를 위해 접근 가능하며, 정상운전 중에 시험을 위해 이용할 수 있다. 각 터빈발전기와 관련되는 제어 및 보호장치는 계획에 따라 정기적으로 시험한다. 다양한 터빈트립이 기동 전에 시험된다. 다양한 계통기기의 시험과 검사를 위한 계획은 13.5절에 따라 발전소 운전절차의 일부로 수립된다.

#### 10.2.6 계측설비

터빈발전기는 터빈제어계통에 의해 설비의 운전을 감시하고 기록한다. 주제어실에서 비안전성 기기의 원격감시 및 제어가 가능한 계통의 제어시스템에 대해서는 7.7.1.1.11절에 기술되어 있다.

발전기 냉각수계통은 터빈발전기의 표준 터빈 감시기기에 의해 설비의 운전을 감시하고 기록한다. 주제어실에서 비안전성 원격 감시 및 제어가 가능한 계통기기 구성에 대하여는 그림 10.2.2-2에 표기되어 있다.

| 2

발전기 축밀봉유계통은 터빈발전기의 표준 터빈 감시기기에 의해 설비의 운전을 감시하고 기록한다. 주제어실에서 비안전성 원격 감시 및 제어가 가능한 계통기기 구성에 대하여는 그림 10.2.2-3에 표기되어 있다.

| 2

#### 10.2.7 참고문헌

1. J. A. Begley and W. A. Logsdon. "Correlation of Fracture Toughness and Charpy Properties of Rotor Steels," Westinghouse Scientific Paper, 71-1E7-MSLRF-P1, Westinghouse Research Laboratory, July 1971.

1) 밸브 부상은 내경면이 특수 열처리되어 스템과 일정한 틈새를 유지하며 스템의 가이드 역할을 수행. 운전 중 부상의 내경표면에 산화층이 형성되므로 청소가 필수임.

표 10.2.2-1

터빈속도제어시스템 보호장치

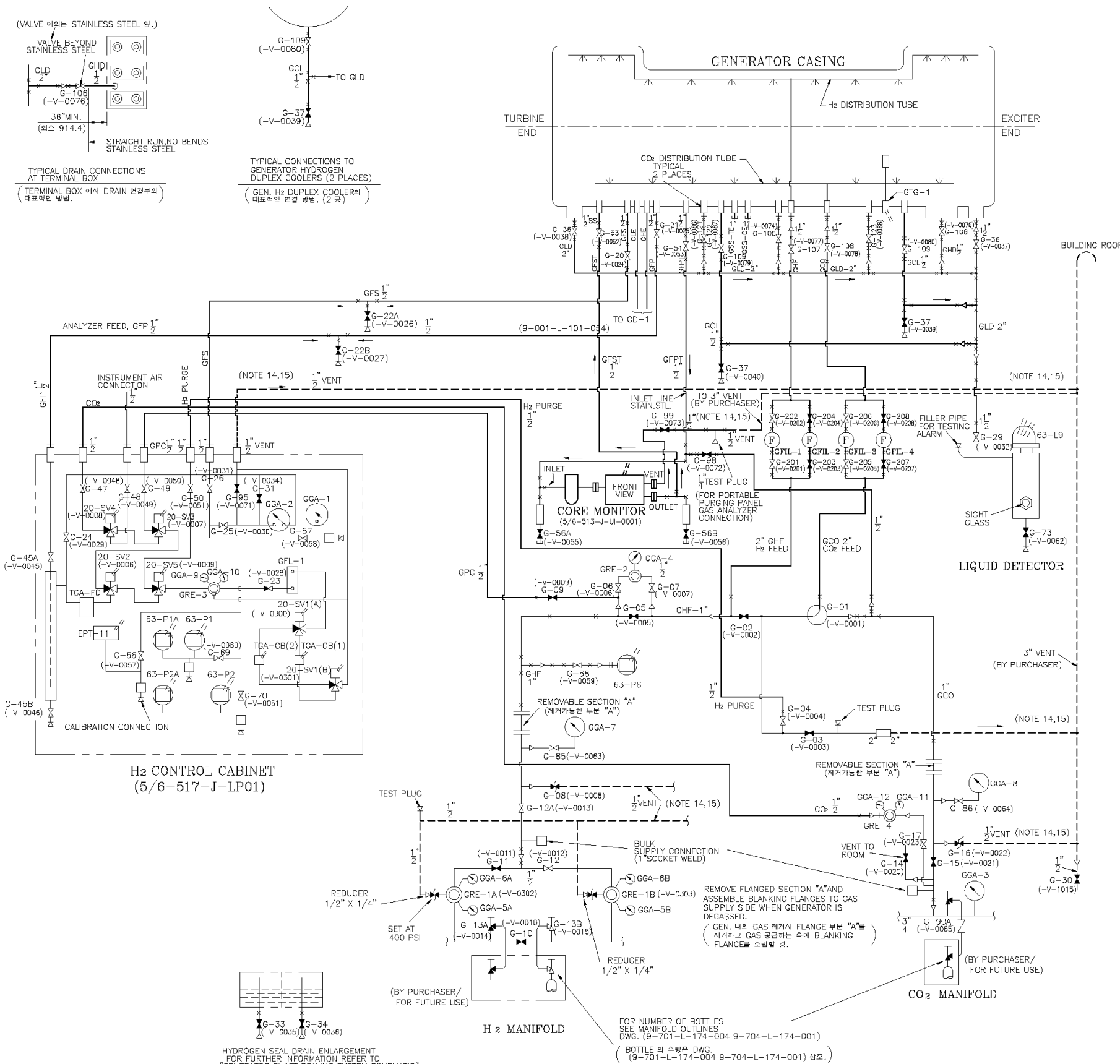
성 분	기 능	정격속도 대비 설계운전속도 비
기계식 보호	트립	110 % ~ 111 %
전자식 보호(2-out-of-3)	트립	111.5 %

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

표 10.2.4-1

### 터빈조속계통의 파손해석

성 분	고 장	과속도 방지법
터빈제어밸브	고장시 닫힘	터빈정지밸브 닫힘
터빈정지밸브	고장시 닫힘	터빈제어밸브 닫힘
저압터빈 조절밸브	고장시 닫힘	중간정지밸브 닫힘
중간정지밸브	고장시 닫힘	저압터빈 조절밸브 닫힘
제어 프로세스 1	고장	제어 프로세스 2 & 3
제어 프로세스 2	고장	제어 프로세스 1 & 3
제어 프로세스 3	고장	제어 프로세스 1 & 2
기계식 과속도 정지	고장	전자식 과속도 정지
전자식 과속도 정지	고장	기계식 과속도 정지



# INSTRUMENT LEGENDS

- GFL-1—FLOW METER (GAS ANALYZER) (0.33-3.3 SCFM) (5/6-513-J-P1-0001)
- GGA-1—MACHINE GAS PRESSURE GAUGE (0-100 PSI) (0-7KG/CM<sup>2</sup>) (5/6-513-J-P1-0002)
- GGA-2—DIFFERENTIAL FAN PRESSURE GAUGE (0-35" H<sub>2</sub>O) (0-89cmH<sub>2</sub>O) (5/6-513-J-P1-0001)
- GGA-3—CO<sub>2</sub> PRESSURE GAUGE (0-2200 P.S.I.) (0-160KG/CM<sup>2</sup>) (5/6-513-J-P1-0003)
- GGA-4—PRESSURE GAUGE FOR GRE-2 (0-100 P.S.I.) (0-7KG/CM<sup>2</sup>) (5/6-513-J-P1-0004)
- GGA-5A,B—INLET PRESS. GAUGE FOR GRE-1 (0-4000 P.S.I.) (0-280KG/CM<sup>2</sup>) (5/6-513-J-P1-0005)
- GGA-6A,B—OUTLET PRESS. GAUGE FOR GRE-1 (0-200 P.S.I.) (0-14KG/CM<sup>2</sup>) (5/6-513-J-P1-0006)
- GGA-7—HYDROGEN SUPPLY PRESS. GAUGE (0-220 P.S.I.) (0-15KG/CM<sup>2</sup>) (5/6-513-J-P1-0007)
- GGA-8—CO<sub>2</sub> SUPPLY PRESS. GAUGE (0-200 P.S.I.) (0-14KG/CM<sup>2</sup>) (5/6-513-J-P1-0008)
- GGA-9—INLET PRESS. GAUGE FOR GRE-3 (0-3000 P.S.I.) (0-210KG/CM<sup>2</sup>) (5/6-513-J-P1-0009)
- GGA-10—OUTLET PRESS. GAUGE FOR GRE-3 (0-100 P.S.I.) (0-7KG/CM<sup>2</sup>) (5/6-513-J-P1-0010)
- GGA-11—INLET PRESS. GAUGE FOR GRE-4 (0-4000 P.S.I.) (0-280KG/CM<sup>2</sup>) (5/6-513-J-P1-0011)
- GGA-12—OUTLET PRESS. GAUGE FOR GRE-4 (0-140 P.S.I.) (0-10KG/CM<sup>2</sup>) (5/6-513-J-P1-0012)
- GRE-1A,B—H<sub>2</sub> MANIFOLD GAS PRESSURE REGULATOR (5/6-513-V-0302,V-0303)
- GRE-2—H<sub>2</sub> MACHINE GAS PRESS. REGULATOR (35-100 P.S.I.) (2.5-7KG/CM<sup>2</sup>) (5/6-513-V-0001)
- GRE-3—H<sub>2</sub> GAS PRESS. REGULATOR FOR GAS ANALYZER (0-2 P.S.I.) (0-0.15 KG/CM<sup>2</sup>) (5/6-513-V-0002)
- GRE-4—CO<sub>2</sub> GAS PRESS. REGULATOR FOR GAS ANALYZER (5-125 P.S.I.) (1.5-7.5KG/CM<sup>2</sup>) (5/6-513-V-0003)
- GTG-1—RESISTANCE TEMPERATURE DETECTOR-14 COOLED GAS SECTION OF GENERATOR (5/6-513-J-TE-001)
- TGA-CB(1), (2)—THERMAL GAS ANALYZER CELL BLOCKS
- TGA-FD—THERMAL GAS ANALYZER-FILTER DRYER
- G-08—RELIEF VALVE - 150 P.S.I.
- G-15—RELIEF VALVE - 150 P.S.I.
- 63-L9—FLOAT SWITCH ON LIQUID DETECTOR (2 STAGE) (5/6-513-J-L5-0001)
- 63-P1,P1A—PRESSURE SWITCH-HIGH MACHINE GAS PRESSURE. (5-100 P.S.I.) (0.35-7.03kg/cm<sup>2</sup>)g (5/6-513-J-PS-0001,0002)
- 63-P2,P2A—PRESSURE SWITCH-LOW MACHINE GAS PRESSURE. (5-100 P.S.I.) (0.35-7.03kg/cm<sup>2</sup>)g (5/6-513-J-PS-0003,0004)
- 63-P6—PRESSURE SWITCH-HYDROGEN SUPPLY (5-10 P.S.I.) (0-7.78 KG/CM<sup>2</sup>) (5/6-513-J-PS-0005)
- EPT-11—MACHINE GAS PRESSURE TRANSMITTER (ELECTRONIC) (5/6-513-J-PT-0001) (4-20 mA) (0-300 P.S.I.) (0-21 KG/CM<sup>2</sup>)
- CM—CORE MONITOR-GENERATOR OVERHEATING DETECTOR (5/6-513-J-UI-0001)
- GD-1—GAS DRYER-FOR PIPING DIAGRAM SEE G2E80009 (9-001-L-101-054)
- 20-SV1(A), (B)—SOLENOID VALVE-GAS ANALYZER CELL BLOCKS (5/6-513-V-0300,V-0301)
- 20-SV2—SOLENOID VALVE-H<sub>2</sub> PURGE (GAS ANALYZER) (5/6-513-V-0006)
- 20-SV3—SOLENOID VALVE-H<sub>2</sub> FROM H<sub>2</sub> SUPPLY (GAS ANALYZER) (5/6-513-V-0007)
- 20-SV4—SOLENOID VALVE-CO<sub>2</sub> FROM CO<sub>2</sub> SUPPLY (GAS ANALYZER) (5/6-513-V-0008)
- 20-SV5—SOLENOID VALVE-PURGE MACHINE GAS (GAS ANALYZER) (5/6-513-V-0009)

# SYMBOL LEGENDS

- WELDED TEE
- FIELD WELD
- RELIEF VALVE
- 2 PORT-SELECTOR VALVE
- VALVE NORMALLY OPEN
- VALVE NORMALLY CLOSED
- VALVE NORMALLY THROTTLING
- CHECK VALVE
- PRESSURE REGULATOR
- ELECTRICAL CONNECTIONS
- FLANGED CONNECTION
- WELDED REDUCER
- WELDED VALVE
- PLUGGED CONNECTION
- PURCHASER'S PIPING
- PRESSURE SWITCH
- PRESSURE GAUGE
- CAPPED CONNECTION
- CALIBRATION OR TEST CONNECTION
- GAS FILTER

# NOTE

- VALVES SHOWN IN NORMAL POSITION FOR AUTOMATIC OPERATION IN HYDROGEN.
- PIPE SYMBOLS GLD, GHD, GHF, GCO, GFS, GFF, & GTG-1 STAMPED ON GENERATOR FRAME.
- PIPES TO PITCH DOWN IN DIRECTION OF ARROWS MINIMUM 1/4" PER FOOT.
- ALL VALVES AND PIPE FITTING WELDED STEEL UNLESS OTHERWISE NOTED. ALL DRAIN PLUGS AND VALVES TO BE EASILY ACCESSIBLE LOCATIONS.
- ALL HYDROGEN GAS PIPING TO BE BLOWN CLEAR BEFORE AND DURING INSTALLATION SITE HANGING.
- ALL CONNECTIONS INTO THE MAIN VENT LINE SHALL BE AT LEAST (6) FEET ABOVE VALVE G-30 FOR OPERATING INSTRUCTIONS REFER TO INSTRUCTION BOOK.
- FOR ADDITIONAL DESCRIPTION OF ELECTRICAL DEVICES REFER TO "SCHEMATIC DIAGRAM"
- VENT TO BE SHIELDED OUTSIDE OF BUILDING, USE LONG R. ELBOWS AND DO NOT TIE IN WITH ANY OTHER PIPING.
- DOOSAN SUPPLIED PIPE WILL BE SUFFICIENT TO RUN 1" GHF AND GCO LINES APPROXIMATELY 50 FT. FROM MANIFOLDS TO H<sub>2</sub> CONTROL VALVES
- SCHEDULE 80 PIPE - 1/2" THRU 2". LARGER SIZE SCHEDULE 40
- PIPING INSTRUCTIONS PER 107A3231 (9-701-L-172-001)
- SS INDICATES STAINLESS STEEL
- [V/V NO : 5/6-513-V-0000] THE (-V-\*\*\*\*) INDICATED IN THIS DRAWING MEAN THE VALVE NO 5/6-513-V-\*\*\*\*.
- 3", 0.5" VENT PIPE IS INSTALLED BY INSTALLER.
- MATERIAL WORK SCOPE : SUPPLY ———, PURCHASER ———.

- 소수가 계획된 GENERATOR 가 저용량측정 할당적인 VALVE 의 상태는 그림과 같다.
- PIPE SYMBOLS GLD, GHD, GHF, GCO, GFS, GFF 및 GTG-1 은 GEN. FRAME 안에 STAMPING 되어 있다.
- PIPE 설치시 최소배관방향으로 1ft (304.8mm) 당 최소 1/4" (6.3mm) 로 PITCH DOWN (강사지기) 할 것.
- 모든 VALVE 의 PIPE FITTING 은 쉽게 분리할 수 있도록 STEEL 용접할 것. 모든 DRAIN PLUG 의 VALVE 는 쉽게 접근할 수 있는 위치에 설치할 것.
- 모든 HYDROGEN GAS PIPING 은 SITE HANGING 설치전과 설치후에 BLOWING CLEAR (완전공기보 세척) 할 것.
- MAIN VENT LINE 과 연결되는 모든 연결부는 INSTRUCTION BOOK 에 의거한 온전지향용 VALVE G-30 보다 적어도 6 FT (1829mm) 상단에 위치하여야 한다.
- 전기계량부의 추가적인 사항은 DWG. "SCHEMATIC DIAGRAM" 을 참조할 것.
- VENT 는 BUILDING 의 외관에서 차폐시키고, LONG RADIUS ELBOW 를 사용하고 이러한 다른 PIPING LINE 과도 연결하여 할 것.
- DOOSAN 에서 공급하는 FIELD RUN PIPE 인 1" GHF 와 GCO LINE 은 MAINFOLD 에서 H<sub>2</sub> CONTROL VALVE 까지 약 50FT (15240mm) 이하, 자체는 충분한 공급될것임.
- 1/2"~2" PIPE 는 SCHEDULE 80 이며, 2" 보다 큰 PIPE 는 SCHEDULE 40 함.
- PIPING 식별자에서 : 107A3231 (9-701-L-172-001)
- S.S 는 STAINLESS STEEL 함.
- [V/V NO : 5/6-513-V-0000] 는 DRAWING 에 표기된 (-V-\*\*\*\*)는 VALVE NO. 5/6-513-V-\*\*\*\*를 의미함.
- 3", 0.5" VENT 배관의 설치에 한함설치자가 설치함.
- 자재 공급 범위 : T/G 공급자 ———, 구매자 ———.

한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

수소 냉각 계통도

그림 10.2.2-1

INSTRUMENT LEGENDS

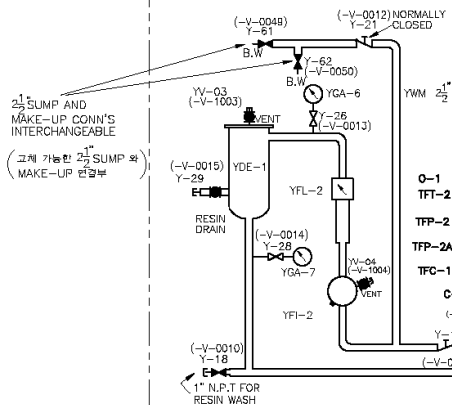
YGA-14 ---- PRESSURE GAUGE (YBF)(0-60 PSI)(0-4KG CM<sup>2</sup>)  
(5/6-517-J-P1-0012)  
YGA-15 ---- PRESSURE GAUGE (YBD)(0-60 PSI)(0-4KG CM<sup>2</sup>)  
(5/6-517-J-P1-0013)  
YPC-63 ---- CONSTANT PRESSURE CONTROLLER FOR VALVE Y-63 (25 SCFH MAX.)  
(5/6-517-J-PDC-0001)  
YBFI-1 ---- FILTER, H. V. BUSHING INLET  
YST-1 ---- STRAINER, GENERATOR INLET  
YST-2 ---- STRAINER, DEIONIZER OUTLET.  
YB-40 ---- FLOW CONTROL VALVE TO REGULATE FLOW THROUGH BUSHINGS AT RATED VALUE.  
YBFL-1 ---- BUSHING COOLING WATER LOW WATER AND ALARM SWITCH, ALARM AT LOW WATER FLOW ALARM VALUE.  
(5/6-517-J-FIS-0001)  
TFC-1 ---- TEMPERATURE DETECTOR MEASURES INLET WATER TEMPERATURE FOR 23-CS88  
(5/6-517-J-TE-0005)  
EFT-11 ---- GENERATOR COOLING WATER DIFFERENTIAL PRESSURE TRANSMITTER-TO MARK VI.  
(5/6-517-J-FT-0001)  
EPT-12 ---- GENERATOR ELECTRONIC PRESSURE TRANSMITTER-TO MARK VI.  
(5/6-517-J-PT-0002)

NOTE

1. ALTERNATE USE OF THE COOLING LIQUID CIRCULATING PUMPS ONCE EACH WEEK.
2. ONCE EACH WEEK OPERATE VALVE 20-95 TO CHECK OPERATION OF THE 63-P60A AND TURBINE 63-P60B PRESSURE SWITCHES FOR STARTING RESERVE PUMP.
3. ALL VALVES AND PIPE FLANGES SHOWN AS REQUIRED DURING NORMAL OPERATION.
4. NOTES TO FIELD AND FACTORY (PIPING INSTRUCTIONS) SEE 143A5138.
5. FOR SET POINT SEE SUPPLEMENTARY DRAWING ( G2EA0021 (9-001-L-470-007) ) OR DESIGN DATA SHEET UNDER TAB #30 OF THE GENERATOR INSTRUCTION BOOK.
6. [V/V NO. : 5/6 -517-V-0000] THE (-V-\*\*\*\*) INDICATED IN THIS DRAWING MEAN THE VALVE NO. 5/6-517-V-\*\*\*\*.

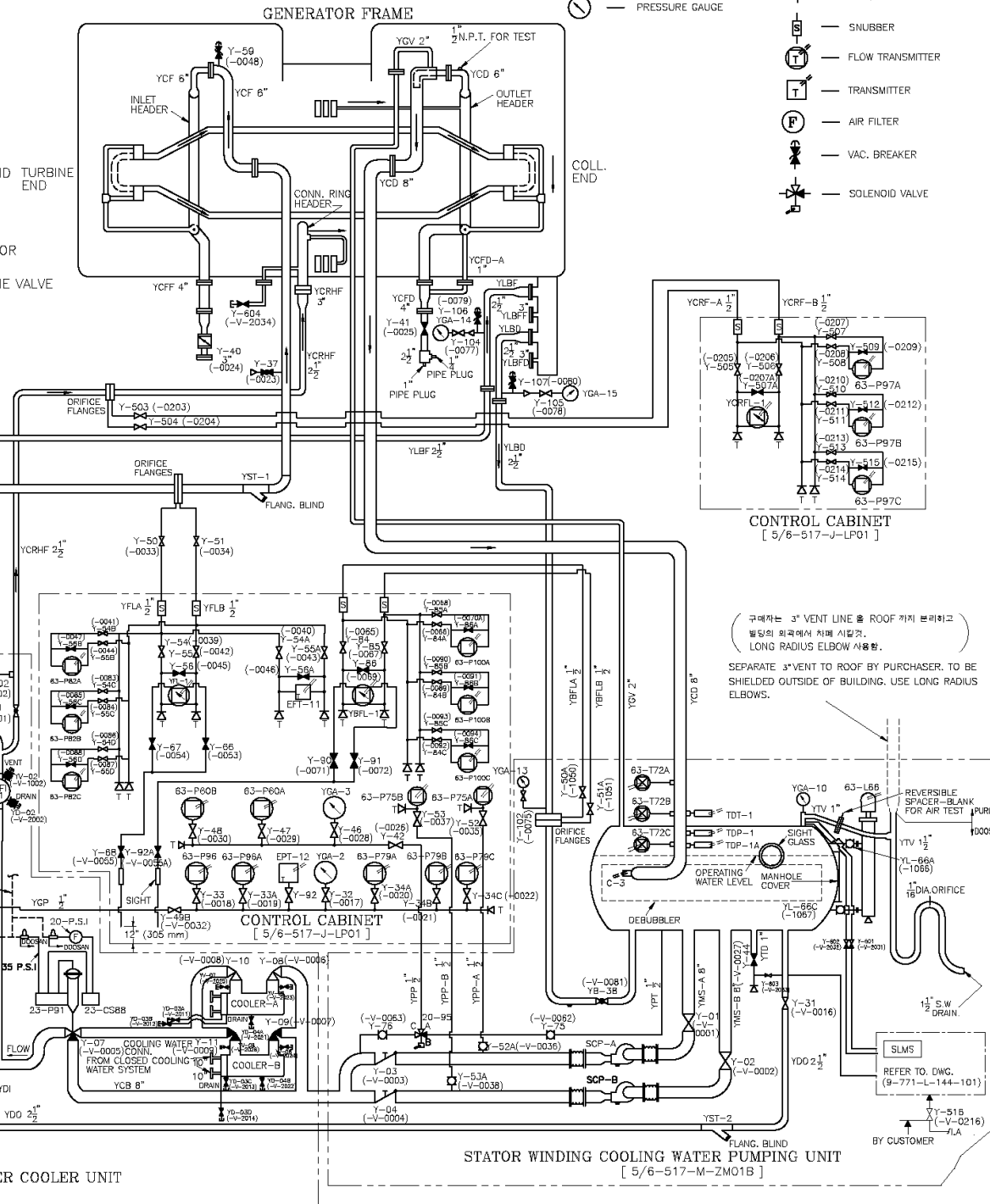
1. 냉각액체순환펌프는 매주마다 한번씩 교체하여 사용할것.
2. 매주마다 한번씩 VALVE 20-95 를 작동하여 예비 PUMP 시동용 압력 SWITCH 인 63-P60A 와 63-P60B 의 작동을 CHECK 할것.
3. 정상작동시의 모든 VALVE 와 PIPE FLANGE 는 그림과 같다.
4. FIELD 와 FACTORY (PIPING 작업지시서) 에서 주의사항: 143A5138.
5. POINT SETTING 을 위해 보충 DWG ( G2EA0021 (9-001-L-470-007) ) 혹은 GENERATOR INSTRUCTION BOOK 의 TABLE #30 에 있는 DESIGN DATA SHEET 를 볼것.
6. 본 도면에 표기된 (-V-\*\*\*\*)는 VALVE NO 5/6-517-V-\*\*\*\*를 의미함

- CUSTOMER MAKE-UP WATER CONNECTION MUST BE AISI 304 OR 316 STAINLESS STEEL PIPE.
- MAKE-UP WATER TO BE UNTREATED BOILER MAKE-UP WATER OBTAINED DIRECTLY AFTER MIXED BED POLISHER OF THE BOILER MAKE-UP WATER DEMINERALIZER.
- NORMAL MAKE-UP WATER DEMAND APPROXIMATELY 60 GALLONS PER MONTH OR LESS.
- CUSTOMER 는 MAKE-UP WATER의 연결부를 AISI 304 또는 316 STAINLESS STEEL PIPE를 할것.
- MAKE-UP WATER 는 BOILER MAKE-UP WATER DEMINERALIZER 의 BED POLISHER 의 출구부 글러브 밸브 들어온 미지치된 BOILER MAKE-UP WATER 할.
- 정상적인 MAKE-UP WATER 는 한달에 약 50 GALLONS (약 190 LR) 정도 사용함.



STATOR WINDING COOLING WATER COOLER UNIT  
[ 5/6-517-M-ZM01A ]

SINGLE PASS CONSTANT FLOW  
WATER COOLED BUSHINGS



SYMBOL LEGENDS

- ① --- DRAIN (PLUGGED)  
X --- VALVE, GATE  
X --- VALVE, GLOBE  
X --- VALVE, BALL  
Z --- STOP CHECK VALVE  
Z --- BUTTERFLY CONTROL VALVE  
② --- PRESSURE GAUGE

- PRESSURE SWITCH  
--- THERMOSTAT  
--- FLOWMETER AND SWITCH  
--- PIPE CONNECTION WITH CAP  
--- PIPE CONNECTION WITH PLUG  
--- PRESSURE REGULATOR  
--- TEST/CALIBRATION CONNECTION  
--- SNUBBER  
--- FLOW TRANSMITTER  
--- TRANSMITTER  
--- AIR FILTER  
--- VAC. BREAKER  
--- SOLENOID VALVE

구매자는 3" VENT LINE 을 ROOF 까지 분리하고  
발달의 외곽에서 차례 시공할것.  
LONG RADIUS ELBOW 사용함.

SEPARATE 3" VENT TO ROOF BY PURCHASER, TO BE  
SHIELDED OUTSIDE OF BUILDING. USE LONG RADIUS  
ELBOWS.

INSTRUMENT LEGENDS

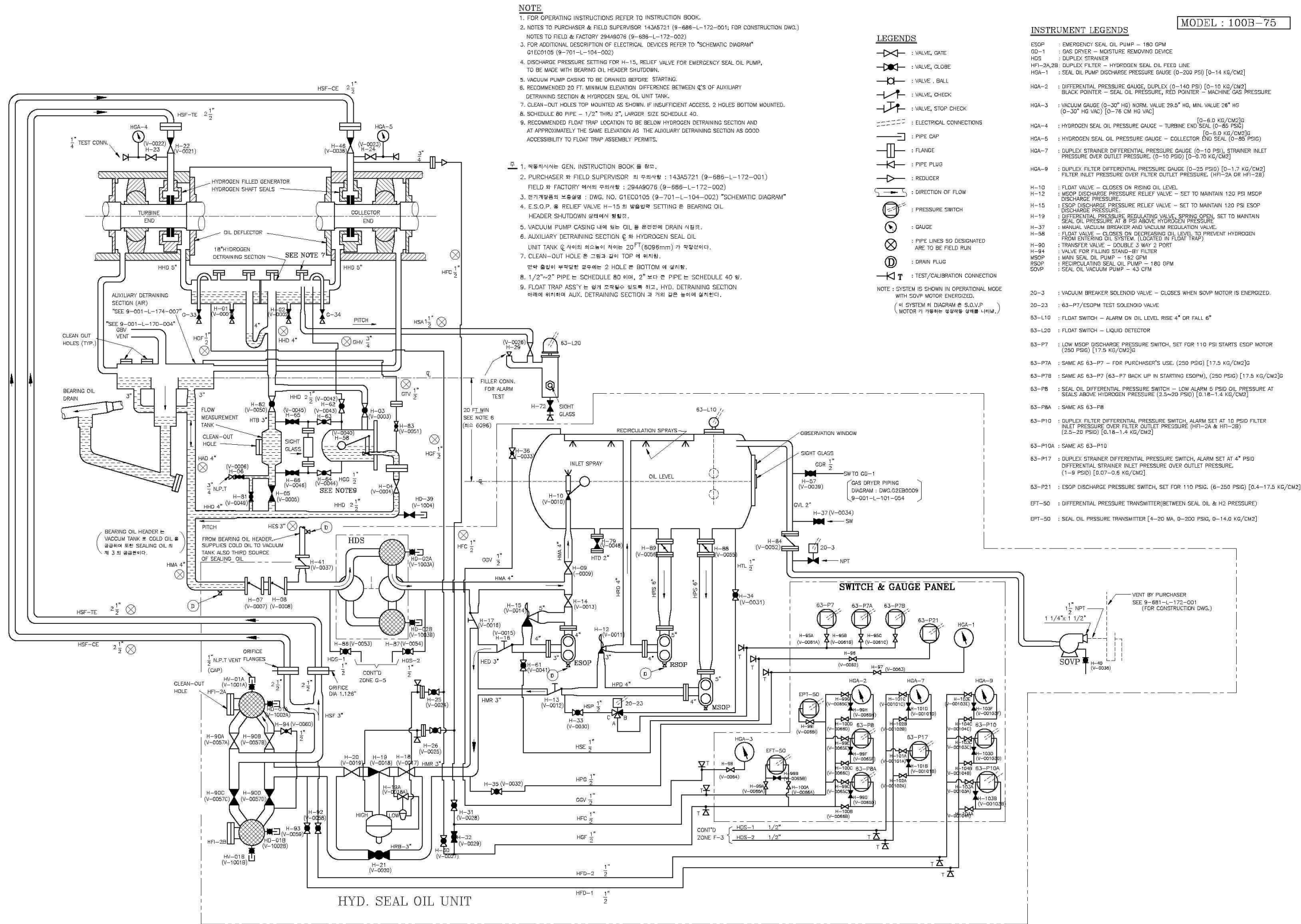
- 20-95 ---- RESERVE PUMP TEST SOLENOID VALVE.  
(5/6-517-V-0003)  
23-CS88 ---- CONTROLLER FOR Y-07 WITH TEMPERATURE METER (SENSES INLET WATER TEMPERATURE) (10 SCFH).  
(5/6-517-J-TC-0005)  
23-P91 ---- VALVE POSITIONER FOR Y-07 (10 SCFH MAX.).  
(INCLUDED IN 5/6-517-V-0005)  
63-L66 ---- HIGH LOW LEVEL SWITCH - ALARMS AT 4" ABOVE 4" BELOW OPERATING WATER LEVEL.  
(5/6-517-J-L5-0001)  
63-P60A ---- PUMP DISCHARGE PRESSURE SWITCH STARTS RESERVE PUMP ON DECREASE OF DISCHARGE PRESSURE  
CORRESPONDING TO LOW WATER FLOW RUNBACK VALUE.  
(5/6-517-J-PS-0008X)  
63-P60B ---- PUMP DISCHARGE PRESSURE SWITCH STARTS RESERVE PUMP ON DECREASE OF DISCHARGE PRESSURE  
CORRESPONDING TO LOW WATER FLOW RUNBACK VALUE-BACK TO 63-P60A  
(5/6-517-J-PS-0008Y)  
63-P75A ---- PRESSURE SWITCH-CONTACT CLOSURES ON INCREASING PRESSURE IN SCP-A DISCHARGE FOR PURCHASER'S USE.  
(5/6-517-J-PS-0001)  
63-P75B ---- PRESSURE SWITCH-CONTACT CLOSURES ON INCREASING PRESSURE IN SCP-B DISCHARGE FOR PURCHASER'S USE.  
(5/6-517-J-PS-0001)  
63-P77 ---- DIFFERENTIAL PRESSURE SWITCH MEASURES DIFFERENTIAL PRESSURE ACROSS MAIN FILTER (YFI-1), ACTUATES  
ALARMS ON HIGH DIFFERENTIAL PRESSURE.  
(5/6-517-J-PDS-0002)  
63-P79A,B,C ---- GENERATOR INLET PRESSURE SWITCH ACTIVATES TURBINE RUNBACK AT INLET PRESSURE CORRESPONDING TO  
LOW WATER FLOW RUNBACK VALUE.  
(5/6-517-J-PS-0003X,0003Y,0003Z)  
63-P96 ---- GENERATOR INLET PRESSURE SWITCH ACTIVATES LOW INLET PRESSURE ALARM AT INLET PRESSURE  
CORRESPONDING TO LOW WATER FLOW RUNBACK VALVE.  
(5/6-517-J-PS-0004)  
63-P96A ---- SAME AS 63-P96, FOR PURCHASER'S USE.  
(5/6-517-J-PS-0005)  
63-P82A,B,C ---- DIFFERENTIAL PRESSURE SWITCH MEASURES DIFFERENTIAL PRESSURE ACROSS FLOW MEASURING ORIFICE,  
ACTUATES TURBINE RUNBACK CORRESPONDING TO LOW WATER FLOW RUNBACK VALVE.  
(5/6-517-J-PS-0003X,0003Y,0003Z)  
63-P97A,B,C ---- DIFFERENTIAL PRESSURE SWITCH MEASURES DIFFERENTIAL PRESSURE ACROSS FLOW MEASURING ORIFICE,  
ACTUATES TURBINE RUNBACK CORRESPONDING TO LOW WATER FLOW RUNBACK VALVE.  
(5/6-517-J-PS-0003X,0003Y,0003Z)  
63-P100A,B,C ---- DIFF. PRESS. SW MEASURES DIFF. PRESS. ACROSS BUSHING FLOW MEASURING ORIFICE, ACTUATES TURBINE  
RUNBACK CORRESPONDING TO LOW WATER FLOW RUNBACK VALVE.  
(5/6-517-J-PS-0006X, 0006Y, 0006Z)  
63-T72A,B,C ---- BULK OUTLET WATER TEMPERATURE THERMOSTAT ACTIVATES TURBINE RUNBACK AT HIGH WATER TEMPERATURE.  
(5/6-517-J-TS-0003X,0003Y,0003Z)  
C-1 ---- GENERATOR INLET CONDUCTIVITY CELL AND TEMPERATURE COMPENSATOR FOR CDI-1.  
(5/6-517-J-CE-0001)  
C-3 ---- GENERATOR OUTLET CONDUCTIVITY CELL AND TEMPERATURE COMPENSATOR FOR CDI-3.  
(5/6-517-J-CE-0002)  
SCP-A,B ---- STATOR COOLANT PUMPS - EITHER PUMP RUNNING IN NORMAL OPERATION, OTHER PUMP IN STANDBY RESERVE.  
(5/6-517-M-PP01,02)  
TDP-1 ---- TEMPERATURE DETECTOR MEASURES BULK OUTLET WATER TEMPERATURE - FOR MARK VI.  
(5/6-517-J-TE-0003)  
TDP-1A ---- TEMPERATURE DETECTOR MEASURES BULK OUTLET WATER TEMPERATURE - FOR PURCHASER'S USE.  
(5/6-517-J-TE-0004)  
TDT-1 ---- TEMPERATURE DETECTOR FOR 26-4. (METER IN CABINET) TO MEASURE BULK OUTLET WATER  
TEMPERATURE AND ALARM  
(5/6-517-J-TE-0002)  
TFP-2 ---- TEMPERATURE DETECTOR MEASURES INLET WATER TEMPERATURE - FOR MARK VI.  
(5/6-517-J-TE-0006)  
TFP-2A ---- TEMPERATURE DETECTOR MEASURES INLET WATER TEMPERATURE - FOR PURCHASER'S USE.  
(5/6-517-J-TE-0007)  
TFP-2B ---- TEMPERATURE DETECTOR FOR 26-3 (METER IN CABINET) TO MEASURE INLET WATER TEMPERATURE AND ALARM.  
(5/6-517-J-TE-0001)  
Y-07 ---- TEMPERATURE CONTROL VALVE, PROPORTIONS COLD AND HOT WATER TO MAINTAIN CONSTANT INLET WATER  
TEMPERATURE AT RATED VALUE. (5/6-517-V-0005)  
Y-19 ---- STOP-CHECK VALVE ALLOWS MAKE UP WATER FLOW ONLY THROUGH DEIONIZER, ALSO USED TO CONTROL FLOW  
THROUGH DEIONIZER - ADJUSTED TO PROVIDE RATED FLOW. (5/6-517-V-0011)  
Y-37 ---- GAUGE CONNECTION FOR SETTING CONTROLS (APPROX. 1-F.T. BELOW GENERATOR CASING)(5/6-517-V-0023)  
Y-58 ---- ANTI-SIPHON AND VENT VALVE - ATMOSPHERE. (5/6-517-V-0048)  
Y-63 ---- FLOW CONTROL VALVE MAINTAINS GENERATOR COOLING WATER FLOW AT RATED VALUE.  
YDE-1 ---- DEIONIZER. (5/6-517-M-DD-0001)  
YFL-1 ---- GENERATOR COOLING WATER FLOW METER AND ALARM SWITCH, ALARM AT LOW WATER ALARM VALUE.  
(5/6-517-J-FIS-0002)  
YCRFL-1 ---- CONNECTION RING COOLING WATER FLOW METER AND ALARM SWITCH, ALARM AT LOW WATER ALARM VALUE.  
(5/6-517-J-FIS-0003)  
YFL-2 ---- DEIONIZER FLOWMETER  
(5/6-517-J-FI-0001)  
YFI-1 ---- FILTER, GENERATOR INLET.  
YFI-2 ---- FILTER FOR MAKE-UP WATER.  
YGA-2 ---- PRESSURE GAUGE (GENERATOR INLET) (0-140 P.S.I.) (0-10KG CM<sup>2</sup>)  
(5/6-517-J-P1-0001)  
YGA-3 ---- PRESSURE GAUGE (PUMP DISCHARGE) (0-220 P.S.I.) (0-16KG CM<sup>2</sup>)  
(5/6-517-J-P1-0002)  
YGA-5 ---- DIFFERENTIAL PRESSURE GAUGE (YFI-1 OUTLET (0-28 P.S.I.)( 0-1.9KG CM<sup>2</sup>)  
(5/6-517-J-PDI-0004)  
YGA-6 ---- PRESSURE GAUGE (YDE-1 INLET)(0-213 P.S.I.)( 0-15KG CM<sup>2</sup>)  
(5/6-517-J-P1-0005)  
YGA-7 ---- PRESSURE GAUGE (YDE-1 OUTLET) (0-213 P.S.I.)(0-15KG CM<sup>2</sup>)  
(5/6-517-J-P1-0006)  
YGA-8 ---- DIFFERENTIAL PRESSURE GAUGE (YBFI-1 INLET) (0-28 P.S.I.)( 0-1.9KG CM<sup>2</sup>)  
(5/6-517-J-PDI-0007)  
YGA-10 ---- PRESSURE GAUGE (WATER STORAGE TANK) (30" VAC. -0-40 P.S.I.)  
(5/6-517-J-P1-0009)  
YGA-12 ---- PRESSURE GAUGE (YBF)(0-142 PSI)(0-10KG CM<sup>2</sup>)  
(5/6-517-J-P1-0010)  
YGA-13 ---- PRESSURE GAUGE (YBD)(0-142 PSI)(0-10KG CM<sup>2</sup>)  
(5/6-517-J-P1-0011)  
O-1 ---- OXYGEN PROBE FOR SLMS (REFER TO SLMS GAS PIPING CONNECTION (9-771-L-144-101))  
(5/6-517-J-AE-0001)  
YGA-50 ---- PRESSURE GAUGE (YBF)(0-142 PSI)(0-10KG CM<sup>2</sup>)  
(5/6-517-J-P1-0014)



한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

고정자 냉각 계통도

그림 10.2.2-2



## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

### 10.3 주증기계통

#### 10.3.1 설계기준

주증기계통의 설계기준은 다음과 같다.

가. 증기발생기 2차측으로부터 터빈발전기로 증기를 이송

나. 발전소 냉각의 초기단계 동안 열을 제거

다. 터빈 또는 원자로 정지시 원자로냉각재계통의 열을 제거

라. 주복수기의 사용이 불가능할 경우 열을 제거

마. 아래에 제시된 계통에 증기를 공급

급수펌프터빈계통, 보조급수펌프터빈계통, 습분분리재열기 2단재열기, 터빈증기 밀봉계통, 보조증기계통, 공정시료채취계통.

바. 필요시(원자로건물 격리나 냉각재상실사고를 포함) 주증기계통의 격리밸브후단과 증기발생기를 격리

사. 주증기계통이나 핵증기공급계통을 위하여 충분한 과압보호장치를 설치

아. 적절한 설계코드에 따른 설계

자. 가동중 육안검사가 가능하도록 설계

차. 운전원 및 인접 기기를 보호하고 에너지 손실을 방지하기 위하여 열적으로 단열되도록 설계

주증기계통의 안전성관련 부분은 증기발생기로부터 주증기격리밸브를 포함하는 부분까지이다.

#### 10.3.2 계통 설명

주증기계통 배관 및 계장도는 그림 10.3.2-1에 제시되어 있다.

증기는 원자로냉각재계통으로부터 주급수계통으로 전달된 열에 의해 2대의 증기발생기에

서 생산된다.

터빈구동 보조급수펌프를 위한 증기는 주증기격리밸브 전단의 원자로건물 외부에 있는 4개의 주증기배관 중 2개를 통하여 2대의 증기발생기로부터 공급된다.

2

ASME 규격에 따라 제작된 4개의 주증기배관별로 각각 설치된 5개의 스프링구동 주증기안전밸브는 증기발생기 셀측과 터빈정지밸브 입구까지의 주증기배관의 과압보호를 위해 주증기배관에 설치된다.

주증기대기방출밸브는 주증기안전밸브와 주증기격리밸브 전단에 있는 각 주증기배관에 설치된다.

각각의 주증기배관에는 정방향 흐름과 역방향 흐름을 차단할 수 있도록 주증기격리밸브가 설치된다. 각 주증기격리밸브에는 주증기격리밸브 후단 증기배관의 예열과 주증기격리밸브 전단과 후단의 압력평형을 위하여 우회배관이 설치된다. 주증기격리밸브 후단에서 4개의 주증기배관이 하나의 모관으로 연결된다. 주증기모관은 터빈에 근접한 위치에 설치하여 고압터빈 정지밸브 및 제어밸브로 연결되는 배관 내부의 압력 평형을 이룬다. 터빈정지밸브와 터빈제어밸브는 터빈 정지 또는 제어를 위하여 4개의 배관에 각각 설치된다.

주증기모관으로부터 분기된 배관은 습분분리재열기, 터빈증기밀봉계통, 주급수펌프터빈 및 보조증기모관으로 증기를 공급한다.

8개의 터빈우회밸브 역시 주증기모관으로부터 분기된다. 터빈우회밸브들은 10.4.4절에 기술된다. 증기는 이 밸브들을 통해 복수기로 우회할 수 있다.

2



주증기계통의 주요 설계자료는 표 10.3.2-1에 제시되어 있다.

#### 10.3.2.1 계통 성능

가. 증기발생기로부터 주증기격리밸브를 포함한 부분까지의 주증기배관 및 격리밸브들, 모든 증기분배관 및 격리밸브들, 연관된 모든 지지물은 내진범주 I급 및 KEPIC MNC(해외구매 품목은 ASME Sec. III NC)에 의해 설계된다. 나머지 증기배관은 KEPIC MGE에 따라 설계된다. 증기배관과 지지물은 주증기배관 파단이나 격리밸브 닫힘과 같은 단일사고가 발생하더라도 다음과 같은 사고가 발생하지 않도록 설계된다.

- 1) 냉각재상실사고 유발
- 2) 타 증기발생기의 안전등급 증기배관 및 급수배관, 주증기격리밸브, 주급수 격리밸브, 주증기안전밸브, 주증기대기방출밸브 또는 증기발생기 취출배관 격리밸브의 고장유발
- 3) 공학적안전설비계통 성능저하 유발
- 4) 원자로건물 압력경계부에 과도한 부하 전달
- 5) 발전소 주제어실의 기능 손상
- 6) 원자로냉각재계통의 순차적 냉각기능 방해

나. 주증기배관과 밸브의 설계압력, 온도 그리고 정격유량은 증기발생기 2차측의 설계압력, 온도, 정격유량 이상으로 설계된다.

#### 10.3.2.2 계통 배치

가. 원자로건물 외부에서부터 주증기격리밸브를 포함한 부분까지 주증기배관에 설치된 모든 밸브는 가능한 한 원자로건물 벽에 근접하도록 위치한다.

나. 주증기격리밸브와 터빈정지밸브 사이의 주증기배관은 하나의 모관으로 연결된다. 모관은 각 증기발생기 증기노즐과 모관 사이의 압력강하가 가능한 한 동일하도록 배치된다. 특히 증기배관간의 압력 차이는 다음의 범위 내에 있도록

설계된다.

- 1) 0~15 % 출력운전시  $0.07 \text{ kg/cm}^2(1 \text{ psi})$
- 2) 15~100 % 출력운전시  $0.21 \text{ kg/cm}^2(3 \text{ psi})$

- 다. 증기발생기와 주증기안전밸브 사이에는 격리밸브가 없다. 증기발생기와 주증기안전밸브 사이의 주증기배관은 압력강하가 최소화되도록 설계된다.
- 라. 주증기격리밸브, 주증기안전밸브, 주증기대기방출밸브, 주증기격리밸브 우회밸브, 주급수격리밸브 그리고 취출수격리밸브는 필수안전기능을 수행할 수 있도록 소내 비산물이나 고에너지배관 파단(즉, 배관휨, 비산물 충격 및 증기 환경)으로 인한 영향으로부터 보호된다.
- 마. 주증기안전밸브는 ASME Sec. III, Class 2의 요건에 따라 설치된다.
- 바. 주증기안전밸브 및 주증기대기방출밸브 후단배관은 정상 및 방출조건시 제한된 하중을 초과하지 않도록 방출하중을 최소화할 수 있게 배치되고 지지된다.
- 사. 주증기배관 파단과 정상교류전원상실사고의 조합 또는 증기발생기 전열관파단과 정상교류전원상실사고와 같은 조합된 사고시 손상되지 않은 증기발생기의 주증기대기방출밸브의 수동조작은 수동조작설비(조작용 레버 등)에 의해 가능하다.
- 아. 터빈구동 보조급수펌프가 운전되는 경우를 제외하고 주증기격리밸브 전단에 위치하는 각 자동동작밸브들은 주증기격리신호를 받으면 닫힌다. 이차측 배관 파단 후 한개의 주증기 격리밸브가 닫히지 않을 경우, 보조급수펌프 터빈으로 공급되는 증기를 포함하여 격리되지 않은 증기관을 통해 방출되는 증기의 허용 가능한 최대 유량은  $9.07 \times 10^5 \text{ kg/hr}(2.0 \times 10^6 \text{ lb/hr})$ 로 설계된다.
- 자. 계통배관은 운전에 앞서 외부로부터 유입된 이물질과 녹을 제거하기 위한 세정이 가능하도록 설계된다.
- 차. 보조급수펌프터빈 공급증기는 주증기격리밸브 전단에 있는 주증기배관에서 취출된다.
- 카. 주증기배관 파단시, 주증기격리밸브 후단 이후의 증기배관들은 주증기격리신호에 따라 각 증기배관의 제어계통에 의해 격리되는 것이 입증되어야 하며, 격리되지 않은 증기배관을 통한 취출의 경우 그 결과가 허용 가능한 것으로 입증되어야 한다. 주증기격리밸브 후단 이후에 설치되는 밸브와 밸브제어계통은 KEPIC MN, 내진범주 I급, KEPIC ENB에 따라 설계할 필요가 없다.

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

- 타. 주증기안전밸브 및 주증기대기방출밸브는 이들 밸브와 주증기배관 사이에서 발생하는 응축수는 주증기배관으로 배출될 수 있도록 배치된다.
- 파. 주증기배관은 낮은 부위(low point)가 최소화될 수 있도록 배치된다.
- 하. 최대 보증증기유량률에서의 압력강하는 터빈정지밸브에서 입구 습분함유율을 0.5%를 초과하지 않는다. 터빈공급자는 터빈정지밸브에서 계산된 습분량을 수용한다.
- 거. 주증기배관의 배수계통은 최초 터빈기동 전과 기동되는 동안 그리고 발전소 정지기간 동안에 응축수를 제거하도록 설계된다.
- 1) 주증기배관에서의 배수지점은 발전소 기동, 정지 또는 정상운전 동안에 응축수가 모일 수 있는 낮은 지점에 위치한다. 특별히 낮은 지점이 없는 긴 배관에서는 배관 끝단부에 설치된다. 낮은 지점 배수배관은 최소 직경이 0.31 m(12 in)인 배수 포트로 구성된다.
  - 2) 각 주증기격리밸브 전단의 낮은 지점에 배수배관이 설치된다.
  - 3) 배수배관의 배치형태는 아래로 향하고, 유량이 흐르는 방향의 모든 수평배관은 적절한 경사도로 아래로 향하도록 설치된다.
  - 4) 주증기배관의 배수는 복수기로 흐르도록 배치된다.
  - 5) 주증기계통의 배수는 터빈제어밸브의 후단에서 배수되는 분기관으로는 연결되지 않는다.
  - 6) 각 배수배관에는 이중밸브가 설치된다. 이들 밸브 중 하나는 공기압으로 작동되며, 고장시 열리도록 배열된다. 두 번째 밸브는 수동형이고 열림잠금 밸브이다.
  - 7) 증기트랩은 자동 다중 배수계통에 연결되어 사용되는 경우를 제외하고, 계통운전에 필수적인 배수를 위해 사용되지 않는다.
  - 8) 모든 주증기계통의 배수배관과 밸브 포트는 이물질에 의한 관막힘 현상을 방지하기 위해 최소직경을 2.54 cm(1 in) 이상으로 한다.
  - 9) 증기발생기로부터 주증기격리밸브 사이에 위치하는 안전성관련 배수배관에는 원격구동 안전성관련 배수격리밸브와 비안전성관련 배수밸브가 설치된

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

다. 주증기격리밸브에서 터빈까지의 비안전성관련 주증기계통 배수는 자동적으로 작동된다.

너. 각 증기발생기를 위한 주증기격리밸브는 각 증기발생기와 주증기격리밸브 사이의 배관이 최대 56,634 L(2,000 ft<sup>3</sup>)(각 증기발생기당 2개의 주증기배관 총합)의 체적을 갖도록 배열된다.

더. 주증기배관은 주증기격리밸브와 터빈정지밸브 사이의 체적이 최대 396,438 L(14,000 ft<sup>3</sup>)이 되도록 배열되고 여기에는 각각의 격리밸브까지의 모든 주증기배관을 포함한다.

러. 각 증기발생기의 주증기배관에는 증기발생기가 충수되는 동안 각 증기발생기의 내부압력을 약 0.35 kg/cm<sup>2</sup>(5 psig) 이상으로 유지하기 위해 질소가스를 공급하기 위한 연결배관이 설치된다.

머. 주증기계통은 잠재적인 증기과도현상을 최소화하도록 설계되고, 증기수격에 따른 동하중과 계통밸브의 급속한 닫힘 등으로부터 야기되는 주증기안전밸브 방출하중을 지지하도록 설계된다.

### 10.3.2.3 배관, 밸브, 계측설비 및 보온

#### 10.3.2.3.1 배관

가. 주증기배관 및 지지물은 증기발생기 과충수로 인해 발생할 수 있는 충수된 주증기배관의 정적하중과 3.9.3절에 규정된 설계기준사고와 다양한 운전으로부터 발생하는 하중을 견딜 수 있도록 설계된다.

나. 주증기배관의 증기발생기 연결 부위는 최대 허용 노즐하중이 초과되지 않도록 설계된다.

다. 일반 시공용 자재뿐만 아니라 납, 수은, 황 등의 저용융점 물질을 포함하는 보호용 코팅제는 증기발생기 2차 계통에 접촉될 수 있는 곳에 사용되지 않는다. 이것은 증기발생기의 튜브재질에 대해 응력부식균열의 가능성을 최소화하기 위해 요구된다.

라. 주증기배관은 유체속도가 45.72 m/sec(150 ft/sec) 이내로 흐를 수 있도록 설계된다.

마. 주증기배관의 배치형태는 90° 엘보우나 마이터(miter)의 사용이 최소화되도록

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

한다.

바. 주증기배관의 재질은 탄소강으로 설계된다.

사. 주증기배관은 수압시험시 가해지는 정하중을 지지할 수 있도록 설계된다.

아. KEPIC MI의 요건에 따라 주증기배관 중 KEPIC MNC 부위의 가동중검사 수행을 위해 적절한 공간이 제공된다.

자. 주증기안전밸브 입구에 루프 밀봉은 이용되지 않는다.

### 10.3.2.3.2 밸브

#### 10.3.2.3.2.1 주증기격리밸브와 주증기격리밸브 우회밸브

가. 모든 밸브는 설계조건하에서 닫히는 동안 발생하는 과도한 단힘하중으로 인한 손상이 없도록 설계된다.

나. 밸브 완전개방상태의 정격유량에서 주증기격리밸브를 통한 압력강하는  $0.21 \text{ kg/cm}^2$  (3psi)가 초과되지 않도록 설계된다.

다. 각 주증기배관에 있는 주증기격리밸브와 주증기격리밸브 우회밸브는 원격으로 작동되며, 각 밸브의 양방향에서 배관과단으로 인한 과도상태로부터 야기되는 주증기배관의 유량, 온도 및 압력 하에 완전단힘상태를 유지할 수 있도록 설계된다.

라. 주증기격리밸브가 닫힌 상태에서의 누설률은  $84.37 \text{ kg/cm}^2\text{A}$  (1,200 psia)의 증기 발생기 압력에서 정방향 흐름일 때 정격유량의 0.001 %를 초과하지 않아야 하며, 역방향 흐름에서는 0.1 %를 초과하지 않도록 설계된다.

마. 주증기관과단시 주증기격리신호가 발생 후 주증기격리밸브의 완전열림에서 완전단힘 간의 행정시간은 5초 이내이다. 주증기격리밸브 우회밸브는 주증기격리신호를 받은 시점으로부터 10초 이하이어야 한다.

바. 주증기격리밸브와 주증기격리밸브 우회밸브는 밸브몸체나 작동기기가 배관과단 발생시 추력하중으로 인해 변형되거나 닫힐 수 없는 각도로 변형되지 않도록 지지된다.

사. 주증기격리밸브와 주증기격리밸브 우회밸브는 KEPIC MOC의 가동중시험 요

건을 충족하도록 설계, 제작 및 설치된다.

- 아. 주증기격리밸브와 주증기격리밸브 우회밸브는 원자로건물격리밸브를 위한 원자로 시설 등의 기술기준에 관한 규칙 제23조 및 일반설계기준 57의 요건을 충족한다.
- 자. 주증기격리밸브와 주증기격리밸브 우회밸브는 고장시 단힘구조의 밸브이며, 주증기격리신호를 받으면 자동으로 닫힌다.
- 차. 주증기격리밸브와 주증기격리밸브 우회밸브 및 주증기격리밸브 지지물과 주증기격리밸브 우회밸브 지지물은 3.9.3절에 기술된 바와 같이 다양한 운전과 설계기준사고로부터 발생하는 하중을 지지하도록 설계된다.
- 카. 주증기격리밸브와 주증기격리밸브 우회밸브는 능동밸브로 규정되며, SRP 요건을 만족하도록 설계된다.

#### 10.3.2.3.2.2 주증기안전밸브

- 가. 각 주증기배관에는 원자로건물과 주증기격리밸브 사이에 ASME 코드를 따르는 스프링구동 주증기 안전밸브가 공급된다.
- 나. 밸브들의 총 방출능력은 각 주증기배관에 동등하게 분할되며 ASME Sec. III에 따라 설정된다.
- 다. 주증기안전밸브는 운전작동성시험시 설정압력 허용제한치 이내의 압력에서 완전 개방되며 허용제한치는 과도분석 및 제어계통설계에 따라 설정된다.
- 라. 주증기안전밸브는 내진설계된 주증기배관에 연결된 분리모관 상에 설치된다.
- 마. 주증기안전밸브와 지지물은 3.9.3절에 명시된 설계기준사고와 다양한 운전으로부터 발생하는 하중을 견딜 수 있도록 설계된다.
- 바. 배관 및 밸브의 배열은 부착물상의 하중을 최소화하고 분석은 KEPIC MNZ 부록 O를 사용하여 설계를 확인한다.
- 사. 주증기안전밸브의 열림 동작은 설정압력 근처의 경미한 누설을 최소화하도록 설계된다.
- 아. 주증기안전밸브의 설정압력은 ASME Sec. III, NC-7000에 따라 계산되며, 다음 사항을 포함한다.

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

- 1) 증기발생기 설계압력( $84.37 \text{ kg/cm}^2\text{A}$ ( $1,200 \text{ psia}$ ))의 110 %에 해당하는 최대 허용압력)
  - 2) 3 %의 밸브압력 축적. 밸브 재설정 압력은 설정압력의 5 % 이상
  - 3) 1 %의 밸브 설정압력 오차
  - 4) 증기발생기 노즐과 주증기안전밸브 사이의 전체 차압
- 자. 전체 주증기안전밸브의 용량은 증기발생기 설계압력의 110 %에서  $8.62 \times 10^6 \text{ kg/hr}$  ( $19 \times 10^6 \text{ lb/hr}$ )의 용량을 통과할 수 있도록 설계된다.
- 차. 주증기안전밸브당 최대 증기유량은  $70.31 \text{ kg/cm}^2\text{A}$ ( $1,000 \text{ psia}$ )에서  $9.07 \times 10^6 \text{ kg/hr}$  ( $2.0 \times 10^6 \text{ lb/hr}$ ) 이하가 되도록 설계된다.
- 카. 주증기안전밸브는 KEPIC MOC의 가동중시험 요건을 충족하도록 설계, 제작 및 설치된다.
- 타. 주증기안전밸브는 능동밸브로 규정되며, SRP 요건을 만족하도록 설계된다.

### 10.3.2.3.2.3 주증기대기방출밸브

- 가. 주증기격리밸브가 닫히거나 복수기가 열제거원으로서의 기능을 상실하였을 때, 각 증기발생기의 냉각을 위해 각 주증기배관에는 1개의 조절형 대기방출밸브가 설치된다. 주증기대기방출밸브는 발전소 비상정지나 고온대기상태 동안 주증기안전밸브의 최저설정치압력 이하로 증기압력을 유지할 수 있도록 설계된다. 각 밸브는 고온대기상태에서 발전소를 유지, 노심붕괴 및 원자로냉각재펌프 열제거 그리고 고온대기에서 정지냉각계통 초기상태까지 제어된 냉각을 수행할 능력이 있어야 한다. 각 밸브는 1대의 증기발생기가 열제거를 수행할 수 없도록 하는 배관파단이나 전열관 파열과 같은 사고시 2대의 주증기대기방출밸브 중 1대의 단일능동고장 및 정상교류전원상실사고가 동시에 발생하여도, 제어된 발전소 냉각을 수행하도록 크기가 선정된다.  $70.31 \text{ kg/cm}^2\text{A}$ ( $1,000 \text{ psia}$ )의 증기발생기 압력에서  $498,952 \text{ kg/hr}$ ( $1,100,000 \text{ lb/hr}$ ) 이상의 포화증기 방출용량을 갖는 주증기대기방출밸브는 입구 설계압력 범위에서 증기유량 요건을 만족한다. 또한, 각각의 밸브는  $70.31 \text{ kg/cm}^2\text{A}$ ( $1,000 \text{ psia}$ )에서  $9.07 \times 10^6 \text{ kg/hr}$  ( $2.0 \times 10^6 \text{ lb/hr}$ ) 이상의 최대 용량을 갖지 않도록 설계된다.

주증기대기방출밸브는 전기-유압식으로 작동되며, 내부에 솔레노이드구동 파이

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

로트밸브와 전자식 밸브 위치지시기를 갖는다. 주증기대기방출밸브는 주 제어 실이나 원격정지실에서 수동으로 작동된다. 이 밸브들은 전원상실시 또는 제어 신호 상실시에 닫히도록 설계된다. 1개의 밸브가 잘못 개방되더라도 원자로 안전이 손상되지 않는다.

소외전원상실시 주증기대기방출밸브를 수동조작을 할 수 있도록 주증기대기방출밸브에 현장 수동제어와 같은 보호대책이 제공된다.

- 나. 핵연료장전 전 고온기능시험 동안 발전소를 고온대기상태로 유지되어야 한다. 이를 위해 각 주증기대기방출밸브는  $76.30 \text{ kg/cm}^2\text{A}$ (1,100 psia)의 증기발생기 압력에서 28,576 kg/hr(63,000 lb/hr)의 유량을 조절할 수 있는 능력이 있도록 설계된다.
- 다. 밸브는 내진설계된 주증기배관에 연결된 분리모관에 위치하며, 각 밸브에 설치된 수직 배출 굴뚝 및 소음기를 통해 대기로 직접 배출되도록 설치된다.
- 라. 배관 및 밸브배열은 부착물의 하중을 최소화하고, 분석은 KEPIC MNZ 부록 O를 사용하여 설계를 확인한다.

주증기대기방출밸브 및 지지물은 3.9.3절에 기술된 설계기준사고와 다양한 운전으로부터 발생하는 하중을 견딜 수 있도록 설계된다.

- 마. 주증기대기방출밸브는 내부부품을 신속히 교체할 수 있도록 설계된다. 즉, 교체가 예상되는 밸브내부부품은 배관으로부터 밸브를 분리하지 않고 정비를 위해 분리할 수 있도록 설계된다.
- 바. 각 주증기대기방출밸브의 전단에는 격리밸브가 공급된다. 격리밸브는 주 제어실에서 열림위치상태로 관리되고 주증기대기방출밸브를 격리하기 위해 원격정지실 및 주 제어실에서 수동 및 원격 위치제어를 할 수 있도록 설계된다.
- 사. 주증기대기방출밸브는 주 제어실이나 원격정지실에서 원격 수동조작이 가능하다. 격리밸브의 작동기와 제어기는 KEPIC ENB에 따라 설계된다.
- 아. 주증기대기방출밸브는 KEPIC MOC의 가동중 시험요건을 충족하도록 설계, 제작 및 설치된다.
- 자. 주증기대기방출밸브는 능동밸브로 규정되며, SRP 요건이 만족되도록 설계된다.



## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

### 10.3.2.3.3 계측 및 제어

제어계통은 필수제어기능 수행을 위해 요구되는 계측제어 기능 및 제어루프 수량을 최소화한다. 제어계통에는 상이한 형식의 계측 제어기기 사용을 최소화 된다.

N-16을 탐지할 수 있는 방사선 감시기 및 경보는 주증기격리밸브 전단 주증기배관 근처에 설치되며, 주증기배관당 1개의 감시기가 제공된다.

#### 10.3.2.3.3.1 주증기격리밸브와 주증기격리밸브 우회밸브

- 가. 주증기격리밸브와 주증기격리밸브 우회밸브는 밸브작동에 다중성을 갖기 위해 별도로 독립된 다중유압회로에 의해 제어된다.
- 나. 주증기격리밸브와 주증기격리밸브 우회밸브는 주제어실과 원격정지실에서 운전 가능하며 주 내용은 다음과 같다.
  - 1) 밸브수동개폐 능력
  - 2) 밸브작동시험 능력(주제어실에만 적용)
  - 3) 밸브 상태 표시(열림/닫힘 표시등)
- 다. 주증기격리밸브와 주증기격리밸브 우회밸브는 주증기격리신호(다중)가 발생하면 연동되어 닫히도록 설계된다. 주증기격리신호를 발생시키는 변수들은 7장에 제시된다.
- 라. 각 주증기격리밸브와 주증기격리밸브 우회밸브는 밸브 작동의 다중성을 갖추도록 물리적으로 격리되고 전기적으로 독립된 유압 구동자를 가진다. 주증기격리신호는 각 다중 유압구동자에 제공된다.
- 마. 주증기격리밸브 및 주증기격리밸브 우회밸브 제어회로는 단일전원고장으로 인하여 밸브가 오작동되지 않도록 설계된다.
- 바. 제어회로의 어떠한 단일고장도 주증기격리밸브와 주증기격리밸브 우회밸브의 닫힘을 막아서는 안된다. 제어회로는 KEPIC ENB의 적절한 설계요건에 따라 설계된다.

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

### 10.3.2.3.3.2 주증기대기방출밸브

가. 주증기대기방출밸브는 주 제어실과 원격정지실에서 운전가능하며 주 내용은 다음과 같다.

- 1) 밸브수동개폐능력
- 2) 밸브상태표시(아날로그(식) 상태표시와 열림/닫힘 표시)

나. 제어회로의 어떠한 단일고장도 각 증기발생기당 적어도 1개의 주증기대기방출밸브의 작동을 방해해서는 안된다. 제어회로는 KEPIC ENB의 적절한 설계요건에 따라 설계된다.

### 10.3.3 안전성 평가

가. 어떠한 주증기배관의 파단이나 계통밸브의 오작동이 발생하더라도 다음과 같은 결과를 초래하지 않는다.

- 1) 보조급수계통의 유량이 최소 요구치 이하로 감소
- 2) 공학적안전설비 성능 저하
- 3) 냉각재상실사고 발생
- 4) 1대 이상의 증기발생기로부터 제어되지 않는 유량 유발
- 5) 원자로건물의 건전성 저해

나. 주증기계통은 증기발생기에서 생산된 증기를 과도한 압력손실 발생 없이 증기발생기 출구로부터 터빈건물 내의 다양한 계통의 기기로 공급한다. 증기는 건조되고 포화된 상태로 생산된다. 계통의 기능적인 요건은 다음과 같다.

- 1) 각 증기발생기와 터빈정지밸브 사이의 압력강하 최소화
- 2) 각 터빈정지밸브 사이와 각 증기발생기 사이에서의 유사한 조건 보장
- 3) 열적팽창을 수용하기 위한 충분한 배관 신축성 제공
- 4) 포화증기로 운전 및 기동되므로 이에 대비한 충분한 배수설비 보장

- 다. 주증기계통의 안전성관련 부분은 내진범주 I급 구조물 내에 포함되고, 3장에 기술된 바람, 태풍, 홍수, 비산물 등과 같은 환경적 위험과 고, 중에너지배관과 단의 영향으로부터 보호할 수 있도록 설계되고 배치된다. 또한 주증기격리밸브, 주증기안전밸브 그리고 주증기대기방출밸브는 내진범주 I급으로 설계된 주증기격리밸브실 내에 위치한다.

#### 10.3.4 검사 및 시험요건

- 가. KEPIC MNC 배관은 KEPIC MNC, MIC에 따라 시험되고 검사된다. KEPIC MGE 배관은 코드의 KEPIC MGE 5000, MGE 6000에 따라 시험되고 검사된다.
- 나. 이물질의 존재와 pH에 대한 시험을 수행하기 위해 증기발생기 노즐과 공통모관 사이의 주증기배관에 시료채취배관이 설치된다.
- 다. 발전소 시운전 및 정비기간 동안 주증기격리밸브들에 대한 단힘 성능은 16장 기술지침서에 따라 시험된다. 주증기격리밸브와 주증기격리밸브 우회밸브들은 KEPIC MOC에 따라 발전소 운전 중 작동성과 누설을 확인하기 위해 주기적으로 가동중 시험을 수행한다.
- 라. 주증기안전밸브는 시운전 및 정비기간 동안 KEPIC MOC에 따라 열림 및 단힘과 관련된 설계압력과 비교한 실제 열림 및 단힘 압력이 시험된다.
- 마. 주증기대기방출밸브와 주증기대기방출밸브 격리밸브 및 주증기배수배관 격리밸브에는 안전등급 밸브의 작동시험과 점검을 위한 KEPIC MOC 요건이 적용된다.
- 바. 모의 주증기격리신호에 따라 주증기격리밸브 응답 확인을 위한 시험이 수행된다.
- 1) 시험의 목적은 10.3.2.3.2.1절에 따라 요구되는 5초의 단힘시간을 확인하고 주증기격리밸브의 기능을 확인하기 위함이다.
  - 2) 시험방법은 밸브 단힘의 실증을 위해 모의 주증기격리신호를 받은 후 밸브 스템 행정지시계에 표시되는 밸브의 단힘까지의 단힘행정시간을 측정한다.
  - 3) 주증기격리밸브는 10.3.2.3절의 허용기준에 따라 닫혀야 한다.

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

### 10.3.5 2차계통 수화학 조건

#### 10.3.5.1 수화학 관리 기준

증기발생기 2차측 수화학은 다음과 같은 방법으로 조절한다.

- 가. 증기발생기내로 유입될 수 있는 불순물의 양을 제한하기 위하여 급수 수질을 엄격히 관리
- 나. 증기발생기의 불순물 농축 효과를 완화하기 위하여 증기발생기 2차측 물을 연속 취출
- 다. 계통의 부식을 최소화하는 환경을 조성하고, 유지하기 위하여 약품 첨가
- 라. 급수계통의 기동전 세척
- 마. 급수가 증기발생기로 유입되기 전에 급수의 용존산소 함유량을 최소화

2차계통 수화학 조건은 계통수의 pH를 유지하고, 급수의 용존산소를 제거하며 고형물 생성을 억제하기 위하여 휘발성 약품을 사용한다.

급수계통을 염기성 조건으로 유지하기 위하여 아민을 주입하는데, pH 조절을 위해 사용되는 아민은 [REDACTED], [REDACTED] 등이다. [REDACTED]

[REDACTED] 아민은 휘발성이 있어서 증기발생기에서 농축되지 않고 증기발생기 수질 상태를 염기성으로 유지한다.

급수의 용존 산소를 제거하기 위하여 하이드라진을 주입한다. 하이드라진은 화학적인 환원상태에서 산화막을 유지함으로써 금속표면에 보호막의 형성을 촉진시키는 역할을 한다.

pH 조절제 및 하이드라진을 복수탈염기 후단에 계속적으로 주입할 수 있다. 이러한 약품을 수화학 조건을 유지하기 위해 필요한 만큼 주입하고, 또 필요할 경우 증기발생기의 전단 급수관에서도 주입할 수 있다.

증기발생기 2차계통수, 급수 및 복수에 대한 운전중 수질 제한치를 표 10.3.5-1, 표 10.3.5-2 및 표 10.3.5-3에 제시하였다. 표 10.3.5-4 및 표 10.3.5-5는 각각 정상운전 및 기동/습식보관시 2차측의 시료채취 및 분석주기에 대해 기술한다.

운전중 수질 제한치는 정상, 조치준위 1, 조치준위 2 및 조치준위 3으로 분류한다. 정상 수화학 조건은 복수기의 누설이 거의 없는 운전상태에서 유지될 수 있으며, 일반적으로

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

달성할 수 있는 값을 근거로 하여 수명기간 동안 운전할 수 있도록 부식 환경을 최소로 하며, 이들은 계통 신뢰성을 장기적으로 유지하기 위한 변수값과 관련이 있다.

세 종류의 조치준위는 측정된 변수가 정상운전 제한치를 벗어났을 때 시정조치를 취할 수 있도록 정의한다. 각 조치준위에 대한 조치 정도는 조치준위 1부터 조치준위 3까지 단계적으로 엄격한 방향으로 증가한다. 조치준위에 따른 수질 제한치는 2차계통 및 증기발생기의 부식을 막기 위한 최소한의 요건이 되도록 한다. 현재까지의 부식 자료에 따르면 조치준위 1 제한치 이하에서의 운전은 부식 유발 조건을 피하면서 설계수명 달성을 가능하게 한다. 장기간의 고출력 운전시 증기발생기에 부식을 일으킬 수 있는 조건이 형성되면 조치준위 2를 시작하여야 한다. 증기발생기의 급속한 부식이 일어나고, 계속 운전이 불가능하게 되면 조치준위 3을 수행한다.

### 조치준위 1

목적 : 출력 감소 없이 즉시 정상값을 벗어난 원인을 조사하고 시정하기 위함이다.

#### 조치

- 1) 변수를 가능한 한 빨리 조치준위 1 제한치 이하로 복구시킬 시정조치를 취한다.
- 2) 이탈 확인 후 21일 이내에 정상값으로 복구되지 않으면 그러한 변수가 조치준위 2 범위 내에 있는 것으로 간주하여 조치준위 2의 조치를 따라야 한다. 많은 변수에 대해 조치 기준이 없다는 것이 정상 범위를 벗어나더라도 만족스럽다는 것을 의미하는 것은 아니다. 이러한 경우에는 부식조건과 관련된다고 알려진 화학 변수를 조절용으로 사용한다. 다만, 30~50 % 이상 출력으로 증가 후 24시간을 초과한 시간 동안 나트륨, 염소, 황산염의 제한치가 조치준위 1에 해당되면 20일 이내에 정상값으로 복구하여야 한다.
- 3) 조치준위 2에 적용되지 않는 변수는 조치준위 1로 장기간 운전하는 것에 대해 공학적 판단이 취해져야 한다.

### 조치준위 2

목적 : 시정조치가 취해지는 동안 출력을 감소하여 운전함으로써 부식을 최소화하기 위함이다.

#### 조치

- 1) 조치준위 2 제한치를 초과한 후 즉시 조치를 취하여 24시간 이내에 적절한 수준으로 출력(30 %초과 50 %이하)을 감소시킨다. 출력감발은 안전성과 자동운전 여부

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

그리고 열속(불순물 농축률)을 감소할 필요성에 의해서 취해진다. 만일 불순물 유입원이 제거되고, 변수값이 조치준위 2 제한치 이하이면 출력 감소를 종료할 수 있으며, 변수값이 조치준위 1 제한치 이하이면 전 출력으로의 출력 증가가 가능하다.

- 2) 변수값이 조치준위 2 제한치에 해당된 후 조치준위 1 또는 조치준위 2 제한치에서 30시간을 초과하면 조치준위 3의 조치를 취해야 한다. 만일 조치준위 1에 허용된 시간보다 길어져서 조치준위 2가 된 후, 변수값이 조치준위 2 제한치에 해당하지 않으면 발전소 상황에 따라 30~50 % 출력 범위로 계속 운전할 수 있다. 변수값이 조치준위 1 제한치 이하이면 전출력으로의 출력 증가가 가능하다.
- 3) 용존산소를 제외한 변수값이 조치준위 2 값을 이탈하면 증기발생기의 불순물 제거 효과를 높이기 위해 고온 용출(hot soak) 또는 더 낮은 출력으로의 감소를 고려하여야 한다.

### 조치준위 3

목적 : 운전을 계속할 경우 발생 가능한 증기발생기의 급속한 부식 조건을 시정하기 위함이다. 발전소 정지는 유해한 불순물의 유입을 피하고, 농축이 일어나지 않게 한다. 또한 발전소 정지 시정조치는 잠복 불순물 방출(hideout return)의 결과로서 불순물을 세정하여 증기발생기의 손상을 줄일 수 있다.

### 조치

- 1) 조치준위 3으로 이탈한 기간에 관계없이 안전운전이 허용하는 범위에서 가능한 빨리 5 % 미만 출력으로 유지한다. 정상값에 도달할 때까지 급수 및 배수방법 또는 배수 및 재충전 방식으로 세정한다. 증기발생기를 고온조건으로 유지하거나 상온정지로 진행하느냐 하는 것은 특정 불순물에 의한 부식 발생 정도와 가장 빠르고 효과적인 세정 방법 등을 고려하여 결정한다.

#### 10.3.5.2 부식 억제 효과

급수계통 및 증기발생기에서의 염기성 조건은 고온에서 부식을 감소시키고, 금속표면으로부터 용해성 부식생성물의 방출을 감소시키는 경향이 있다. 이러한 조건은 금속 산화보호막의 형성을 촉진시키고, 증기발생기로 방출되는 부식생성물을 감소시킨다.

하이드라진은 산화 제2철이 자철광으로 환원함에 따라 금속 산화막의 형성을 촉진한다. 산화 제2철은 금속 표면으로부터 떨어져 나가 급수에 의해서 이동할 수 있으나, 자철광은 탄소강 표면에 점착성의 보호층을 형성한다.

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

부식을 감소시키기 위해 2차계통수로부터 산소를 제거하는 것은 필수적이다. 물에 용해된 산소는 철금속, 특히 탄소강에 점식(pitting)을 일으킨다. 주복수기 내의 탈기부와 복수계통의 탈기기는 증기 사이클 중 복수에 용존된 산소를 제거한다. 추가적인 산소 제거는 복수유로로 하이드라진을 주입하여 이루어진다. 급수 내에 여분의 하이드라진 농도를 유지하는 이유는 주복수기에 의해 제거되지 않은 용존 산소를 증기발생기로 유입되기 전에 확실하게 제거하기 위함이다.

만일 국부적으로 자유수산화물( $\text{OH}^-$ )이 농축되면 급속한 부식(가성 응력부식)이 일어날 수 있다. 적절한 pH를 유지하고 증기발생기에서 불순물 유입을 최소화함으로써 자유수산화물의 생성을 피할 수 있다.

무 고형물 처리법은 증기발생기로부터 용해성 및 불용성 고형물을 배제시키는 제어 기술로서 급수관 오염을 유발할 가능성이 있는 원인(즉, 복수기 냉각수 누설, 공기의 유입 및 그 결과로 일어나는 저압 배수계통에서의 부식생성물 생성)에 대하여 지속적이고 엄격한 감시를 수행함으로써 이루어진다. 위에서 언급한 바와 같이 부식을 줄여 증기발생기로의 부식생성물 유입을 저감할 수 있는 조건을 조성하기 위하여 휘발성 약품만을 주입함으로써 고형물 생성을 방지한다. 전유량 복수탈염을 이용하여 증기발생기에서 고형물을 감소시킬 수도 있다.

증기발생기로 유입되는 불순물 유입을 최소화시키는 것 외에도 연속 취출로 증기발생기에서의 고형물을 감소시킬 수 있다.

복수탈염계통 및 증기발생기취출계통은 각각 10.4.6절과 10.4.8절에 기술된다.

위 절차를 적용하여 고형물 준위를 낮게 유지함으로써 증기발생기 열전달 표면 및 내부에 침적물의 축적을 제한한다. 침적물이 형성되면 국부적으로 열수력적 환경이 변경되며, 불순물이 고준위로 농축하여 부식을 일으킬 수도 있다. 그러므로 증기발생기 내로 고형물이 유입되는 것을 제한함으로써 고형물에 의한 부식이 감소된다.

사용되는 약품은 휘발성이기 때문에 증기발생기에서 농축되지 않고, 부식을 일으킬 수 있는 화학 불순물로 존재하지도 않는다.

### 10.3.6 증기 및 급수계통 재료

#### 10.3.6.1 파괴인성

파괴인성과 관련하여 KEPIC MD, MN(해외구매 품목은 ASME 코드 Sec. II와 III)을 준수하며, 시험방법과 허용기준은 KEPIC MNC/MND 2300(해외구매 품목은 ASME 코드 Sec. III의 NC/ND 2300)에 따른다.

### 10.3.6.2 재료의 선정 및 제작

가. 증기 및 급수계통의 안전성 관련 재료는 KEPIC MN(해외구매 품목은 ASME 코드 Sec. III)에 따라서 설계 및 제작되며, 사용된 재료는 KEPIC MNZ(해외 구매 품목은 ASME 코드 Sec. III의 부록 I)에 따라 선정된다.

2

나. 오스테나이트계 스테인리스강 배관자재는 이 계통에 사용되지 않는다.

다. 2차계통 배관은 증기발생기로 이물질의 유입을 방지하기 위하여 운전에 앞서 녹과 이물질을 제거할 수 있도록 설계되어야 한다. 세정 및 그 허용기준은 KEPIC QAP의 요건과 규제지침서 1.37의 권고들에 따른다.

라. 규제지침서 1.71은 5.2.3.3.2.3절에 기술된 내용에 따른다.

마. KEPIC MNC와 MND의 관 제품에 대한 비파괴시험 절차서는 KEPIC MNC 2000와 MND 2000의 요건에 따른다. 또한, KEPIC MGB 관 제품에 대한 비파괴시험 절차는 KEPIC MEN 요건에 따른다.

2

바. 급수, 증기 또는 복수와 접촉하고 있는 부품에는 동합금의 사용이 허용되지 않는다.

사. 아래에 열거한 재료를 사용함으로써 산소로 인한 부식을 최소화한다.

- 1) 페라이트계의 스테인리스강 또는 동등한 재질의 재열기 튜브
- 2) 탄소강 튜브시트와 304L 스테인리스강인 급수가열기 튜브
- 3) 높은 농도의 고형물(1,000 ppm 이상), 염소(800 ppm 이상) 또는 하수에 의하여 오염된 물을 포함하는 소금물에는 티타늄 튜브, 슈퍼스테인리스강 튜브 또는 동등한 재질을 사용한다.
- 4) 복수기 튜브시트 재료는 다음과 같다.

티타늄 튜브에 대해서는 티타늄 피복된 탄소강 튜브시트, 슈퍼 스테인리스강에 대해서는 스테인리스 피복된 탄소강 튜브시트

- 5) 주증기배관, 고온재열배관, 복수배관, 급수배관 그리고 배수제어밸브 상단의 급수가열기 배수배관은 탄소강 또는 동등한 재질.



- 아. 증기발생기 튜브재질의 응력부식균열 가능성을 줄이기 위하여 납, 수은, 유황 등과 같이 낮은 용융점을 가지고 있는 재료는 2차계통과 접촉할 수 있는 부위의 재료 또는 보호피막 등에 사용되어서는 안된다.
- 자. 환경에 대한 영향은 KEPIC 코드에서 요구된 바와 같이 증기 및 급수계통 해당부분에 대한 피로해석을 통하여 고려된다.
- 차. 주증기 및 급수배관에 사용된 자재들은 다음과 같다.

주증기

ASME Class 2 범위

For Piping	SA 106 Gr. B 및 C, SA 333 Gr.6, SA 312 Gr. TP304 또는 SA 376 Gr. TP304
For Fitting	SA 182 Gr. F304, SA 403 Gr. WP304 SA 105, SA 234 Gr. WPC, SA 420 Gr. WPL6

ASME Class 3 범위

For Piping	SA 106 Gr. B
For Fitting	SA 234 Gr. WPC

B31.1 범위

For Piping	A 672 Gr. B60 Class 22, A 106 Gr. B 및 C, A 335 Gr. P22
For Fitting	A105, A 234 Gr. WPB, WPC 및 Gr. WP22 Class 1, A 182 Gr. F22 Class 3

주급수

ASME Class 2 범위

For Piping	SA 106 Gr. B, SA 335 Gr. P22, SA 333 Gr. 6, SA 312 Gr. TP304 또는 SA 376 Gr. TP304
For Fitting	SA 105, SA 420 Gr. WPL6, SA 182 Gr. F22 Class 3 및 Gr. F304, SA 234 Gr. WP22 Class 1

B31.1 범위

For Piping	A 672 Gr. B60 Class 22, A 106 Gr. B 및 C, A 335 Gr. P22
------------	---

For Fitting A 105, A 234 Gr. WPB, WPC 및 Gr. WP22 Class 1,  
A 403 Gr. WP304, A 182 Gr. F304, Gr. WP22 Class 1  
및 Gr. F22 Class 3

2

카. 설계수명기간 동안 침부식이 클 것으로 예상되는 부분에 대해서는 주기적인 배관감육검사를 수행함으로써 그 건전성을 확인한다.

타. 페라이트계 강 용접은 규제지침서 1.50의 권고사항과 KEPIC MNZ 부록 D(해외구매 품목은 ASME Sec.III, Appendix D)를 따르며, 충격시험이 요구되는 저합금강 재료의 최대 층간온도는 260 °C(500 °F)로 관리한다.

파. 저합금강(P-No.3, 4, 5A) 용접은 규제지침서 1.50에 따른다.

2

하. 스테인레스강 용접 금속에서의 페트라이트량은 규제지침서 1.31에 기술된 내용을 따른다.

거. 예민화된 스테인레스강 사용은 규제지침서 1.44에 기술된 내용을 따른다.

#### 10.3.6.3 유체가속부식(FAC)

탄소강 배관에 대해서는 CHECWORKS CODE를 이용한 유체가속부식 민감도 분석을 수행하며, 유체가속부식 민감부분에 대해서는 가동 중 검사 프로그램에 따라 관리한다.

10.3.6.2절에 제시된 사항과 함께 운전 중인 발전소의 경험으로부터 유체가속부식의 가능성이 있는 탄소강 배관에 대해서는 아래의 내용을 고려한다.

가. 스테인리스강 및 크롬합금강은 유체가속부식에 대한 저항성이 높고, 습증기에 의한 유체가속부식에도 탄소강보다 우수하므로 운전경험을 통하여 유체가속부식에 민감한 부분으로 판단되는 배관은 크롬 0.1 % 이상을 함유하는 스테인리스강이나 크롬-몰리 합금강을 적용한다.

**Intentionally Blank**

Intentionally Blank

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

- 나. 단상유동의 경우 계통 운전온도가 200 °F 이상의 배관에 대해서 유체가속부식을 고려한다.
- 다. 정상운전 중에 유체가 흐르지 않거나 정상 운전시간 대비 2 % 이하로 운전되는 계통이나 계통부분의 배관은 유체가속부식을 고려하지 않는다.
- 라. 물, 포화증기 및 습증기계통 배관에 대해서만 유체가속부식을 고려하고 과열증기 배관은 유체가속부식을 고려하지 않는다.
- 마. 발전소에서 사용되는 유체의 종류는 증기, 물, 공기, 화학약품, 각종 가스 및 오일 등이 있으나, 유체가속부식은 주로 물과 증기에 의해 배관 내에 형성된 산화피막이 물에 용해되어 금속물질이 상실되는 현상이므로 계통유체가 증기와 물인 배관에 대해서만 유체가속부식을 고려한다.

### 10.3.7 참고문헌

1. EPRI Report NSAC-202L-R3, "Recommendations for an Effective Flow-Accelerated Corrosion Program."

표 10.3.2-1 (2 중 1)

주증기계통 설계자료

<u>기기</u>	<u>변수</u>
주증기배관	
증기 유량, kg/hr(lb/hr)	8.14×10 <sup>6</sup> (17.95×10 <sup>6</sup> )
주증기배관 수량	4
배관직경, 내경 in(m)	28.703(0.729)
설계압력, kg/cm <sup>2</sup> A(psia)	84.37(1,200)
배관 재질	탄소강
주증기격리밸브	
주증기배관당 수량	1
전체 공급수량	4
주증기대기방출밸브	
주증기배관당 수량	1
전체 공급수량	4
밸브당 설계 배출용량, 100 % 개방, kg/hr(lb/hr)	498,952(1,100,000)
[@ 70.31 kg/cm <sup>2</sup> A(1,000 psia)]	
밸브당 조절가능 용량, kg/hr(lb/hr)	28,576(63,000)
[@ 77.34 kg/cm <sup>2</sup> A(1,100 psia)]	
주증기안전밸브	
주증기배관당 수량	5
설정 압력, kg/cm <sup>2</sup> (psig)	
1번	82.54(1,174)
2번	84.23(1,198)
3번	85.92(1,222)
4번	85.92(1,222)
5번	85.92(1,222)
오리피스 단면적, m <sup>2</sup> (in <sup>2</sup> )	
1번	0.01(16.0)
2번	0.01(16.0)
3번	0.01(16.0)
4번	0.01(16.0)
5번	0.01(16.0)

# 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

표 10.3.2-1 (2 중 2)

<u>기기</u>	<u>변수</u>
주증기안전밸브	
입구/출구 직경, m/m(in/in)	
1번	$0.15 \times 0.25 (6 \times 10)$
2번	$0.15 \times 0.25 (6 \times 10)$
3번	$0.15 \times 0.25 (6 \times 10)$
4번	$0.15 \times 0.25 (6 \times 10)$
5번	$0.15 \times 0.25 (6 \times 10)$
밸브당 최소 배출용량, @ 110 % 설계압력, kg/hr(lb/hr)	$4.31 \times 10^5 (0.95 \times 10^6)$
최소 전체(20 밸브) 배출용량, @ 110 % 설계압력, kg/hr(lb/hr)	$8.62 \times 10^6 (19 \times 10^6)$
전체공급 수량	20

표 10.3.5-1

증기발생기 2차계통수에 대한 운전중 수질 제한치<sup>1)</sup>

변수	습식보관	발전소 기동 <sup>2)</sup>	출력운전 <sup>4)</sup>			
			정상 제한치 <sup>3)</sup>	조치준위		
				1	2	3
pH @ 25 °C	≥ 9.5	-	-	-	-	-
양이온 전도도, μS/cm @ 25 °C	-	≤ 2.0	≤ 1.0	-	> 1.0	> 4.0
실리카, ppb	-	-	-	-	-	-
염소, ppb	≤ 1,000	≤ 100	≤ 10	> 10	> 50	> 250
나트륨, ppb	≤ 1,000	≤ 100	≤ 5	> 5	> 50	> 250
황산염, ppb	≤ 1,000	≤ 100	≤ 10	> 10	> 50	> 250
하이드라진, ppm	≥ 75	-	-	-	-	-
용존산소, ppb	≤ 100 <sup>5)</sup>	-	-	-	-	-

| 2

- 1) 이 변수들과 제한값은 수화학 기술의 개발에 의한 기술적인 평가에 따라 변경될 수 있다.
- 2) 발전소 기동에 대한 값은 원자로냉각재온도가 99 °C(210 °F) 이상일 때 적용한다. 이 값은 원자로출력이 5 %로 올라가기 전에 만족하여야 한다.
- 3) 정상 제한치는 정상운전중 증기발생기를 연속취출하여 유지하여야 하는 값이다.
- 4) 원자로 출력이 30~50 % 이상일 때 적용한다.
- 5) 증기발생기 주입원에 대하여 적용한다.

| 2

표 10.3.5-2

급수에 대한 운전중 수질 제한치<sup>1)</sup>

변수	발전소기동 <sup>2)</sup>	출력운전 <sup>8)</sup>			
		정상제한치 <sup>3)</sup>	조치준위		
			1	2	3
pH @ 25 °C (77 °F)	-	8.8-10.0	< 8.8 or > 10.0	-	-
전도도(양이온) <sup>4)</sup> , μS/cm	-	≤ 0.2	-	-	-
하이드라진, ppm	≥ 8×CPD <sup>5)</sup> [O <sub>2</sub> ] (최소 20)	≥ 8×CPD <sup>5)</sup> [O <sub>2</sub> ] (최소 20)	< 8×CPD <sup>5)</sup> [O <sub>2</sub> ] 또는 < 20	주 10)	주 10)
용존산소, ppb	≤ 100 <sup>6)</sup>	≤ 5	> 5	> 10 <sup>7)</sup>	-
철, ppb	-	≤ 5	> 5	-	-
부유고형물, ppb	< 10 <sup>9)</sup>	-	-	-	-
나트륨, ppb	-	≤ 3	-	-	-

- 1) 이 변수들과 제한값은 수화학 기술의 개발에 의한 기술적인 평가에 따라 변경될 수 있다.
- 2) 발전소 기동 제한치는 원자로냉각재 온도가 99 °C(210 °F)보다 높고 원자로 출력이 30 % 이하일 때 적용한다.
- 3) 정상제한치는 정상운전시 유지되어야 하는 값이다.
- 4) 전도도는 진단변수로서 증기의 순도를 나타내는 방법으로 사용된다. 표 10.3.5-1에 보 여준 증기발생기 취출수의 제한치를 만족하기 위해서는 더 낮은 값이 필요하다. 일반적으로 증기발생기의 수질을 만족하기 위해 요구되는 양이온 전도도는 0.2 μS/cm 보다 매우 낮다.
- 5) CPD는 복수탈염기 유출부를 의미한다.
- 6) 터빈 증기밀봉이 이루어지기 전에 이러한 용존산소 농도로 조절하는 것은 불가능할 수 있다. 이 값은 출력이 5%에 도달하기 전에 만족해야만 한다.
- 7) 조치준위 2에 대한 조치로 출력을 50 %로 감소시키는 것은 증기밀봉 건전성을 감소 시키므로 적절한 조치가 될 수 없고 발전소 상황에 맞는 조치가 이루어져야 한다.
- 8) 원자로 출력이 30~50 % 이상일 때 적용한다.
- 9) 운전모드 4, 5의 경우에는 ≤ 100 ppb까지 허용한다.
- 10) 급수의 하이드라진과 용존산소의 비율이 < 2 이고 8시간 이내에 > 2배로 회복되지 않으면 가능한 한 빨리 발전소를 정지시킨다.



신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

표 10.3.5-3

복수에 대한 운전중 수질 제한치

변수	정상제한치 <sup>1)</sup>	조치준위
		1
용존 산소, ppb	$\leq 10$	$> 10$

# 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

표 10.3.5-4

## 정상운전중 2차계통의 시료채취 및 분석 주기

변수	시료채취 주기 <sup>1)</sup>		
	증기발생기 2차계통수	급수	복수
양이온 전도도	C	-	-
비전도도	-	-	-
pH	C	C	C
용존산소	-	C	C
나트륨	C	-	-
하이드라진	-	C <sup>2)</sup>	-
염소	D	-	-
황산염	D	-	-
실리카	-	-	-
철	-	W <sup>3)</sup>	-
pH 첨가제	-	D	-

1) 사용된 주기는 다음과 같이 정의한다.

C = 연속

D = 매일

W = 매주

비정상 조건이 발견되면 시료채취 주기를 단축해야 한다.

2) 정상운전중 화학제 첨가 지점의 후단에서 하이드라진 분석이 이루어져야 한다.

3) 필터와 양이온수지막을 통과한 시료를 분석한다.

# 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

표 10.3.5-5

발전소 기동 및 습식보관 동안의 2차계통 시료채취 및 분석 주기

변수	시료채취 주기 <sup>1)</sup>		
	증기발생기 2차계통수		급수
	발전소 기동	습식보관	발전소 기동
양이온 전도도	C	-	-
pH	C	주 2)	D
용존산소	-	D	D
나트륨	C	주 2)	-
하이드라진	D <sup>3)</sup>	주 2)	D <sup>3)</sup>
염소	D	주 2)	-
황산염	D	주 2)	-
부유고형물	-	-	D <sup>4)</sup>

1) 사용된 주기는 다음과 같이 정의한다.

C = 연속

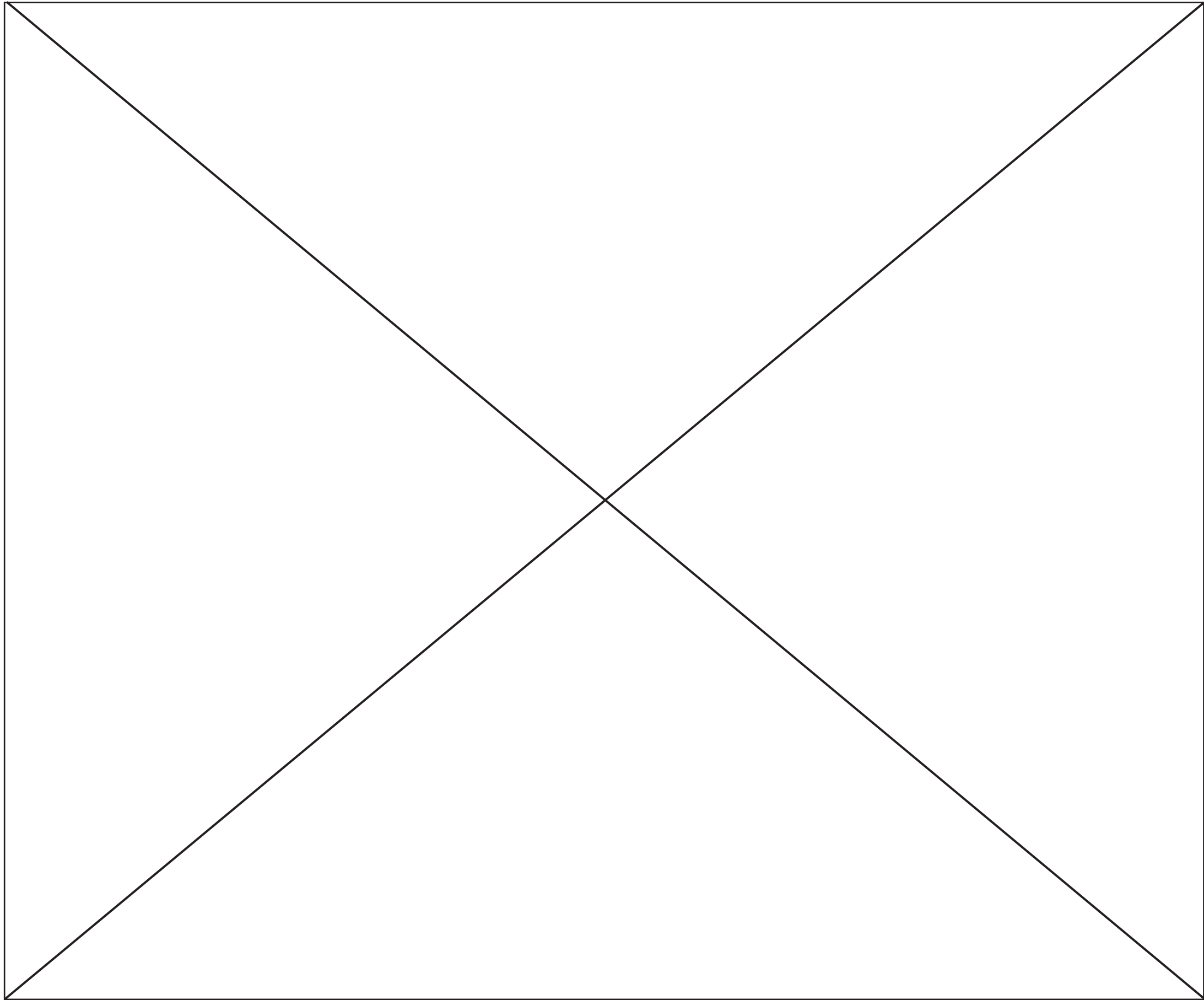
D = 매일

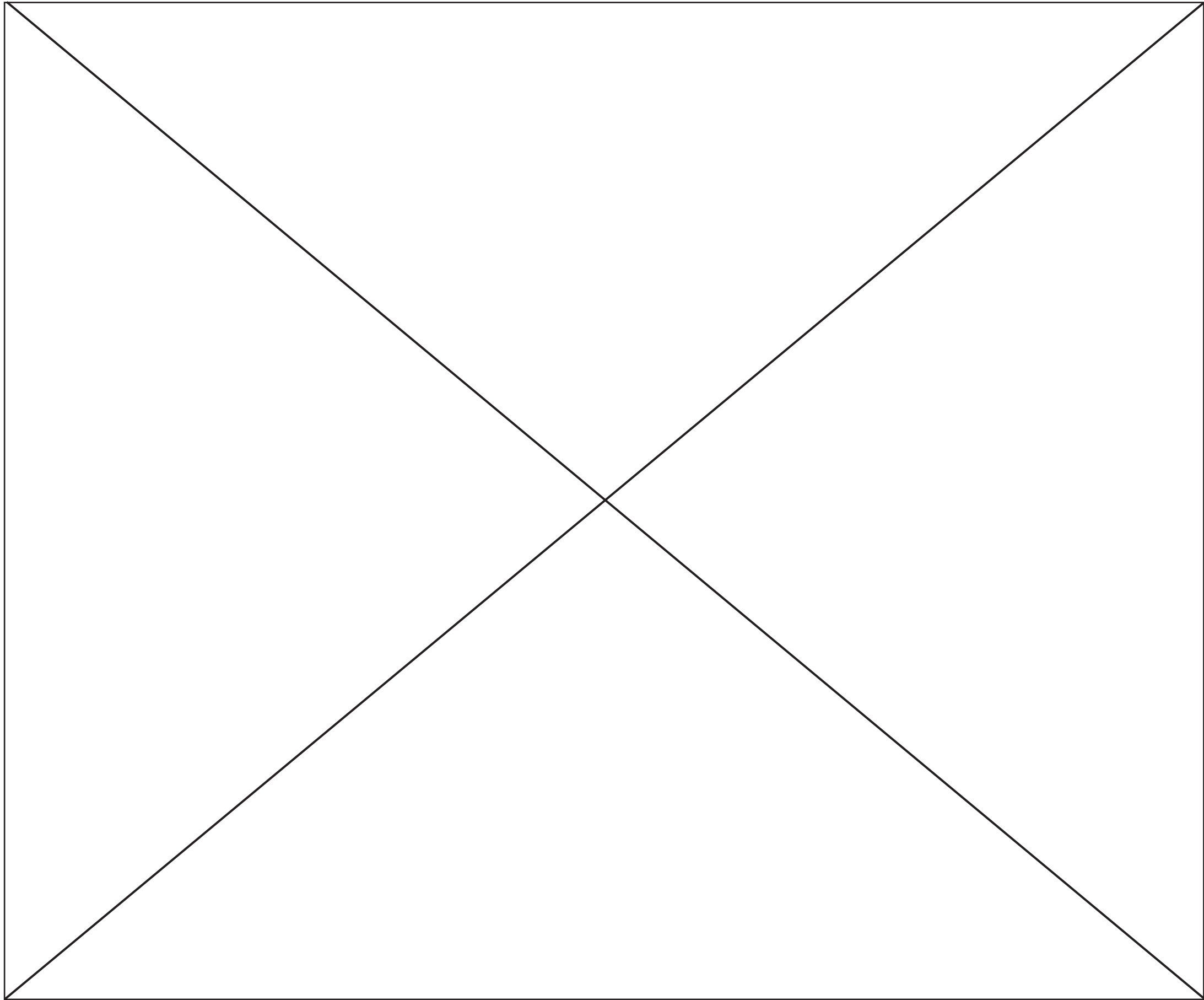
비정상 조건이 발견되면 시료채취 주기를 단축해야 한다.

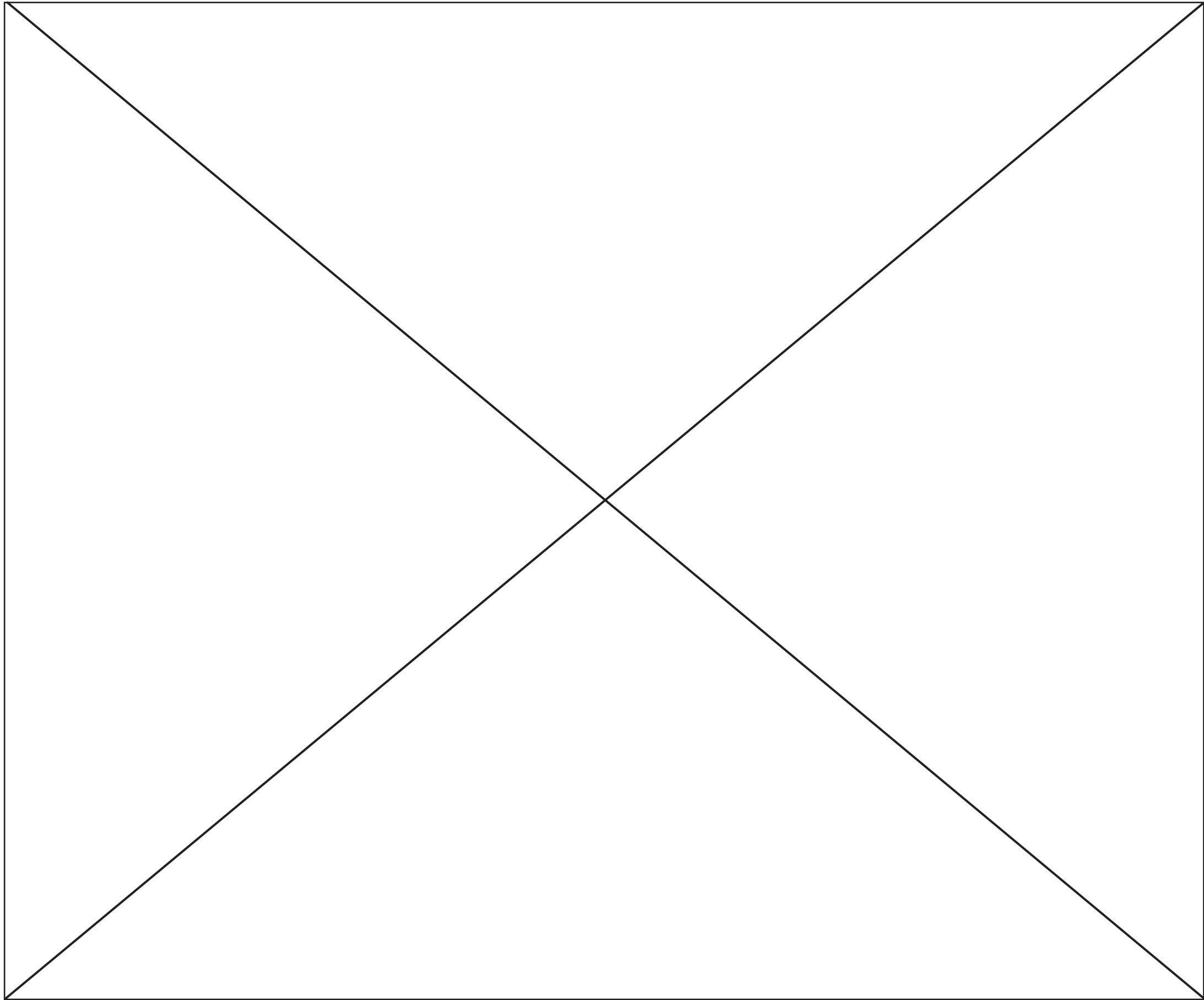
2) 안정될 때까지는 격일로, 그 이후엔 매주.

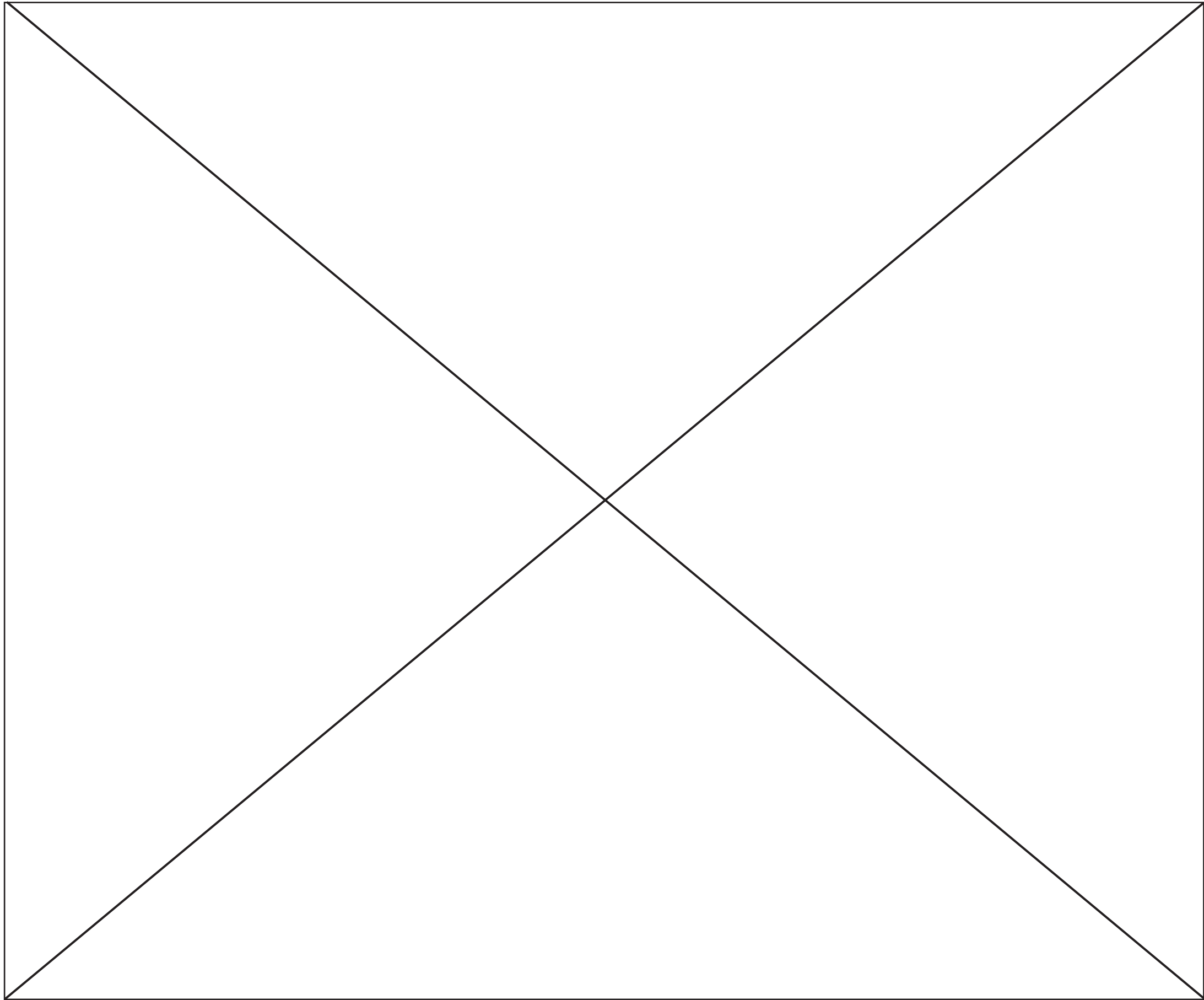
3) 실제 시료채취가 불가능하면 기동시 하이드라진 주입률로 확인할 수 있다.

4) 과도상태 운전시 더 자주 시행

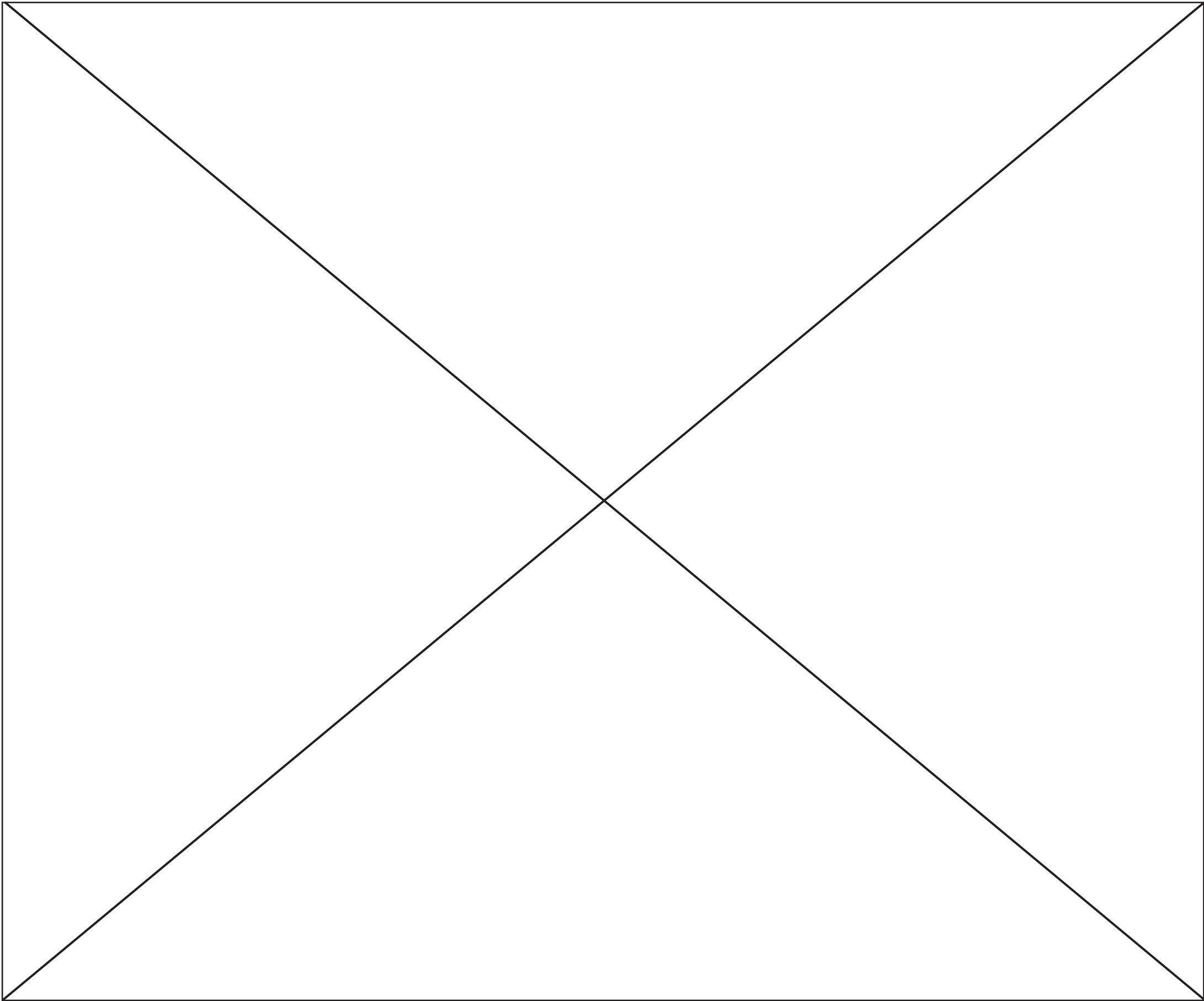




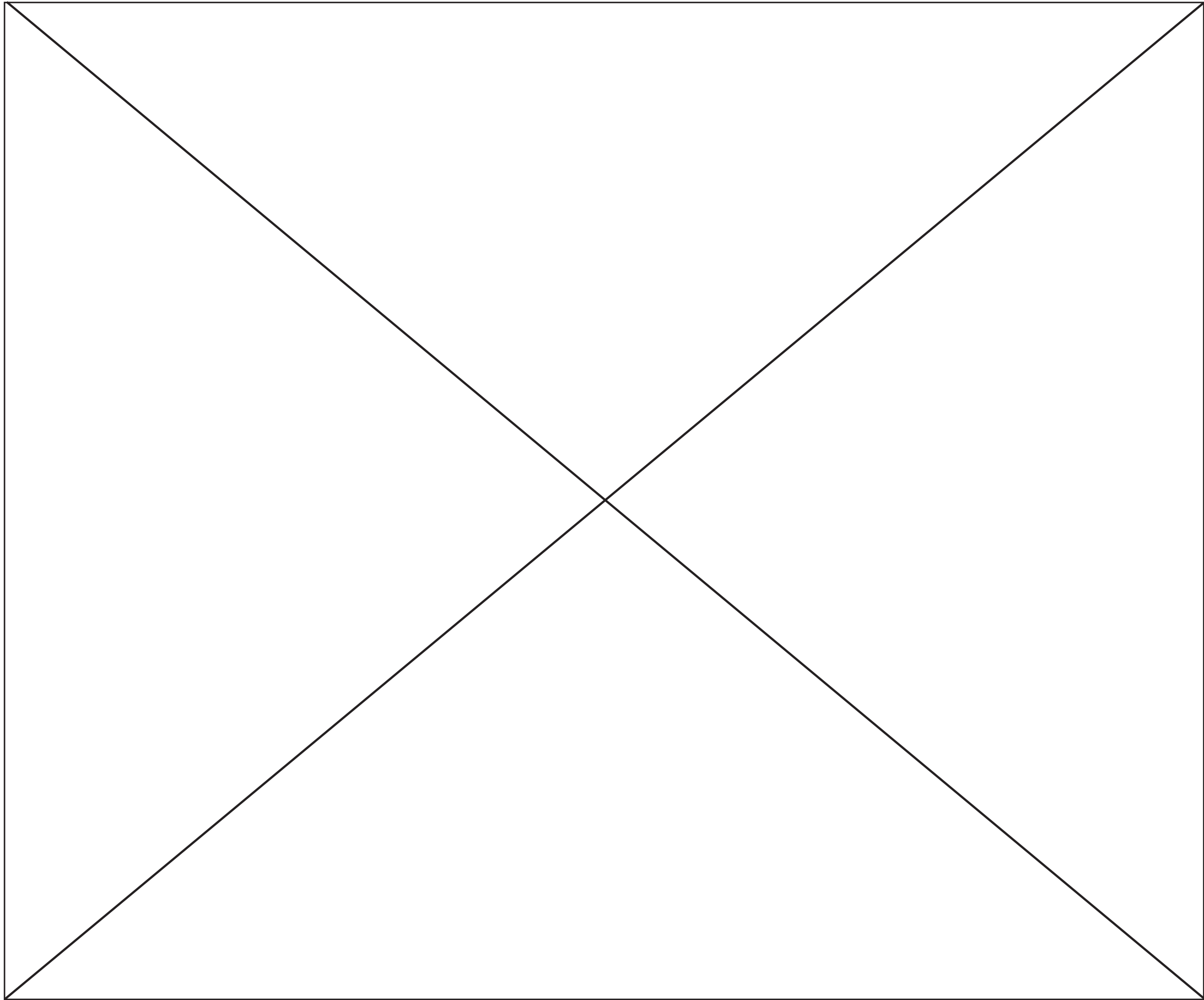




	<p>한국수력원자력주식회사 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서</p>
<p>추기계통 배관 및 계장도</p>	
<p>그림 10.3.2-2 (3 중 1)</p>	







## 10.4 증기 및 동력변환계통의 기타 특성

### 10.4.1 복수기

#### 10.4.1.1 설계 기준

가. 복수기는 정상운전중에 저압터빈 배출증기가 증기 사이클을 통하여 효과적으로 펌프로 순환될 수 있도록 응축시키며 아래의 응축수, 배출수, 배출증기 등을 받아들인다.

- 1) 급수가열기 배수 및 배기
- 2) 복수 및 급수계통 보충
- 3) 기타 기기 배수 및 배기
- 4) 급수펌프 터빈 배출증기

나. 또한 복수기는 정격 주증기유량의 최소 55%에 해당되는 주증기를 터빈우회계통을 통해 들어오는 증기를 직접적으로 응축시킨다. 주증기는 터빈 정지, 그리고 10.4.4절에서 기술된 발전소 기동 및 운전중 갑작스러운 부하감발의 경우에 복수기로 우회한다. 복수기의 온수조는 복수 및 급수계통으로 5분 동안 최대 복수유량을 공급하기 위하여 충분한 용량을 갖는다. 응축되는 증기에서 발생된 비응축성 기체는 10.4.2절에서 기술된 복수기진공계통을 통하여 복수기 외부로 방출된다. 열원은 순환수계통에 의해 복수기로부터 제거된다.

#### 10.4.1.2 계통 설명

신뢰할 만한 계통을 확보하기 위하여 다음의 기능적인 요건을 준수한다.

가. 복수기는 KEPIC MGH(해외구매 품목은 HEI) 표준을 적용하여 설계한다. 복수기는 단일압력, 단일유로 표면 냉각식으로 3개의 동체로 구성된다. 각 복수기 동체는 운전중에 유지보수 및 세정을 위해 2개의 평행 관다발로 구성된다. 순환수는 평행배열로 된 3개의 각 복수기 동체로 공급된다.

나. 복수기 튜브 재질은 10.3.6.2절에서 기술하고 있다.

다. 복수기는 정상운전 및 터빈우회밸브의 갑작스러운 열림 사고시 복수기 튜브에 증기충격력을 최소화하거나 배제하도록 설계된다. 복수기 튜브고정판은 진동

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

을 최소화하는 설계로 한다.

- 라. 튜브와 튜브시트 연결부위 누설감지를 위해 튜브시트 트레이가 설치된다. 누설감지설비는 튜브시트 트레이 및 각 온수조 구역에 제공된다.
- 마. 복수기는 기동 및 정상운전 동안 복수를 탈기하도록 설계된다. 또한 복수기로 들어가는 기타 배수들의 탈기도 담당한다.
- 바. 복수기와 순환수계통은 부하감발운전 동안에 수실의 청소 및 누설부위 정비가능하도록 필요한 수실의 격리가 가능토록 설계된다.
- 사. 복수기는 수압시험(hydrotest) 동안 물을 채울 수 있다. 온수조에는 배수 및 청소를 고려하여 설비가 설치된다.
- 아. 복수기와 터빈사이에 고무 신축이음과 수밀봉(water seal)이 설치된다.
- 자. 복수기 내부에 설치되는 급수가열기 동체와 배관은 터빈 배기증기 고속영역 바깥쪽 및 터빈공급자가 지정하는 제한구역 내에 위치한다. 내부 배관은 가능한 짧은 직관을 유지하며, 모든 추기배관은 급수가열기 동체쪽으로 경사가 지도록 설치된다.
- 차. 고압 배수들은 분사모관 장치를 경유하여 에너지를 분산시킨 후 복수기로 보내진다.

### 10.4.1.3 안전성 평가

주증기가 터빈우회계통을 통해 복수기로 우회함으로써 복수기는 발전소 운전정지 후 초기 냉각기간 동안 원자로냉각재계통의 잔열을 제거한다. 또한 복수기는 터빈발전기 또는 터빈 불시정지에 의한 갑작스러운 부하감발시에 복수기로 우회되는 주증기를 응축하는데 사용된다.

부하감발 동안, 복수기는 원자로 불시정지 없이 터빈우회계통을 통해 유입되는 정격 주증기유량의 55%를 응축한다. 만약 복수기가 정상적인 발전소 운전정지, 갑작스러운 부하감발 또는 터빈 불시정지 동안에 사용불능일 경우, 과압으로부터 주증기계통을 보호하기 위해 스프링구동 주증기 안전밸브를 통해 대기로 정격 주증기유량을 방출할 수 있다. 그와 동시에 원자로 안전정지는 주증기대기방출밸브의 사용으로 이루어질 수 있다. 여기서 고려하고 있는 복수기의 사용불능은 냉각수 공급용 순환수펌프의 고장 또는 복수기 진공의 상실을 포함한다.

증기발생기의 1차측에서 2차측으로 전열관 누설이 있는 경우 증기발생기 내에 방사성 오염물질이 존재하게 된다. 방사성 오염물질의 운전중 농도를 포함하여, 1차측에서 2차측으로 누설에 대한 방사선 측면의 검토는 11장에서 기술하고 있다. 수소 축적은 복수기에서는 발생하지 않는다.

복수기 온수조 파열시에도 복수의 범람은 발전소 안전정지기능에 저해가 되지 않는다. 범람한 복수가 보조건물로 유입되지 않도록 터빈건물로부터 보조건물로 접근 가능한 장소에는 방수벽이 충분한 높이로 설치되어 있다. 터빈건물 내에는 안전성관련 기기들이 없기 때문에 안전성관련 기기들의 영향을 받지 않는다.

#### 10.4.1.4 시험 및 검사

복수기는 KEPIC MGH(해외구매 품목은 HEI)표준에 따라 시험을 수행한다. 복수기는 수압시험(hydrotest)을 위해 물을 채울 수 있도록 설계된다. 복수기 쉘, 온수조 및 수실에는 검사와 정비를 위한 출입구가 설치되어 있다. 복수기 구성품들의 예방정비 및 정기육안검사가 수행된다. 복수기와 순환수계통은 누설부위의 정비가 가능하도록 튜브들이 부분 격리가 되도록 설계된다.

#### 10.4.1.5 계측설비

이 계통의 모든 계측제어 기기는 운전을 위한 계측이고, 원자로 안전정지시 요구되지 않는다. 정확한 발전소 열-에너지 평형을 유지하기 위한 계측제어 기기가 제공된다.

온수조 수위는 현장과 주제어실에 지시되고, 각 복수기 고수위와 저수위 정보는 주제어실에 제공된다. 복수저장 및 이송계통으로부터의 복수 유입량제어 및 복수 월류 저장(Condensate Over Flow Storage) 집수조로의 방출량을 제어함으로써 온수조수위는 적절한 제한치 내에서 유지된다. 복수 온도, 복수기 압력(고 복수기 배압 정보), 순환수 압력과 온도 그리고 수실간의 차압은 복수기 운전상태를 확인하기 위해 감시되고, 사용된다.

복수기 튜브의 누설을 감시하기 위해 시료채취계통을 통해 각각의 온수조 출구의 시료를 채취하여 전도도를 측정한다.

복수기 진공 상실에 의한 터빈 정지는 복수기 압력이 0.26 kg/cm<sup>2</sup>A(7.6 inHgA)이하 시 동작된다.

주제어실에서의 비안전 원격 감시 및 제어를 수행하는 공정-기기제어계통에 대한 설명은 7.7.1.1.11절에 기술되어 있다.

## 10.4.2 복수기진공계통

### 10.4.2.1 설계 기준

복수기진공계통은 다음과 같은 기능을 수행한다.

가. 복수기로부터 공기 및 비응축성 가스를 제거

나. 발전소 기동시나 정상운전시 터빈운전을 위해 복수기의 진공을 적절하게 유지

복수기 진공계통은 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 제32조 및 34조, 10 CFR 50 부록 A, 일반설계기준 60 및 64에 따라 대기로 방사성물질의 배출을 방지하도록 설계되며, 계통의 각종 기기들은 규제지침서 1.26과 1.28 그리고 KEPIC MGH의 요건에 따른다.

### 10.4.2.2 계통 설명

복수기진공계통은 그림 10.4.2-1에 나타나 있다.

복수기진공계통은 복수기의 진공을 일정한 압력으로 유지하기 위해 4대의 33-1/3 % 용량의 진공펌프와 이와 연결된 배관으로 구성된다.

진공펌프의 용량은 KEPIC MGH에서 권고되는 용량을 만족하거나 그 이상이어야 한다. 진공펌프는 기동(Hogging)모드의 공기배출 기능을 수행한다. 모든 기기들은 비내진범주이며 품질그룹 D에 따라 설계된다.

터빈 증기밀봉이 형성된 후, 4대의 진공펌프는 대기압에서 0.35 kg/cm<sup>2</sup>A(10 in.HgA)까지 복수기와 저압터빈 케이싱의 압력이 떨어지도록 복수기로부터 공기를 제거한다. 정상운전 동안에는 3대의 진공펌프가 연속적으로 운전되며, 복수기 압력 상승원인이 되는 과도한 공기유입시에는 대기중인 1대의 진공펌프가 자동으로 기동된다.

만약 복수기압력이 약 0.17 kg/cm<sup>2</sup>A(5 in.HgA)에 도달하면 주제어실에 복수기 고압경보가 울리게 되며, 0.26 kg/cm<sup>2</sup>A(7.5 in.HgA) 이하로 복수기 압력을 유지하지 못하면 터빈은 정지된다. 복수기진공상실에 대한 영향은 15.2.3절에 기술된다.

복수기진공계통은 고온대기기간과 같이 터빈우회계통이 운전되는 경우에도 비응축성 가스를 제거하도록 설계된다. 복수기진공계통의 오동작이나 복수기 기능이 상실된 경우에 원자로냉각재계통의 열제거 기능은 주증기 대기방출밸브에 의해 수행된다.

만약 복수기진공계통 후단에서 고 방사능 경보가 감지되면 배출가스는 자동적으로 원자

로건물 배수조 영역으로 배출된다.

증기발생기 2차측으로의 누설을 감지하기 위한 탈기기와 진공펌프에 의해 방출되는 증기와 비응축성 가스는 규칙 제32조 및 제34조, 10 CFR 50 부록 A, 일반설계기준 60 및 64에 의해 제어되고 감시된다. 규칙 제32조 및 제34조, 일반설계기준 60과 64에 대한 요건은 각각 3.1.51절 및 3.1.55절에 기술된다. 터빈건물로 배출되는 액체에 대한 방사능 평가는 11.2절에 기술되고 기체에 대한 평가는 11.3절에 기술된다.

1

가압경수로형 발전소의 복수기진공계통에서는 혼합물에 의한 폭발가능성은 존재하지 않는다.

#### 10.4.2.3 안전성 평가

복수기진공계통은 안전등급 2인 원자로건물 격리 부분을 제외하고는 비안전등급 설계되며 발전소의 안전정지를 위한 기능을 수행하지 않는다.

#### 10.4.2.4 시험 및 검사

복수기진공 계통은 발전소 운전 전에 충분한 검사 및 시험을 수행하며, 주기적으로 가동 중 검사 및 시험을 수행한다.

#### 10.4.2.5 계측설비

복수기진공펌프는 복수기 압력에 따라 자동으로 운전되며 각 펌프를 주제어실에서 수동으로 운전할 수 있도록 설계된다.

대기로 방출되는 배기가스와 공기의 방사능은 연속적으로 감시된다. 고준위 방사선 신호를 받으면 대기배출밸브가 닫히고, 원자로건물 격리밸브가 자동으로 열리면서 승압 송풍기가 자동으로 기동되어 배출가스는 원자로건물 배수조 영역으로 배출된다.

주제어실에 비안전 원격감시 및 제어를 제공하는 공정-기기 제어계통에 대한 설명은 7.7.1.1.11절에 기술되어 있다.

### 10.4.3 터빈축밀봉계통

#### 10.4.3.1 설계 기준

터빈축밀봉계통은 주터빈과 급수펌프터빈을 보조한다. 터빈축밀봉계통은 터빈축에서 공기의 내부 유입과 증기의 유출을 방지하기 위하여 터빈케이싱 외부로 드러난 터빈축의

환형 틸새를 밀봉하도록 설계된다. 터빈축밀봉계통은 터빈축 글랜드와 다수의 터빈 밸브 시스템을 통한 공기 유입과 증기 누설을 방지한다. 또한 터빈축밀봉계통에서 공기와 증기의 혼합물은 터빈 밀봉증기응축기로 수집되며, 응축된 증기는 복수기로 배수되고, 응축되지 않은 가스는 송풍기를 통하여 대기로 배출된다.

이 계통은 규칙 제32조 및 제34조 10 CFR 50 부록 A, 일반설계기준 60 및 64에 따라 대기로 방사성 물질의 제어되지 않는 배출을 방지하도록 설계된다. 계통 부품들은 규제지침서 1.26과 1.28의 요건을 따른다.

| 1

#### 10.4.3.2 계통설비

터빈축밀봉계통(TSSS)은 미로식 터빈축밀봉, 밀봉 증기 공급 및 배기 모관, 축밀봉 증기 공급 밸브, 밀봉증기응축기(GSC) 관련 배관 및 밸브로 이루어져 있다. 계통의 기동시부터 전부하시까지 완벽한 기능 수행을 위해서, 밀봉 증기 공급 모관에서의 일정한 압력과 터빈 글랜드의 모든 외부 끝단에서의 일정한 진공은 모든 부하 조건에서 유지되어야만 한다. 증기는 주증기, 보조증기, 추기증기 계통에서 제공된다. 또한 터빈축밀봉계통은 터빈제어밸브와 터빈 정지밸브로부터 누설된 증기를 공급받는다. 터빈축밀봉계통은 그림 10.4.3-1에 보여진다.

증기발생기로부터 주증기를 공급받을 수 없을 때는 주증기 공급원이 닫히고 밀봉증기는 보조증기계통에서 공급된다. 모든 글랜드의 증기 누설부는 전동기구동 송풍기에 의해 약한 진공으로 유지되는 관류형 열교환기인 밀봉증기응축기(GSC) 쪽으로 보내진다. 축 밀봉부로부터 회수되는 공기와 증기의 혼합물로부터 증기를 응축하기 위해 복수가 사용된다. 밀봉증기응축기는 복수기로 배수되고, 응축되지 않은 기체는 대기로 배출된다. 방사선 감시 설비에 관련된 내용은 11.5절에 기술되어 있다.

보조증기공급원이 사용불가한 경우 주증기계통에서 밀봉증기가 공급된다. 터빈의 부하가 상승함에 따라, 고압터빈 축밀봉부의 증기 누설은 밀봉증기모관으로 유입된다. 이러한 누설이 밀봉증기모관 압력을 유지하기에 충분할 때, 보조증기공급밸브는 닫히고, 밀봉증기는 고압터빈 축밀봉부로부터 공급된다. 고부하에서, 터빈축밀봉계통에 의해 요구되는 것보다 더 많은 증기가 고압터빈 축밀봉부로부터 누설될 때, 과잉 증기는 복수기로 배출된다.

#### 10.4.3.3 안전성 평가

터빈축밀봉계통은 안전기능을 가지지 않는다. 터빈축밀봉계통 밸브는 터빈을 보호하기 위하여 고장시 안전을 위해 배열된다.

#### 10.4.3.4 시험 및 검사

터빈축밀봉계통 기기의 시험 및 검사는 법규 및 기술기준에 따라 수행된다. 터빈축밀봉계통은 발전소 시운전 동안 검사된다. KEPIC MGE 배관은 코드의 MGE 5000, MGE 6000에 따라 시험되고 검사된다. 정상운전 조건에서 계통성능 감시를 통하여 계통 구성품의 성능 결함을 감지하고 필요시 적절히 조치한다.

2

#### 10.4.3.5 계측설비

현장 및 주제어실의 계측설비는 증기밀봉모관 압력, 온도의 지시 또는 경보 기기로 구성되어 있다. 이 계통의 계측설비는 운전용이며, 원자로의 안전정지시에는 요구되지 않는다.

주제어실에서의 비안전 원격 감시와 제어를 수행하는 공정기기 제어계통에 대한 설명은 7.7.1.1.11절에 기술되어 있다.

#### 10.4.4 터빈우회계통

##### 10.4.4.1 설계 기준

터빈우회계통은 안전성관련 기능을 수행하지 않는다. 터빈우회계통은 터빈건물에 위치하며 원자로출력급감발계통과 연계하여 다음의 기능을 수행하도록 설계된다.

- 가. 원자로정지 및 1차 또는 2차측 안전밸브의 열림이 없이 터빈 전부하 감발도 수용
- 나. 발전소 정지 후 주증기안전밸브의 열림을 방지하기 위해 핵증기공급계통 부하 제어
- 다. 고온 영출력 조건에서 핵증기공급계통 유지
- 라. 터빈 발전기계통 병입시와 같이 터빈출력보다 원자로출력이 더 커야 할 경우 핵증기공급계통 부하 제어
- 마. 3대의 급수펌프 중 하나가 상실될 때 주증기 압력을 제한하는 제어기능을 제공
- 바. 터빈출력 및 원자로출력이 설정치 이하로 내려갈 경우 제어봉집합체 자동이동금지(AMI)신호 제공. 원자로 출력이 15 % 이하로 원자로 자동제어를 방지하기 위해 자동이동금지신호 제공



## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

- 사. 핵증기공급계통 가열 또는 냉각 동안에 원자로냉각재계통 온도의 수동제어를 위한 수단 제공
- 아. 밸브 마모를 최소화하고 제어성능을 유지할 수 있도록 터빈우회밸브의 운전성 제공
- 자. 모든 터빈우회밸브와 복수기 쉘이 가용할 때 복수기 사이의 유량 불균형을 제한하고, 적절한 밸브 배열을 통하여 순차적으로 동작되는 터빈우회밸브의 운전 능력 제공
- 차. 복수기 압력이 설정치를 초과할 때 터빈우회유량을 차단하는 복수기 연동장치 제공

### 10.4.4.2 계통 설명 및 운전

#### 10.4.4.2.1 개요

터빈우회계통은 증기우회제어계통, 터빈우회밸브 및 관련 배관과 계측설비로 구성되어 있다. 증기우회제어계통은 7.7.1.1.4절에서 기술하고 있다.

#### 10.4.4.2.2 배관 및 계측설비

터빈우회계통은 주증기격리밸브 후단에 위치한 2개의 분기배관에 설치되며 8개의 터빈우회밸브(배관당 4개의 터빈우회밸브)로 구성되어 있고 복수기로 연결된다. 이와 같은 배치는 그림 10.3.2-1에서 보여 진다.

#### 10.4.4.2.3 터빈우회밸브

8개의 터빈우회밸브는 발전소 기동 및 정지 기간 및 부하상실 동안 공급되는 과잉증기의 양이 복수기로 우회될 수 있도록 전출력 증기유량의 55% 용량을 배출할 수 있는 공기구 동식 밸브이다. 각 우회밸브의 조합은 2개의 격리밸브와 하나의 제어밸브로 이루어져 있다. 밸브는 증기우회제어계통에 의해 조정되나 원격 또는 현장에서 수동으로 운전될 수도 있다. 자동조절모드에서 운전될 때, 밸브는 15초에서 20초 내에 완전히 열리거나 닫힌다. 증기우회제어계통으로부터 급속열림신호를 받을 경우, 밸브는 1초 내에 열릴 수 있도록 설계된다. 닫음 신호를 받는 경우, 밸브는 5초 이내에 닫히도록 설계된다. 터빈우회 계통은 핵연료장전 전 고온기능시험시 고온대기상태에서 운전이 가능하도록 28,576 kg/hr (63,000 lb/hr)의 낮은 유량에서도 제어된다.

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

### 10.4.4.2.4 계통 운전

터빈우회계통은 터빈정지밸브의 전단에 있는 주증기모관으로부터 증기를 받아 터빈발전기를 우회하여 복수기로 직접 방출한다. 정상운전시, 우회밸브는 7.7.1.1.4절에서 기술한 바와 같이 증기우회제어계통의 제어를 받는다. 냉각 또는 고온대기 동안, 터빈우회밸브는 증기발생기 압력과 원자로냉각재 온도변화를 조절하기 위하여 주제어실에서 개별적으로 조정될 수 있다.

#### 10.4.4.2.4.1 계통 성능

- 가. 전체 터빈우회밸브 용량은 전출력 증기유량의 55%이다. 터빈우회계통 및 원자로출력급감발계통과 연계하여 방출용량은 원자로 정지 또는 1차 그리고/또는 2차 안전밸브의 열림이 없이 터빈 전부하감발도 수용한다.
- 나. 각 터빈우회밸브는  $70.31 \text{ kg/cm}^2\text{A}(1,000 \text{ psia})$  압력에서 최대 용량이  $9.07 \times 10^5 \text{ kg/hr}$  ( $2.0 \times 10^6 \text{ lb/hr}$ )을 초과하지 않는다.
- 다. 터빈우회밸브는 복수기로 과도한 증기가 유입되는 것을 방지하기 위해 고장시 닫힘 형태로 설계된다.
- 라. 터빈우회밸브 운전 속도는 다음과 같다.
  - 1) 밸브제어계통에서 작동신호가 발생하면 밸브는 15초에서 20초 이내에 완전 닫힘 위치에서 완전열림까지, 그리고 완전열림 위치에서 완전닫힘 위치까지 작동한다.
  - 2) 밸브제어계통에서 급속열림신호를 받을 경우 밸브는 1초 이내에 완전닫힘으로부터 완전열림 위치까지 작동한다.
  - 3) 밸브제어계통에서 열림허용신호가 제거될 경우 밸브는 5초 이내에 완전열림으로부터 완전닫힘 위치까지 작동한다.
- 마. 핵연료장전 전 고온기능시험시, 발전소는 고온대기조건에서 유지되어야 한다. 이를 달성하기 위하여, 적어도 하나의 터빈우회밸브는  $76.30 \text{ kg/cm}^2(1,100 \text{ psia})$  압력에서  $28,576 \text{ kg/hr}(63,000 \text{ lb/hr})$ 의 유량을 제어할 수 있다.
- 바. 터빈우회밸브는 밸브설치 위치에서 수동운전이 가능하도록 수동조작 핸들을 갖추고 있다.

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

### 10.4.4.3 안전성 평가

터빈우회계통 내의 밸브들은 복수기로 과도한 증기가 유입되는 것을 방지하기 위해 고장 시 닫힘 형태로 설계된다. 만약 우회밸브들이 고장으로 열리지 않을 경우, 주증기안전밸브가 주증기관을 과압방지를 수행한다. 주증기대기방출밸브는 원자로 냉각을 조절하기 위한 수단을 제공한다. 주증기안전밸브와 주증기대기방출밸브는 10.3.2절에서 기술되어 있다.

복수기가 열제거원으로서 이용될 수 없을 경우, 연동장치는 터빈우회밸브를 열리지 못하게 하고 만약 열려 있으면 터빈우회밸브를 닫도록 한다. 주증기안전밸브 및 주증기대기방출밸브는 우회밸브가 작동불능일 경우, 부하과도현상을 조절하는데 사용된다. 주증기안전밸브가 증기발생기를 위한 과압방지를 제공하기 때문에 터빈우회계통은 제어계통으로만 국한되고 보호계통으로서 특별한 요건에 대한 적용이 없이 설계된다. 이 계통의 상실로 인해 원자로냉각재계통에 영향을 주지는 않는다.

터빈우회계통의 운전은 주증기가 정상운전 동안 열제거원인 복수기로 우회되므로 환경에 대한 악영향은 없다.

이 계통은 원자로 안전정지에 필요하지 않으며 안전기능을 가지고 있지 않다.

### 10.4.4.4 시험 및 검사

가동전 그리고 시운전 시험은 규제지침서 1.68의 권고사항을 따라 수행한다.

시험은 증기우회제어계통으로부터 모의 터빈우회신호가 발생될 경우 터빈우회밸브의 열림을 검증하도록 수행되어진다. 시험의 목적은 터빈우회밸브의 응답에 대한 기능을 검증하는 것이다. 시험방법은 터빈우회밸브의 제어에 대한 모의 터빈우회신호 이용 및 터빈우회밸브 스템 동작 지시계에 의해 표시되는 밸브의 열림상태 기록으로 구성된다.

### 10.4.4.5 계측 설비

터빈우회계통을 위한 제어계통은 7.7.1.1.4절에 기술되어 있다.

주제어실에서 비안전 원격감시 및 제어기능을 수행하는 공정 기기제어계통에 대한 설명은 7.7.1.1.11절에 기술되어 있다.

### 10.4.5 순환수 계통

순환수계통은 복수기 및 2차측기기냉각수열교환기의 폐열을 제거하기 위해 냉각수인 해

수를 공급하며 흡수된 열을 동해로 방출한다.

#### 10.4.5.1 설계 기준

설계 기준은 다음과 같다.

- 가. 발전소 모든 부하 조건하에서 복수기 및 2차측기기냉각수열교환기의 폐열을 제거할 수 있도록 충분한 유량을 공급한다.
- 나. 복수기 배압을 설계제한치 이내로 유지할 수 있도록 적정량의 해수를 복수기에 공급한다.
- 다. 복수기 배수조로 많은 양의 해수가 유입되는 사고로 인한 터빈건물의 범람을 막기 위해 순환수계통을 수동으로 차단할 수 있게 설계되어 있다.
- 라. 해수 수위의 변화를 고려하여 안전하고 신뢰도있게 작동하도록 설계된다.
- 마. 2차측기기냉각해수계통에 필요한 냉각해수를 공급한다.

#### 10.4.5.2 계통 설명

순환수계통은 순환수 펌프, 배관, 밸브 및 계기로 구성된다. 그리고 복수기 수실 공기제거계통, 복수기 관세척계통, 순환수펌프 베어링 윤활수계통 등의 보조계통들이 있다. 순환수계통도 및 운전변수가 표 10.4.5-1 및 그림 10.4.5-1에 각각 나타나 있다. 순환수펌프는 동해에 위치한 취수구조물에서 해수를 취수하여 유리섬유복합관(Glass Fiber Reinforced Plastic Pipe)으로 해수를 공급하며, 터빈건물에 있는 6개의 복수기 수실을 통과한 해수는 복수기와 연결된 배출도관을 통하여 바다로 방출된다. 해수온도가 낮은 기간에는 전력절감을 위해 펌프의 운전대수를 감소시켜 운전할 수 있다.

한 호기당 순환수 펌프 6대가 설치되며, 이 순환수펌프는 전동기구동 수직형 습식 1단 원심펌프이다. 각 순환수펌프는 순환수계통 요구량의 16.67%에 2차측기기냉각해수계통 요구량의 25%를 합한 유량을 공급할 수 있도록 설계된다.

펌프의 출구측에는 펌프가 정지된 경우 펌프를 격리시키기 위해 전동기구동 나비형 밸브를 설치한다. 전동기구동 나비형 밸브는 각 순환수펌프 출구관 및 복수기 입·출구에 설치되어 펌프 정지시 펌프를 격리시키고 배관 손상시 복수기 동체를 격리시킨다.

순환수펌프 토출관은 서로 연결되어 있으며, 순환수 배관은 글래스 플레이크 강화 폴리에스테르/비닐에스테르(Glass Flake Reinforced Polyester/Vinylester) 라이닝 강관, 유리섬

유복합관(GRP) 및 철근콘크리트 도관으로 제작된다. 공업용 유리섬유복합관(GRP)은 취수구조물과 터빈건물 벽 사이에 설치되며 복수기 유입부는 강관이다. 터빈건물내에 위치한 2차측기기냉각해수용 모관은 6개의 강관 중 1개로부터 분기된다. 복수기 출구배관은 강관이며, 바다로 배출하기 위한 콘크리트 도관과 연결된다. 강관과 콘크리트 도관 연결 부분은 밀봉을 확실히 하고자 텀블(Thimble)을 사용하여 강관을 콘크리트 도관 안으로 매설한다.

2

배관구경이 50 mm(2 in) 이하인 경우 배관재질은 니켈-구리 합금강이며, 65 mm(2.5 in) 이상 배관은 글래스 플레이크 강화 폴리에스테르/비닐에스테르(Glass Flake Reinforced Polyester/Vinylester)를 라이닝한 강관이다.

취수구조물 또는 취수관로(GRP)와 같은 옥외지역에서 순환수계통의 고장으로 인한 홍수 발생시 내진범주 I급 구조물의 1층 바닥표고를 초과하지 않고 유출수가 부지 외부로 배수됨으로써 발전소 안전정지기능을 유지하도록 한다. 터빈건물에서의 순환수계통 가상사고시에는 터빈건물 지하층이 침수되고 지상층 출입문 및 벽체까지 침수될 수 있으므로 보조건물로 물이 유입되지 않도록 터빈건물로부터 보조건물로 접근 가능한 장소에는 방수벽이 충분한 높이로 설치되어 있다. 터빈건물에는 안전성관련 기기들이 없으므로 영향을 받지 않는다. 복수기 배수조 펌프는 침수를 완화시키는데 사용되지만 안전성관련 기기는 아니다.

2

복수기 수실 공기제거계통은 100 % 용량 2대의 펌프 및 진공제어탱크를 사용하여 계통 내에 사이폰을 유지하고 복수기 수실 및 2차측기기냉각수열교환기 냉각 해수측으로부터 비응축성 기체를 제거한다. 공기제거 탱크가 고수위가 되면 자동적으로 밸브가 닫혀 해수가 진공제어 탱크로 유입되는 것을 차단한다. 펌프는 연속 운전하며 진공방출밸브에 의하여 과진공으로부터 보호된다. 정상운전시 수증기 및 비응축성 기체들은 방사능에 오염될 가능성이 없으므로 대기로 방출한다.

정상운전시 해수에 차아염소산나트륨이 주입되고 복수기관세척계통이 운전된다. 차아염소산나트륨은 복수기 관내에 생물의 성장 및 취수구조물에 해양 유기체 성장을 억제하는데 사용한다. 복수기 관세척계통은 부식 침전물 등을 제거하여 복수기 효율을 유지한다. 관 내경보다 크게, 특별히 정교하게 제작된 스폰지 고무 볼은 복수기관을 순환하면서 관 내 벽을 깨끗이 청소한다. 복수기 관세척계통은 복수기 튜브 내에 침전될 수 있는 여러 가지 형태의 오염물을 제거함으로써 복수기 청결성을 유지한다. 순환수계통은 관 내의 압력이 증기가 유입되는 동체보다 높아 방사능에 오염된 물질이 관 내로 유입되는 것을 방지하도록 설계되어 있다. 그래서 복수기 관이 누설되면 관 내의 해수는 복수기 동체로 유입된다.

밸브나 밸브 연결 부위에서의 누설은 복수기 배수조 수위 경보로 감지된다. 배관 및 신축 이음의 파손으로 인한 과도한 누설시 점진적인 진공 상실 및 복수기 배수조 고수위로 인한 경보가 주제어실에 표시되며, 복수기 배수조 고-고 수위시 수동으로 모든 순환수펌

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

프를 정지시킨다.

### 10.4.5.3 안전성 평가

순환수계통은 비안전성관련 계통이며, 안전성 평가가 필요하지 않다.

### 10.4.5.4 시험 및 검사

모든 계통 기기의 성능, 구조적 건전성 및 밀폐 건전성은 연속적인 운전에 의해서 입증된다. 계통의 모든 능동 기기는 운전기간 동안 검사를 위하여 접근 가능하도록 하였다. 순환수펌프는 KEPIC MGF 코드에 따라서 검사된다.

순환수용 나비형 밸브의 성능, 수압 및 누설시험은 AWWA(American Water Work Association) 코드 C504규격에 따라 실시한다.

순환수펌프 관련 성능시험은 적용되는 기술기준 또는 적용 가능한 대체 시험방법에 따라 주기적으로 수행된다.

### 10.4.5.5 계측설비

순환수펌프의 펌프 상태는 주제어실에 지시되고 제어된다. 순환수펌프의 불시 정지시에는 주제어실에 정보가 발생된다.

순환수펌프 출구밸브와 복수기 수실 순환수 입구/출구밸브들 또한 밸브 상태가 주제어실에서 지시되고 제어된다. 순환수펌프들은 펌프 출구밸브들이 20% 열린 이후 기동되도록 연동되어 있으며, 해당되는 펌프가 정지하면 순환수펌프 출구밸브들은 자동적으로 닫힌다.



복수기 입구 및 출구 순환수 압력은 현장에 지시된다. 복수기 입구 및 출구 온도는 현장 및 주제어실에 지시된다. 취수구 해수 수위는 주제어실에 지시되며 저수위 시는 주제어실에 정보가 발생된다.

## 10.4.6 복수탈염계통

### 10.4.6.1 설계 기준

복수탈염계통은 2차측 수질화학기준을 만족시키기 위하여 복수에 포함된 용해성 및 부유성 불순물을 제거하여 혼합상 이온교환탑 출구에서 다음의 수질 기준을 유지한다.

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

가.		
나.		
다.		
라.		
마.		
바.		
사.		
아.		

복수탈염계통은 복수펌프 방출모관에서 공급되는 전체의 복수 유량을 연속적으로 처리할 수 있다. 계통의 탈염탑을 운전시마다 “재순환 세정” 모드 운전으로 2차계통의 부식생성물을 제거할 수 있다.

온수탱크를 제외한 모든 압력용기는 KEPIC MGB에 따라 설계, 제작된다. 온수탱크는 ASME Sec. IV에 따라 설계, 제작된다.






계통은 비안전등급, 비1E급, 내진범주 III급으로 분류된다.

### 10.4.6.2 계통 설명

#### 10.4.6.2.1 일반 개요 및 계통 운전

복수탈염계통은 복수펌프 후단에 위치하고, 2단계 과정으로 복수 전량을 탈염이 가능하도록 구성되어 있으며, 계통내 수질상태에 따라 운전계열의 수는 변경이 가능하다.

복수탈염계통은 2개의 부속계통 즉, 탈염계통과 외부수지재생계통으로 구성되어 있다.

각 호기의 탈염계통은  양이온 교환탑 후단에  혼합상 이온교환탑으로 구성되어 있다.  개의 양이온교환탑과  개의 혼합상 이온교환탑으로 구성된 각 계열은 전 복수유량의  을 처리하는 용량을 가지고 있다. 교환탑 1계열은 대기상태로 유지된다. 그러므로 발전소의 모든 운전모드 동안 복수탈염계통은 공정처리 능력의 감소 없이 연속 운전을 유지할 수 있다.

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

운전중인 각 이온교환탑을 통과한 탈염수내의 불순물 농도 또는 교환탑 입출구의 차압이 규정치를 초과하거나, 규정치의 유량을 처리한 후에는 사용중이던 이온교환탑은 수동으로 격리한다.

한 계열의 이온교환탑은 항상 대기 상태에 있고, 소모된 수지의 재생약품이 급수계통으로 유입되는 것을 최소화시키기 위하여 이온교환탑에서 외부수지재생계통으로 이송되며, 재생탱크에 저장되어 있는 이미 재생된 예비수지는 이온교환탑으로 이송된다.

분리된 재생탱크들은 양이온과 혼상이온교환기로 설치되며, 양이온교환탑의 재생계통은 2개의 양이온 재생저장 탱크로 구성되어 있다.

혼합상 이온교환탑 재생계통은 수지분리양이온 재생탱크, 음이온 재생탱크, 수지 혼합저장탱크, 중간수지 저장탱크를 포함하는 4개의 용기로 구성되어 있다. 재생된 수지는 혼합상 이온교환탑으로 이송되기 전까지 수지혼합저장탱크에 보관된다.

재생절차는 운전원의 수동조작으로 기동한 후 자동으로 제어된다. 또한 재생계통은 황산과 가성소다 저장설비, 희석수 공급설비, 온수탱크 그리고 각 탈염탑의 상태뿐만 아니라 재생공정을 감시하는 제어반을 포함한다.

재생폐액은 복수탈염배수조를 거쳐 중합폐수처리장으로 이송된다. 만일, 복수탈염설비 배수조 폐기물의 방사능 수준이 규정치를 넘으면 폐기물은 액체방사성폐기물관리계통으로 이송된다.

### 10.4.6.2.2 양이온 재생/저장탱크

양이온교환탑에서 소모된 양이온 수지는 양이온 재생저장탱크로 이송되어 황산으로 재생된 후 양이온교환탑으로 이송될 때까지 양이온 재생저장탱크에 저장한다.

용기는 탄소강으로 제작되고 용기내부는 고무로 라이닝되어 있다.

### 10.4.6.2.3 혼합상 이온재생탱크

혼합상 이온재생탱크는 수지분리양이온 재생탱크, 음이온 재생탱크, 수지혼합저장탱크 및 중간수지저장탱크로 구성되어 있다.

용기는 탄소강으로 제작되고 용기내부는 고무로 라이닝되어 있다.



## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

### 10.4.6.2.4 황산과 가성소다 저장 및 공급계통

계통은 황산 및 가성소다 저장탱크, 일일탱크 및 화학약품 계량펌프로 구성된다. 온수탱크가 가성소다 회석수를 공급하기 위해 설치되어 있다.

재생기간 동안 화학약품 계량펌프는 자동제어계통에서 결정된 정확한 양의 약품을 일일탱크에서 양이온과 음이온재생탱크로 이송시킨다.

재생약품은 재생탱크에 주입되기 전에 회석된다.

황산과 가성소다 일일탱크는 각각 양이온교환탑과 혼합상 이온교환탑에서 회 재생에 요구되는 화학약품량을 기준으로 크기가 결정되었다.

### 10.4.6.2.5 시료채취계통

시료채취계통은 복수 탈염탑에서 나온 탈염수의 화학 성분을 감시하기 위해 설치된다.

시료채취계통은 실험실용 시료채취 설비와 , 및 측정용 계기를 갖춘 시료배수대를 포함한다.

### 10.4.6.3 안전성 평가

복수탈염계통은 비안전성관련 계통이며 발전소의 안전정지에 필요하지 않다.

### 10.4.6.4 시험 및 검사

모든 기기는 적용되는 장비의 사양서 및 코드에 따라서 시험 및 검사된다.

### 10.4.6.5 계측 설비

복수탈염계통의 감시 및 제어를 위해 현장제어반이 제공된다. 황산과 가성소다 계량펌프는 현장제어반에서 제어되며, 자동제어계통에서 설정한 만큼 일일탱크로부터 정확한 양의 화학물질을 이송한다. 황산과 가성소다 회석수 유량은 현장에서 지시된다. 재생 농도 감시를 위해 고/저 전도도는 현장제어반에 경보가 제공된다. 회석수 유량 저 신호는 황산과 가성소다 계량펌프를 정지시킨다. 황산과 가성소다 일일탱크 수위 저 신호시 해당 계량펌프를 정지시키며, 경보가 발생된다.

각 양이온 및 혼합상 이온교환기의 응축수 유량은 현장제어반에 지시된다. 양이온 교환기 및 혼합상 이온교환기 출구 전도도는 현장제어반에서 온라인 감시된다.

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

발전소 운전원에게 비정상 상태에 대한 경고를 제공하기 위해 계통고장정보가 주제어실에 제공된다.

### 10.4.7 복수 및 급수계통

#### 10.4.7.1 설계기준

복수 및 급수계통은 복수기 온수조로부터 증기발생기까지 복수 및 급수를 이송할 수 있도록 설계된다. 또한, 복수 및 급수계통은 복수와 급수의 다단계 가열설비 및 수질유지와 복수의 보충을 위한 설비를 포함한다.

복수계통은 비안전성관련이다. 사고결과의 완화 및 원자로의 안전정지에 필요한 급수 계통의 일부분은 안전성관련으로 설계된다. 계통의 안전성관련 부분들은 다음의 설계 기준에 따라 설계된다.

- 가. 계통은 기기의 단일 능동고장과 급수공급 배관의 동시 고장이 원자로의 안전정지를 저해하지 않아야 한다.
- 나. 계통 기기들은 안전정지지진 동안에 안전기능을 수행할 수 있음이 입증될 수 있도록 설계된다.
- 다. 전성관련 기기 및 배관은 고에너지 및 중에너지 배관 파단, 배관 휨 및 제트충돌(jet impingement)의 영향에 대해 보호되도록 설치, 설계되어야 한다.
- 라. 태풍, 홍수 및 지진 등과 같은 유해 환경 사고가 계통의 안전기능을 저해하지 않도록 설계되어야 한다.
- 마. 계통에 공급되는 소외전원상실이 원자로의 안전정지를 방해하지 않아야 한다.
- 바. 급수배관은 급수계통 배관파단사고가 원자로냉각재압력경계 및 원자로건물에 손상을 주지 않도록 설계되어야 한다.

#### 10.4.7.2 계통 설명

복수 및 급수계통은 복수기로부터 증기발생기까지 복수 및 급수를 이송한다. 저압급수가 열기, 고압급수가 열기 그리고 탈기기에서 재생 열교환이 이루어진다. 복수, 급수 및 급수가 열기배수 계통은 그림 10.4.7-1, 그림 10.4.7-3 및 그림 10.4.7-2에 나타나 있다.

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

### 10.4.7.2.1 복수계통

50 % 용량 3대의 전동기구동 복수펌프(2대 운전과 1대 대기)는 복수기 온수조에서 밀봉 증기응축수, 3계열 저압급수가열기 및 부분유량 및 전유량 모드(10.4.6절 참조)의 직접처리방식 복수탈염기를 거쳐 탈기기로 복수를 공급한다. 6대의 저압급수가열기(1번 및 2번)는 복수기 안에 설치된다. 3번 저압급수 가열기는 가열기 구역에 수평으로 설치된다. 1, 2 및 3단 저압급수가열기는 3개의 계열(각 1/3 용량)로 배열되며 각 저압급수가열기 계열 입구 및 출구에는 차단밸브가 설치된다. 복수중 일부는 증기발생기 취출수 냉각을 위해 증기발생기 취출수 재생열교환기로 보내어진다.

탈기기저장탱크 및 복수기온수조 수위는 다음과 같이 조절된다.

- 가. 탈기기저장탱크 수위제어는 탈기기로의 복수 유량을 조절하는 탈기기 입구에 위치한 2개의 공기구동 수위제어밸브에 의해 조절된다.
- 나. 복수기온수조 수위는 복수저장탱크로부터 보충수 유입이 이루어지면서 직접적인 복수 유량으로 정상수위가 유지된다. 진공 탈기를 위해 복수저장탱크로부터 복수 유입은 복수기로 직접 연결된다. 보충수의 용존산소는 복수저장탱크의 질소 가압에 의해 최소화된다.

### 10.4.7.2.2 급수가열기 배수

급수가열기배수계통은 습분분리/재열기 및 급수가열기로부터 1단계 낮은 급수가열기 또는 복수기로 응축수를 이송한다.

- 가. 습분분리배수탱크의 응축수는 5번 고압급수가열기로 배수된다.
- 나. 1단 재열기배수탱크의 응축수는 6번 고압급수가열기로 배수된다.
- 다. 2단 재열기배수탱크의 응축수는 7번 고압급수가열기로 배수된다.
- 라. 고압급수가열기로부터 배수는 1단계 낮은 급수가열기를 경유하며 5번 고압급수가열기에서는 탈기기로 배수된다.
- 마. 저압급수가열기로부터 배수는 1단계 낮은 급수가열기를 경유하며 최하단 급수가열기에서는 복수기로 배수된다.
- 바. 가열기 또는 배수탱크가 비상제어수위에 도달시, 비상배수밸브가 개방되어 복수기로 배수를 허용한다.

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

사. 수위제어 밸브 및 후단 배관 등 플래싱 유체의 영향을 받는 부분은 저합금 크롬-몰리브덴 강, 또는 침식/부식에 견딜 수 있는 동등한 재질로써 구성된다.

### 10.4.7.2.3 급수계통

3대의 55 % 용량 전동기구동 급수승압펌프(정상 3대 운전)는 탈기기저장탱크로부터 주급수펌프까지 급수를 이송한다.

3대의 55 % 용량 터빈구동 주급수펌프(정상 3대 운전)는 2열 3단의 고압급수가열기를 거쳐 급수공급모관으로 급수를 이송한다. 급수는 급수공급모관으로부터 2대의 증기발생기로 분기되어 공급된다.

발전소 기동 및 정지시 전동기구동의 기동용 급수펌프는 탈기기저장탱크로부터 급수를 공급받는다. 기동용 급수펌프는 전출력 급수 용량의 5 %에 해당하는 용량을 2대의 증기발생기에 공급할 수 있다. 발전소 기동 및 정지시 증기발생기의 수위는 증기발생기 하향유로 급수제어밸브와 우회배관에 설치된 전동기구동의 우회밸브에 의하여 조절된다. 급수상실 및 원자로 트립(정지)시에 기동용 급수펌프는 증기발생기의 수위를 유지하기 위하여 수동으로 기동될 수 있다.

각 증기발생기는 1개의 하향유로 급수노즐과 2개의 이코노마이저 급수노즐을 가지고 있다. 하향유로 급수배관과 노즐은 100 % 출력에서 정상 전출력 증기발생기 압력에 대하여 최소한 전출력 용량의 10 % 그리고 발전소 기동시에는 20% 출력에서 요구되는 급수( $7.03 \times 10^6$  kg/hr( $1.55 \times 10^6$  lb/hr))를 공급할 수 있도록 설계된다. 93 °C(200 °F) 이하의 급수는 전량 하향유로 배관 및 노즐로 공급된다. 2개의 이코노마이저 급수배관과 노즐은 각각 정상 전출력 증기발생기 압력에서 최소한 전출력 용량의 50 %를 공급할 수 있는 용량으로 설계되며, 전단의 공통모관은 전출력 용량의 100 %를 공급할 수 있는 용량으로 설계된다.

증기발생기로의 급수공급은 원자로 출력에 따라 아래와 같이 변화한다.

가. 원자로 출력이 0 %에서 20 % 범위 내에 있을 때, 모든 급수는 하향유로배관을 통하여 증기발생기로 공급된다.

나. 원자로 출력이 20 % 이상일 경우, 전출력 용량의 10 %는 하향유로배관으로, 그리고 나머지는 이코노마이저배관으로 나뉘어져 공급된다.

하향유로배관과 이코노마이저배관에는 역류를 방지하기 위하여 각각 2개의 역류방지밸브가 연속하여 설치된다. 이코노마이저배관에는 전단의 모관에 1개 그리고 하류 측에 위치

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

한 2개의 분기배관에 각각 1개씩의 역류방지밸브가 설치된다. 이코노마이저배관 후단 분기배관에 설치되는 역류방지밸브는 증기발생기로부터의 역류 가능성을 최소화하기 위하여 가능한 한 증기발생기에 가장 근접하게 설치된다. 이코노마이저급수배관과 하향유로 급수배관에는 이중격리밸브가 설치된다. 주급수격리밸브는 능동밸브로서 주증기차단신호 발생시 5초 이내에 증기발생기로 공급되는 급수를 완전히 차단한다. 주급수격리밸브의 안전해석은 15장에 기술된다.

증기발생기 노즐로부터 두 번째 주급수격리밸브까지의 이코노마이저 급수배관과 하향유로 급수배관내의 모든 배관과 밸브는 내진범주 I급, KEPIC MNC(해외구매 품목은 ASME Sec. III NC)의 등급 2 요건에 따른다.

각 증기발생기의 이코노마이저배관과 하향유로배관에는 급수유량을 조절하기 위하여 1개씩의 급수제어밸브가 설치된다. 각 급수제어밸브의 전단에는 급수배관과 증기발생기와의 격리를 위하여 전동기구동 격리밸브가 설치된다. 급수 제어 밸브는 7.7.1.1.3절에서 기술된 바와 같이 증기발생기로의 급수유량과 0%부터 100% 출력에서 증기발생기의 수위를 유지하기 위하여 급수제어시스템에 의하여 자동제어 된다.

### 10.4.7.2.4 기동 및 정지

기동 및 정지시, 기동용 급수펌프는 증기발생기로 급수를 공급한다. 하향관로 급수제어 밸브와 우회배관에 설치된 수동우회밸브가 증기발생기로의 급수유량을 조절한다.

기동시에는 복수기로의 증기흐름을 조절하기 위하여 터빈우회밸브가 사용된다.

### 10.4.7.2.5 계통 성능

- 가. 100% 출력에서 증기발생기로 공급되는 공칭 급수온도는 232 °C(450 °F) 이다.
- 나. 발전소 기동시 이코노마이저 노즐로 급수가 공급되기 전에 급수 온도는 93 °C (200 °F) 이상이다. 터빈정지후의 경우를 제외하고, 93 °C(200 °F) 미만의 급수는 하향관로 노즐을 통하여 공급된다.
- 다. 주급수계통은 7.7.1.1.3절의 급수제어시스템에서 기술된 운전조건 및 설계조건에 따라 적절한 유량의 급수를 증기발생기로 공급한다.
- 라. 10.3.5절의 수질화학요건은 발전소의 기동과 고온대기 그리고 냉각을 포함하는 발전소의 모든 운전상태에 적용된다.
- 마. 발전소는 운전중이던 3대의 급수펌프 중 1대의 상실시에도 100%의 출력을 유

지할 수 있다.

- 바. 발전소는 운전중이던 3대의 복수펌프 중 1대의 상실시에도 100 %의 출력을 유지할 수 있다.
- 사. 급수계통은 침식 손상을 최소화하도록 설계된다. 침식/부식에 따른 배관손상을 최소화하기 위하여 3.6.3.1.2절에서 기술된 방법들이 사용된다.
- 아. 급수계통 배관과 관련 지지물 및 구속물은 급수배관의 파단 및 주급수격리밸브의 닫힘과 같이 발생할 수 있는 단일 사고가 아래 사건의 원인이 되지 않도록 설계된다.

- 1) 냉각재 상실
- 2) 다른 증기발생기의 안전등급 증기 및 급수배관, 주증기격리밸브, 주증기안전밸브, 주급수격리밸브, 증기발생기취출격리밸브 그리고 주증기 대기방출밸브의 고장
- 3) 공학적안전설비작동계통 또는 발전소보호계통 성능저하
- 4) 원자로건물 압력경계에 과도한 하중 부가
- 5) 주제어실의 기능 저하
- 6) 원자로냉각재계통의 순차 냉각 방해

#### 10.4.7.2.6 계통 배치

- 가. 가상 배관과단에 따르는 2대의 증기발생기로부터의 유출을 방지하기 위하여 증기발생기로 연결되는 모든 급수배관은 단일고장기준을 만족하는 이중의 급수계통 격리밸브들이 설치된다.
- 나. 이코노마이저 급수배관과 하향유로 급수배관에 단일고장을 고려한 급수의 역류현상을 신속하게 차단할 수 있도록 이중의 급수계통 역류방지밸브가 설치된다.
- 다. 규칙 제23조 및 일반설계기준 57에 따라 주급수격리밸브는 원자로건물 외부에 가능한 한 가장 근접하게 설치된다.

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

- 라. 주급수격리밸브는 증기발생기와 주급수격리밸브 사이의 배관에 들어있는 유체의 양이 최대  $19.82 \text{ m}^3 (700 \text{ ft}^3)$ 를 넘지 않도록 설치된다. 이 양에는 2개의 주급수 격리밸브 간 체적과 주급수 격리밸브 후단에 연결된 배관의 해당 격리밸브까지 체적도 모두 포함된다.
- 마. 수격현상의 방지에 도움이 되기 위하여 각 증기발생기의 하향유로 급수노즐에는 아래쪽으로 향하는  $90^\circ$  엘보우가 설치된다.
- 바. 복수 및 급수계통 기동시의 재순환과 증기발생기 휴관을 위하여 7번 고압급수가열기 후단과 복수기 사이에 증기발생기 세정배관이 설치된다. 이 세정배관은 일반적으로 다른 2개의 재순환 유로와 함께 활용되는데, 그 하나는 온수조 재순환을 위하여 밀봉증기응축기 하단에 설치되며, 다른 하나는 탈기기저장탱크의 하단에 위치한다.
- 사. 보조급수계통과의 연결은 증기발생기 하향유로의 주급수격리밸브와 증기발생기 하향유로 노즐사이에 위치한다.
- 보조급수는 오직 하향유로 노즐을 통해서만 공급된다. 주급수계통 다른 부분으로의 보조급수 역류를 방지하기 위하여 보조급수와의 연결은 급수계통 배관에 있는 이중의 안전등급 2 역류방지밸브 후단에 위치한다.
- 아. 급수계통은 병렬로 설치된 3대의 주급수펌프를 포함한다.
- 자. 저압급수가열기 후단에 1대의 탈기기와 2대의 탈기기저장탱크가 설치된다. 저압터빈으로부터의 추기증기가 탈기기의 압력을 조절한다. 만약 최소 필요 압력 미만으로 압력이 내려갈 경우에는 보조증기로부터 증기를 공급받아 적절한 탈기압력을 유지한다. 정상운전에서 탈기기저장탱크의 저장량은 5분 이상 급수계통 설계유량의 공급이 가능한 양이다. 탈기기와 연결된 배관은 수격현상을 예방할 수 있도록 설계된다. 탈기기저장탱크는 정상운전 및 과도운전 동안에 급수승압펌프에 충분한 유효 흡입수두를 제공할 수 있도록 설치된다. 계통 또는 발전소의 트립 없이 만족스러운 운전이 이루어질 수 있도록 탈기기 과도상태 분석이 수행된다.
- 차. 기동용 급수펌프의 흡입은 탈기기저장탱크로부터 이루어지며 펌프의 유효흡입수두는 필요흡입수두보다 높다.

### 10.4.7.2.7 배관, 밸브, 기기 및 계장

- 가. 배관

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

- 1) 주급수격리밸브를 포함하여 주급수격리밸브부터 증기발생기 급수노즐까지의 주급수계통 밸브, 배관 그리고 관련 지지대 및 구속물은 내진범주 I급, KEPIC MNC(해외구매 품목은 ASME Sec. III NC)의 등급 2의 요건에 따라 설계된다.
- 2) 모든 KEPIC MNC(해외구매 품목은 ASME Sec. III NC)의 등급 2의 밸브는 KEPIC MOC에 따라 가동중에 주기적으로 작동 및 누설검사를 한다.
- 3) 주급수배관 및 지지대 그리고 구속물은 3.9.3절에 기술된 정상운전 조건 및 설계 조건으로부터 발생하는 하중을 견딜 수 있도록 설계된다.
- 4) 급수배관은 급수배관 및 다른 계통 배관의 가상 배관파단사고로부터 보호되고 견딜 수 있도록 배치되며, 발전소의 안전정지와 관련하여 단일고장기준을 초과하지 않는다.
- 5) 증기발생기 이코노마이저 급수노즐로 연결되는 2개의 급수배관은 각각 전출력 증기발생기 압력[70.3 kg/cm<sup>2</sup>A(1,000 psia)]에서 전출력 유량의 50 %를 기준으로 설계되며, 전단의 공통모관은 전출력 유량의 100 %를 기준으로 설계된다.
- 6) 하향유로 급수배관의 크기는 다음의 기준에 따라 설계된다.
  - 가) 하향유로 급수배관은 100 % 출력에서 정상 전출력 증기발생기 압력 [70.3 kg/cm<sup>2</sup>A(1,000 psia)]에 대하여 최소한 전출력 유량의 10 %를 감당할 수 있도록 설계된다.
  - 나) 발전소 기동시 93 °C(200 °F) 미만의 모든 급수는 하향유로를 통하여 공급된다.
  - 다) 발전소 기동시 20 % 출력까지는 하향유로를 통하여 공급된다.
- 7) 주급수배관은 수격현상을 최소화하도록 배치된다.
- 8) 급수제어밸브의 개폐 시간은 과도한 수격현상이 일어나지 않도록 선정된다.

### 나. 주급수격리밸브 및 역류방지밸브

- 1) 주급수격리밸브는 단일고장기준의 적용 하에서 주증기격리신호를 받고 5초



이내에 차단할 수 있도록 설계된다.

- 2) 주급수격리밸브, 역류방지밸브 그리고 연결된 지지물들과 구속물은 KEPIC MNC(해외구매 품목은 ASME Sec. III NC)의 등급 2에 따라 설계되며 내진범주 I급이다.
- 3) 주급수격리밸브는 KEPIC MOC에 따라 가동중시험을 수행한다.
- 4) 주급수격리밸브는 원격운전되며, 주급수격리밸브 양단 어느 한 쪽의 가상 배관과단에 따른 과도상태 유량조건 및 주급수배관의 온도와 압력조건에서 급수를 완전히 차단할 수 있도록 설계된다.
- 5) 주급수격리밸브와 역류방지밸브 그리고 그 지지대 및 구속물은 3.9.3절에 기술된 정상운전 및 설계기준의 하중을 감당할 수 있도록 설계된다.
- 6) 주급수격리밸브는 능동기기로 분류되며 SRP의 요건을 만족한다.
- 7) 각 주급수격리밸브 구동기는 하나의 고장이 또 다른 것의 고장을 유발하지 않도록 물리적 및 전기적으로 분리된다.
- 8) 주급수배관은 규칙 제23조 및 일반설계기준 54와 57의 요건을 만족한다.
- 9) 주급수배관에 설치되는 이중의 역류방지밸브는 역류를 신속하고 완전히 차단할 수 있도록 설계된다.
- 10) 각 증기발생기로부터의 역류에 의한 급수역류방지밸브의 누설률은 MSS SP-61에 따라 결정된다.

| 1

#### 다. 급수제어밸브

- 1) 급수제어밸브와 그 지지대는 정상운전 및 설계기준의 하중을 감당할 수 있도록 설계된다.

#### 라. 펌프

- 1) 각 복수 및 급수펌프는 계통이 요구하는 펌프의 운전점보다 높은 수두를 갖는 형태로 설계여유를 포함한다.
- 2) 펌프성능곡선은 설계점에서 체절점까지 최소한 10%의 수두 상승이 있다

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

록 연속적인 경사를 가져야 한다. 2대 또는 그 이상의 펌프가 병렬로 운전될 경우 각 펌프의 성능곡선은 동일해야 하며 성능곡선상 가파른 경사구간에서 운전되도록 설계되어야 한다.

- 3) 일반적으로 발전소 출력운전중에는 3대의 급수승압펌프 및 3대의 주급수펌프가 모두 운전된다. 운전중이던 3대의 급수펌프 중 1대가 상실될 경우 남아있는 2대의 펌프는  $73.1 \text{ kg/cm}^2(1,040 \text{ psia})$  압력의 증기발생기로 최소한 계통 정격유량  $8.22 \times 10^6 \text{ kg/hr}(18.13 \times 10^6 \text{ lb/hr})$ 의 110 %를 공급할 수 있도록 설계되며, 이는 원자로 트립 방지에 충분한 유량을 제공한다.
- 4) 급수계통 및 펌프는 최대유량 및 3대 동시운전조건에서 이코노마이저 급수 제어밸브의 완전개방 및 증기발생기의 압력을  $49.2 \text{ kg/cm}^2(700 \text{ psia})$ 로 가정한 때 계통 정격유량  $8.22 \times 10^6 \text{ kg/hr}(18.13 \times 10^6 \text{ lb/hr})$ 의 190 %를 초과하지 않도록 설계된다.
- 5) 각 급수승압펌프/주급수펌프 계열은 탈기기저장탱크까지의 재순환유로를 가지고 있다. 재순환제어밸브는 운전중인 펌프의 토출유량이 펌프의 최소유량조건보다 낮을 경우 자동으로 열린다.
- 6) 복수펌프의 최소유량조건을 만족시키기 위하여 복수기 온수조로 재순환유로가 설치된다.
- 7) 발전소 기동시 또는 화학적 수질 저하시 복수 및 급수의 수질 정화를 위하여 복수펌프 후단에 재순환 유로가 설치된다.
- 8) 발전소 기동 및 정지를 위하여 전동기구동 기동용 급수펌프가 사용된다. 주급수상실 및 원자로 트립시에 증기발생기 수위를 유지하기 위하여 기동용 급수펌프는 수동으로 기동될 수 있다.
- 9) 주급수펌프 및 터빈은 급수승압펌프에 의한 풍차효과(Windmill Effect)를 견딜 수 있도록 설계된다.

### 마. 주급수펌프 터빈

- 1) 터빈은 주급수펌프에 동력을 제공하는 기기로서 발전소 정상운전시에는 습분재열기로부터 증기를 공급받고 발전소 기동시, 저출력 운전시, 3대중 1대 트립시에는 주증기를 사용한다.
- 2) 터빈은 급수제어계통으로부터 제공되는 속도 설정 요구치에 의해 주급수펌

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

프 터빈제어밸브로 유량을 조절함으로써 터빈속도를 제어한다. 또한, 터빈은 주증기 격리신호, 같은 계열의 급수승압펌프 정지, 급수승압펌프 유효흡입수두 저-저 신호, 터빈을 보호하기 위한 정지신호시 자동정지 된다.

- 3) 기계적 비상트립 제어장치와 전기적 비상트립 제어장치가 터빈의 과속도 설정치에 도달하면 증기를 차단하며 정상속도로 감속되면 리셋된다.
- 4) 터빈은 독립적인 윤활유 계통이 터빈과 주급수펌프에 윤활유를 공급하며 정화장치와 냉각장치가 있어 연속적으로 운전된다. 윤활유 공급을 위해서 교류전원용 펌프와 직류전원용 비상펌프가 구동되며 펌프들은 윤활유 저장조에 설치된다.

### 10.4.7.3 안전성 평가

급수계통의 안전성관련 부분은 10.4.7.1절에서 기술된 설계기준에 따라 설계된다. 복수와 급수계통의 비안전성관련 부분의 고장은 원자로의 안전정지를 저해하지 않는다.

급수계통의 안전성관련 부분들은 내진범주 I급 구조물 내에 위치하며, 바람, 회오리바람, 태풍, 홍수 그리고 비산물과 같은 환경재해 그리고 3장에 기술된 고, 중에너지 배관파단의 영향으로부터 보호될 수 있도록 설계 및 설치된다. 주급수격리밸브는 내진범주 I급으로 설계된 주증기격리밸브실에 설치된다.

급수계통 오동작으로 인해 증기발생기 수위가 과도하게 되는 것은 증기발생기 고수위 신호에 의해서 발생하는 주증기격리신호에 따라 주급수격리밸브가 자동으로 닫힘으로 방지된다.

급수계통의 기기 오동작이 원자로냉각재계통에 미치는 영향은 15장에 기술된다.

### 10.4.7.4 시험 및 검사

복수 및 급수계통 시험은 능동기기의 구조적 건전성, 기밀성, 운전성 및 성능을 확인하기 위한 계통 및 기기의 기능 시험과 정상운전 및 운전정지 그리고 사고조건에서 원래의 기능을 수행할 능력이 있는지를 확인하기 위하여 통합된 계통 전체의 성능에 대한 시험을 포함한다.

KEPIC MNC 배관은 KEPIC MN 및 MI에 따라 시험 및 검사된다. KEPIC MNC(해외구매 품목은 ASME Sec. III NC), 등급 2 밸브는 KEPIC MOC에 따라 작동 및 누설에 대하여 주기적으로 가동중시험이 수행된다.

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

주급수격리밸브는 그 기능을 검증하기 위하여 밸브 누설률 및 밸브 동작 그리고 5초의 밸브 닫힘시간을 만족하는지를 확인하는 가동중시험이 수행된다. 복수펌프, 주급수펌프 및 승압펌프는 기기 성능 점검을 위하여 주기적으로 시험이 수행된다.

### 10.4.7.5 계측 설비

급수펌프, 급수승압펌프, 기동용 급수펌프와 복수펌프는 주제어실과 원격정지반에서 운전 조작할 수 있다. 급수펌프, 급수승압 펌프의 저 유효 흡입 압력, 급수펌프 출구 모관의 고 압력 발생시 경보가 발생된다. 펌프 손상을 방지하기 위해 최소 펌프 유량(재순환유량)을 유지시키기 위한 제어설비가 설치된다. 가동중인 2대의 복수펌프 중 하나가 일시 정지하게 되면 대기중인 복수펌프가 자동으로 기동된다.

급수 유량, 복수 유량, 주증기 유량, 탈기기 압력, 탈기기 저장탱크 수위 그리고 증기 발생기의 수위는 주제어실 및 원격정지반에 지시된다. 증기발생기의 고 및 저 수위시에는 주제어실 및 원격정지실에 경보가 발생한다. 증기발생기의 수위, 급수 유량 및 주증기 유량 신호는 급수제어계통에 입력되어 펌프의 속도와 급수 제어밸브 위치를 제어함으로써 요구되는 급수 유량을 조절한다.

주급수격리밸브는 주제어실과 원격정지실에서 운전할 수 있으며, 공학적안전설비작동계통(ESFAS)에서 발생하는 주증기 격리신호에 따라 자동으로 닫힌다.

주급수제어계통의 설명은 7.7.1.1.3절에 기술되어 있다. 주제어실에서 비안전 원격감시 및 제어기능을 수행하는 공정 기기제어계통에 대한 설명은 7.7.1.1.11절에 기술되어 있다.

### 10.4.8 증기발생기취출계통

#### 10.4.8.1 설계 기준

증기발생기취출계통의 설계 기준은 다음과 같다.

- 가. 복수기 튜브 누설, 1차측에서 2차측으로의 누설 및 부식 등에 의해 증기발생기 셸측에 축적될 수 있는 슬러지를 제거하여 10.3.5절에 기술되어 있는 증기발생기 2차측 수질(표 10.3.5-1)을 유지하여야 한다.
- 나. 증기발생기 취출수를 복수기에 재사용하기 위하여 처리할 수 있어야 한다.
- 다. 증기발생기 전열관 누설 또는 2차측에 방사성물질이 존재할 때 방사성물질의 환경방출 없이 취출운전을 할 수 있어야 한다.

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

- 라. 연속적으로 각 증기발생기당 최대증기유량의 0.2 % 또는 1 %의 증기발생기 취출수를 처리할 수 있어야 한다.
- 마. 연속적으로 증기발생기 취출수의 방사능을 측정할 수 있어야 한다.
- 바. 원자로건물을 관통하는 취출수 배관은 원자로건물격리작동신호, 주증기격리신호, 보조급수작동신호, 다양성보조급수작동신호, 취출플래시탱크 고-고 수위신호 또는 탈염기 후단 고방사선 신호에 의하여 격리되어야 한다.
- 사. 고유량취출운전시 증기발생기 관관에 축적된 슬러지를 제거하기 위해 각 증기발생기 최대유량의 5 %의 증기발생기 취출수를 2분 동안 처리할 수 있어야 한다.
- 아. 비상취출운전시 다중증기발생기전열관파열사고기 증기발생기 수위를 저감시키기 위해 각 증기발생기 최대증기유량의 14 % 증기발생기 취출수를 200초 동안 처리할 수 있어야 한다.

### 10.4.8.2 계통 설명

증기발생기취출계통의 배관 및 계장도는 그림 10.4.8-1과 같다. 본 계통은 취출계통과 습식휴관계통의 2가지 부계통으로 구성된다. 취출계통은 각 증기발생기에 연결된 취출배관, 1개의 취출플래시탱크, 1대의 재생열교환기, 2개의 전단여과기 및 탈염기, 1개의 후단여과기로 구성된다. 습식휴관계통은 증기발생기당 1개씩 총 2개의 재순환 루프로 구성되며 취출계통의 여과기와 탈염기를 공용으로 이용한다.

각 증기발생기는 2차측의 고온관 또는 이코노마이저 지역에서 취출운전을 할 수 있도록 취출수 배관이 마련된다. 취출수는 증기발생기 취출플래시탱크로 유입되며, 탱크에서 발생된 증기는 고압급수가열기를 통하여 재순환된다. 탱크에 수집된 취출수는 복수계통에 의해 냉각되는 열교환기로 보내져 냉각시킨 후, 취출수 여과기로 보내져 취출수에 포함된 부유물을 제거한다. 여과 처리 후 취출수는 탈염기로 처리된 후 복수기로 보내진다.

계통 신뢰성 보장을 위하여 다음과 같이 설계되었다.

- 가. 증기발생기취출계통은 증기발생기당 최대증기유량의 1 % [11.3 kg/sec (24.9 lb/sec)] 연속취출 운전이 가능하도록 설계된다.
- 나. 증기발생기취출계통은 1개의 증기발생기에서 최대증기유량의 5 % (56.5 kg/sec (124.5 lb/sec))와 다른 1개의 증기발생기에서 최대증기유량의 1 % (11.3 kg/sec (24.9 lb/sec)) 고유량취출 운전이 2분 동안 가능하도록 설계된다.

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

- 다. 증기발생기취출계통은 1개의 증기발생기에서 최대증기유량의 14%(158.2 kg/sec (348.8 lb/sec))와 다른 1개의 증기발생기에서 최대증기유량의 1%(11.3 kg/sec (24.9 lb/sec)) 비상취출 운전이 200초 동안 가능하도록 설계된다.
- 라. 각 증기발생기는 2개의 전열관 시트 연결부를 가지며, 각각은 15.24 cm(6 in) 고온관 취출 노즐 및 15.24 cm(6 in) 저온관 취출 노즐이다.
- 마. 보충수탈염계통은 22.6 kg/sec(49.8 lb/sec) 이상의 2차측 보충수를 공급할 수 있다.
- 바. 증기발생기취출계통 배관 및 밸브는 각 취출 노즐에서 취출운전을 할 수 있다.
- 사. 증기발생기취출계통은 발전소가 정상상태이고 2차측 수질이 정상기준 이내 일 때 정격 주증기유량의 0.2% [증기발생기당 2.3 kg/sec(5.1 lb/sec)]를 연속으로 취출하여 처리하고, 발전소가 정상상태이고 2차측 수질이 정상기준에 불만족할 때 정격 주증기유량의 최대 1% [증기발생기당 11.3 kg/sec(24.9 lb/sec)]를 연속으로 취출하여 처리할 수 있다.
- 아. 취출 노즐에서 열역학인자는 표 10.4.8-1과 같다.
- 자. 증기발생기취출계통수의 방사능 농도를 90% 이상 낮출 수 있는 설비가 마련되어 있다.
- 차. 증기발생기로 회수되는 취출수 수질은 10.3.5절의 요건(표 10.3.5-2)을 만족하여야 한다.
- 카. 계통 배관은 처리되는 유체에 적합하게 설계되어 있다. 이상유동 취출수와 접촉하는 부분은 저합금강이나 또는 다른 부식에 강한 자재가 사용된다. 습식흡관 부계통은 스테인리스강이 사용된다. 탈염기와 여과기 및 관련 배관도 스테인리스강이 사용된다. 계통의 나머지 부분은 탄소강으로 구성된다. 증기발생기 취출유량을 조절하는 밸브의 내부부품 및 몸체는 교축 및 순간기화(flashing)에 적합하여야 하며, 침식 및 공동현상(cavitation)에 견딜 수 있어야 한다.
- 타. 증기발생기 취출 노즐부터 원자로건물 최외각 격리밸브까지의 모든 기기, 배관 및 관련 지지대들은 안전등급 2로 분류되며, 3.7절에 기술된 대로 KEPIC MN (해외구매 품목은 ASME Sec. III) 등급 2 및 내진범주 I급에 따라 설계된다. 원자로건물 최외각 격리밸브 이후의 모든 기기, 배관 및 관련 지지대들은 비안

전등급으로 분류되며, 규제지침서 1.143의 C.1.1 품질기준을 만족한다.

증기발생기취출계통의 배관 및 지지대는 다양한 정상운전 및 설계기준사고시에 발생하는 하중에 견디도록 설계된다.

- 파. 원자로건물을 관통하는 취출수 배관은 규칙 제23조와 일반설계기준 54 및 57에 따라 다중의 원자로건물 격리밸브가 설치되며, 첫 번째 격리밸브는 원자로건물격리작동신호, 주증기격리신호, 보조급수작동신호 또는 다양정보조급수작동신호에 의하여 격리되고, 두 번째 격리밸브는 원자로건물격리작동신호, 주증기격리신호, 보조급수작동신호, 다양정보조급수작동신호, 취출플래시탱크 고-고수위신호 또는 탈염기 후단 고방사선 신호에 의하여 격리되어야 한다.
  - 하. 발전소 운전정지기간이 단기간일 때는 질소기체를 이용하여 증기발생기를 건식휴관 상태로 유지하고 장기간일 경우 증기발생기는 습식휴관 상태로 유지되며, 습식휴관 운전이 끝나면 증기발생기의 수위가 적정수위에 도달하거나 요구되는 수질이 만족될 때까지 중력 또는 습식휴관재순환펌프에 의해 폐수처리계통으로 배수시킨다. 증기발생기의 재충수는 습식휴관계통을 이용하며, 습식휴관계통이 사용될 수 없을 때에는 급수계통이 사용될 수 있다.
  - 거. 증기발생기 정비 후에 퍼지를 위하여 질소공급설비가 마련되어야 한다.
  - 너. 증기발생기는 취출 노즐에서 표 10.4.8-2의 유량 및 열역학 특성을 가진 고유량 취출 및 비상 취출 운전을 하도록 설계되어 있다.
- 증기발생기취출계통은 간헐적으로 단기간(2분) 동안 고유량 취출운전(정격 주증기유량의 최대 5.0%)을 수행한다. 또한 증기발생기 다중 전열관 파단사고와 같은 비상 조건에서는 증기발생기 수위를 낮추기 위해서 200초 동안 한시적으로 비상 취출운전(정격 주증기유량의 14%)을 수용할 수 있도록 설계된다.
- 더. 증기발생기취출계통은 재순환, 정화, 배수, 재충수, 적절한 혼합, 시료채취 및 화학약품 첨가 등의 기능을 가진 증기발생기 습식휴관 기능을 가진다.
  - 러. 상기에 기술된 증기발생기 고유량 취출운전과 별도로 화학 세정이 요구될 때 사용할 수 있도록 취출계통 배관 또는 주급수계통 배관에 연결부가 설치된다.
  - 머. KEPIC MN(해외구매 품목은 ASME Sec. III) 등급 2로 설계되는 증기발생기 취출계통 배관에 대해서는 KEPIC MI에 따라 수행되는 가동중검사를 위한 적절한 공간이 마련된다.

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

- 버. 증기발생기취출계통의 원자로건물 격리밸브는 다양한 정상운전 및 설계기준사고시에 발생하는 하중에 견디도록 설계되어야 한다.
- 서. 증기발생기취출계통은 현장시료 채취가 가능해야 하며, 연속적인 나트륨, 수소이온농도, 양이온전도도 및 비전도도를 측정할 수 있어야 한다.
- 어. 취출수 재사용이 불가능하여 폐기가 요구되면, 취출수를 일반폐수 또는 액체방사성폐기물관리계통으로 유출할 수 있도록 설계된다. 액체방사성폐기물관리계통에 대한 상세사항은 11.2절에 기술되어 있다.

### 10.4.8.2.1 기기 설명

#### 가. 증기발생기 취출 재생열교환기

증기발생기 취출 재생열교환기는 쉘-튜브형 열교환기이다. 증기발생기로부터의 고온의 취출수는 쉘측으로 흐르고, 복수탈염기 후단부로부터 오는 복수는 튜브측으로 흘러 열에너지를 회수 재생한다. 취출수 출구온도는 복수의 유량을 조절함으로써 제어된다.

#### 나. 취출플래시탱크

취출플래시탱크는 고유량 및 비상 취출수와 연속 취출수를 수집하여 증기발생기 취출 재생열교환기로 보낸다. 취출플래시탱크는 수위, 압력과 온도를 측정할 수 있는 계기를 갖춘 수직형 압력용기로서 탱크 압력은 배기밸브에 의해 조절된다. 플래시탱크에는 취출수용 노즐, 압력 방출용 노즐, 배수 및 계측기 연결노즐 등이 설치된다.

#### 다. 습식휴관 재순환펌프

원심형 습식휴관 재순환펌프는 증기발생기의 습식휴관 기간에 2차측 용수를 여과하고 정화시키기 위하여 재순환시킨다. 또한 증기발생기 2차측 용수의 배수 기능을 수행하며, 배수 또는 건식휴관 후에 증기발생기 재충수 기능을 수행한다.

#### 라. 여과기

여과기는 2가지가 설치되어 있으며 하나는 탈염기가 막히지 않도록 입자들을 제거하는 탈염기 전단 여과기와 다른 하나는 복수계통으로 빠져나가는 수지 입자를 여과하기 위해 탈염기 후단부에 설치되는 후단 여과기이다.



## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

### 마. 탈염기

증기발생기 취출수를 복수계통으로 회수될 수 있는 수질로 정화하기 위해 2대의 혼합상 탈염기가 설치되어 있다. 2대의 혼합상 탈염기는 직렬 운전되나, 1대 운전 및 다른 1대는 대기상태 또는 2대 모두 병렬운전도 가능하다.

#### 10.4.8.3 안전성 평가

증기발생기취출계통은 증기발생기 2차측 수질을 허용 가능한 수준으로 유지하기 위하여 수동 및 연속운전 되도록 설계된다. KEPIC MN(해외구매 품목은 ASME Sec. III) 등급 2 배관 및 원자로건물 격리기능을 수행함에 따라 증기발생기취출계통은 안전성관련으로 설계되나, 발전소 안전정지와는 관련이 없다. 원자로건물을 관통하는 모든 취출수 배관은 원자로건물격리작동신호, 주증기격리신호, 보조급수작동신호, 다양성보조급수작동신호, 취출플래시탱크 고-고 수위신호 또는 탈염기 후단 고방사능 신호에 의하여 자동으로 격리된다. 원자로건물 내부 증기발생기 2차측 압력경계를 이루는 부분 및 원자로건물격리 관련 부분은 안전등급 요건에 따라 설계된다.

#### 10.4.8.4 시험 및 검사

KEPIC MN(해외구매 품목은 ASME Sec. III) 등급 2 배관은 KEPIC MO 및 KEPIC MI에 따라 시험 및 검사된다. KEPIC MN(해외구매 품목은 ASME Sec. III) 등급 2 밸브는 KEPIC MO에 따라 작동 및 누설에 대하여 주기적으로 가동중시험이 수행된다.

#### 10.4.8.5 계측설비

주제어실에서 비안전 감시 및 제어기능을 제공하는 공정 기기제어계통에 대한 설명은 7.7.1.1.11절에 기술된다.

### 10.4.9 보조급수계통

#### 10.4.9.1 설계 기준

##### 10.4.9.1.1 기능 요건

보조급수계통은 안전성관련 계통으로서 발전소 비상운전상황 동안 원자로 노심의 노출방지 및 열 제거를 위하여 독립적인 급수를 증기발생기 2차측에 공급한다. 보조급수계통은 발전소 정상출력운전을 위한 운전 기능은 가지고 있지 않다.

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

정상적인 소내 또는 소외전원상실 사고를 포함하여 주급수계통의 사고로 인해 증기발생기로부터 열제거가 요구되는 경우 보조급수계통은 증기발생기에 급수를 공급하기 위하여 자동 또는 수동으로 동작할 수 있도록 설계된다.

보조급수계통은 잔열제거를 위해 증기발생기에 적당한 급수 재고량을 유지시키고, 고온대기에서 정지냉각계통이 기동하는 시점까지 고온대기상태를 유지하여 발전소 냉각(최대 냉각률 41.7 °C/hr(75 °F/hr))을 수행할 수 있다. 정지냉각계통은 원자로냉각재계통 온도와 압력이 5.4.7절에 나타난 개시조건까지 감소될 때 발전소 냉각을 위해 사용 가능하게 된다.

보조급수계통은 냉각재상실사고시 증기발생기 전열관을 통하여 원자로냉각재계통과의 압력경계를 적절히 유지하기 위하여 운전원이 수동으로 작동할 수 있다. 1차측에서 2차측으로 누설이 발생했을 때, 냉각재상실사고 후 증기발생기 전열관을 통한 원자로냉각재의 우회누설 가능성을 최소화하기 위하여 증기발생기로 보조급수를 주입한다.

### 10.4.9.1.2 설계 기준

가. 보조급수계통 및 보조설비는 소내 및 소외전원상실사고와 다음의 사고운전상태를 가정하여 설계기준 기능을 수행할 수 있도록 비상전원과 적절한 다중성, 다양성 및 격리기능이 제공된다.

- 1) 단일 능동기계기기 고장
- 2) 단일 능동전기기기 고장
- 3) 고에너지 또는 중에너지 배관파단의 영향

나. 원자로건물격리밸브 전단의 모든 기기와 배관은 안전등급 3이고, KEPIC MND(해외구매 품목은 ASME Sec. III ND) 요건에 따라 설계된다. 원자로건물 격리밸브를 포함하여 증기발생기까지의 모든 기기와 배관은 안전등급 2이고, KEPIC MNC(해외구매 품목은 ASME Sec. III NC) 요건에 따라 설계된다. 보조급수계통 운전시 필수적인 모든 기기와 배관은 3.7절에 설명된 바와 같이 내진범주 I급 요건에 따라 설계된다. 보조급수계통 기기의 내진범주, 안전등급 및 품질등급은 표 3.2-1에 보여주고 있다.

다. 보조급수계통은 증기발생기당 100 % 용량 전동기구동 펌프 1대, 100 % 용량 터빈구동 펌프 1대로 구성된다. 터빈구동 보조급수펌프의 운전시 필수적인 모든 제어, 계장 및 밸브들은 축전지지원 1E급 전원에 의해서 작동된다. 축전지는 8시간까지 발전소 정전(모든 교류전원상실)사고시를 대비하여 터빈구동 보

조급수펌프에 전원을 공급할 수 있다. 축전지뿐 아니라 예비전원으로 1E급 또는 비1E급 대체교류전원이 장기 소내정전사고기간 동안 공급될 수 있다.

- 라. 보조급수계통의 기기들은 회오리바람, 태풍, 홍수 및 외부 비산물과 같은 외부 환경 재해로부터 기기를 보호하는 내진범주 I급 구조물에 위치한다. 각 보조급수계통 계열은 다중적이고 다양하게 서로 물리적으로 격리되어 있다.
- 마. 모든 필수 기기들은 3장에 설명된 바와 같이 내부침수, 비산물 및 지진으로부터 보호되도록 설계된다.
- 바. 보조급수계통은 수동으로 작동하거나 7.3절에 설명된 공학적안전설비작동계통 또는 7.8절에 설명된 다양성보호계통에 의하여 자동으로 작동할 수 있도록 설계된다. 보조급수계통은 보조급수작동신호를 받으면 60초 이내에 증기발생기에 급수를 공급하도록 설계된다. 각각의 보조급수펌프는 설계기준 열제거 조건을 만족시키기 위하여 최소필요유량인 2,461 L/min(650 gpm)의 100 %를 공급할 수 있다.
- 사. 각 펌프는 다음과 같은 상황에서도 최소필요 유량을 공급할 수 있다.
  - 1) 최대 증기발생기 하향유로 노즐압력은 증기발생기 설계압력 및 안전밸브 불확실성을 고려하여 87.18 kg/cm<sup>2</sup>A(1,240 psia)이다.
  - 2) 주입관로손실은 보조급수 전유량이 하나의 증기발생기로 공급될 때를 기준으로 한다.
  - 3) 펌프 흡입은 최소흡입압력 기준이다.
- 아. 보조급수펌프의 과도한 유량으로 인한 손상을 예방하고, 원자로냉각재계통의 과냉각, 증기발생기 과충수 또는 원자로건물 과압을 방지하기 위해서 운전원이 30분 이내에 보조급수를 격리하거나 조절할 수 있도록 각 증기발생기에 공급되는 최대 보조급수유량은 캐비테이팅 벤츄리에 의하여 제한된다.
- 자. 보조급수계통은 최소한 4.4 °C(40 °F) 이상 48.9 °C(120 °F)이하의 보조급수 온도를 유지하도록 설계된다.
- 차. 보조급수계통은 100 % 용량의 보조급수저장탱크 2대로 구성되며, 각 탱크는 최소한 다음과 같은 조건에서도 상온안전정지를 달성할 수 있도록 적어도 1,514,165 L(400,000 gal)의 유용한 안전성관련 보조급수 저장용량을 갖추고 있다.

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

- 1) 30분 동안 관련 증기발생기에 보조급수가 격리되지 않은 상태에서 주급수 배관 파단
- 2) 손상되지 않은 증기발생기의 재충수
- 3) 고온대기상태에서 8시간 운전
- 4) 6시간 이내에 정지냉각계통 개시 조건까지 원자로냉각재계통 냉각
- 5) 원자로냉각재펌프 1대의 연속운전

이 안전성관련 보조급수 저장용량으로 원자로자연순환냉각을 충분히 수행할 수 있다.

카. 정지냉각계통 개시조건 이전에 안전성관련 보조급수 공급원이 고갈되면 비안전성관련 보조급수 공급원(복수 또는 원수)에서 공급된다.

타. 보조급수계통은 사고 후 환경조건에서 주제어실 또는 원격정지실로부터 제어가 가능하다.

파. 증기발생기 부근의 보조급수계통 배관은 펌프 기동시 수격작용의 가능성을 최소화하도록 배치된다.

하. 보조급수계통은 NUREG-0635에 제시된 방법에 의한 해석을 근거로  $10^{-4} \sim 10^{-5}$ 의 범위내의 이용 불능도를 가지도록 설계된다.

거. 증기발생기에 공급되는 보조급수는 증기발생기 전열관 건전성에 영향을 미치지 않는 품질이다.

너. 각 터빈구동 보조급수펌프는 급수를 공급하는 해당 증기발생기로부터 증기를 공급받는다.

더. 보조급수펌프와 밸브의 정기시험 및 전체 계통운전의 기능시험을 위한 수단이 제공된다.

러. 보조급수는 증기발생기의 하향유로 노즐로 공급된다.

머. 보조급수계통은 2개의 역류방지밸브에 의하여 주급수계통으로부터 이중 격리된다.

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

- 버. 단일고장사건에서 오작동이 일어나지 않도록 하기 위하여 4채널 방식인 제어 장치가 설치된다. 개시논리, 작동논리 및 전원을 위한 4채널 방식으로 설계된다.
- 서. 보조급수펌프실, 보조급수저장탱크, 3.6절에 기술된 중에너지 또는 고에너지 배관파단이 예상되는 보조급수계통 배관을 포함하고 있는 지역에서 발생하는 계통 누설의 수집 및 감지를 위하여 기기 및 바닥 배수계통이 설치된다. 과잉누설이 검출되면 주제어실에 경보를 발생한다.
- 어. 보조급수계통 배관 및 관련 지지물과 구속물들은 보조급수배관 파손 또는 격리밸브 닫힘과 같은 단일고장시에도 다음과 같은 결과가 초래되지 않도록 설된다.
- 1) 냉각재상실사고 시작
  - 2) 다른 증기발생기의 증기와 급수관, 주증기격리밸브, 주증기 안전밸브, 주급수격리밸브, 증기발생기 취출격리밸브 또는 주증기 대기방출밸브의 고장
  - 3) 공학적안전설비작동계통 또는 발전소보호계통의 성능저하
  - 4) 원자로건물 압력경계에 과도한 하중
  - 5) 발전소 제어실의 기능 손상
  - 6) 원자로냉각재계통의 정상적인 냉각 방해

### 10.4.9.2 계통 설명

#### 10.4.9.2.1 일반 사항

보조급수계통은 그림 10.4.9-1에 나타나 있으며, 2개의 독립된 계열로 배열된다.

각 계열은 해당 증기발생기에 보조급수가 공급되도록 배열되며, 각 계열은 하나의 100 %의 보조급수저장탱크, 하나의 100 % 전동기구동 펌프 하나의 100 % 터빈구동 펌프, 밸브, 하나의 캐비테이팅 벤츄리 및 계측제어 설비로 구성된다.

각 펌프는 각각의 보조급수저장탱크로부터 흡입하고, 각각의 출구모관이 있으며, 각 군의 출구모관은 펌프출구측 역류방지밸브, 보조급수조절밸브, 보조급수 격리밸브 및 증기발생

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

기격리 역류방지밸브들을 포함한다. 전동기구동과 터빈구동은 증기발생기 하향유로 급수관에 연결된 공통모관을 통하여 각각의 해당 증기발생기에 급수를 공급하기 위하여 원자로건물 내부에서 서로 연결된다.

각 공통모관은 각 증기발생기에 최대 보조급수유량을 제한하기 위하여 캐비테이팅 벤츄리를 포함한다. 캐비테이팅 벤츄리는 증기발생기에 개별 펌프의 최대토출 유량뿐만 아니라 2대 펌프의 운전 시 최대유량을 제한한다.

각각의 보조급수저장탱크 사이에 교차연결배관이 설치된다. 각각 안전등급 3, 내진범주 I급의 보조급수저장탱크는 10.4.9.1.2절에 기술된 용량의 100 %를 수용한다. 현장에서 수동으로 작동되는 상시 닫힘 자물쇠잠금밸브가 각 보조급수저장탱크를 상호 분리하기 위하여 제공된다. 보조급수저장탱크가 정지냉각계통 개시조건에 도달되기 전에 저수위가 되면 비안전성관련 복수 또는 원수가 각 보조급수펌프로 흡입될 수 있도록 연결배관이 설치되어 있다.

재순환 배관은 다음사항을 허용할 수 있도록 각 펌프 출구측에 설치된다.

가. 펌프의 최소유량 보호를 위하여 연속적으로 보조급수저장탱크로의 재순환

나. 펌프의 전유량 또는 부분 유량시험

다만 유량제한 오리피스는 펌프보호를 위해 펌프에서 요구되는 최소유량까지 유량을 제한한다. 각 펌프는 연속 재순환 유량과 증기발생기에 필요한 설계기준 유량을 공급할 수 있는 충분한 용량을 가지고 있다. 출력운전동안에 펌프 전유량시험을 위해 유량 제한용 오리피스 주위에 설치되는 우회로를 통하여 전유량이 흐를 수 있도록 재순환 배관의 크기는 충분하게 결정된다. 우회관에는 성능시험시 펌프 유량을 조절하기 위한 수동 유량 조절밸브가 있다.

각 터빈구동 보조급수펌프는 대기로 방출되는 비응축 터빈을 이용한다. 구동증기는 주증기계통의 주증기격리밸브 전단에서 공급된다. 각 터빈은 해당 펌프가 보조급수를 주입하는 증기발생기로부터 증기를 공급받는다. 각 공급배관은 상시닫힘/고장시열림 공기구동식 격리밸브가 있다. 격리밸브의 개방 시작과 동시에 조속기 유압제어용 보조 오일펌프가 작동되어 격리밸브의 완전 개방시 조속기의 유압제어가 가능하도록 되어 있다.

터빈은 비산물보호 내진범주 I급 배기관을 통해 증기를 방출한다. 증기공급 및 배출배관에서 응축될 수 있는 액체 수집 및 배출을 위한 설비가 설치된다. 터빈 증기격리밸브의 전단의 응축수는 터빈의 비상자동기동시 터빈 속으로 유입되지 못하게 하기 위하여 액체수집 및 배출설비에 설치된 유량조절용 수동밸브와 증기트랩을 통하여 배출한다. 추가적인 배수가 필요할 경우에 대비하여 각 배수 오리피스 부근에 우회로가 제공된다.

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

터빈구동 보조급수펌프 터빈의 베어링 냉각수는 터빈구동 보조급수펌프의 제 2단으로부터 공급되어 펌프 흡입측으로 되돌아간다.

발전소 중대사고시 모든 보조급수펌프가 작동불능인 경우 비상급수설비를 이용하여 증기발생기로의 직접 냉각수 주입 및 급수원(보조급수저장탱크, 복수 및 원수) 고갈시 보조급수저장탱크를 충수하기 위한 비상급수 연결구가 보조건물 외부에 각각 설치되어 있다.

### 10.4.9.2.2 기기 설명

보조급수계통의 주요한 기기들의 설계 변수가 표 10.4.9-1에 기술되어 있다.

#### 10.4.9.2.2.1 보조급수펌프

보조급수펌프는 수평 다단 원심펌프이다. 각 펌프는 펌프 보호를 위해 필요한 유량을 보조급수저장탱크로 재순환시키는 동안에도 증기발생기의 전 압력범위( $0 \sim 87.18 \text{ kg/cm}^2\text{A}$  ( $0 \sim 1,240 \text{ psia}$ ))에서 보조급수 최소요구유량인  $2,006 \text{ L/min}$ (530 gpm)~ $2,461 \text{ L/min}$ (650 gpm)을 공급할 수 있다.

터빈구동 펌프의 제2단은 터빈 베어링에 필요한 냉각수를 공급하는 동안 상기 유량요건 이상을 공급할 능력을 가지고 있다.

플랜지들은 각 펌프의 입구 및 출구측에 공급되며, 각 펌프는 정비를 쉽게 하기 위하여 케이싱 배기 및 배수가 마련되어 있다.

#### 10.4.9.2.2.2 보조급수펌프 터빈

각 터빈구동 보조급수펌프의 구동기는 대기방출 비응축 터빈이다. 각 터빈은 유압식 조속기 제어밸브 및 리셋기능이 있는 터빈 정지밸브가 제공된다. 터빈은 증기격리밸브를 열어 증기가 공급됨에 따라 조속기 제어에 의해 정격운전속도에 도달된다. 터빈 조속기가 조속기 제어밸브를 조절함으로써 펌프 정격속도에서 터빈속도를 제어한다. 조속기가 자동적으로 제어하는 터빈속도는 필요한 보조급수유량을 공급하기 위하여 유지된다.

터빈은 주제어실 또는 현장 제어반으로부터 증기공급밸브를 원격으로 닫음으로써 정지된다. 터빈을 과속으로부터 보호하기 위하여 정격속도의 110 %에서 전기적 정지, 정격속도의 115 %에서 기계적으로 정지되도록 터빈 정지밸브가 자동으로 닫힌다.

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

### 10.4.9.2.2.3 보조급수저장탱크

보조급수의 확실한 공급원은 2대의 보조급수저장탱크(계열별 1대의 탱크)로부터 공급된다. 각 탱크는 10.4.9.1.2절에 주어진 필요한 보조급수 체적의 100 %를 저장한다.

콘크리트에 스테인리스 라이너판으로 피복되어 있는 각 탱크는 안전등급, 내진범주 I급의 보조건물의 일부로서 환경 재해로부터 보호된다. 탱크의 누설 또는 고장이 다른 필수 부품에 영향을 주지 않도록 적절한 설비가 제공된다.

각 탱크에 저장된 보조급수는 증기발생기로의 보조급수 공급시 증기발생기 전열관건전성에 영향을 미치지 않는 품질이며, 최소 및 최대 온도는 각각 4.4 °C(40 °F)와 48.9 °C(120 °F)이다.

각 탱크들은 대기로 배기되고, 배기구 및 과유량관이 적절한 크기로 결정되어 과압으로부터 보호되며, 보충과 배수를 위한 설비들이 구비되어 있다.

### 10.4.9.2.2.4 보조급수 캐비테이팅 벤츄리

캐비테이팅 벤츄리는 각 증기발생기로 향하는 공통보조급수 공급유로에 위치하여 증기발생기로 공급되는 보조급수 최대유량을 제한한다. 캐비테이팅 벤츄리들은 펌프 런아웃으로 인한 펌프의 공동현상을 예방하고, 증기발생기로의 과유량, 원자로냉각재계통 과냉각률, 주증기관 파단으로 원자로건물의 과도한 질량/에너지 유입 및 보조급수저장탱크의 과도한 배출과 같은 과도한 보조급수 유량의 공급으로 인한 악영향을 최소화한다.

각 캐비테이팅 벤츄리는 증기발생기로 공급되는 최대 보조급수유량을 3,596 L/min(950 gpm)으로 제한하도록 크기가 결정된다. 이것은 전동기 및 터빈구동 보조급수펌프 모두가 증기발생기에 급수를 공급하고 있고, 보조급수저장탱크의 최대수위상태, 조절밸브의 완전개방상태 및 증기발생기의 압력이 대기압일 때 일어난다. 증기관파단사고시 원자로정지 후 핵비등이탈물이 최소값 이상을 유지하고 원자로건물의 과압이 발생하지 않으며, 보조급수계통 작동 후 30분 동안 보조급수 유량을 조절 또는 격리시키는 운전원의 조치 없이도 증기발생기의 과충수가 발생하지 않는다는 것을 보증할 수 있도록 보조급수 최대유량이 결정된다.

### 10.4.9.2.2.5 능동밸브

발전소 안전정지 동안에 다음 밸브들은 안전기능이 유지되어야 한다. 능동밸브 목록은 표 10.4.9-2에 나타나 있다.



## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

### 가. 보조급수 격리밸브

각각의 역류방지밸브들과 직렬로 배치된 이 밸브들은 원자로건물 이중격리를 위해 제공되며, 발전소 정상운전 동안 정상열림상태이다. 이 밸브들은 정상운전 수위보다 높은 증기발생기 수위에서 공학적안전설비작동계통에 의하여 자동으로 닫힌다. 주제어실 또는 원격정지실에서 원격제어로 이 밸브들을 개별로 열거나 닫을 수 있다. 밸브는 전동기 구동기와 수동 핸드휠이 구비되어 있다.

### 나. 보조급수 조절밸브

보조급수계통이 운전대기상태에서는 상시 열려 있다. 이 밸브는 열림 및 닫힘/조절제어모드를 가지고 있으며, 닫힘/조절제어모드에 있을 때, 해당 증기발생기수위신호에 의해 밸브는 요구되는 위치 또는 닫힘상태에 있도록 제어된다. 밸브 제어스위치 및 위치 지시기는 주제어실 및 원격정지실에 제공된다. 밸브는 수동으로 제어되고, 고장시 열림기능을 가진 솔레노이드로 구동된다.

### 다. 보조급수배관 역류방지밸브

이 밸브들은 전동기 및 터빈구동 펌프군으로 격리 및 원자로건물 이중 격리를 위해 제공된다. 그리고 발전소 정상운전 동안에 보조급수펌프 출구측 역류방지밸브와 직렬로 배치된 이 밸브들은 주급수의 누설로 인하여 고온의 주급수가 보조급수계통에 들어가지 않게 한다. 이 밸브는 낮은 차압에서 밀착되도록 설계한 기울어진 원판 역류방지밸브이다.

### 라. 보조급수펌프 출구 역류방지밸브

이 밸브는 각 보조급수펌프를 통한 역류 및 주급수의 역누설을 방지하기 위하여 제공되며, 낮은 차압에서 밀착되도록 설계한 기울어진 원판 역류방지밸브이다.

### 마. 보조급수펌프터빈 증기격리밸브

이 밸브는 터빈구동 보조급수펌프 터빈에 증기공급을 격리한다. 이 밸브를 개방하면 터빈에 증기를 공급하고 조속기가 터빈으로 유입되는 증기유량을 제어하기 시작한다. 이 밸브는 안전등급, 고장시열림 공기구동자와 현장 수동 핸드휠을 구비한 글로브 밸브이며, 보조급수작동신호 또는 다양정보조급수작동신호에서 이 밸브들은 자동으로 열린다. 이 밸브들은 주제어실 및 원격정지실에서 제어가 가능하다.

바. 보조급수펌프터빈 정지밸브

이 밸브는 전기적 및 기계적 과속정지에 적합한 과속정지기어가 있는 터빈의 일부분이다. 보조급수펌프터빈 정지밸브는 과속정지신호를 받으면 닫힌다. 각 보조급수터빈 정지밸브는 주제어실 또는 현장제어반에서 수동으로 열고 닫을 수 있다. 각 보조급수펌프터빈은 주제어실 또는 현장제어반으로부터 수동으로 정지시킬 수 있다. 터빈과속정지 후 보조급수펌프터빈 정지밸브는 수동으로 리셋시켜야 한다.

사. 보조급수펌프터빈 속도제어밸브

터빈 조속기에 의해 제어되는 이 밸브는 터빈의 한 부분이다. 보조급수펌프터빈 속도는 필요한 유량을 제공할 수 있도록 자동으로 유지된다. 보조급수펌프터빈 속도는 주제어실, 원격정지실 및 현장 제어반에 지시된다.

아. 증기공급배관 물방울관(Drip Leg) 수위 제어밸브

물방울관(Drip Leg) 고수위 신호를 받으면 자동으로 열리고 물방울관 저수위 신호에서 자동으로 닫힌다. 물방울관(Drip Leg) 수위가 고-고에 있을 때 주제어실 및 원격정지실에 경보를 제공한다. 이것은 물방울관 수위 제어밸브가 적절하게 제어되지 않고 있으므로 주제어실 및 원격정지실에서 수동으로 열도록 운전원에게 경보를 제공한다.

#### 10.4.9.2.3 전원 공급

보조급수계통의 각 계열은 해당 1E급 전원계통으로부터 전원을 공급받는다. 정상적인 소내 및 소외전원상실사고 시, 전원은 비상디젤발전기에서 공급된다. 터빈구동 펌프의 운전엔 필수적인 모든 계측제어설비 및 밸브는 1E급 축전지 전원 공급원으로부터 전원이 공급된다. 발전소 정전 시 적절한 부하차단을 고려하여 최소한 8시간 동안은 증기발생기 수위제어를 수행하기 위하여 터빈구동펌프의 터빈조속기 속도제어와 증기발생기 수위지시에 축전기 전원이 가용하다. 축전지뿐 아니라, 예비 전원인 1E급 또는 비1E급 대체교류전원이 장기 소내정전사고 동안 제공된다. 각 전동기구동 펌프는 다른 전동기구동 펌프로부터 독립적이고 격리된 1E급 전원 계열에 의해서 전원이 공급된다. 각 터빈구동 펌프는 다른 터빈구동 펌프 및 같은 증기발생기로 급수하는 해당 전동기구동 펌프로부터 독립적이고 격리된 1E급 전원 계열에 의해서 전원이 공급된다.

보조급수계통의 전동기구동 펌프 및 동력구동 밸브용 비상모션 표기와 보조급수계통 계측제어에 대한 비상모션 및 채널 표기는 표 10.4.9-5에 나타나 있다.

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

소내전원계통에 대한 상세한 설명은 8.3절에 기술되어 있다.

### 10.4.9.2.4 보조급수계통 운전 및 제어

보조급수계통은 수동 또는 7.3.1절에 기술된 공학적안전설비작동신호로부터 발생하는 보조급수작동신호 또는 7.8절에 기술된 다양성보호계통으로부터 발생하는 다양성보조급수작동신호에 의하여 자동으로 작동될 수 있다. 증기발생기 저수위 설정치에서, 그 증기발생기와 관련된 보조급수작동신호 또는 다양성보조급수작동신호는 다음과 같이 보조급수계통을 작동시킨다.

- 가. 해당 전동기구동 펌프를 기동
- 나. 주증기계통에 있는 해당 터빈증기공급밸브를 개방하기 위하여 솔레노이드를 비여자
- 다. 해당 터빈증기 격리밸브를 개방하기 위한 솔레노이드를 비여자시킴으로써 해당 터빈구동펌프를 기동
- 라. 만약, 보조급수 격리밸브가 닫혀 있으면 해당 밸브를 개방
- 마. 해당 보조급수 조절밸브를 조절
- 바. 터빈조속기 속도제어가 정격속도에서 수행됨을 확인

보조급수계통이 작동된 후, 보조급수 조절밸브는 증기발생기를 정상수위로 유지하기 위하여 증기발생기에 공급되는 유량을 제어한다. 만약, 보조급수 제어가 작동되지 않으면, 보조급수 격리밸브가 증기발생기의 고 및 저수위를 기준으로 한 순환신호에 의해 제어된다. 운전원의 조치가 필요하기 전까지는 보조급수 작동 후 적어도 30분의 시간적 여유는 있다. 만약, 자동 유량조절이 안 될 경우 제어스위치 또는 핸드휠에 의하여 해당 보조급수 격리밸브를 열거나 닫음으로써 운전원은 증기발생기 수위를 제어할 수 있다.

공학적안전설비작동계통은 다음의 자동보호기능들을 제공한다.

- 가. 공학적안전설비작동계통은 증기발생기의 과충수를 예방하기 위하여 정상수위보다 높은 수위 설정치에서 보조급수 격리밸브와 보조급수 조절밸브를 자동으로 닫는다.
- 나. 만약, 증기발생기 수위가 보조급수계통 작동을 위한 증기발생기 저수위 설정치

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

까지 떨어지면, 보조급수계통은 다시 작동된다.

만약 증기발생기가 고장(예를 들면, 주급수 혹은 주증기관 파단)이면, 운전원 조치로 보조급수격리밸브의 폐쇄 그리고/또는 해당 보조급수펌프를 정지시켜 보조급수 유량이 차단될 수 있도록 각 증기발생기에 보조급수작동신호 무효화(override)가 제공된다.

### 10.4.9.3 안전성 평가

10.4.9.1절에 주어진 설계기준 고려사항들에 대하여, 만약 2차측 배관파단사고가 발생하고 어느 하나의 보조급수펌프 보조계열이 급수공급에 실패한 상태에서 어떠한 운전원 조치가 30분간 취해지지 않더라도 필요한 온도 및 압력에서 충분한 급수가 공급될 수 있다. 주급수계통이 가용하지 않을 때 열제거를 위해서는 보조급수계통이 증기발생기에 유일한 안전성관련 보충수 공급원이기 때문에 이것들을 특별히 고려하여 설계되었다. 보조급수계통의 기능을 보장하기 위하여 다중성, 다양성 및 격리성이 설계에 반영되었다.

다중성은 2대의 100 % 전동기구동 펌프와 2대의 100 % 터빈구동 펌프(각 증기발생기에 각각 1대씩) 그리고 100 % 2대의 보조급수저장탱크를 사용함으로써 구현된다.

다양성은 2가지 형식의 펌프 구동기(증기터빈과 전동기) 및 교류와 직류의 비상전원을 공급함으로써 구현된다. 격리요건에는 부속계통 사이의 상호작용을 방지하는 분리된 전원과 계측제어 부속계통이 포함된다. 또한, 독립적인 배관 부속계통에는 배관격리, 다중성 및 다양성을 보증할 수 있도록 상호연결지점에서 적절한 격리밸브 그리고/또는 역류방지밸브가 포함된다.

보조급수계통의 능동기기 고장해석은 표 10.4.9-3에 기술된다. 15장에 기술된 보조급수계통의 파도 및 사고해석은 10.4.9.1절에 기술된 보조급수계통 설계기준을 만족함을 설명한다.

정지냉각계통 개시조건까지 발전소가 8시간 동안 고온대기상태에 있을 수 있도록 적절한 안전성관련 급수 공급이 가능해야 한다. 이것은 급수배관 파단시 보조급수가 최대유량으로 30분 동안 공급될 경우에도 가능하다. 운전원의 조치에 의하여 다른 계열 또는 비안전성관련 보충 공급원으로부터 30분 이내에 전유량의 보조급수를 공급받을 수 있도록 각 보조급수저장탱크에는 수위 계측기와 저수위 정보가 제공된다.

원자로 냉각재상실사고시에 보조급수계통은 증기발생기에 보조급수를 주입함으로써 증기발생기 전열관에서 원자로냉각재계통의 경계를 유지하기 위하여 사용될 수도 있다. 2대의 전동기구동 보조급수펌프는 터빈구동 보조급수펌프를 위한 증기의 가용여부와 관계없이 이 목적으로 사용된다.

소내정전사고시에는 터빈구동펌프의 보조 계열은 단일고장시에도 증기발생기에 보조급수를 공급할 수 있다. 터빈구동펌프 출구측 밸브는 축전지 전원을 제공하여 확실하게 열리도록 한다. 적절한 부하차단과 함께 적어도 8시간 동안 증기발생기 수위제어를 수행하기 위하여 터빈 조속기 속도제어 및 증기발생기 수위지시계에는 축전지 전원이 가용하다. 축전지뿐만 아니라, 예비 전원인 1E급 또는 비1E급 대체교류전원이 소내정전사고기간 동안 제공된다.

| 2  
| 2

보조급수계통은 수격현상 발생 가능성을 최소화 하도록 배관계통을 배치한다. 특정한 설계 고려사항은 10.4.9.1절에 기술되어 있다.

모든 기기 및 배관은 3.6절에 기술된 고에너지 및 중에너지 배관파단의 영향에 대해 보호되도록 설계된다.

모든 보조급수계통 기기들은 외부의 환경재해로부터 기기들을 보호하는 내진범주 I급 구조물에 위치한다. 보조급수 운전에 필수적인 모든 배관과 기기는 3.7절에 기술된 바와 같이 내진범주 I급으로 설계되며, 3.4절 및 3.5절에 기술된 내부침수와 내부 비산물로부터 보호받을 수 있도록 설계된다.

보조급수펌프의 증기고착(GSI-93)은 다음의 설계 및 운전방법에 의해서 최소화된다.

가. 각 계열의 보조급수 펌프와 보조급수격리 역류방지밸브 사이에 위치한 온도감지기로 계속적으로 감시되고 주제어실에 경보를 제공한다.

주제어실 지시계의 상실시에는 현장에서 감시될 수 있는 설비가 있다.

나. 보조급수계통은 보조급수저장탱크들을 통한 지속적인 계통의 배기 및 주급수 연결관 측의 역류방지밸브에 의하여 보조급수펌프의 증기 고착을 피하도록 설계된다. 그러나 보조급수펌프의 증기 구속사고가 일어난 경우에는 해당 온도감지기를 사용하여 발전소 운전원에게 보조급수펌프를 배기할 수 있도록 주제어실에 경보신호를 준다.

#### 10.4.9.4 시험 및 검사

보조급수계통 기기들의 시험 및 검사는 제작시 관련 코드 요건에 따라 수행되고 문서화된다. 필요시 기기의 성능시험들은 공급자 시설에서 수행된다.

보조급수계통은 KEPIC MI 및 MO 요건에 따라 가동중검사 및 시험이 가능하도록 설계 및 설치된다.

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

### 10.4.9.4.1 보조급수계통 성능시험

초기 발전소 기동전에 계통 및 개별 기기들의 설계성능이 달성되었는지 검증하기 위하여 종합적인 성능시험이 수행된다.

### 10.4.9.4.2 신뢰도 시험 및 검사

#### 가. 계통시험

발전소가 운전에 들어간 후에, 보조급수 기기 및 부속계통의 주기기시험과 검사는 적절한 운전을 보증하기 위하여 수행된다.

발전소 정상운전 동안에 보조급수계통 기기는 비상운전시에만 사용되고 다른 용도로는 사용되지 않도록 정렬되어야 하고, 계통의 운전성을 검증하기 위하여 시험 및 검사가 필요하다. 발전소 정상운전 동안에는 개별 기기에 대한 규정된 시험들을 수행하고 완전한 계통의 운전성은 계획예방정비기간 동안에 검증될 수 있다. 보조급수계통의 성능시험은 16장 기술지침서에 자세하게 기술된다.

#### 나. 기기 시험

계통시험에 추가하여 보조급수계통 기기들의 적절한 운전을 검증하기 위한 시험들이 수행된다. 이 시험들은 보조급수계통에서 각 능동기기의 성능이 만족함을 입증함으로써 계통시험을 보완한다.

펌프와 밸브는 KEPIC MO 요건에 따라 시험된다. 정비 후 설계점을 포함한 펌프의 여러 유량에서 성능시험이 수행될 수 있도록 전유량 시험배관이 설치된다.

NUREG-0635의 권고에 따라, 보조급수계통 펌프는 고장 없이 연속적인 운전능력을 가지고 있음을 보증하기 위하여 48시간 연속운전시험이 수행된다.

### 10.4.9.5 계측설비

보조급수계통을 적절히 감시하고 제어하기 위해 충분한 계측 및 제어기기가 제공된다. 계측 및 제어 채널의 독립적인 운전과 하위계통들 간의 상호영향을 방지하기 위해 적절한 방법들이 이용된다. 모든 비안전성관련 계측 및 제어기기는 어떠한 고장이 발생하더라도 안전성관련 기기의 어떠한 기능 저하를 일으키지 않도록 설계된다. 모든 밸브 및 펌프제어 그리고 상태 및 변수 지시는 표 10.4.9-4에 기술되어 있다. 계측 및 제어 비상

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

전원 모선과 채널 명칭은 표 10.4.9-5에 기술되어 있다. 보조급수계통 모든 측정 및 지시 변수들이 아래에 기술된다.

### 10.4.9.5.1 압력

#### 가. 보조급수펌프 출구압력

주제어실 및 원격정지실에 전동기구동 보조급수펌프와 터빈구동 보조급수펌프의 출구 압력지시계와 저 압력 정보가 제공된다.

#### 나. 보조급수펌프 흡입압력

주제어실 및 원격정지실에 전동기구동 보조급수펌프와 터빈구동 보조급수펌프의 흡입 압력지시계 및 압력 고 및 저 정보가 제공된다.

#### 다. 보조급수펌프 터빈입구압력

주제어실 및 원격정지실에 보조급수펌프 터빈의 입구 압력지시계가 제공된다.

#### 라. 현장 압력지시계

다음 위치에 현장 압력지시계가 제공된다.

- 1) 보조급수펌프터빈 증기 유입구
- 2) 보조급수펌프터빈 증기 배출구
- 3) 각 보조급수펌프 입구
- 4) 각 보조급수펌프 출구

### 10.4.9.5.2 온도

#### 가. 보조급수계통 격리밸브 후단온도

주제어실 및 원격정지실에 보조급수계통 격리밸브 후단 온도지시계 및 역누설과 증기방출 탐지를 위해 온도 고 정보가 제공된다.

#### 나. 보조급수저장탱크 온도

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

주제어실 및 원격정지실에 보조급수저장탱크 온도 고, 저 정보가 제공된다.

### 다. 보조급수펌프 펌프/전동기/터빈베어링 온도

주제어실 및 원격정지실에 보조급수펌프 펌프/전동기/터빈베어링 온도가 지시된다.

#### 10.4.9.5.3 유량

##### 가. 보조급수펌프 출구유량

주제어실, 원격정지실 및 현장 제어반에 전동기구동 보조급수펌프와 터빈구동 보조급수펌프의 출구 유량지시계가 제공된다. 이들 계기들은 규제지침서 1.97에 요건을 만족하도록 설계되고 구매된다.

##### 나. 보조급수펌프 재순환유량

주제어실 및 원격정지실 현장 제어반에 전동기구동 보조급수펌프와 터빈구동 보조급수펌프의 재순환 유량지시계가 제공된다.

#### 10.4.9.5.4 수위

##### 가. 보조급수저장탱크 수위

주제어실 및 원격정지실에 보조급수저장탱크의 수위지시계와 수위 저 정보가 제공된다. 각 탱크에 다중의 수위계측기가 제공된다.

저 수위 정보 중 사전-고갈(Pre-Empty) 수위 정보는 수위 감소로 인해 펌프의 흡입이 상실되기 전에 다른 보조급수저장탱크로 또는 비안전 백업 보충공급원으로서의 수동배열을 위해 30분의 여유가 제공되도록 설정된다.

이들 계기들은 규제지침서 1.97에 제공된 요건을 만족하도록 설계되고 구매된다.

##### 나. 증기공급배관 물방울관 수위

물방울관 수위 고-고시 주제어실 및 원격정지실에 정보가 제공된다. 이것은 물방울관 수위제어밸브가 적절히 제어되지 않고 있음을 운전원에게 경고하는



것이며, 주제어실에서 수동으로 개방시켜야 한다.

#### 10.4.9.5.5 터빈구동 보조급수펌프 터빈속도

주제어실, 원격정지실 및 현장제어반에 터빈속도 지시계가 제공된다. 터빈구동 보조급수 펌프 터빈속도는 터빈구동 보조급수펌프 터빈 조속기밸브를 조절하여 펌프 정격속도에 이르게 한다.

### 10.4.10 약품주입 및 취급계통

#### 10.4.10.1 설계 기준

약품주입 및 취급계통은 비안전성관련이다. 약품주입 및 취급계통은 복수 및 급수에 있는 용존산소를 제어하기 위해 복수계통에 하이드라진을 연속적으로 주입시켜 10.3.5절에서 기술된 증기발생기 2차계통수의 수질요건을 만족시킨다.

약품주입 및 취급계통은 복수 및 급수계통의 pH 조절을 위해 복수계통에 에탄올아민을 연속적으로 주입시켜 10.3.5절에서 기술된 증기발생기 2차계통수의 수질 요건을 만족시킨다.

약품주입 및 취급계통은 발전소 정상운전 동안의 연속 주입 외에 추가로 증기발생기 습식 보관시 증기발생기취출계통의 증기발생기 재순환 배관, 발전소 기동시 급수계통 배관, 보조급수펌프 작동시 보조급수계통 배관에 각각 하이드라진과 에탄올아민을 주입할 수 있다.

#### 10.4.10.2 계통 설명

하이드라진주입계통은 드럼에서 고농도 하이드라진을 공급받는다. 에탄올아민주입계통은 저장탱크에서 에탄올아민을 공급받는다. 하이드라진과 에탄올아민에 필요한 희석수는 복수저장 및 이송계통으로부터 일일탱크에 공급된다.

복수계통에 필요한 에탄올아민계량펌프는 급수의 전도도 및 복수유량에 의해 자동적으로 조절된다. 복수계통에 필요한 하이드라진계량펌프는 급수의 잔류 하이드라진 농도 및 복수유량에 의해 자동적으로 조절된다.

에탄올아민과 하이드라진은 모두 복수탈염설비 하류의 복수계통 주배관에 주입된다.

에탄올아민과 하이드라진은 증기발생기 습식 보관시 각 증기발생기 재순환펌프 전단에 주입된다. 또한 에탄올아민과 하이드라진은 보조급수펌프 토출배관에 주입될 수도 있다.

약품주입 및 취급계통의 배관 및 계장도는 그림 10.4.10-1에 나타나 있다.

#### 10.4.10.3 안전성 평가

약품주입 및 취급계통은 비안전성관련 계통이고 발전소 안전정지에 필요하지 않다.

#### 10.4.10.4 시험 및 검사

약품주입 및 취급계통은 주입계통과 화학약품탱크 수위 감지기의 적절한 기능을 확인하기 위해 발전소 기동전에 점검된다.

#### 10.4.10.5 계측 설비

화학주입계통의 수동 및 자동 계측제어설비가 제공된다. 공정시료채취계통의 전도도 분석기 및 하이드라진 분석기에서 수질 정보 및 자동 화학제주입모드신호를 제공한다.

계통의 성능을 감시하고 기기를 보호하기 위한 감시 정보가 현장 및 주제어실에 제공된다. 계통 고장 정보는 주제어실에 제공되어 운전원이 비정상상태를 인지하도록 경보된다.

1

Intentionally Blank

# 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

표 10.4.5-1

## 순환수계통 운전 변수

구 분	운 전 변 수
순환수계통 총 유량(L/min)(gpm)	
2차측냉각해수 유량(L/min)(gpm)	
2차측냉각해수 유량 25 %를 포함한 순환수펌프 대당 유량(L/min)(gpm)	
복수기 입구 순환수 온도,℃(°F) (복수기 설계온도 기준)	
복수기 출구 순환수 온도,℃(°F) (복수기 설계온도 기준)	

# 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

표 10.4.8-1

## 증기발생기 연속취출수 유동 조건

노즐	증기발생기당 유량	출력 준위	유체 조건
고온관	최대증기 유량의 1 % (11.3 kg/sec(24.9 lb/sec))	전부하	70.9 kg/cm <sup>2</sup> (1,008 psia), 285.3 ℃ (545.5 ℉), 2.6 % 증기건도
저온관	최대증기 유량의 1 %	전부하	71.3 kg/cm <sup>2</sup> (1,014 psia), 255.9 ℃ (492.6 ℉), 과냉
고온관 또는 저온관	최대증기 유량의 1 %	무부하	78.2 kg/cm <sup>2</sup> (1,112 psia), 291.7 ℃ (557.0 ℉), 포화수
고온관	최대증기 유량의 0.2 % (2.3 kg/sec(5.0 lb/sec))	전부하	71.0 kg/cm <sup>2</sup> (1,010 psia), 285.4 ℃ (545.8 ℉), 2.5 % 증기건도
저온관	최대증기 유량의 0.2 %	전부하	71.4 kg/cm <sup>2</sup> (1,016 psia), 255.9 ℃ (492.6 ℉), 과냉
고온관 또는 저온관	최대증기 유량의 0.2 %	무부하	78.3 kg/cm <sup>2</sup> (1,114 psia), 292.1 ℃ (557.8 ℉), 2.6 % 포화수

# 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

표 10.4.8-2

## 증기발생기 고유량 및 비상 취출수 유동 조건

노즐	증기발생기당 유량	출력 준위	유체 조건
고온관	최대증기 유량의 3.6 % (40.9 kg/sec(90.1 lb/sec))	전부하	68.3 kg/cm <sup>2</sup> (972 psia), 282.8 °C (541 °F), 3.4 % 증기건도
저온관	최대증기 유량의 5.0 % (56.5 kg/sec(124.5 lb/sec))	전부하	68.6 kg/cm <sup>2</sup> (976 psia), 256.1 °C (493 °F), 과냉
고온관 또는 저온관	최대증기 유량의 4.7 % (53.6 kg/sec(118.2 lb/sec))	무부하	75.4 kg/cm <sup>2</sup> (1,072 psia), 283.3 °C (542 °F), 0.3 % 증기건도
고온관 및 저온관 (비상취출)	최대증기 유량의 14.0 % (158.2 kg/sec(348.8 lb/sec))	전부하 또는 무부하	59.1 kg/cm <sup>2</sup> (841 psia), 273.3 °C (524 °F), 3.9 % 증기건도

# 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

표 10.4.9-1

## 보조급수계통 기기변수

보조급수펌프	
수량	2-전동기구동, 2-터빈구동
형식	다단, 수평 원심형
적용코드	KEPIC MND(해외구매 품목은 ASME Sec. III ND)
설계압력, kg/cm <sup>2</sup> (psig)	200.4(2,850)
설계온도, °C(°F)	60(140)
설계유량, L/min(gpm)	2,460.4(650) <sup>1)</sup>
설계양정 @ 48.9 °C(120 °F), m(ft)	1,066.8(3,500)
유효흡입수두(설계점) @ 48.9 °C(120 °F), m(ft)	9.5(31)
최대 체절양정 @ 정격속도, m(ft)	1,370(4,495)
보조급수 캐비테이팅 벤츄리	
수량	2
적용코드	KEPIC MNC(해외구매 품목은 ASME Sec. III NC)
설계압력, kg/cm <sup>2</sup> (psig)	200.4(2,850)
설계온도, °C(°F)	60(140)
유입임계유량 @ 130 kg/cm <sup>2</sup> (1,850 psig), L/min(gpm)	3,406.8(900)
운전온도범위, °C(°F)	4.4~48.9(40~120)
최소 압력회복률 @ 임계유량, %	85
보조급수저장탱크	
수량	2
적용코드	3.8.4절 참조
내진범주	I급
탱크당 최소 유용체적, L(gal)	1,514,000(400,000)
설계압력, kg/cm <sup>2</sup> (psig)	1.06(15)
설계온도, °C(°F)	60(140)

1) 펌프보호를 위한 최소재순환유량을 제외하고 증기발생기로의 유입유량이 2,460.4 L/min (650 gpm)

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

표 10.4.9-2

### 보조급수계통 - 능동밸브 목록

밸브번호	형식	크기, cm(in)	구동자
V-043	게이트	15.24(6)	전동기구동
V-044	게이트	15.24(6)	전동기구동
V-045	게이트	15.24(6)	전동기구동
V-046	게이트	15.24(6)	전동기구동
V-1007A	역류방지	15.24(6)	없음
V-1008A	역류방지	15.24(6)	없음
V-1008B	역류방지	15.24(6)	없음
V-1007B	역류방지	15.24(6)	없음
V-0035	글로브	15.24(6)	솔레노이드구동
V-0036	글로브	15.24(6)	솔레노이드구동
V-0037	글로브	15.24(6)	솔레노이드구동
V-0038	글로브	15.24(6)	솔레노이드구동
V-1003A	역류방지	15.24(6)	없음
V-1004A	역류방지	15.24(6)	없음
V-1003B	역류방지	15.24(6)	없음
V-1004B	역류방지	15.24(6)	없음
V-009	글로브	20.32(8)	공기구동
V-010	글로브	20.32(8)	공기구동
V-007	글로브	2.54(1)	공기구동
V-008	글로브	2.54(1)	공기구동
V-1020A	역류방지	20.32(8)	없음
V-1020B	역류방지	20.32(8)	없음
V-1012A	역류방지	15.24(6)	없음
V-1014A	역류방지	15.24(6)	없음
V-1012B	역류방지	15.24(6)	없음
V-1014B	역류방지	15.24(6)	없음



표 10.4.9-3 (3 중 1)

보조급수계통 고장유형 및 영향분석

번호	기기	고장 유형	원인	중속고장을 포함한 증상과 국부영향	감지방법	보상설비	비고 및 기타 영향
1	전동기구동 보조급수펌프	기동 그리고/또는 운전실패	전기적 오기능 그리고/또는 베어링 고장	고장 보조계열의 보조급수 유량 상실	주제어실 또는 원격정지실의 유량 및 출구압력 지시	다중의 100 % 용량의 터빈구동 및 전동기구동 펌프보조계열	
2	터빈구동 보조급수펌프	기동 그리고/또는 운전실패	조속기 증기 유량제어 실패, 정지 및 조절밸브 트립, 증기 격리밸브 의 열림 실패	고장 보조계열의 보조급수 유량 상실	제어실 또는 원격정지실의 유량, 출구압력 및 터빈속도 지시 주제어실 또는 원격정지실의 증기격리밸브, 정지 및 조절밸브 또는 조속기밸브 위치 지시계	다중의 100 % 용량의 터빈구동 및 전동기구동 펌프 보조계열	
3	펌프 출구측 역류방지밸브	열림실패	기계적 부분 구속, 부식	고장 보조계열의 보조급수 유량 상실	주제어실 또는 원격정지실의 유량	다중의 100 % 용량의 터빈구동 및 전동기구동 펌프보조계열	

표 10.4.9-3 (3 중 2)

번호	기기	고장 유형	원인	중속고장을 포함한 증상과 국부영향	감지방법	보상설비	비고 및 기타 영향
4	보조급수 조절밸브	열림실패	기계적 부분 구속, 부식	고장 보조계열의 보조급수 유량 상실	주제어실 또는 원격정지실의 유량 및 밸브위치 지시	다중의 100 % 용량의 터빈구동 및 전동기구동 펌프보조계열	대기운전모드에서 상시 열림밸브
		조절 또는 격리 실패	전기적 고장, 기계적 구속	증기발생기로 유입되는 보조급수 유량이 밸브로 조절되지 않음	주제어실 또는 원격정지실의 유량 및 밸브위치 지시	증기발생기로 유입되는 보조급수 유량은 격리밸브의 수동열림 또는 단힘으로 조절할 수 있음.	
5	보조급수 격리밸브	열림실패	기계적 구속	고장 보조계열의 보조급수 유량 상실	주제어실 또는 원격정지실의 유량지시 및 밸브위치 지시	다중의 100 % 용량의 터빈구동 및 전동기구동 펌프의 보조계열	밸브는 구동전원 상실시 고장 잠김. 대기운전모드에서는 상시개방
		격리실패	전기적 고장, 기계적 구속	증기발생기로 유입되는 보조급수 유량은 이 밸브로써 제어되지 않음	주제어실 또는 원격정지실의 유량지시 및 밸브위치 지시	증기발생기로 유입되는 보조급수 유량은 조절밸브로서 제어가능(전원이 가용할 경우)	

표 10.4.9-3 (3 중 3)

번호	기기	고장 유형	원인	종속고장을 포함한 증상과 국부영향	감지방법	보상설비	비고 및 기타 영향
6	보조급수격리 역류방지밸브	열림실패	기계적 구속, 부식	고장 보조계열의 보조급수 유량 상실	주제어실 또는 원격정지실의 유량	다중의 100 % 용량의 터빈구동 및 전동기구동 펌프의 보조계열	
7	보조급수 증기격리밸브	열림실패	솔레노이드 고장, 공기 포트 막힘, 기계적 구속	항목번호 2 참조	항목번호 2 참조	항목번호 2 참조	

# 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

표 10.4.9-4

## 보조급수계통 계장과 제어

항 목	주 제어실	원격정지실
전동기구동펌프 기동/정지	O	O
보조급수격리밸브 열림/단힘	O	O
보조급수조절밸브 밸브위치	O	O
증기격리밸브 열림/단힘	O	O
증기공급배관 물방울관 수위제어밸브 열림/단힘	O	O
전동기구동펌프 출구압력	O	O
터빈구동펌프 출구압력	O	O
전동기구동펌프 출구온도	O	O
터빈구동펌프 출구온도	O	O
전동기구동펌프 흡입압력 및 고/저압 정보	O	O
터빈구동펌프 흡입압력 및 고/저압 정보	O	O
터빈구동펌프터빈 입구 증기압력	O	O
보조급수격리밸브 후단 온도 및 고온 정보	O	O
보조급수저장탱크 고/저온 정보	O	O
전동기구동펌프 유량	O	O
터빈구동펌프 유량	O	O
전동기구동펌프 시험유량	O	O
터빈구동펌프 시험유량	O	O
각 증기공급배관 물방울관 고-고수위 정보	O	O
터빈구동 보조급수펌프 터빈 속도	O	O
터빈 트립 리셋	O	O
터빈 트립	O	O
개별 보조급수 조절밸브 위치 지시	O	O
보조급수저장탱크 고/저수위 정보	O	O

## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

표 10.4.9-5 (4 중 1)

### 보조급수계통 비상전원 요건

보조급수계통 펌프 전동기	
전동기	모선
전동기구동 보조급수펌프(PP02A) 전동기	1A
전동기구동 보조급수펌프(PP02B) 전동기	1B

보조급수계통 전동기구동 밸브	
밸브	채널
보조급수격리밸브 AF-0043	A
보조급수격리밸브 AF-0044	B
보조급수격리밸브 AF-0045	C
보조급수격리밸브 AF-0046	D
보조급수계통 솔레노이드 밸브	
밸브	채널
보조급수격리밸브 AF-0035	A
보조급수격리밸브 AF-0036	B
보조급수격리밸브 AF-0037	B
보조급수격리밸브 AF-0038	A

# 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

표 10.4.9-5 (4 중 2)

계장 및 제어	
제어	채널
전동기구동 보조급수펌프(PP02A) 기동/정지	A
전동기구동 보조급수펌프(PP02B) 기동/정지	B
터빈구동 보조급수펌프(PP01A) 기동/정지	C
터빈구동 보조급수펌프(PP01B) 기동/정지	D
보조급수격리밸브 AF-0043 열림/단힘	A
보조급수격리밸브 AF-0044 열림/단힘	B
보조급수격리밸브 AF-0045 열림/단힘	C
보조급수격리밸브 AF-0046 열림/단힘	D
보조급수조절밸브 AF-0035 위치 제어	A
보조급수조절밸브 AF-0036 위치 제어	B
보조급수조절밸브 AF-0037 위치 제어	B
보조급수조절밸브 AF-0038 위치 제어	A
터빈(TA01A) 속도제어	C
터빈(TA01B) 속도제어	D
증기격리밸브 AT-009 열림/단힘	C
증기격리밸브 AT-010 열림/단힘	D
보조급수펌프 터빈 증기공급관 물방울관 수위제어밸브 AT-007 열림/단힘	C
보조급수펌프 터빈 증기공급관 물방울관 수위제어밸브 AT-008 열림/단힘	D

# 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

표 10.4.9-5 (4 중 3)

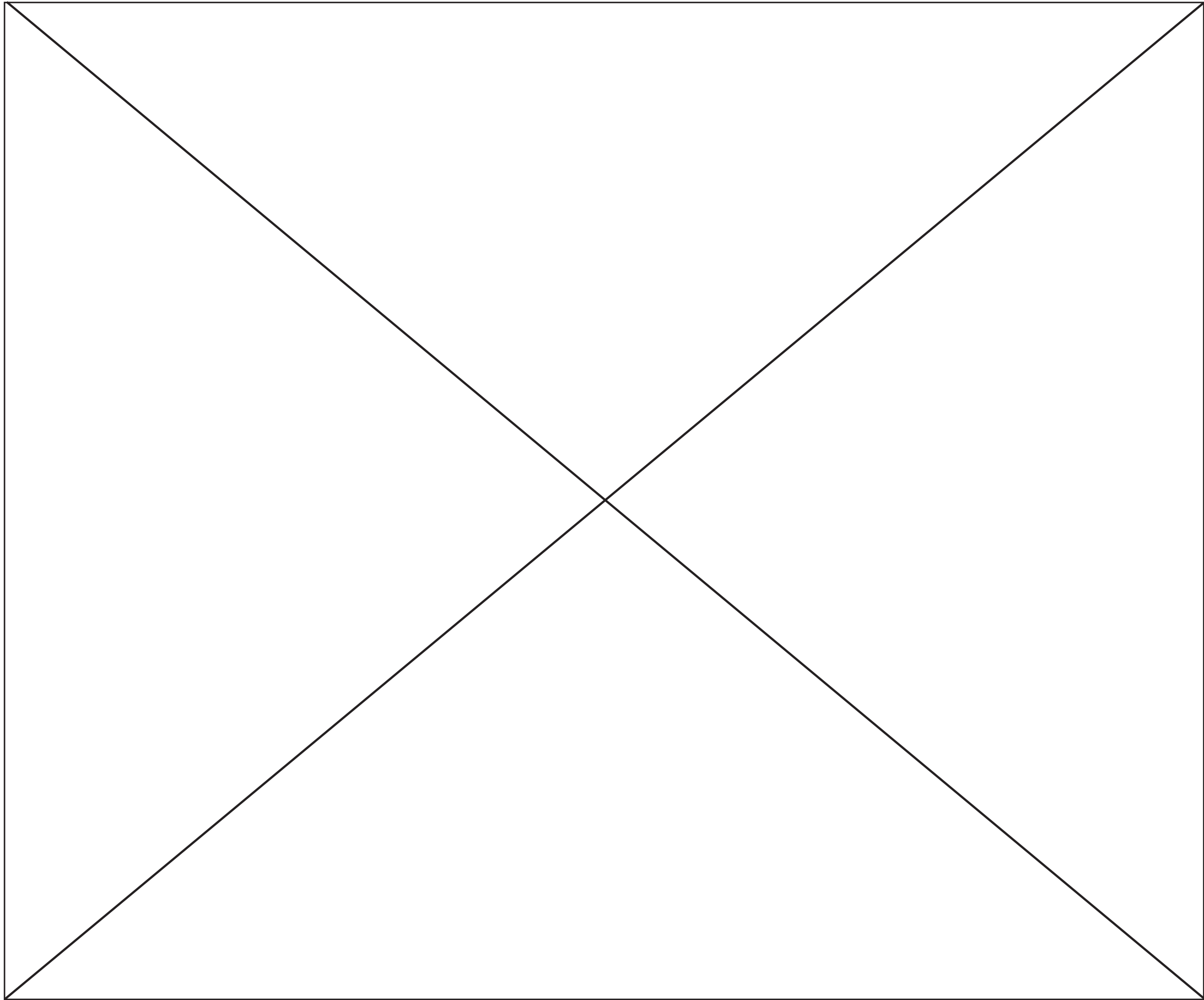
지시 및 정보	채널
전동기구동 펌프(PP02A) 출구 압력	A
전동기구동 펌프(PP02B) 출구 압력	B
터빈구동 펌프(PP01A) 출구 압력	C
터빈구동 펌프(PP01B) 출구 압력	D
전동기구동 펌프(PP02A) 흡입압력 및 저압경보	A
전동기구동 펌프(PP02B) 흡입압력 및 저압경보	B
터빈구동 펌프(PP01A) 흡입압력 및 저압경보	C
터빈구동 펌프(PP01B) 흡입압력 및 저압경보	D
터빈구동 펌프 터빈(TA01A) 흡입압력	C
터빈구동 펌프 터빈(TA01B) 흡입압력	D
전동기구동 펌프(PP02A) 유량	A
전동기구동 펌프(PP02B) 유량	B
터빈구동 펌프(PP01A) 유량	C
터빈구동 펌프(PP01B) 유량	D
보조급수저장탱크(TK01A) 수위 및 고, 저수위 정보	A
보조급수저장탱크(TK01B) 수위 및 고, 저수위 정보	B
터빈구동 펌프(TA01A) 속도	C
터빈구동 펌프(TA01B) 속도	D
전동기구동 펌프(PP02A) 운전상태	A
전동기구동 펌프(PP02B) 운전상태	B
터빈구동 펌프(PP01A) 운전상태	C
터빈구동 펌프(PP01B) 운전상태	D


## 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서

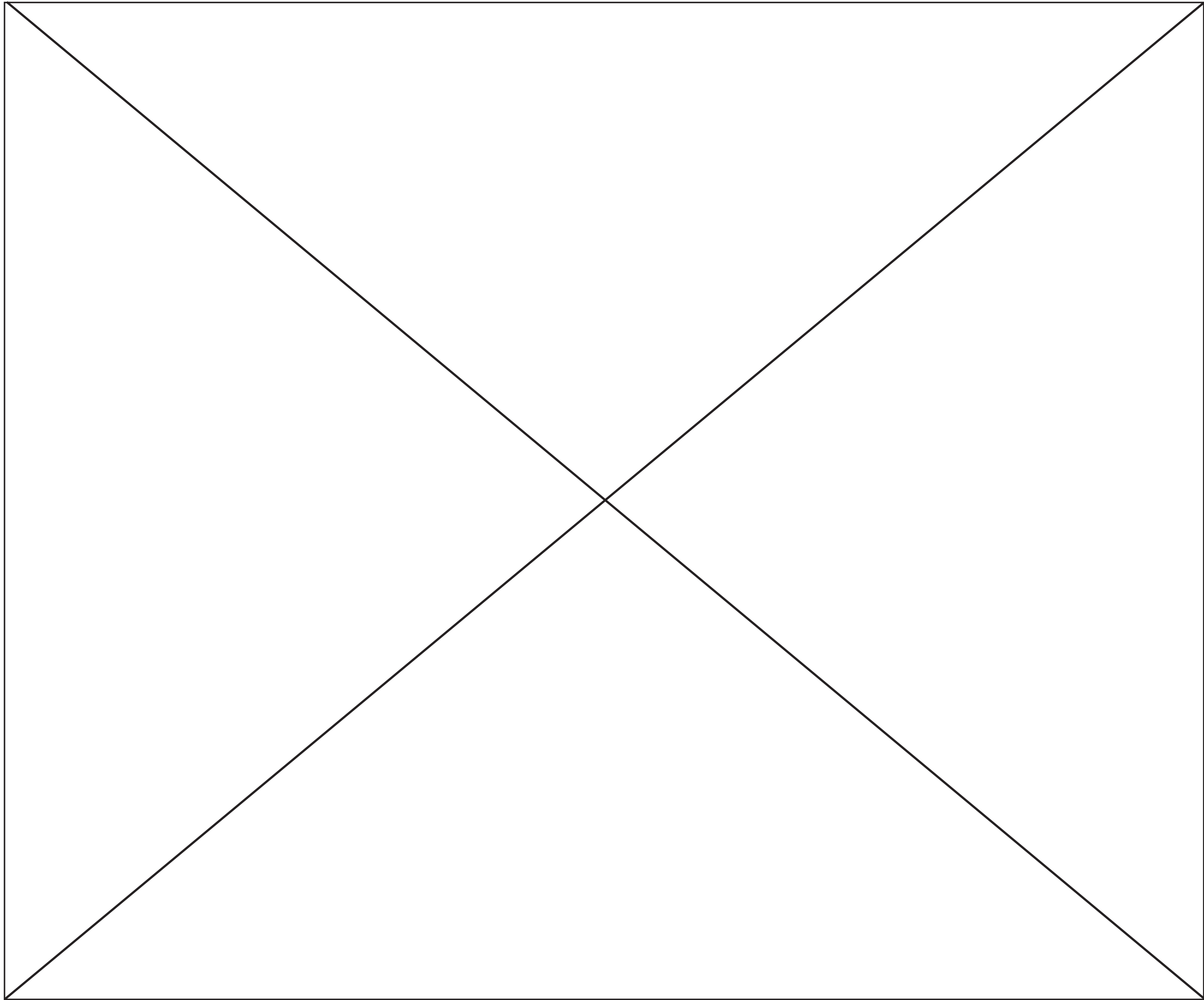
표 10.4.9-5 (4 중 4)


지시 및 경보(계속)	채널
보조급수격리밸브 AF-0043 열림/단힘 위치	A
보조급수격리밸브 AF-0044 열림/단힘 위치	C
보조급수격리밸브 AF-0045 열림/단힘 위치	D
보조급수격리밸브 AF-0046 열림/단힘 위치	B
보조급수조절밸브 AF-0035 단힘/조절 위치	A
보조급수조절밸브 AF-0036 단힘/조절 위치	B
보조급수조절밸브 AF-0037 단힘/조절 위치	A
보조급수조절밸브 AF-0038 단힘/조절 위치	B
증기격리밸브 AF-009 열림/단힘 위치	C
증기격리밸브 AF-010 열림/단힘 위치	A
보조급수펌프 터빈 증기공급관 물방울관 수위제어밸브 AT-007 열림/단힘 위치	C
보조급수펌프 터빈 증기공급관 물방울관 수위제어밸브 AT-008 열림/단힘 위치	D

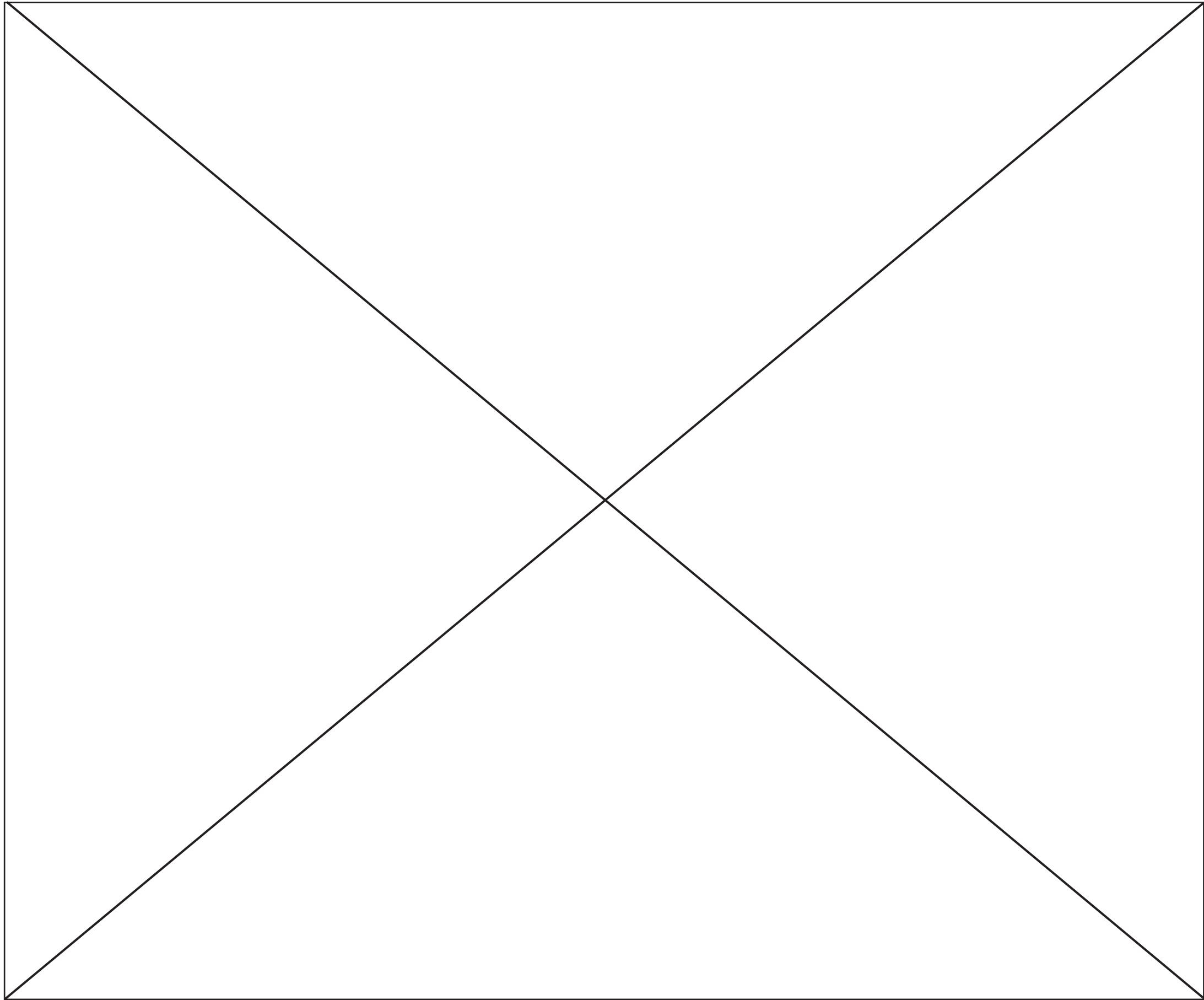




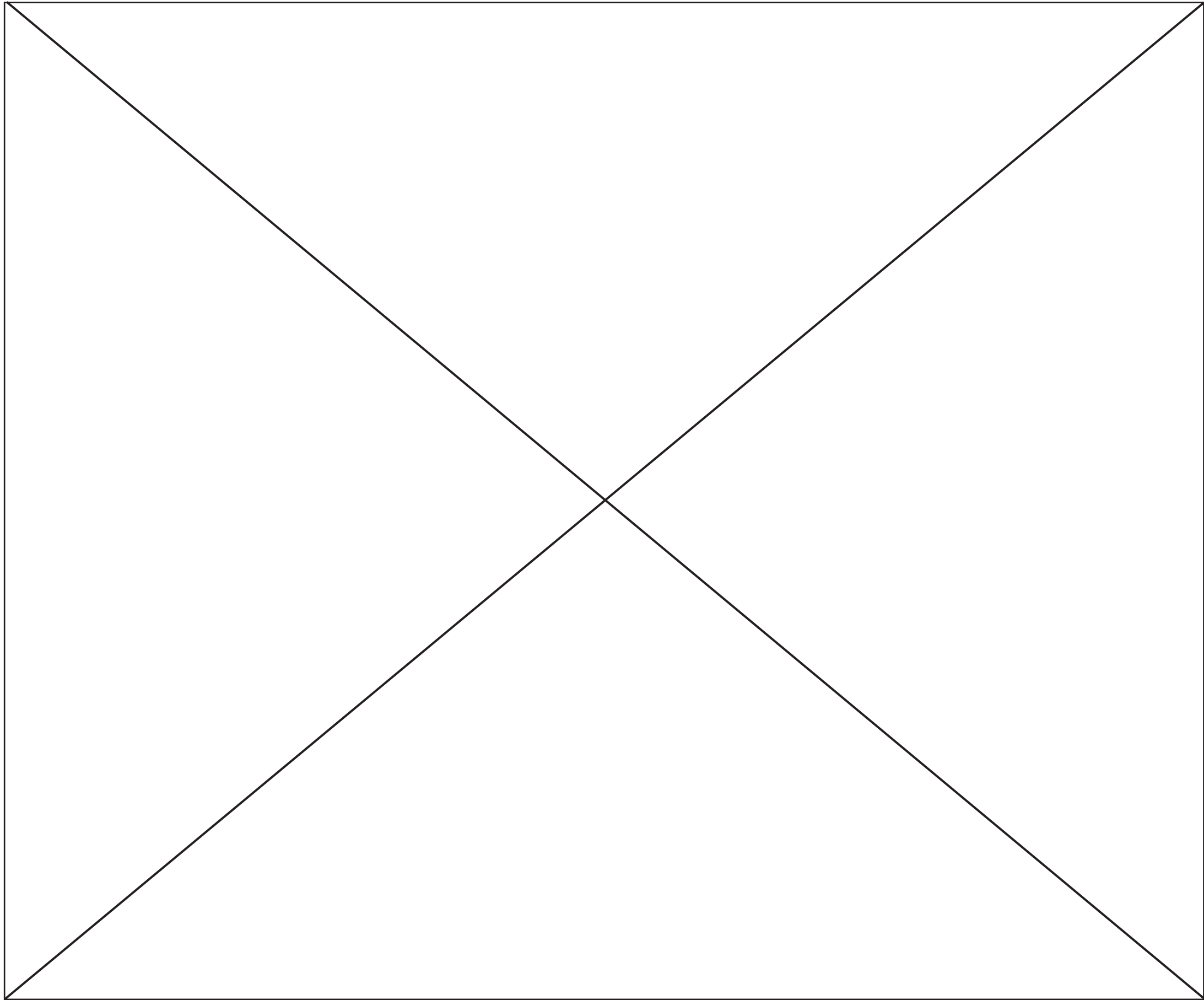
	<p>한국수력원자력주식회사 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서</p>
<p>복수기진공계통 배관 및 계장도</p>	
<p>그림 10.4.2-1 (2 중 1)</p>	



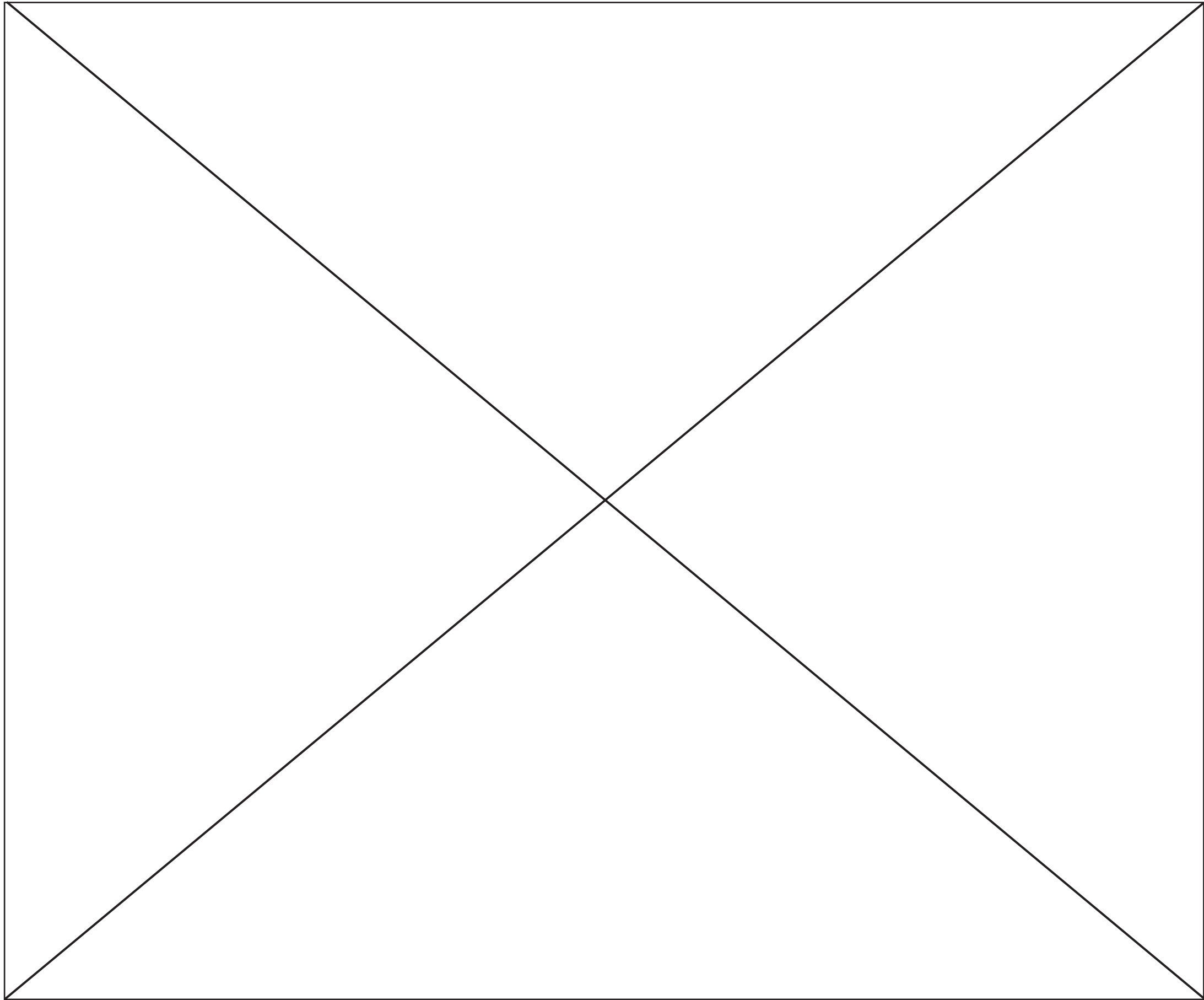
	한국수력원자력주식회사 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서
복수기진공계통 배관 및 계장도	
그림 10.4.2-1 (2 중 2)	



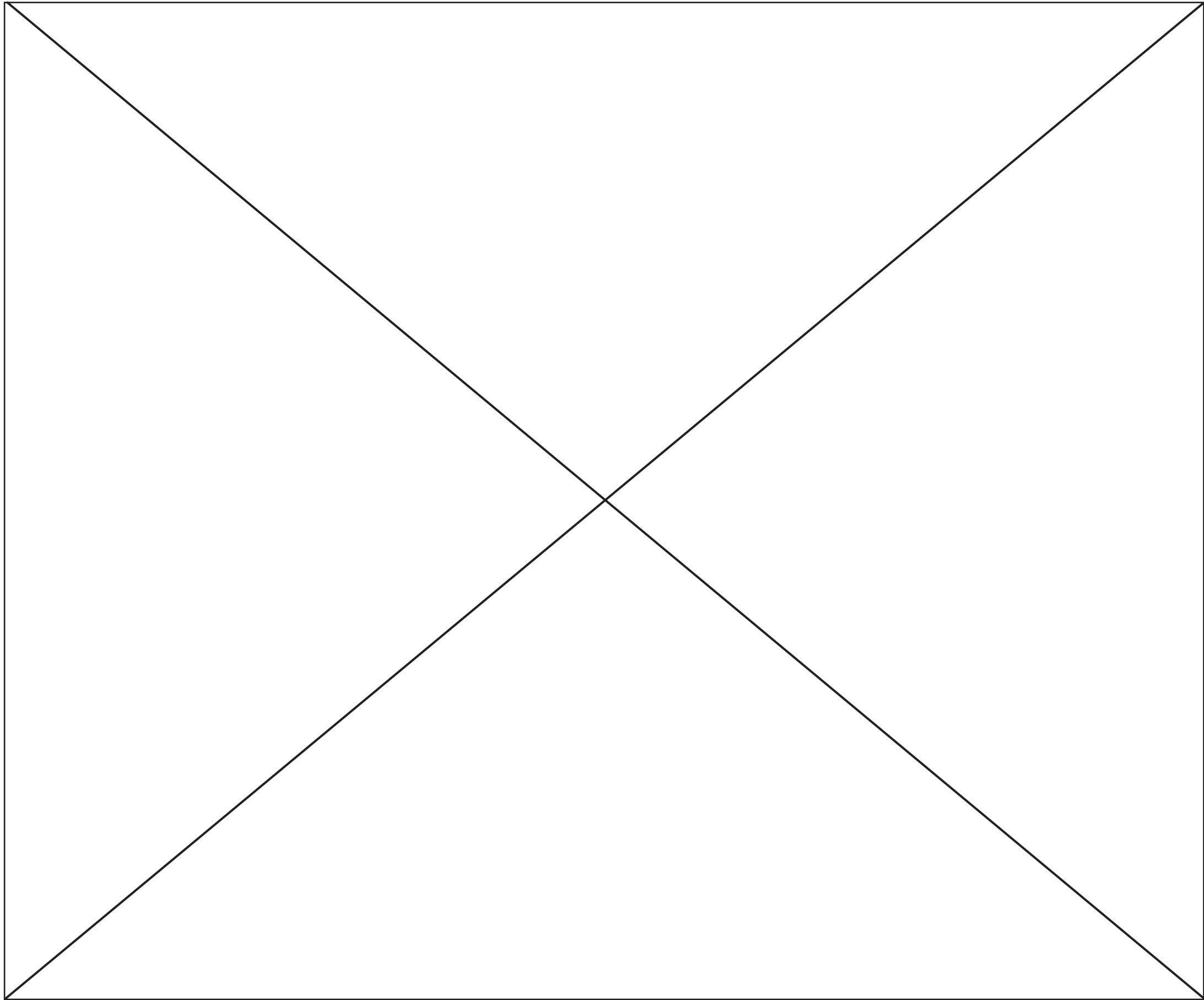
	<p>한국수력원자력주식회사 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서</p>
<p>주터빈 및 보조계통 배관 및 계장도</p>	
<p>그림 10.4.3-1 (3 중 1)</p>	




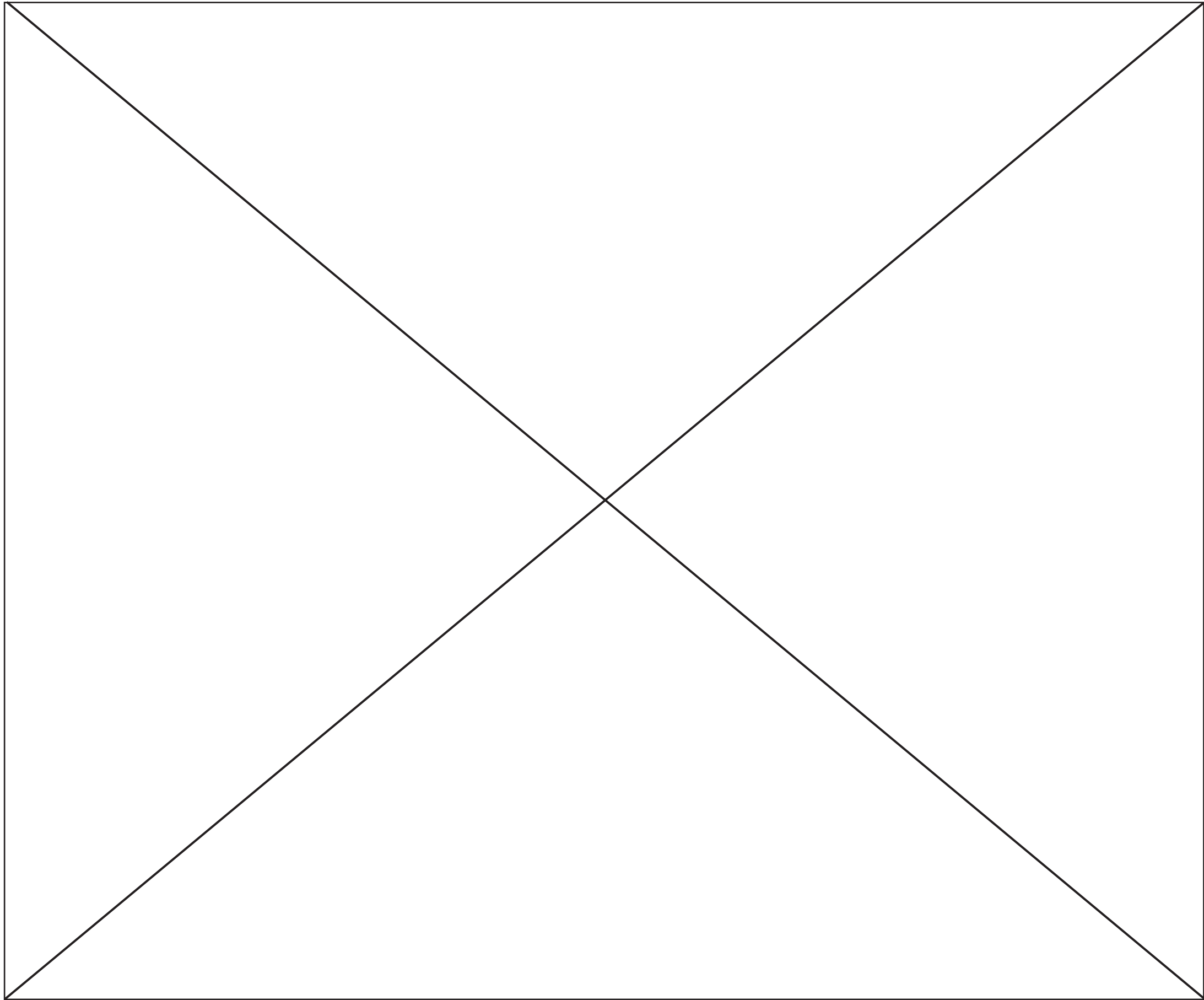
	한국수력원자력주식회사 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서
주터빈 및 보조계통 배관 및 계장도	
그림 10.4.3-1 (3 중 2)	



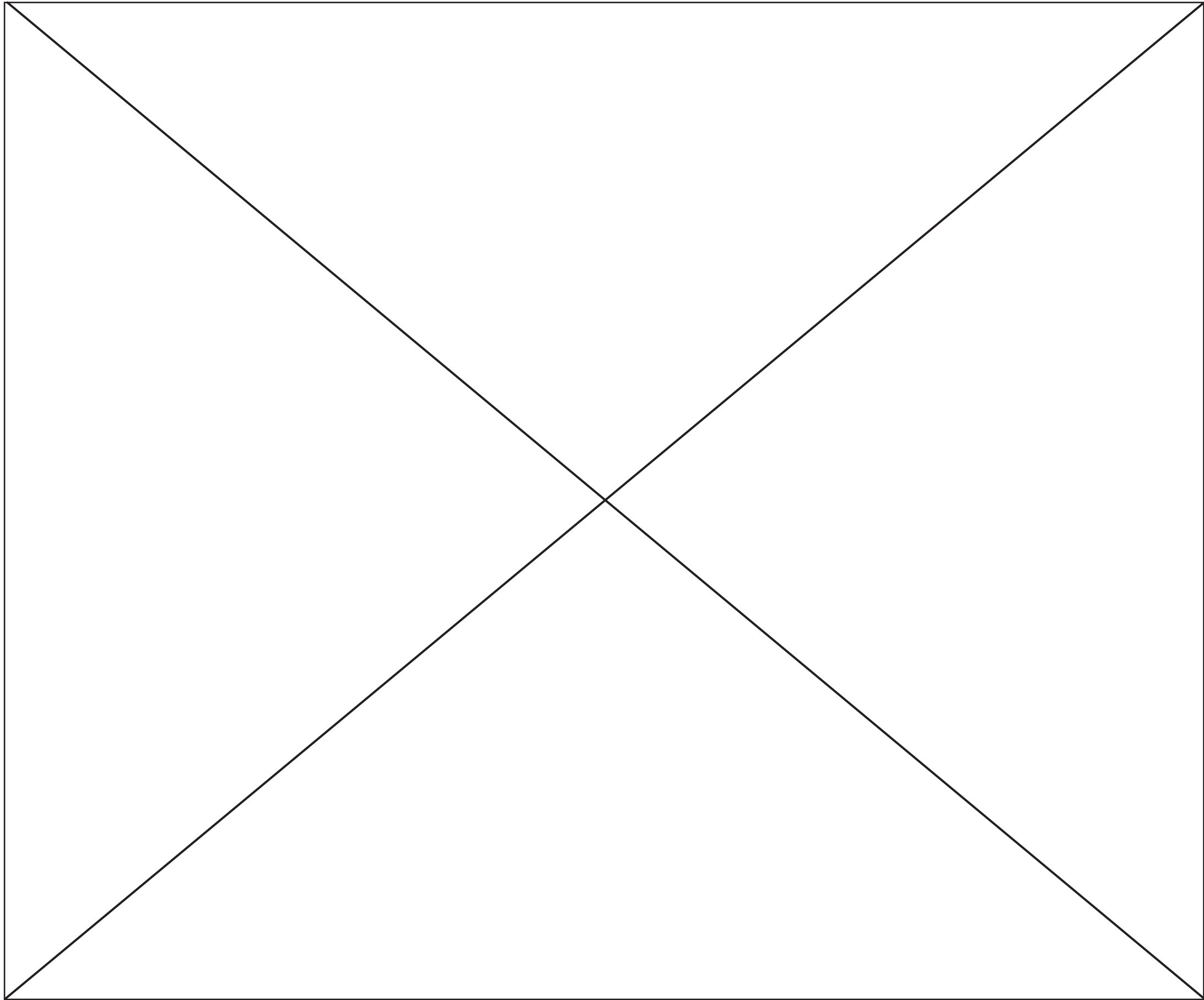
	<p>한국수력원자력주식회사 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서</p>
<p>주터빈 및 보조계통 배관 및 계장도</p>	
<p>그림 10.4.3-1 (3 중 3)</p>	




	<p>한국수력원자력주식회사 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서</p>
<p>순환수계통 배관 및 계장도</p>	
<p>그림 10.4.5-1 (5 중 1)</p>	

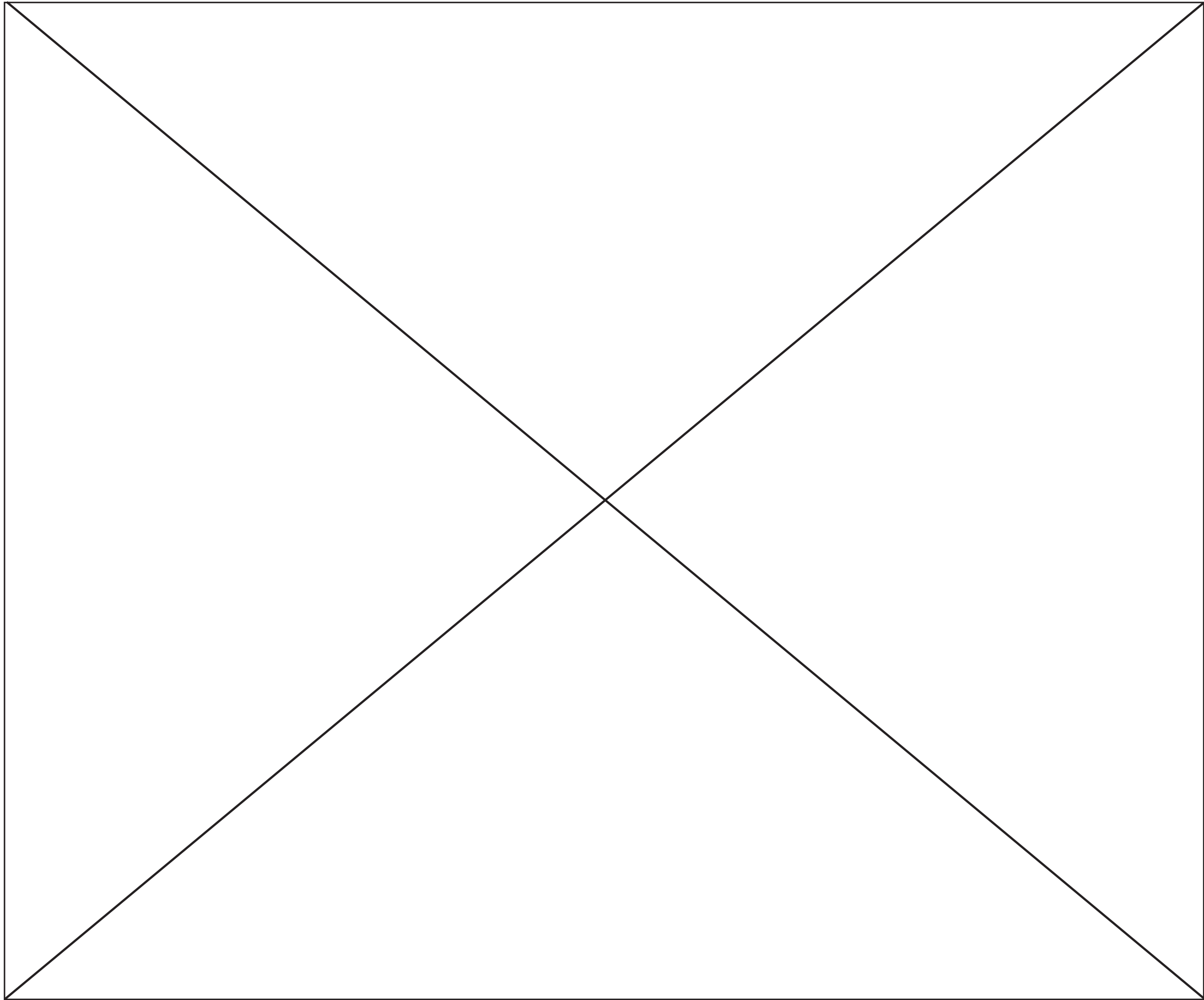


	한국수력원자력주식회사 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서
순환수계통 배관 및 계장도	
그림 10.4.5-1 (5 중 2)	

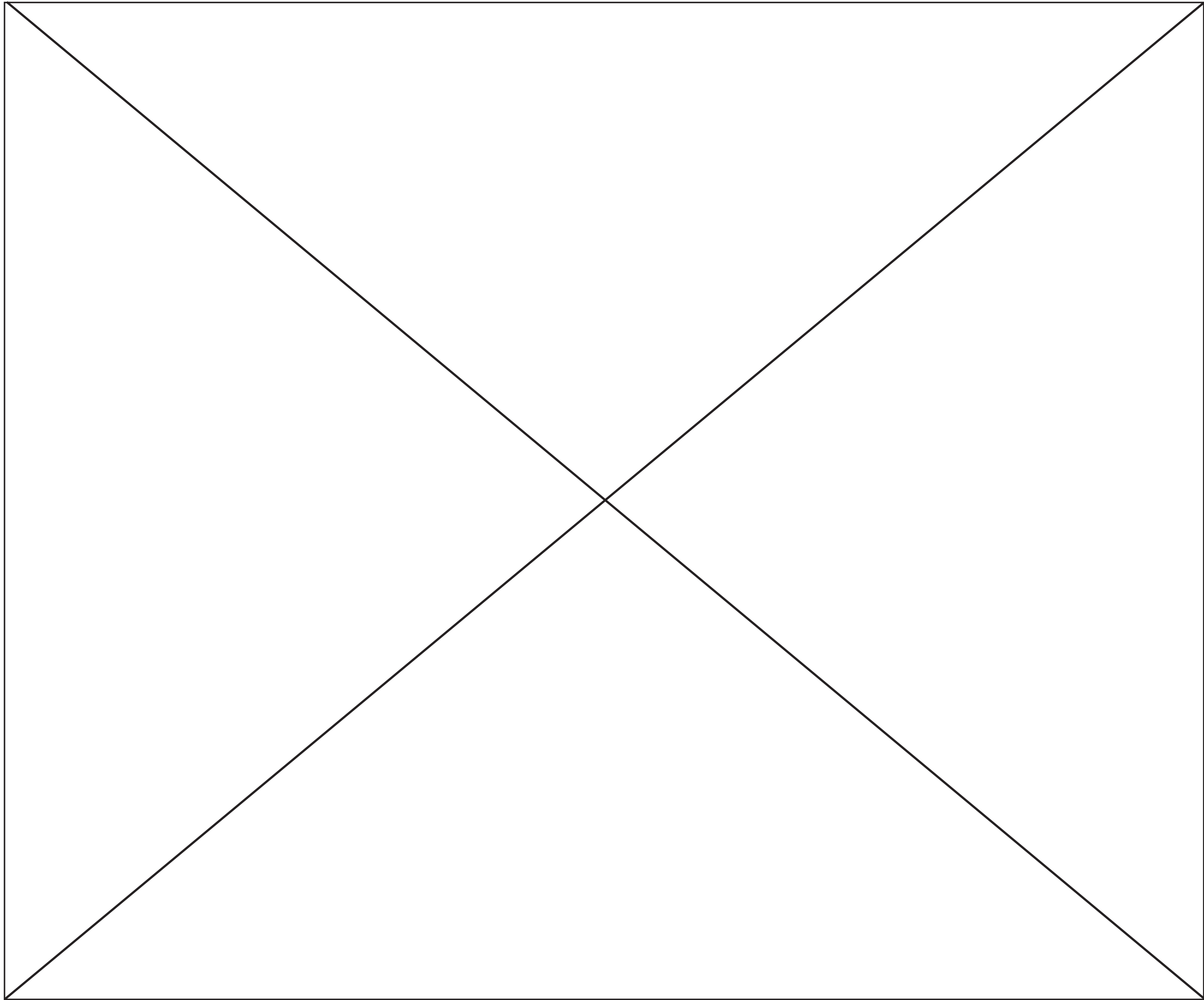



	한국수력원자력주식회사 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서
순환수계통 배관 및 계장도	
그림 10.4.5-1 (5 중 3)	

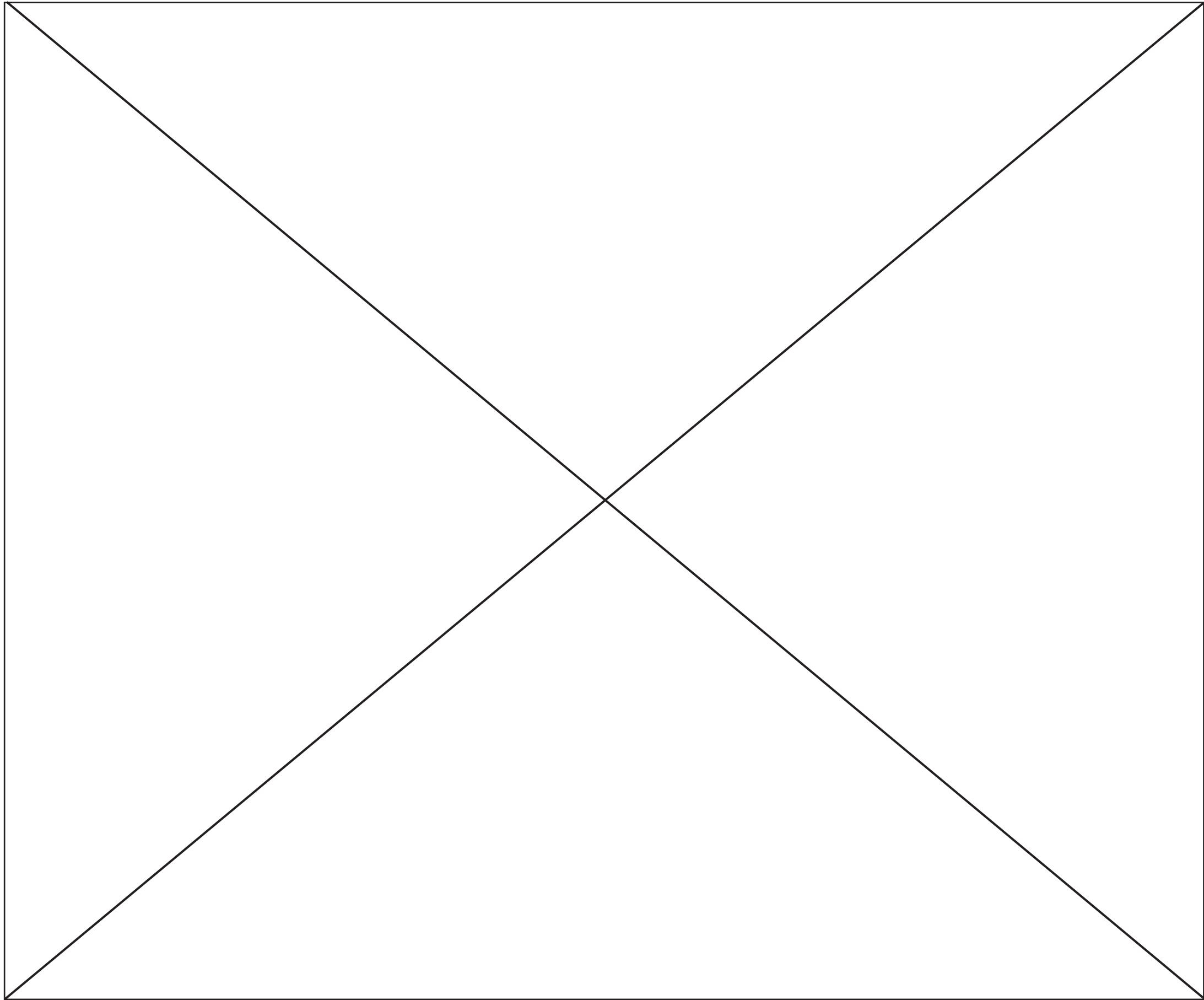




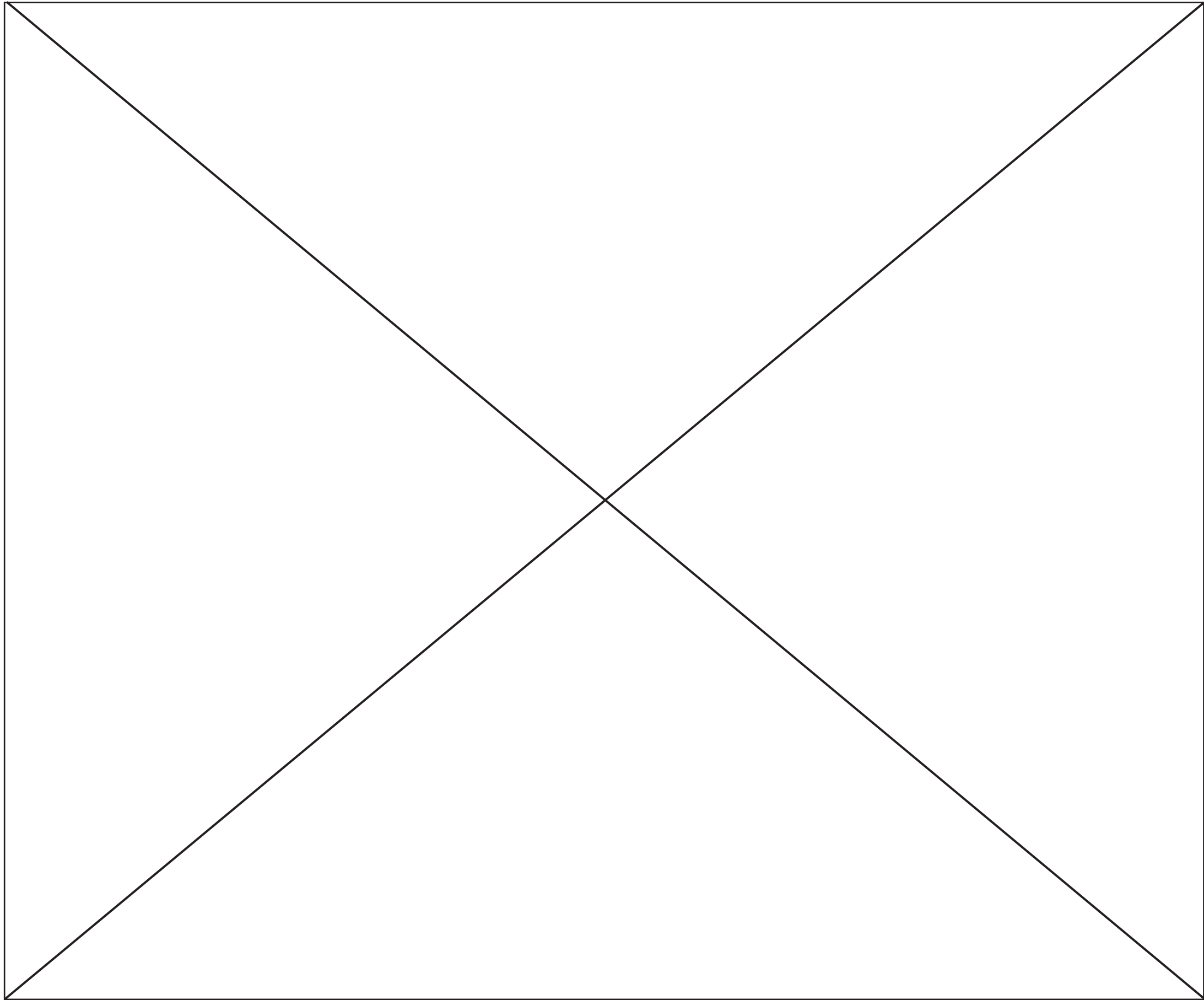
	한국수력원자력주식회사 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서
순환수계통 배관 및 계장도	
그림 10.4.5-1 (5 중 4)	



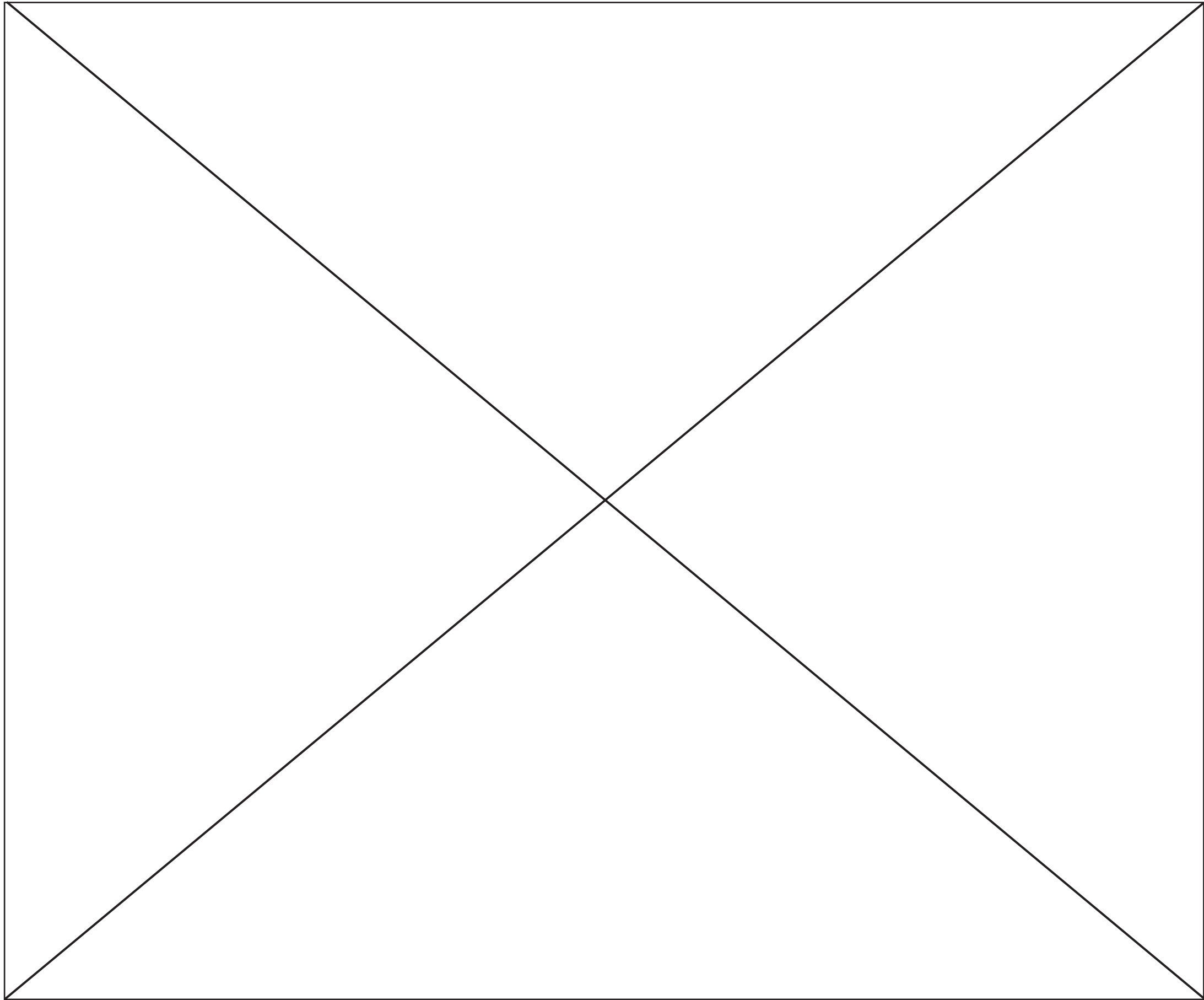
	<p>한국수력원자력주식회사 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서</p>
<p>순환수계통 배관 및 계장도</p>	
<p>그림 10.4.5-1 (5 중 5)</p>	



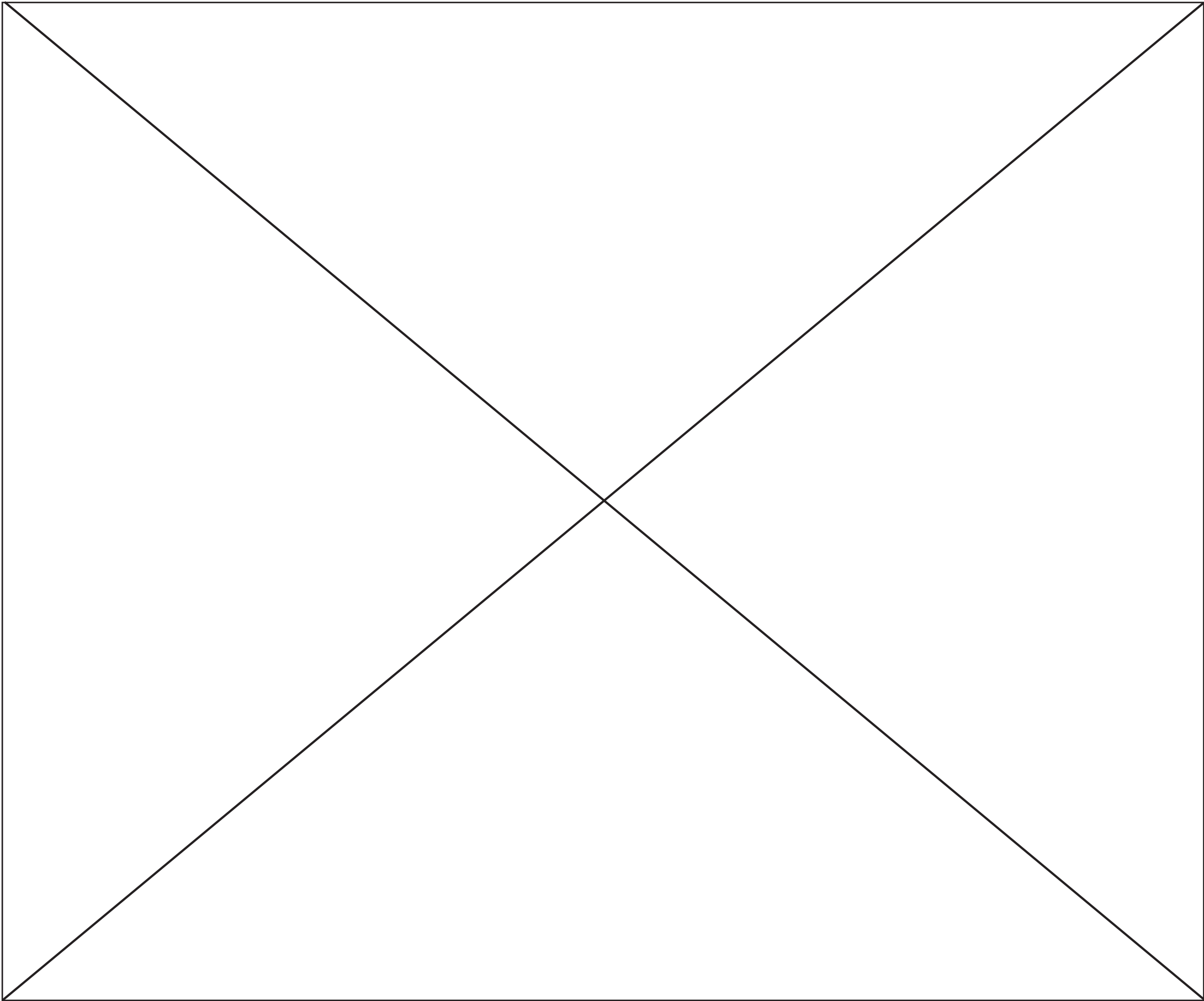
	한국수력원자력주식회사 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서
복수탈염계통 배관 및 계장도	
그림 10.4.6-1 (6 중 1)	

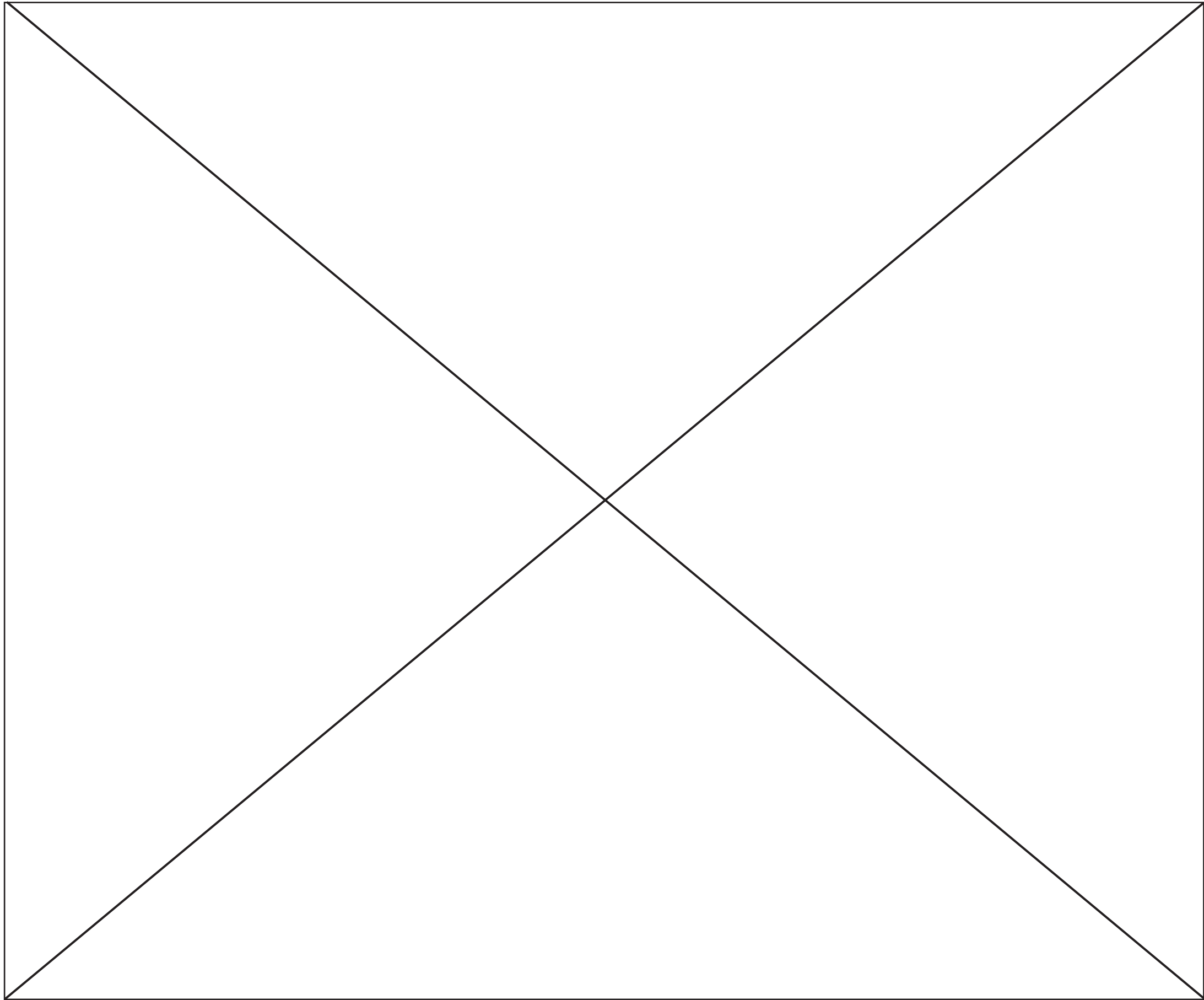


	한국수력원자력주식회사 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서
복수탈염계통 배관 및 계장도	
그림 10.4.6-1 (6 중 2)	

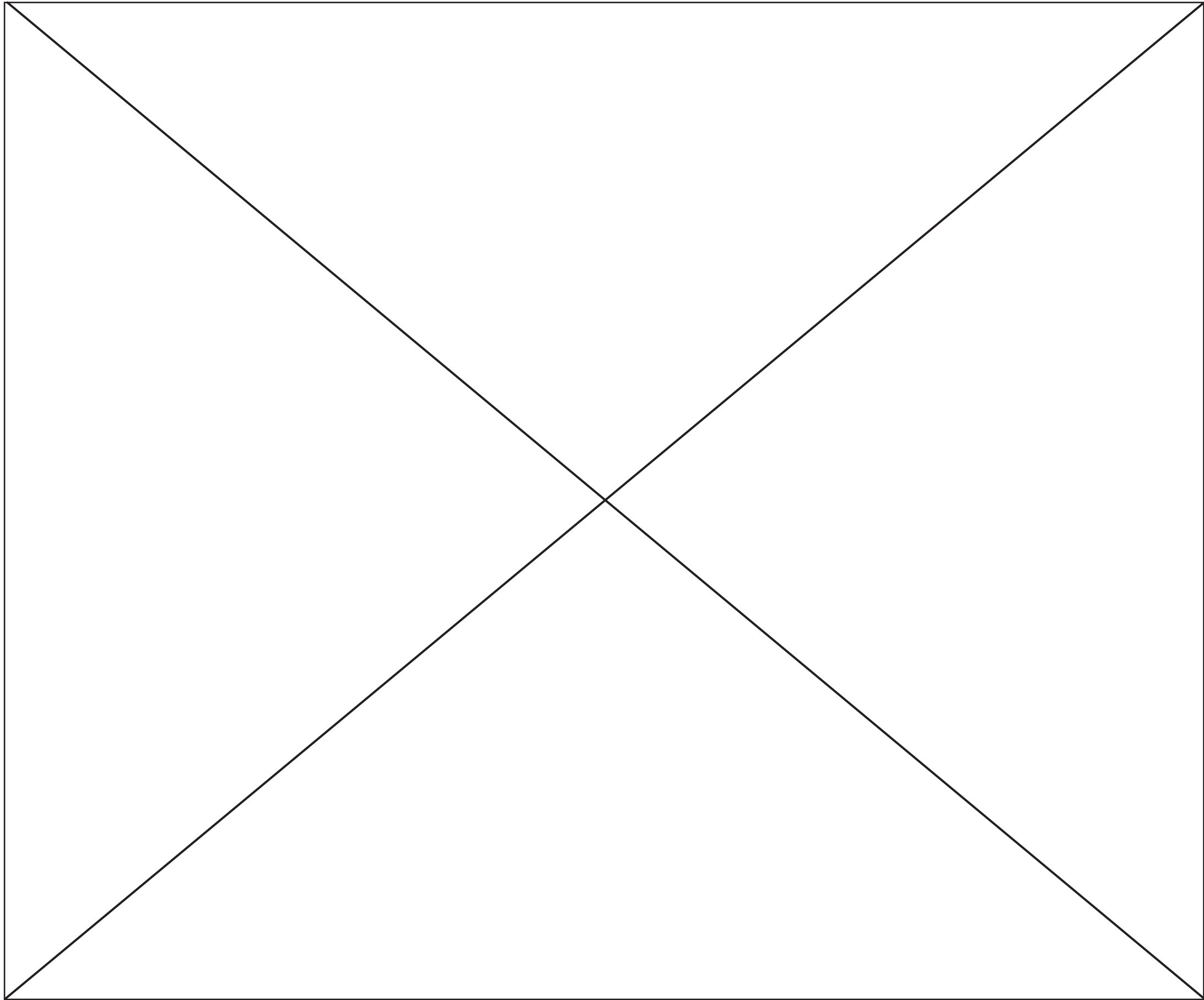


	한국수력원자력주식회사 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서
복수탈염계통 배관 및 계장도	
그림 10.4.6-1 (6 중 3)	



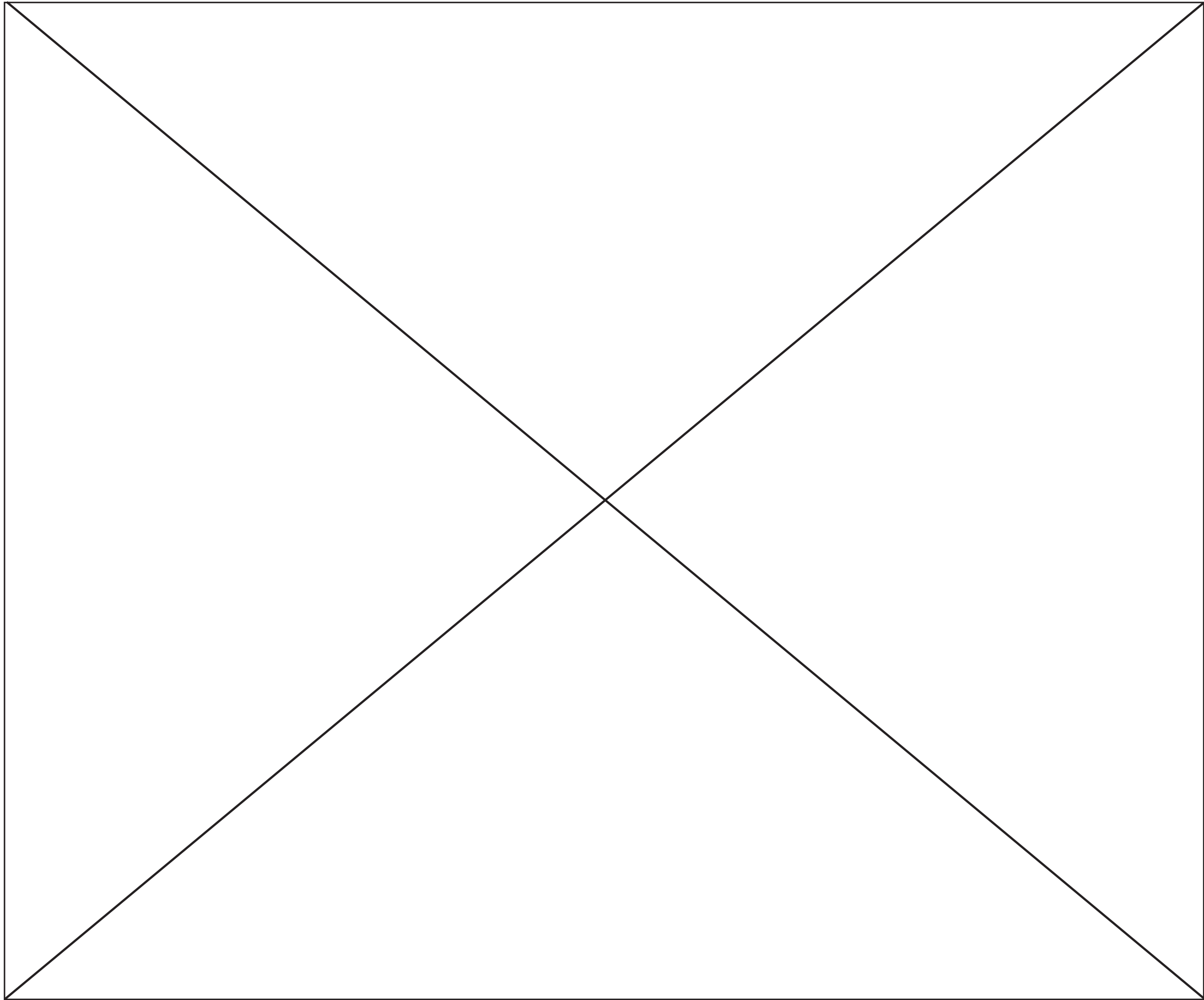



	한국수력원자력주식회사 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서
복수탈염계통 배관 및 계장도	
그림 10.4.6-1 (6 중 5)	

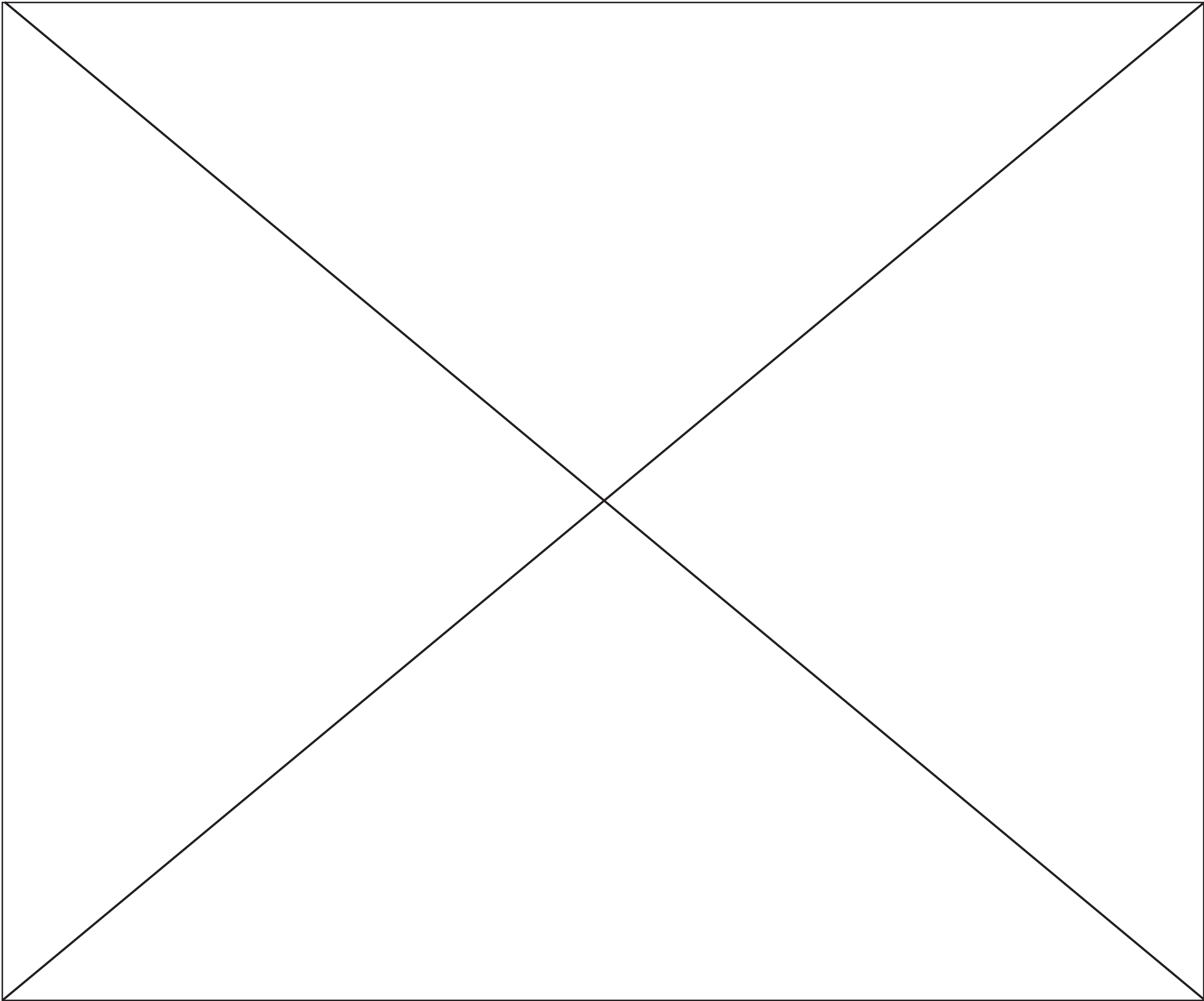


	<p>한국수력원자력주식회사 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서</p>
<p>복수탈염계통 배관 및 계장도</p>	
<p>그림 10.4.6-1 (6 중 6)</p>	

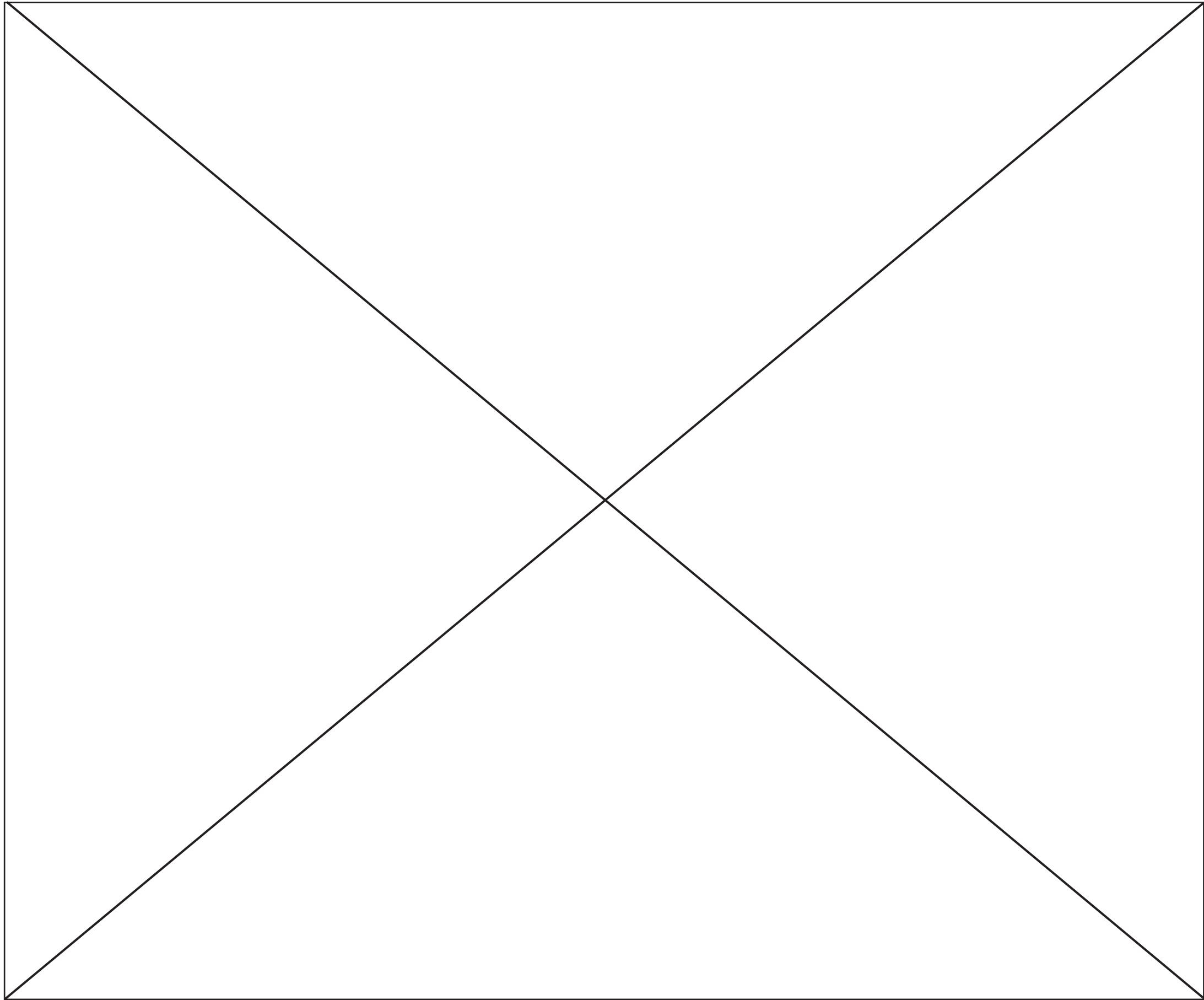





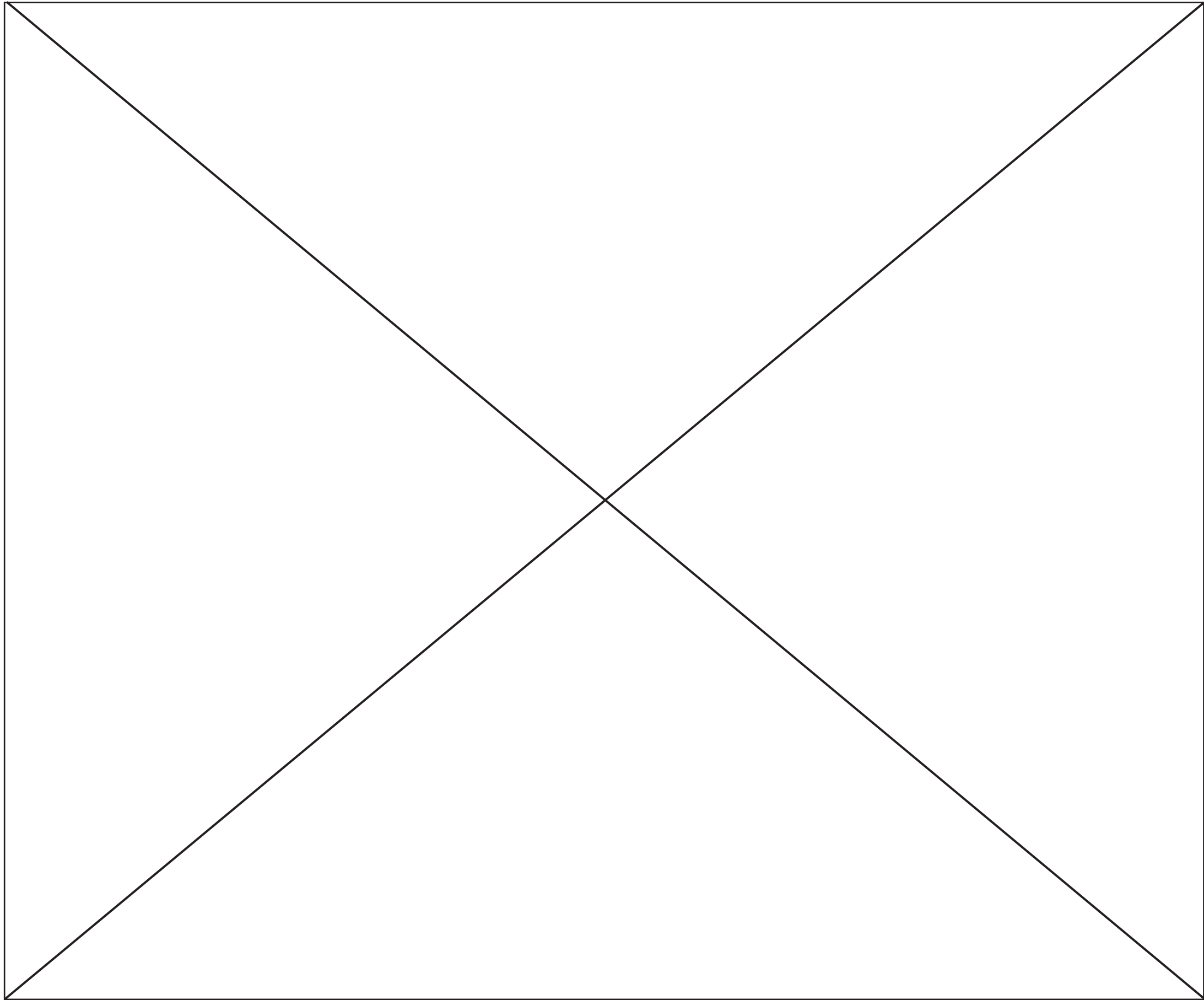
	<p>한국수력원자력주식회사 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서</p>
<p>복수계통 배관 및 계장도</p>	
<p>그림 10.4.7-1 (5 중 1)</p>	



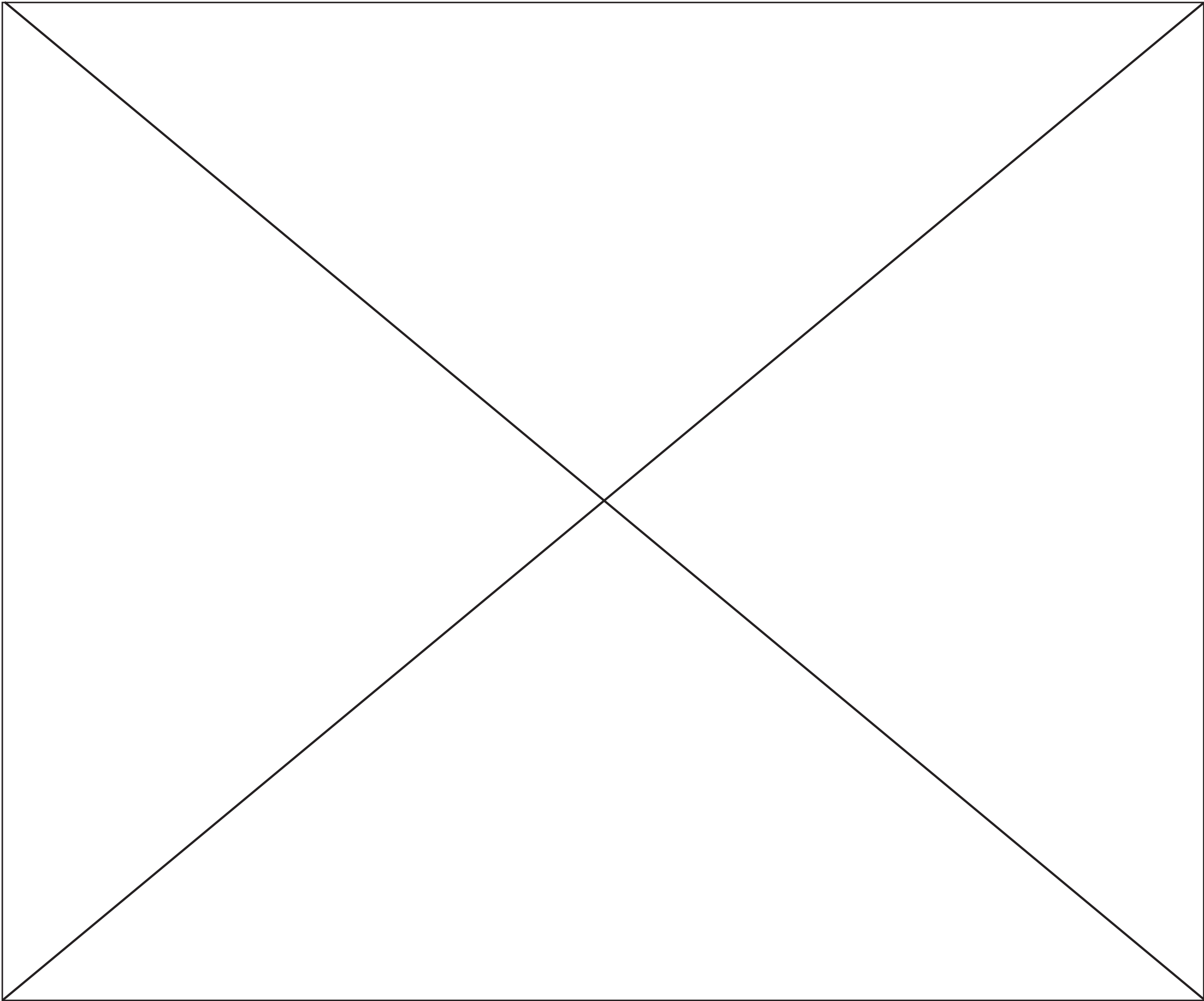
	한국수력원자력주식회사 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서
복수계통 배관 및 계장도	
그림 10.4.7-1 (5 중 2)	

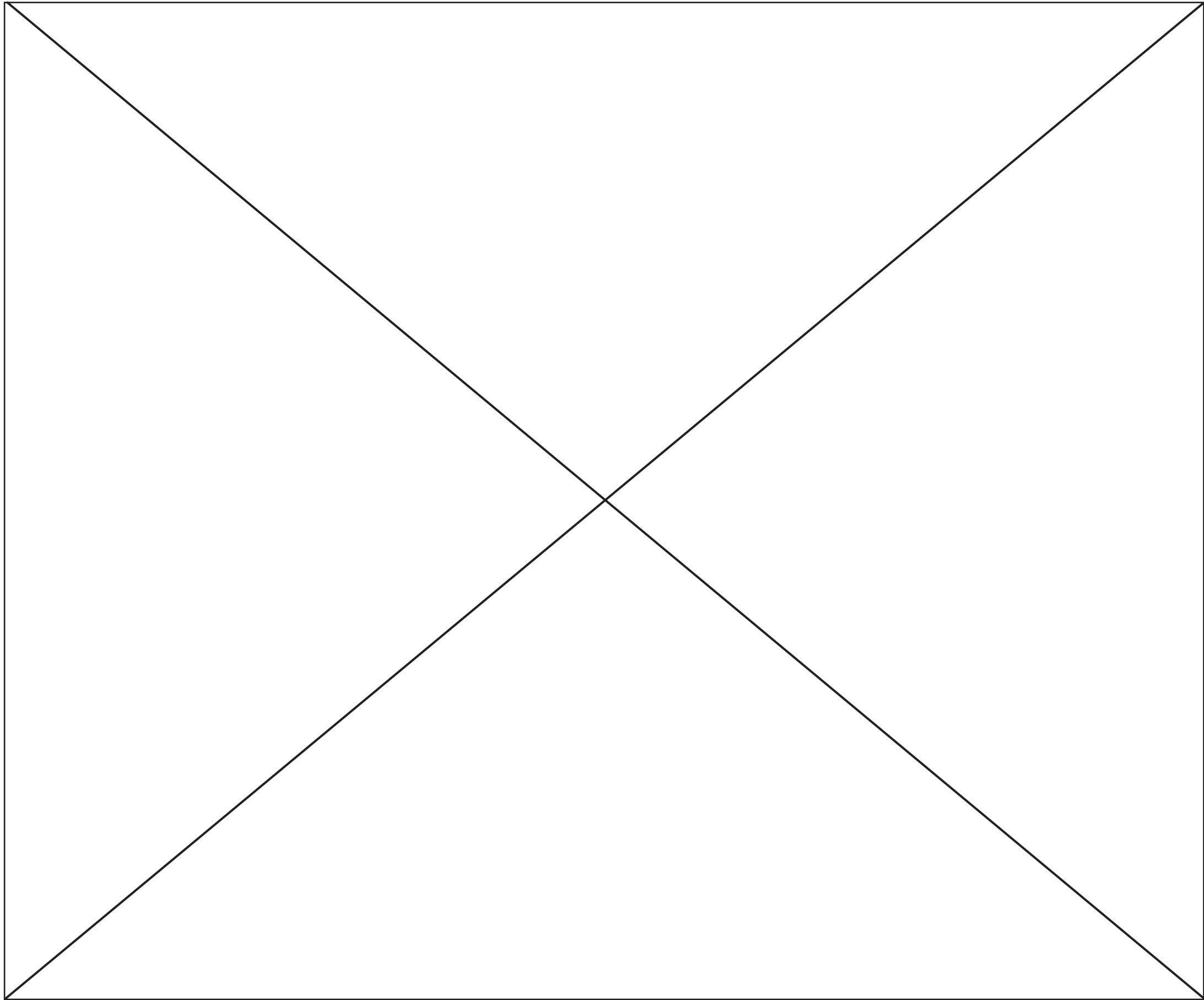


	한국수력원자력주식회사 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서
복수계통 배관 및 계장도	
그림 10.4.7-1 (5 중 3)	

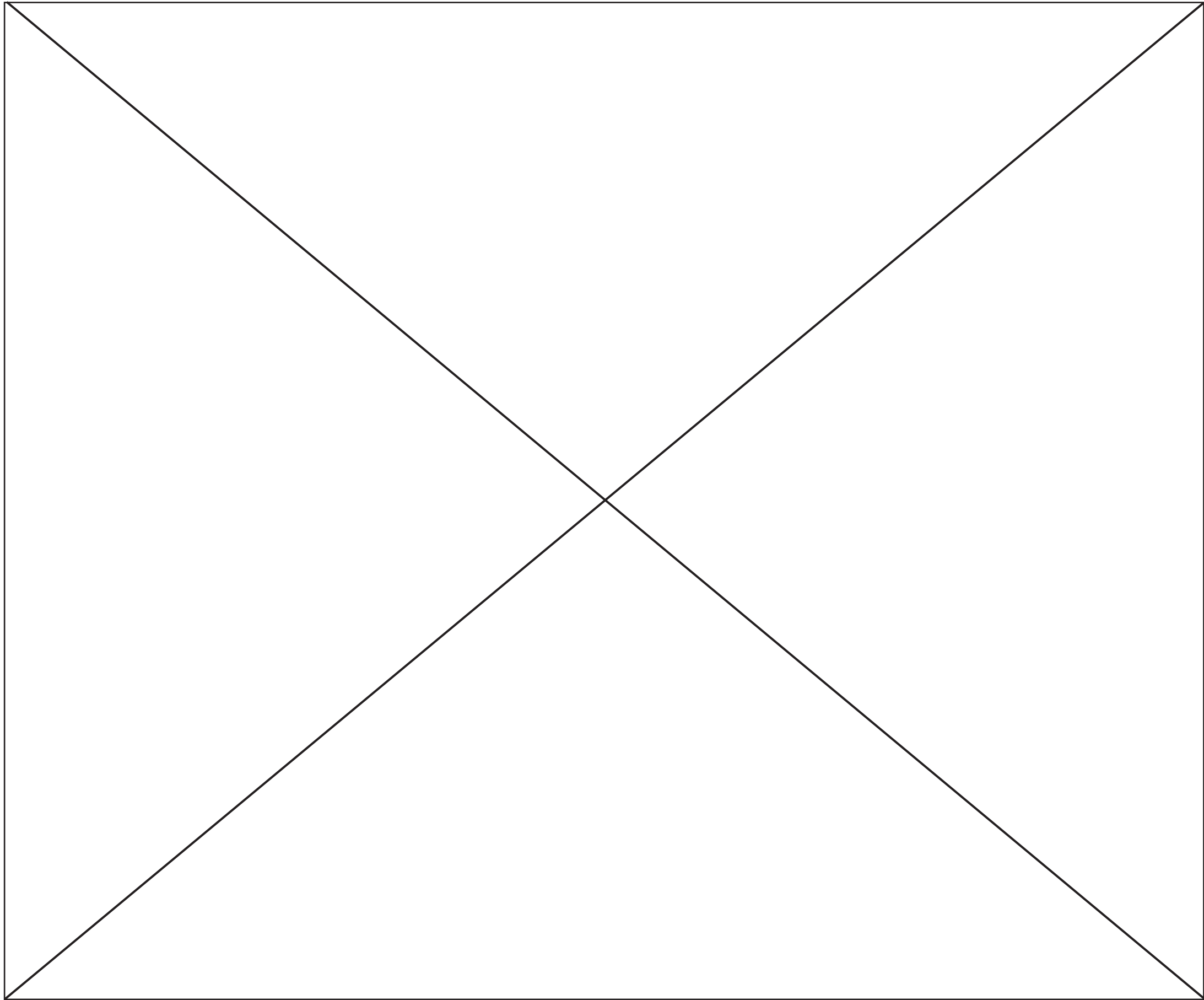


	한국수력원자력주식회사 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서
복수계통 배관 및 계장도	
그림 10.4.7-1 (5 중 4)	

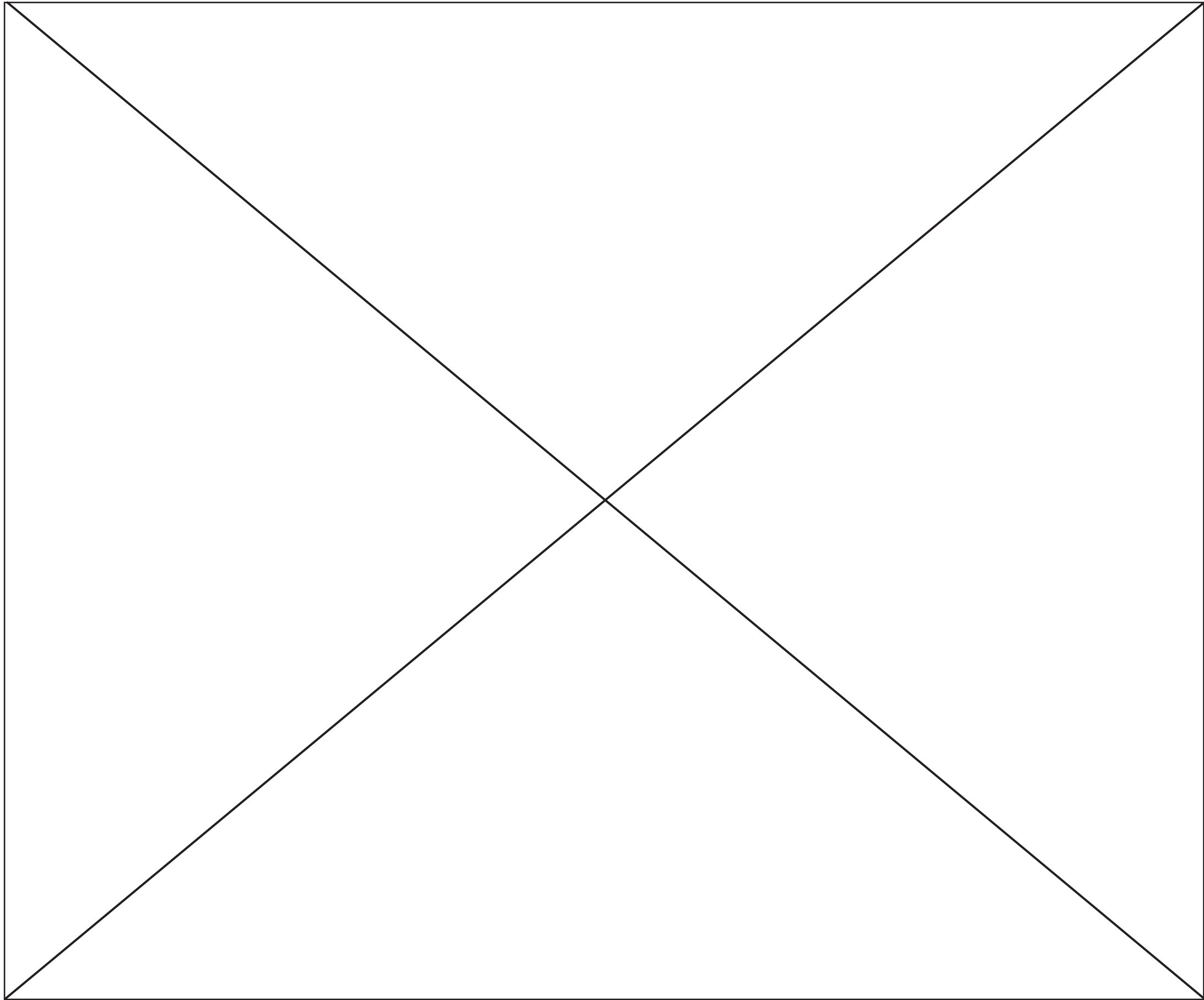




	<p>한국수력원자력주식회사 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서</p>
<p>급수가열기배수계통 배관 및 계장도</p>	
<p>그림 10.4.7-2 (5 중 1)</p>	

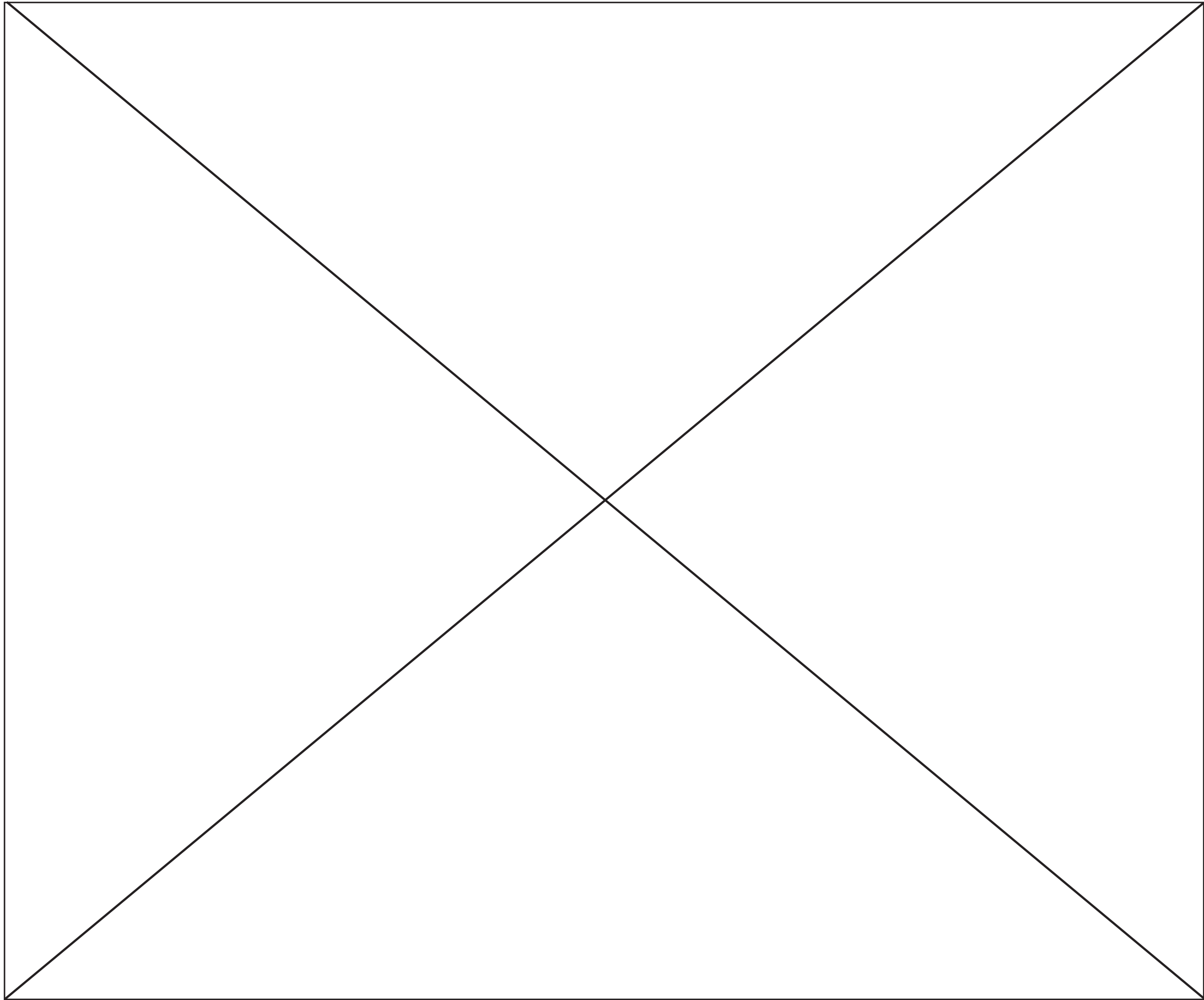


	<p>한국수력원자력주식회사 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서</p>
<p>급수가열기배수계통 배관 및 계장도</p>	
<p>그림 10.4.7-2 (5 중 2)</p>	

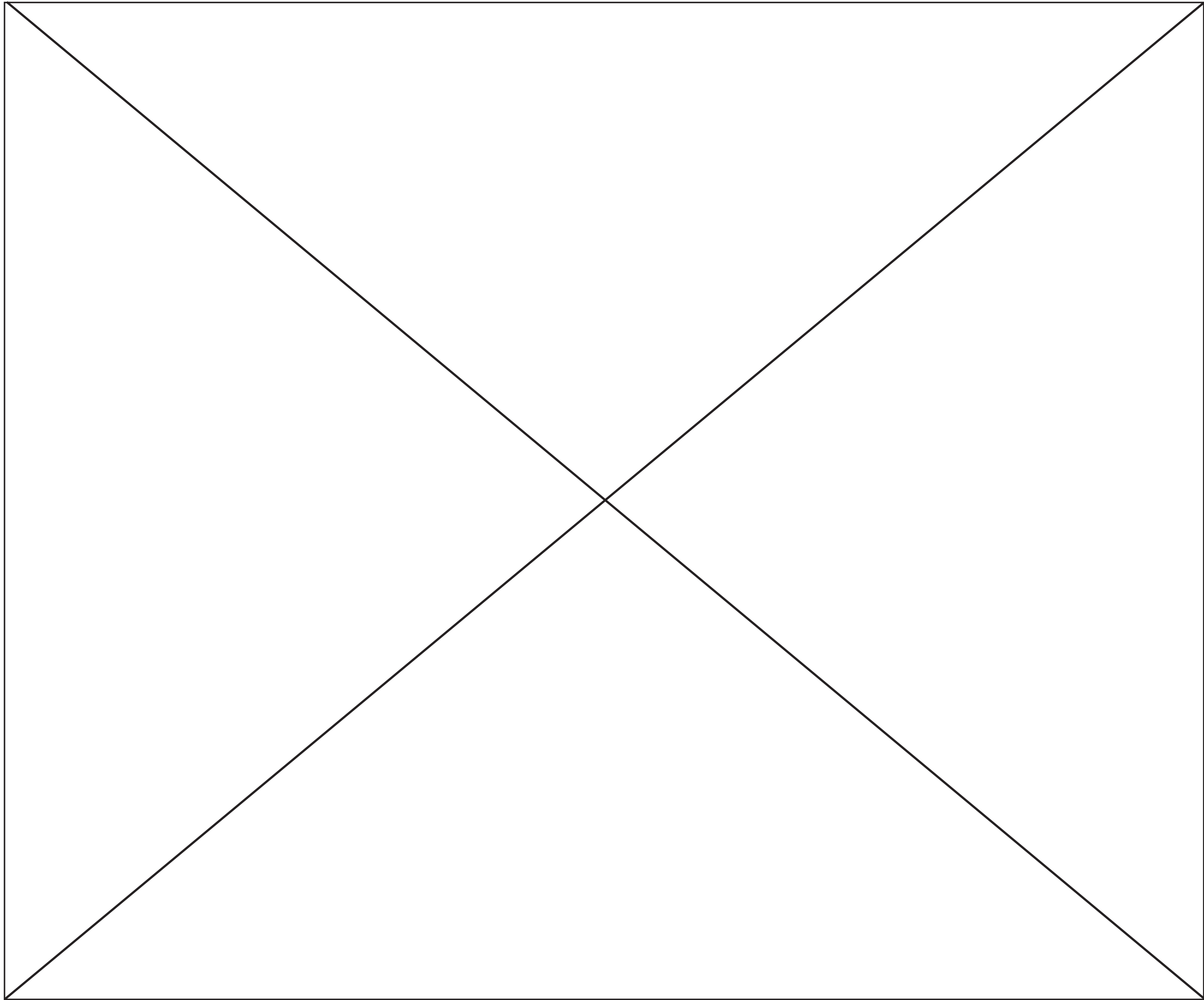


	<p>한국수력원자력주식회사 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서</p>
<p>급수가열기배수계통 배관 및 계장도</p>	
<p>그림 10.4.7-2 (5 중 3)</p>	

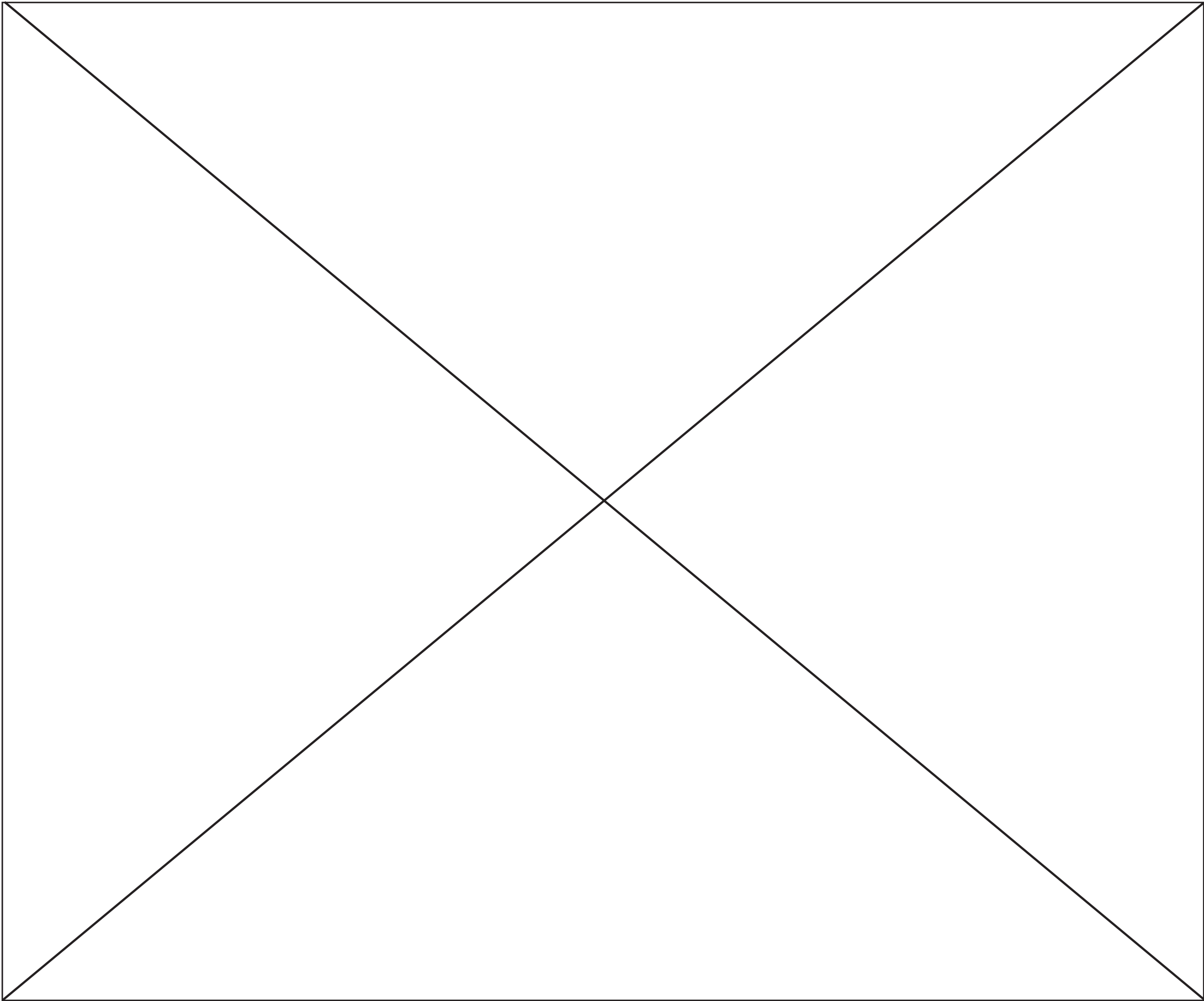





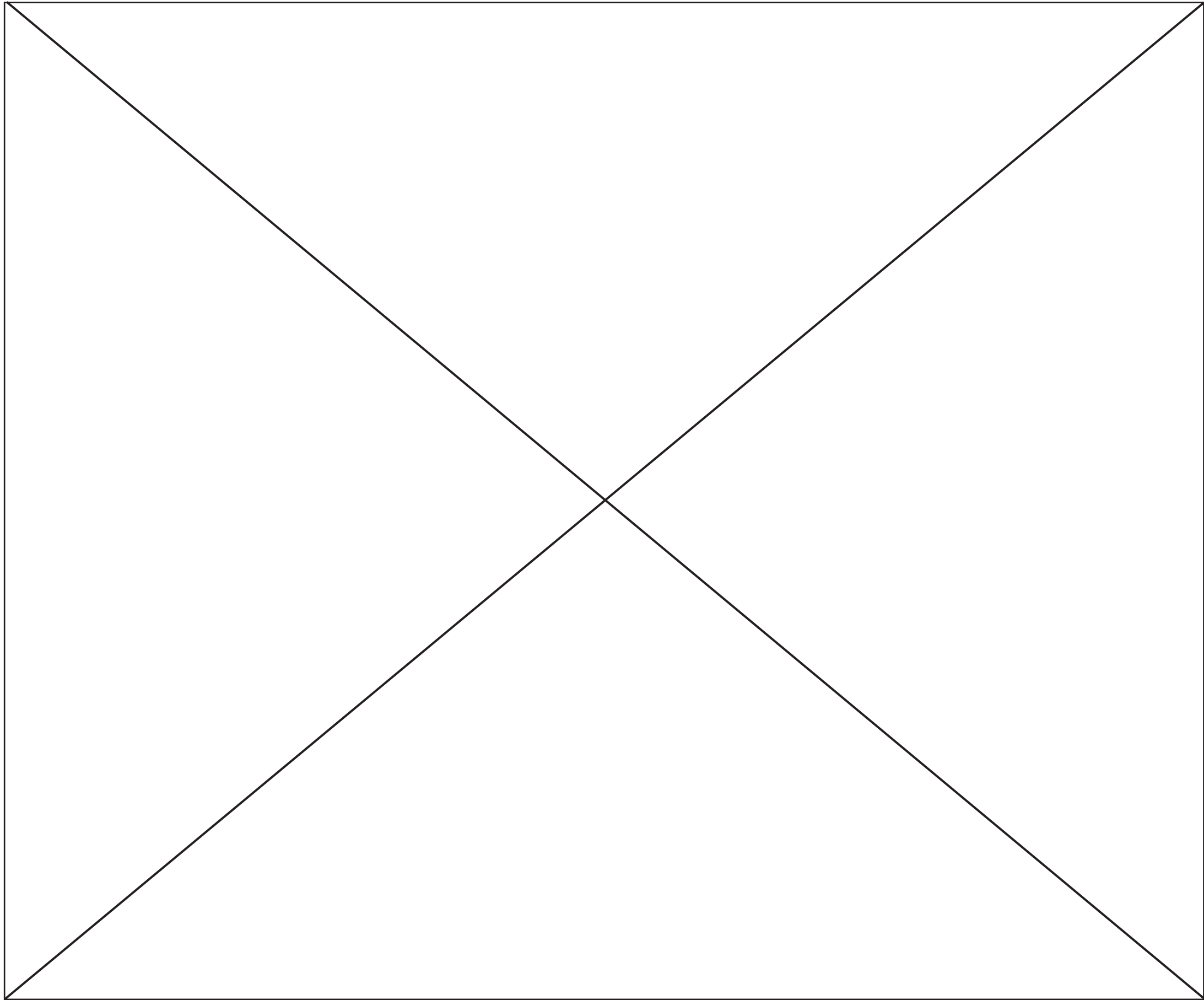
	<p>한국수력원자력주식회사 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서</p>
<p>급수가열기배수계통 배관 및 계장도</p>	
<p>그림 10.4.7-2 (5 중 4)</p>	




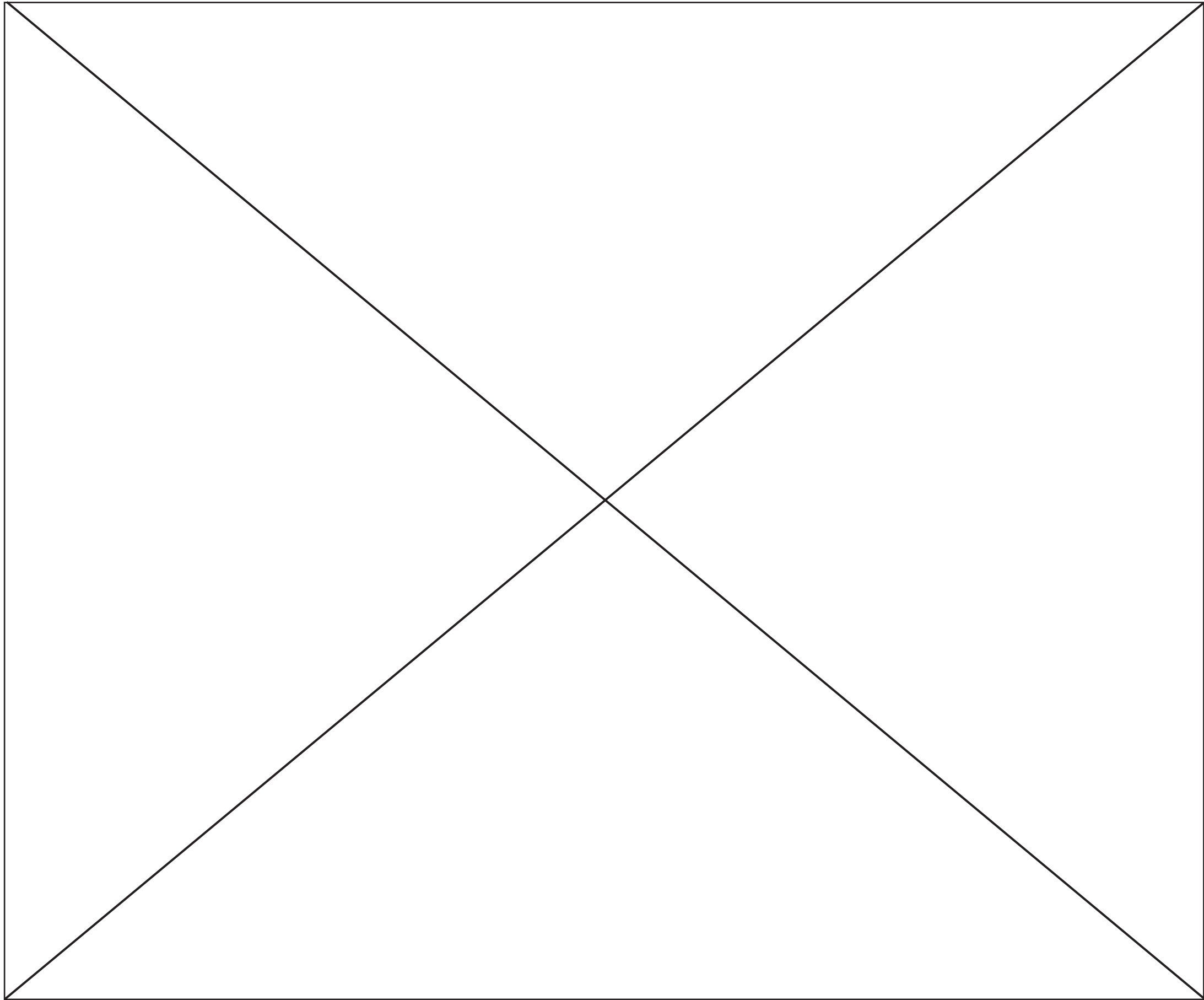
	한국수력원자력주식회사 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서
급수가열기배수계통 배관 및 계장도	
그림 10.4.7-2 (5 중 5)	




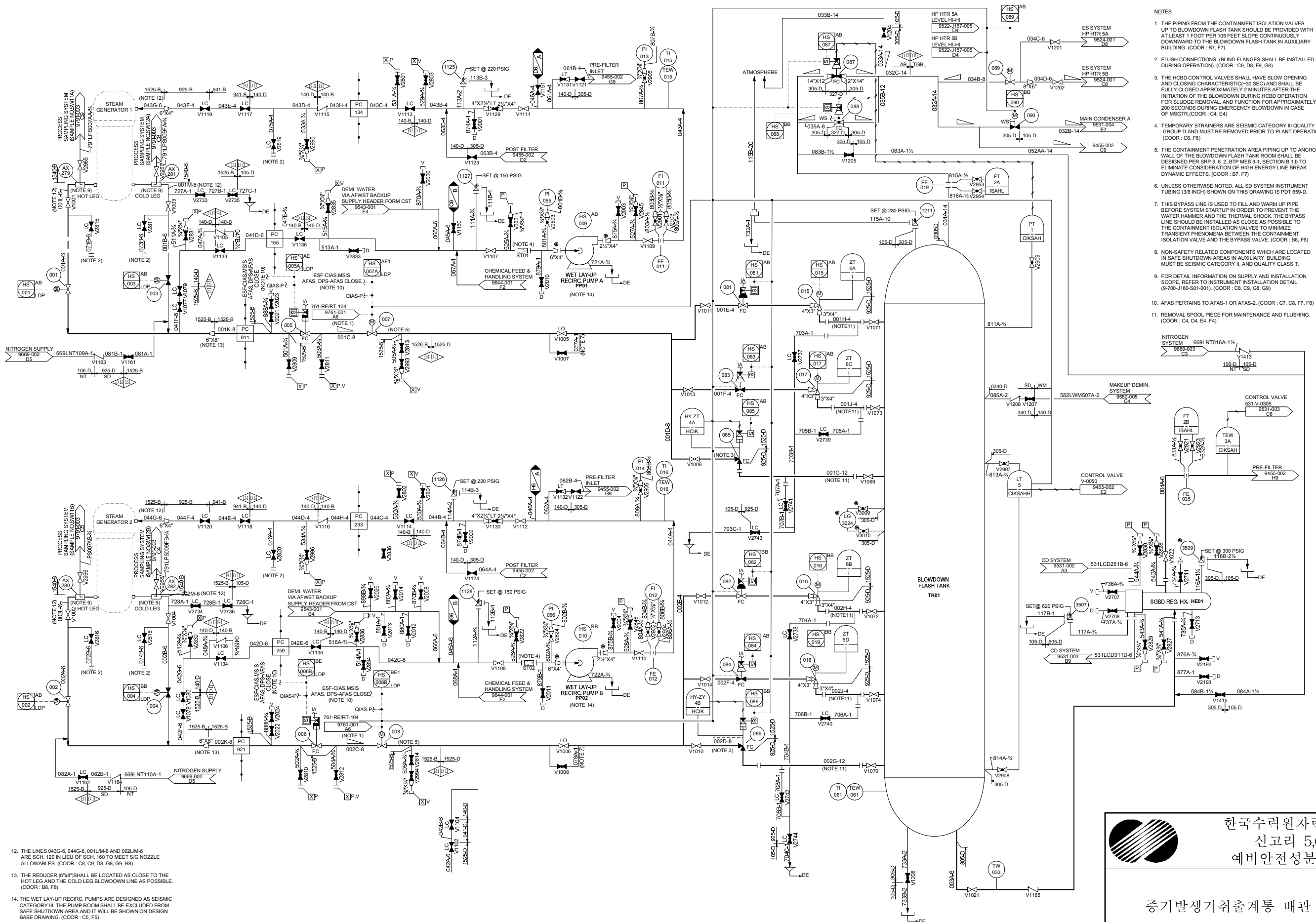
	한국수력원자력주식회사 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서
급수계통 배관 및 계장도	
그림 10.4.7-3 (3 중 1)	



	<p>한국수력원자력주식회사 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서</p>
<p>급수계통 배관 및 계장도</p>	
<p>그림 10.4.7-3 (3 중 2)</p>	



	<p>한국수력원자력주식회사 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서</p>
<p>급수계통 배관 및 계장도</p>	
<p>그림 10.4.7-3 (3 중 3)</p>	

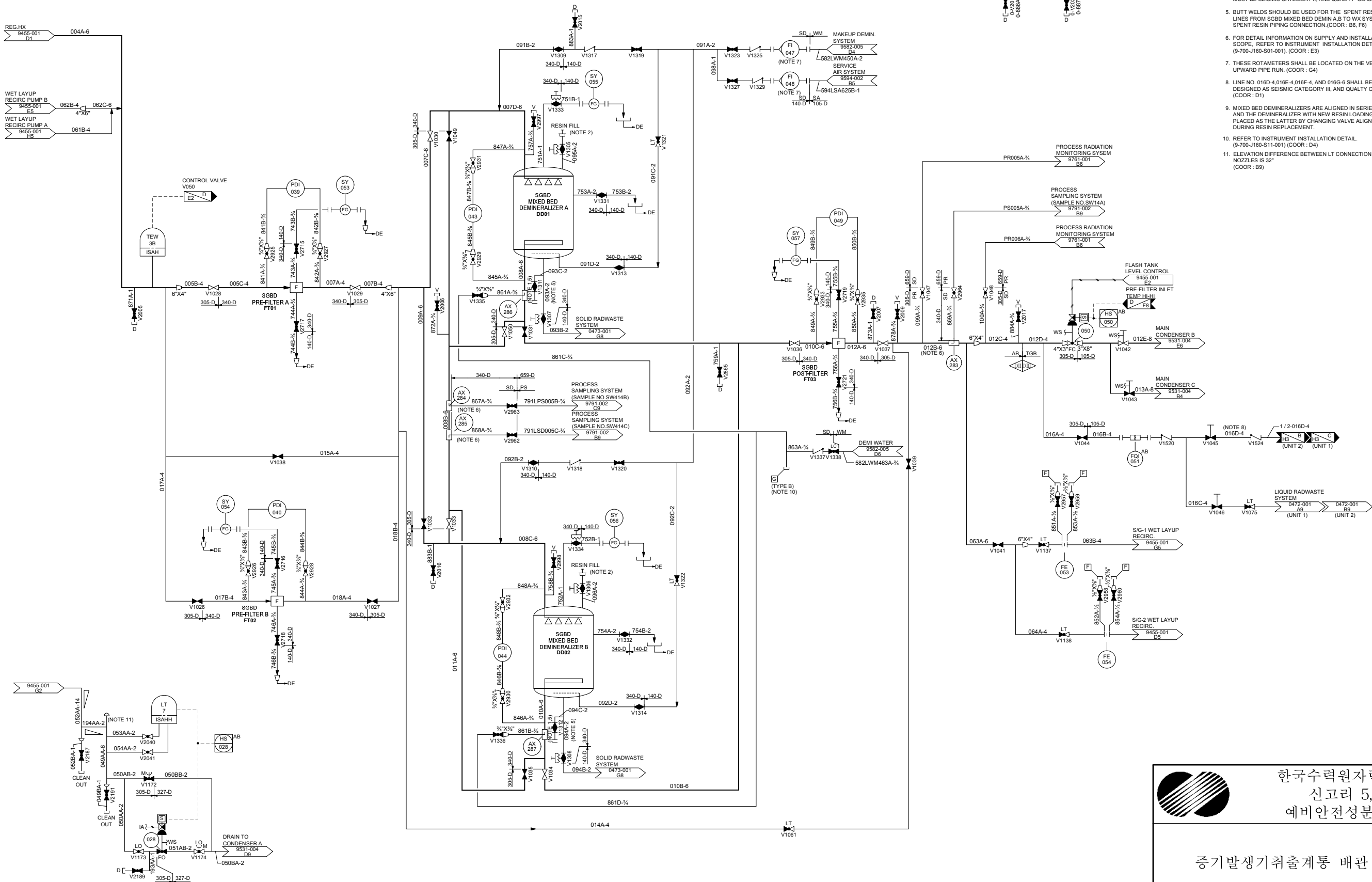


한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

증기발생기취출계통 배관 및 계장도

그림 10.4.8-1 (2 중 1)

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.



- NOTES
1. ALTERNATE RESIN REMOVAL CONNECTION. (COORD : B6, F6)
  2. FEMALE CONNECTOR NORMALLY CLOSED WITH A BRONZE PLUG. (COORD : C6, G6)
  3. UNLESS OTHERWISE NOTED, ALL SD SYSTEM INSTRUMENT TUBING (3/8 INCH) SHOWN ON THIS DRAWING IS PDT 659-D.
  4. NON-SAFETY RELATED COMPONENTS WHICH ARE LOCATED IN SAFE SHUTDOWN AREAS IN AUXILIARY BUILDING MUST BE SEISMIC CATEGORY II, AND QUALITY CLASS T.
  5. BUTT WELDS SHOULD BE USED FOR THE SPENT RESIN LINES FROM SGBD MIXED BED DEMIN A,B TO WX SYSTEM SPENT RESIN PIPING CONNECTION. (COORD : B6, F6)
  6. FOR DETAIL INFORMATION ON SUPPLY AND INSTALLATION SCOPE, REFER TO INSTRUMENT INSTALLATION DETAIL (9-700-J160-S01-001). (COORD : E5)
  7. THESE ROTAMETERS SHALL BE LOCATED ON THE VERTICAL UPWARD PIPE RUN. (COORD : G4)
  8. LINE NO. 016D-4, 016F-4, AND 016G-6 SHALL BE DESIGNED AS SEISMIC CATEGORY III, AND QUALITY CLASS S. (COORD : D1)
  9. MIXED BED DEMINERALIZERS ARE ALIGNED IN SERIES AND THE DEMINERALIZER WITH NEW RESIN LOADING IS PLACED AS THE LATTER BY CHANGING VALVE ALIGNMENT DURING RESIN REPLACEMENT.
  10. REFER TO INSTRUMENT INSTALLATION DETAIL (9-700-J160-S11-001) (COORD : D4)
  11. ELEVATION DIFFERENCE BETWEEN LT CONNECTION NOZZLES IS 32" (COORD : B9)

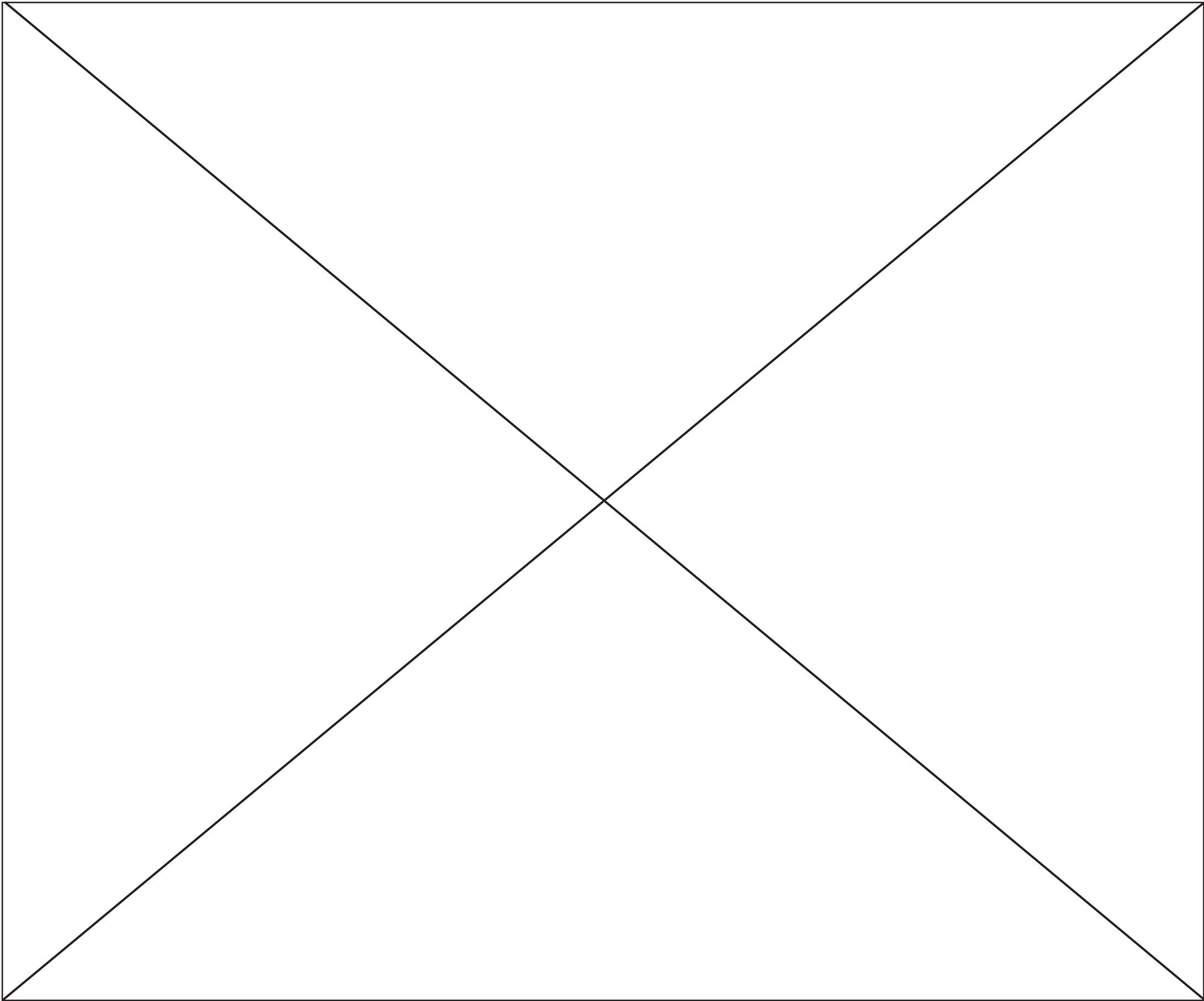



한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

증기발생기취출계통 배관 및 계장도

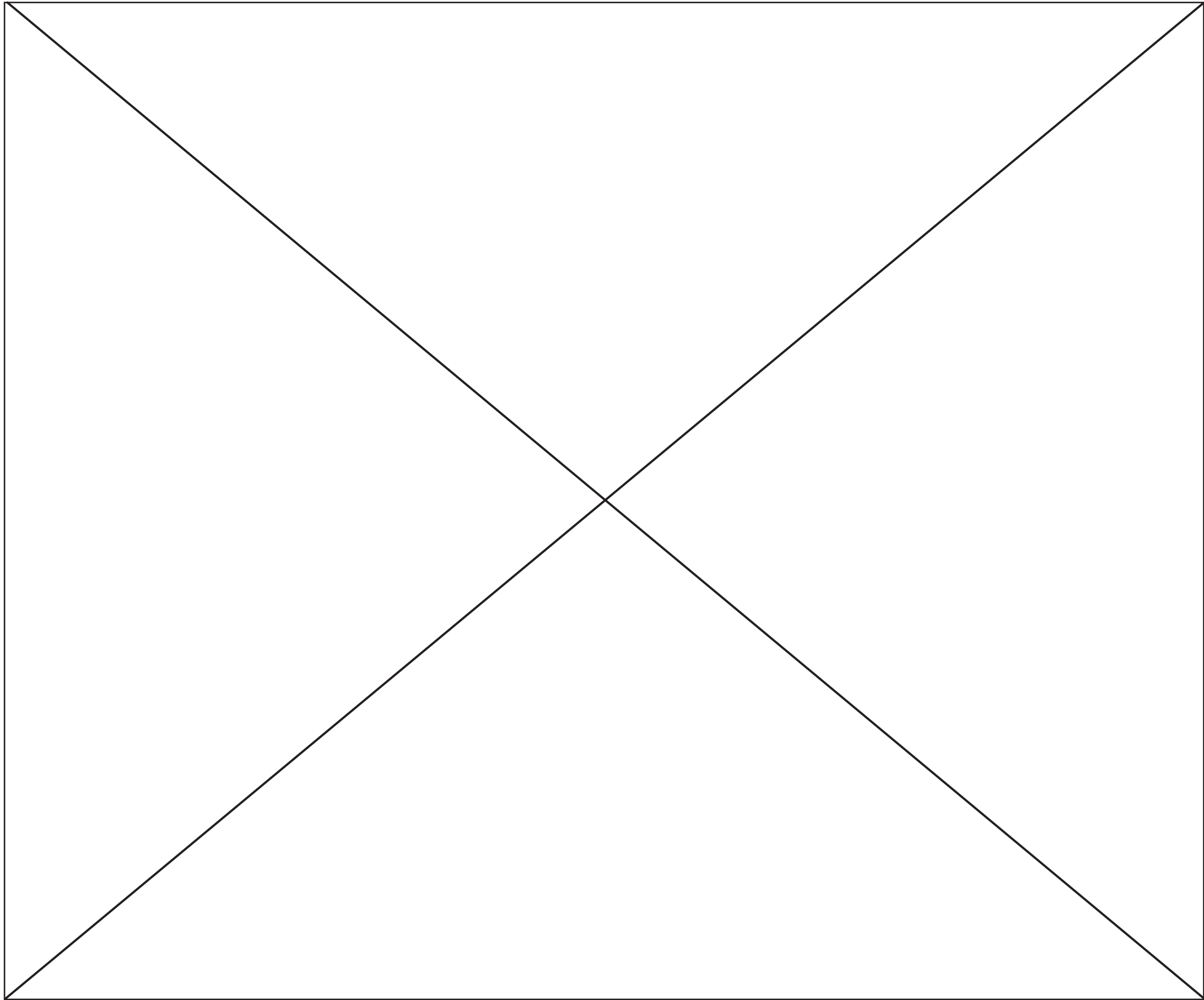
그림 10.4.8-1 (2 중 2)

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

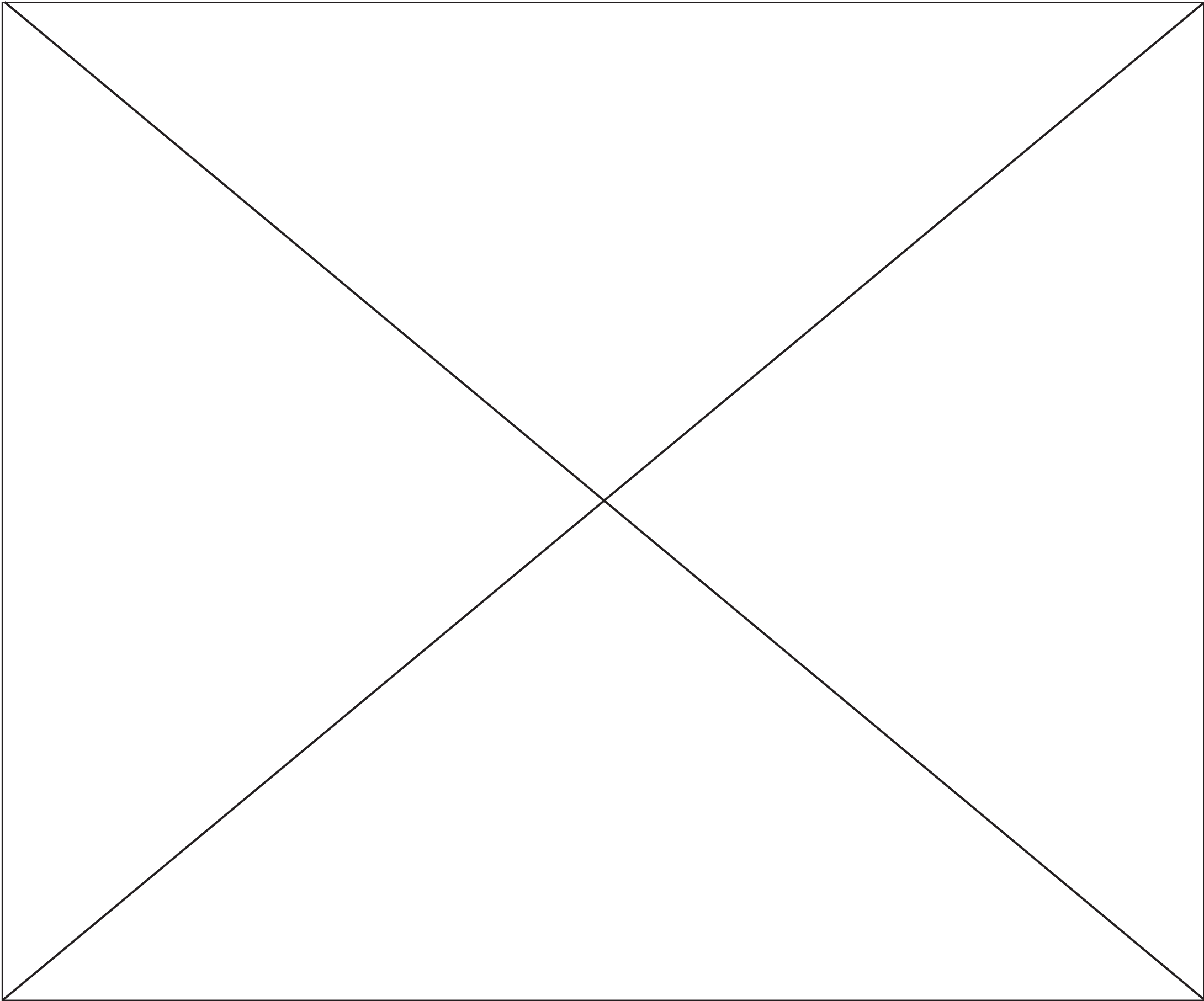


	한국수력원자력주식회사 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서
보조급수계통 배관 및 계장도	
그림 10.4.9-1 (3 중 1)	

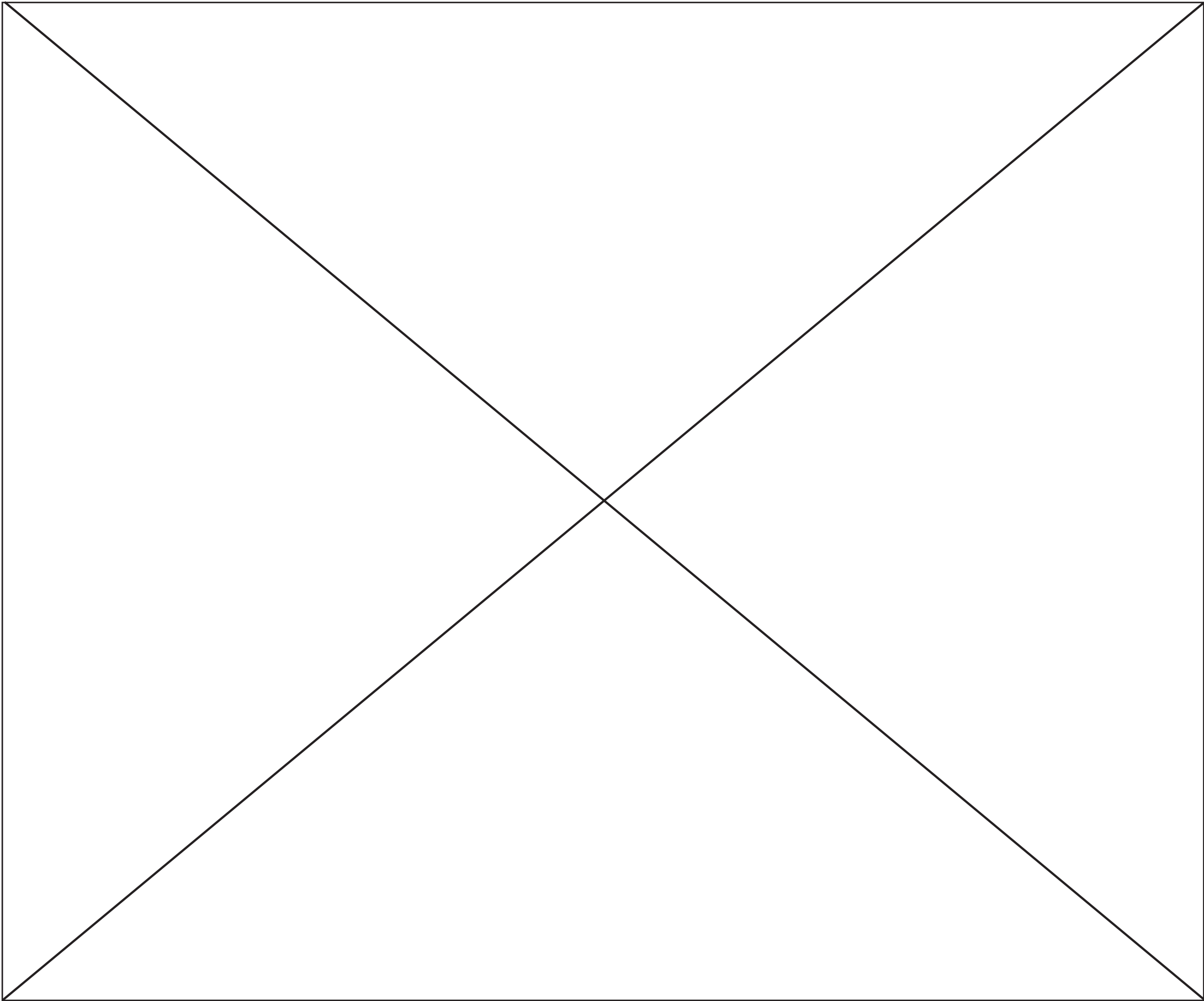




	한국수력원자력주식회사 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서
보조급수계통 배관 및 계장도	
그림 10.4.9-1 (3 중 2)	



	한국수력원자력주식회사 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서
보조급수계통 배관 및 계장도	
그림 10.4.9-1 (3 중 3)	



	한국수력원자력주식회사 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서
약품주입 및 취급계통 배관 및 계장도  그림 10.4.10-1	

## 부록 10A

### 보조급수계통 신뢰도 분석

부록 10A - 보조급수계통 신뢰도 분석

목 차

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
10A.1	<u>개요</u>	10A-1
10A.1.1	배경	10A-1
10A.1.2	분석 목적 및 범위	10A-1
10A.1.3	분석방법	10A-2
10A.1.4	허용기준	10A-2
10A.2	<u>계통 설명</u>	10A-2
10A.2.1	보조급수계통의 기능과 일반 설명	10A-2
10A.2.2	계통 운전	10A-3
10A.3	<u>신뢰도 분석</u>	10A-3
10A.3.1	분석 방법	10A-3
10A.3.2	결과 및 결론	10A-3
10A.3.3	결과 설명	10A-4
10A.3.3.1	주급수상실과 원자로정지(LMFW)	10A-4
10A.3.3.2	소외전원상실에 따른 주급수상실과 원자로정지(LOOP)	10A-6
10A.3.3.3	발전소정전사고에 따른 주급수상실과 원자로정지(SBO)	10A-9
10A.4	<u>참고문헌</u>	10A-11

부록 10A - 보조급수계통 신뢰도 분석

표 목 차

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>	<u>페이지</u>
10A-1	표준심사지침 분석요구 과도사건 보조급수계통 신뢰도 분석결과	10A-13
10A-2	추가 원자로정지유발 과도사건 보조급수계통 신뢰도 분석결과	10A-14
10A-3	LMFW 사건에 대한 최소단절집합 (공통원인고장 고려, 평균값 이용)	10A-15
10A-4	LMFW 사건에 대한 최소단절집합 (공통원인고장 고려하지 않음, 평균값 이용)	10A-16
10A-5	LOOP 사건에 대한 최소단절집합 (공통원인고장 고려, 평균값 이용)	10A-17
10A-6	LOOP 사건에 대한 최소단절집합 (공통원인고장 고려하지 않음, 평균값 이용)	10A-19
10A-7	SBO 사건에 대한 최소단절집합 (공통원인고장 고려, 평균값 이용)	10A-21
10A-8	SBO 사건에 대한 최소단절집합 (공통원인고장 고려하지 않음, 평균값 이용)	10A-22
10A-9	LMFW 사건에 대한 중요도 분석결과 (공통원인고장 고려, 평균값 이용)	10A-23
10A-10	LMFW 사건에 대한 중요도 분석결과 (공통원인고장 고려하지 않음, 평균값 이용)	10A-24
10A-11	LOOP 사건에 대한 중요도 분석결과 (공통원인고장 고려, 평균값 이용)	10A-25
10A-12	LOOP 사건에 대한 중요도 분석결과 (공통원인고장 고려하지 않음, 평균값 이용)	10A-26
10A-13	SBO 사건에 대한 중요도 분석결과 (공통원인고장 고려, 평균값 이용)	10A-27
10A-14	SBO 사건에 대한 중요도 분석결과 (공통원인고장 고려하지 않음, 평균값 이용)	10A-28
10A-15	정량화에 사용된 고장률 데이터	10A-29
10A-16	보조급수계통 신뢰도 분석에 사용된 공통원인고장 변수	10A-104

부록 10A - 보조급수계통 신뢰도 분석

그림 목차

<u>번 호</u>	<u>제 목</u>
10A-1	보조급수계통 단순계통도
10A-2	신고리 5,6호기와 신고리 3,4호기 보조급수계통 신뢰도분석결과 비교
10A-3	신고리 5,6호기 보조급수계통 고장수목

## 10A.1 개요

### 10A.1.1 배경

Three Mile Island 원자력발전소 사고와 관련한 다수의 연구결과, 보조급수계통이 그와 같은 사고를 완화하기 위한 가장 중요한 기능을 담당할 수 있는 것으로 나타났다. 따라서 10 CFR 50.34(f)(1)(ii)에서는 보조급수계통의 신뢰도 분석을 수행하여 제출할 것을 요구하고 있으며, 1980년 3월 10일자의 NRC Letter(참고문헌 1)와 표준심사지침 10.4.9절(참고문헌 2) 및 NUREG-0737, 조치사항 II.E.1.1(참고문헌 3)은 NUREG-0635(참고문헌 4)에 기술된 것과 유사한 방법으로 주급수계통 상실 시의 세 가지 과도사건 조건하에서 보조급수계통의 신뢰도 분석을 요구하였다.

### 10A.1.2 분석 목적 및 범위

이 분석의 목적은 현재의 보조급수계통의 설계가 표준심사지침 10.4.9절에 규정된 규제요건을 만족시킴을 보여주기 위한 것이다.

신고리 5,6호기 보조급수계통의 신뢰도 분석은 NUREG-0635에서 검토할 것을 요구하고 있는 다음과 같은 과도사건에 대해 수행하였다.

- 가. 주급수상실과 원자로정지(LMFW)
- 나. 소외전원상실에 따른 주급수상실과 원자로정지(LOOP)
- 다. 발전소정전사고에 따른 주급수상실과 원자로정지(SBO)

그리고 추가적으로 원자로정지를 유발시키는 다음 일곱 가지 과도사건에 대한 보조급수계통 신뢰도 분석을 수행하였다.

- 가. 1차측기기냉각수 부분상실사고에 따른 주급수상실과 원자로정지(PLOCCW)
- 나. 1차측기기냉각수 완전상실사고에 따른 주급수상실과 원자로정지(TLOCCW)
- 다. 1E급 4.16 kV 교류전원상실사고에 따른 주급수상실과 원자로정지(LOKV)
- 라. 1E급 125 V 직류전원 A 상실사고에 따른 주급수상실과 원자로정지(LODC A)
- 마. 1E급 125 V 직류전원 B 상실사고에 따른 주급수상실과 원자로정지(LODC B)



바. 대형 2차측파단사고에 따른 주급수상실과 원자로정지(LSSB)

사. 증기발생기전열관파단사고에 따른 주급수상실과 원자로정지(SGTR)

### 10A.1.3 분석방법

이 분석은 NUREG/CR-2300(참고문헌 5)의 고장수목의 구성 및 평가방법을 기본으로 수행하였다.

모든 능동기기 및 단일고장 피동기기를 포함하는 고장수목으로부터 최소단절집합을 구할 수 있고 여기에는 공통원인고장과 운전원 오류도 포함된다.

### 10A.1.4 허용기준

표준심사지침 10.4.9절, II.5.C에 따르면 보조급수계통 이용불능도는 NUREG-0635에 사용된 방법을 사용한 분석에서 다양한 주급수상실사고에 대해의 이용불능도를 가질 것을 요건으로 제시하고 있다.

## 10A.2 계통 설명

본 절에서는 보조급수계통의 주요 기능 및 계통운전을 기술하였으며 상세한 내용은 10.4.9절에 기술되어 있다.

### 10A.2.1 보조급수계통의 기능과 일반 설명

보조급수계통은 주급수계통이 가상사고로 인해 급수를 공급하지 못할 때, 정지냉각계통이 기동하는 시점까지의 원자로 냉각기간 동안 증기발생기로 급수를 공급하는 공학적안전설비이다.

신고리 5,6호기 보조급수계통의 단순계통도가 그림 10A-1에 나타나 있다. 보조급수계통은 증기발생기당 100 % 용량의 전동기구동펌프 1대, 100 % 용량의 터빈구동펌프 1대로 구성된다. 전동기구동펌프와 터빈구동펌프의 조합은 펌프에 대한 다양성을 확보하기 위한 것이다. 보조급수펌프 터빈은 증기구동 방식이며, 공급되는 구동용 증기는 주증기계통의 주증기격리밸브 전단에 있는 주증기배관에서 취한다.

일차적으로 사용되는 보조급수는 보조급수저장탱크에 저장된 급수이며 보조 공급원으로 복수저장탱크와 원수저장탱크의 냉각수를 이용할 수 있다.

## 10A.2.2 계통 운전

보조급수계통은 발전소의 정상적인 기동 및 정지 시에는 사용되지 않는다. 이 계통은 공학적안전설비의 하나로서 보조급수작동신호에 따라 증기발생기에 충분한 급수를 제공하여 원자로냉각재로부터 노심 잔열을 제거하는 기능을 수행한다. 보조급수작동신호는 다음 중 하나의 신호에 의해 발생된다.

가. 증기발생기 저수위

나. 수동 작동

보조급수작동신호는 관련 증기발생기에 보조급수를 공급하기 위하여 보조급수펌프를 기동시키며 보조급수조절밸브를 자동조절모드로 전환시키고 보조급수작동신호가 발생한 계열의 격리밸브들을 개방시킨다. 증기발생기 수위는 보조급수조절밸브에 의해서 유지되고, 보조급수조절밸브의 기능상실시 격리밸브의 자동 닫힘/열림에 의해 유지되고, 보조급수펌프는 지속적으로 운전된다.

## 10A.3 신뢰도 분석

### 10A.3.1 분석 방법

본 신뢰도 분석을 위해서 이용된 고장수목은 한국수력원자력(주)에서 발간한 신고리 5,6호기 확률론적안전성평가 보고서에 사용된 것과 동일하다. 신고리 5,6호기 확률론적안전성평가 보고서에 사용된 보조급수계통의 고장수목은 그림 10A-3에 나타내었으며 정량화에 이용된 기기고장률 데이터는 표 10A-15에 나타내었고 공통원인고장 변수들은 표 10A-16에 나타내었다. 이들 데이터를 이용한 정량화 과정을 통하여 주요 최소단절집합을 구하고 중요도 분석을 수행하였다.

### 10A.3.2 결과 및 결론

분석결과는 표 10A-1 및 표 10A-2에 제시하였다. 표에서 제시된 바와 같이 신고리 5,6호기 보조급수계통의 신뢰도는 표준심사지침 10.4.9절에 규정된 규제요건을 만족시킴을 알 수 있다.

각 사고에 대한 주요 최소단절집합은 표 10A-3부터 표 10A-8까지에 나타나 있다. 또한 각 사고에 대한 중요도 분석결과는 표 10A-9부터 표 10A-14까지에 수록하였다.


또한, 신고리 5,6호기 보조급수계통의 신뢰도와 신고리 3,4호기의 보조급수계통 신뢰도와 비교가 그림 10A-2에 나타나 있다.

### 10A.3.3 결과 설명


여기서는 NUREG-0635 분석대상인 세 가지 과도사건에 대하여 공통원인고장을 고려한 경우와 고려하지 않은 경우에 대해서 각각 정량화 과정을 통해 얻어진 주요 최소단절집합과 중요도 분석결과를 설명한다.

#### 10A.3.3.1 주급수상실과 원자로정지(LMFW)

가. 공통원인고장을 고려한 경우

이 경우의 정점사건 이용불능도는  으로 나타났으며 최소단절집합은 표 10A-3에 나타나 있다. 주요 최소단절집합은 다음과 같다.

- 1) 
- 2) 
- 3) 
- 4) 
- 5) 


위의 주요 최소단절집합은 정점사건 이용불능도의  를 차지하고 있다.

이 경우의 Fussel-Vessely 중요도 분석결과를 표 10A-9에 나타내었으며 주요 기본사건은 다음과 같다.

- 1) 
- 2) 
- 3) 
- 4) 
- 5) 

2

나. 공통원인고장을 고려하지 않은 경우

이 경우의 정점사건 이용불능도는  로 나타났으며 최소단절집합은 표 10A-4에 나타나 있다. 주요 최소단절집합은 다음과 같다.

- 1) 
- 2) 
- 3) 
- 4) 

- 5) [Redacted]

위의 주요 최소단절집합은 정점사건 이용불능도의 [Redacted]를 차지하고 있다.

이 경우의 Fussel-Vessely 중요도 분석결과를 표 10A-10에 나타내었으며 주요 기본사건은 다음과 같다.

- 1) [Redacted]
- 2) [Redacted]
- 3) [Redacted]
- 4) [Redacted]
- 5) [Redacted]

2

#### 10A.3.3.2 소외전원상실에 따른 주급수상실과 원자로정지(LOOP)

가. 공통원인고장을 고려한 경우

이 경우의 정점사건 이용불능도는 [Redacted]로 나타났으며 최소단절집합은 표 10A-5에 나타나 있다. 주요 최소단절집합들은 다음과 같다.

- 1) [Redacted]
- 2) [Redacted]

- 
- 3)
    - Bar 1: Full length
    - Bar 2: ~15% length
  - 4)
    - Bar 1: Full length
    - Bar 2: ~85% length
  - 5)
    - Bar 1: Full length
    - Bar 2: ~65% length

위의 주요 최소단절집합은 정점사건 이용불능도의 [ ]를 차지하고 있다.

이 경우의 Fussel-Vessely 중요도 분석결과를 표 10A-11에 나타내었으며 주요 기본사건은 다음과 같다.

- 
- 1)
    - Bar 1: Full length
    - Bar 2: ~95% length
  - 2)
    - Bar 1: Full length
    - Bar 2: ~15% length
  - 3)
    - Bar 1: Full length
    - Bar 2: ~25% length
  - 4)
    - Bar 1: Full length
    - Bar 2: ~45% length
  - 5)
    - Bar 1: Full length
    - Bar 2: ~25% length

나. 공통원인고장을 고려하지 않은 경우

이 경우의 정점사건 이용불능도는 [redacted] 로 나타났으며 최소단절집합은 표 10A-6에 나타나 있다. 주요 최소단절집합들은 다음과 같다.

- 1) [redacted]  
[redacted]  
[redacted]
- 2) [redacted]  
[redacted]  
[redacted]
- 3) [redacted]  
[redacted]  
[redacted]  
[redacted]
- 4) [redacted]  
[redacted]  
[redacted]  
[redacted]
- 5) [redacted]  
[redacted]  
[redacted]  
[redacted]

위의 주요 최소단절집합은 정점사건 이용불능도의 [redacted] 를 차지하고 있다.

이 경우의 Fussel-Vessely 중요도 분석결과를 표 10A-12에 나타내었으며 주요 기본사건은 다음과 같다.

- 1) [redacted]  
[redacted]
- 2) [redacted]  
[redacted]
- 3) [redacted]

- 4) [redacted]  
[redacted]
- 5) [redacted]  
[redacted]

#### 10A.3.3.3 발전소정전사고에 따른 주급수상실과 원자로정지(SBO)

가. 공통원인고장을 고려한 경우

이 경우의 정점사건 이용불능도는 [redacted] 로 나타났으며 최소단절집합은 표 10A-7에 나타나 있다. 주요 최소단절집합은 다음과 같다.



- 1) [redacted]  
[redacted]
- 2) [redacted]  
[redacted]
- 3) [redacted]  
[redacted]
- 4) [redacted]  
[redacted]  
[redacted]
- 5) [redacted]  
[redacted]  
[redacted]

위의 주요 최소단절집합은 정점사건 이용불능도의 [redacted] 를 차지하고 있다.


이 경우의 Fussel-Vessely 중요도 분석결과를 표 10A-13에 나타내었으며 주요 기본사건은 다음과 같다.

- 1) [redacted]  
[redacted]




- 2) 
- 3) 
- 4) 
- 5) 

나. 공통원인고장을 고려하지 않은 경우

이 경우의 정점사건 이용불능도는  로 나타났으며 최소단절집합은 표 10A-8에 나타나 있다. 주요 최소단절집합은 다음과 같다.

- 1) 
- 2) 
- 3) 
- 4) 
- 5) 

위의 주요 최소단절집합은 정점사건 이용불능도의  를 차지하고 있다.

이 경우의 Fussel-Vessely 중요도 분석결과를 표 10A-14에 나타내었으며 주요 기본사건은 다음과 같다.

- 1) 
- 2) 
- 3) 
- 4) 
- 5) 

2

#### 10A.4 참고문헌

1. NRC Letter of March 10, 1980, To all Pending Operating License Applicants of Nuclear Steam Supply Systems Designed by Westinghouse and Combustion Engineering.  
Subject : Actions Required from Operating License Applicants of Nuclear Steam Supply Systems Designed by Westinghouse and Combustion Engineering Resulting from the NRC Bulletins and Orders Task Force Review Regarding the Three Mile Island Unit 2 Accident.
2. Standard Review Plan, Section 10.4.9, "Standard Review Plan for Auxiliary Feedwater System", Rev.2, 1981.
3. NUREG-0737, "Clarification of TMI Action Plan Requirements", November, 1980.
4. NUREG-0635, "Generic Evaluation of Feedwater Transients and Small Break Loss of Coolant Accidents in Combustion Engineering Designed Operating Plants", 1982.

5. NUREG/CR-2300, "PRA Procedures Guide", 1982.
6. KHNP, "신고리 5,6호기 확률론적 안전성 평가 (예비보고서)", 2015.
7. EPRI(Electric Power Research Institute), "Advanced Light Water Reactor Utility Requirements Document, ALWR Evolutionary Plant, PRA Key Assumptions and Groundrules," Volume II, Chapter I, Appendix A, Rev.7, December 1995 .

표 10A-1

표준심사지침 분석요구 과도사건 보조급수계통 신뢰도 분석결과

과도사건 <sup>1)</sup>		신고리 5,6호기 보조급수계통 이용불능도	신고리 3,4호기 보조급수계통 이용불능도
주급수상실사고 (LMFW)	CCF		
	IND		
소외전원상실사 고 (LOOP)	CCF		
	IND		
발전소정전사고 (SBO)	CCF		
	IND		

2

2

표 10A-2

추가 원자로정지유발 과도사건 보조급수계통 신뢰도 분석결과

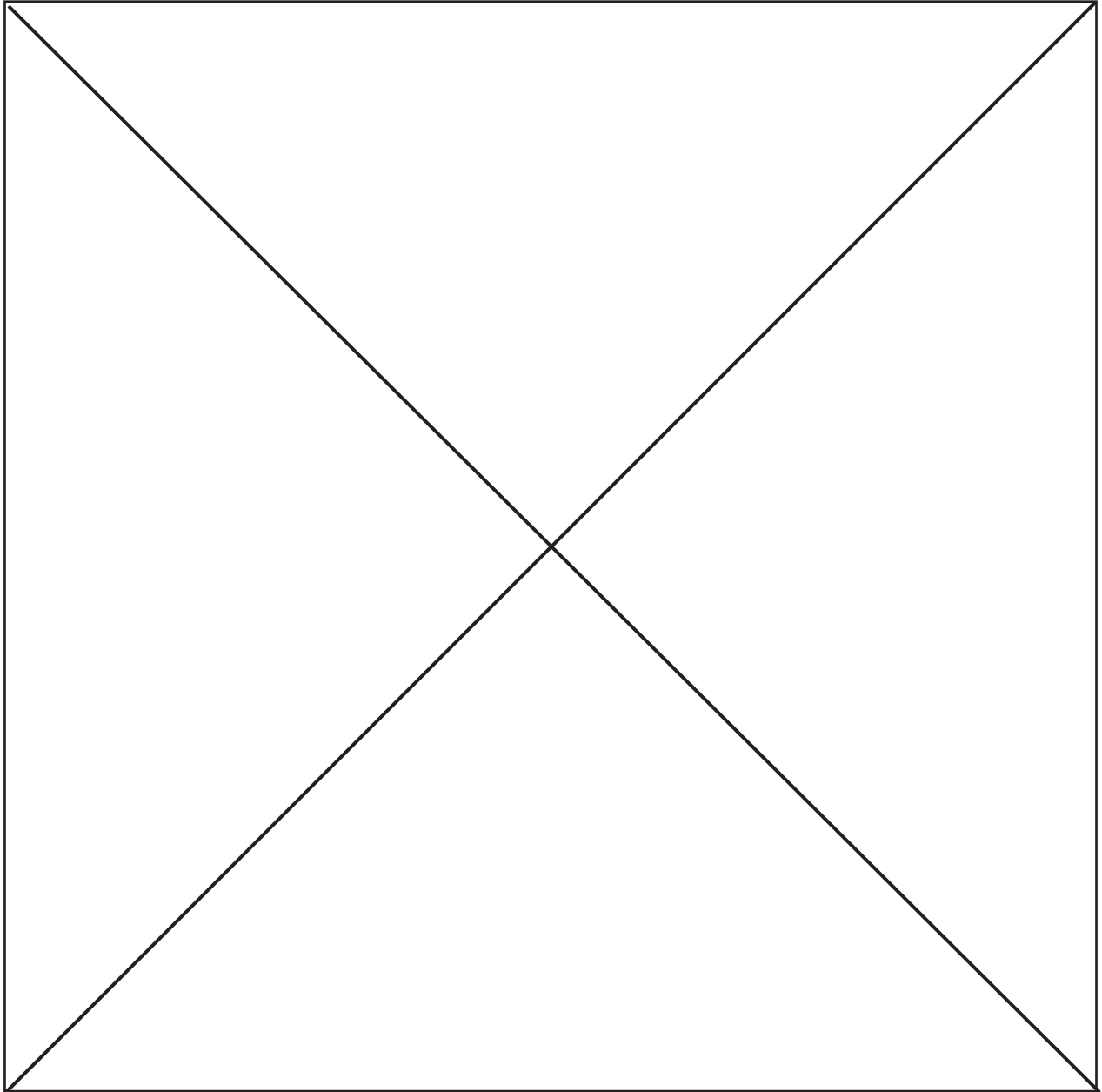
과도사건 <sup>1)</sup>		신고리 5,6호기 보조급수계통 이용불능도	신고리 3,4호기 보조급수계통 이용불능도
기기냉각수 부분상실사고 (PLOCCW)			
기기냉각수 완전상실사고 (TLOCCW)			
4.16 kV 교류모션상실사고 (LOKV)			
125 V 직류전원 상실사고-A (LODC-A)			
125 V 직류전원 상실사고-B (LODC-B)			
대형2차측파단사고 (LSSB)			
증기발생기 전열관 파단사고 (SGTR)			

2

2

표 10A-3

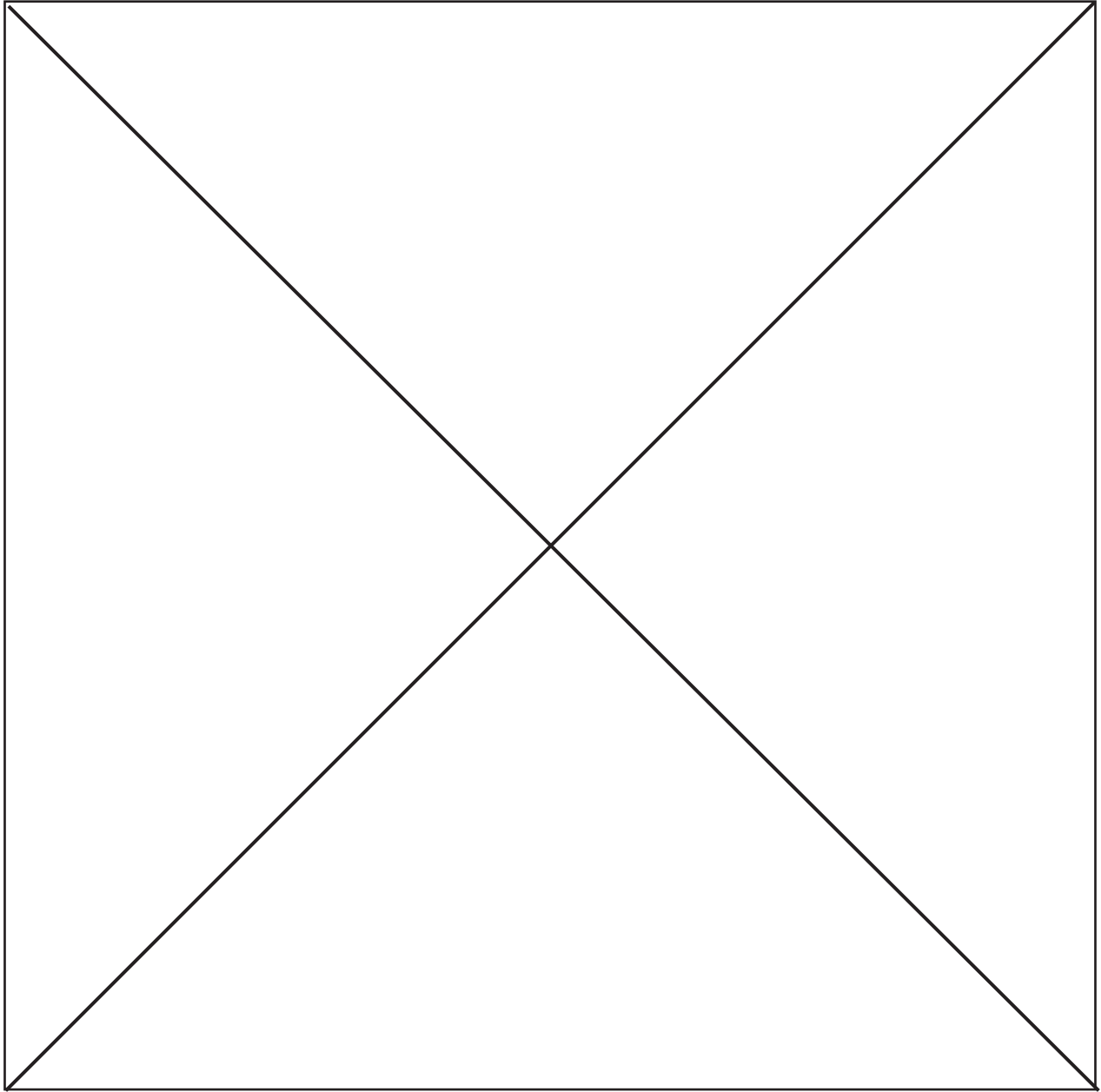
LMFW 사건에 대한 최소단절집합(공동원인고장 고려, 평균값 이용)



2

표 10A-4

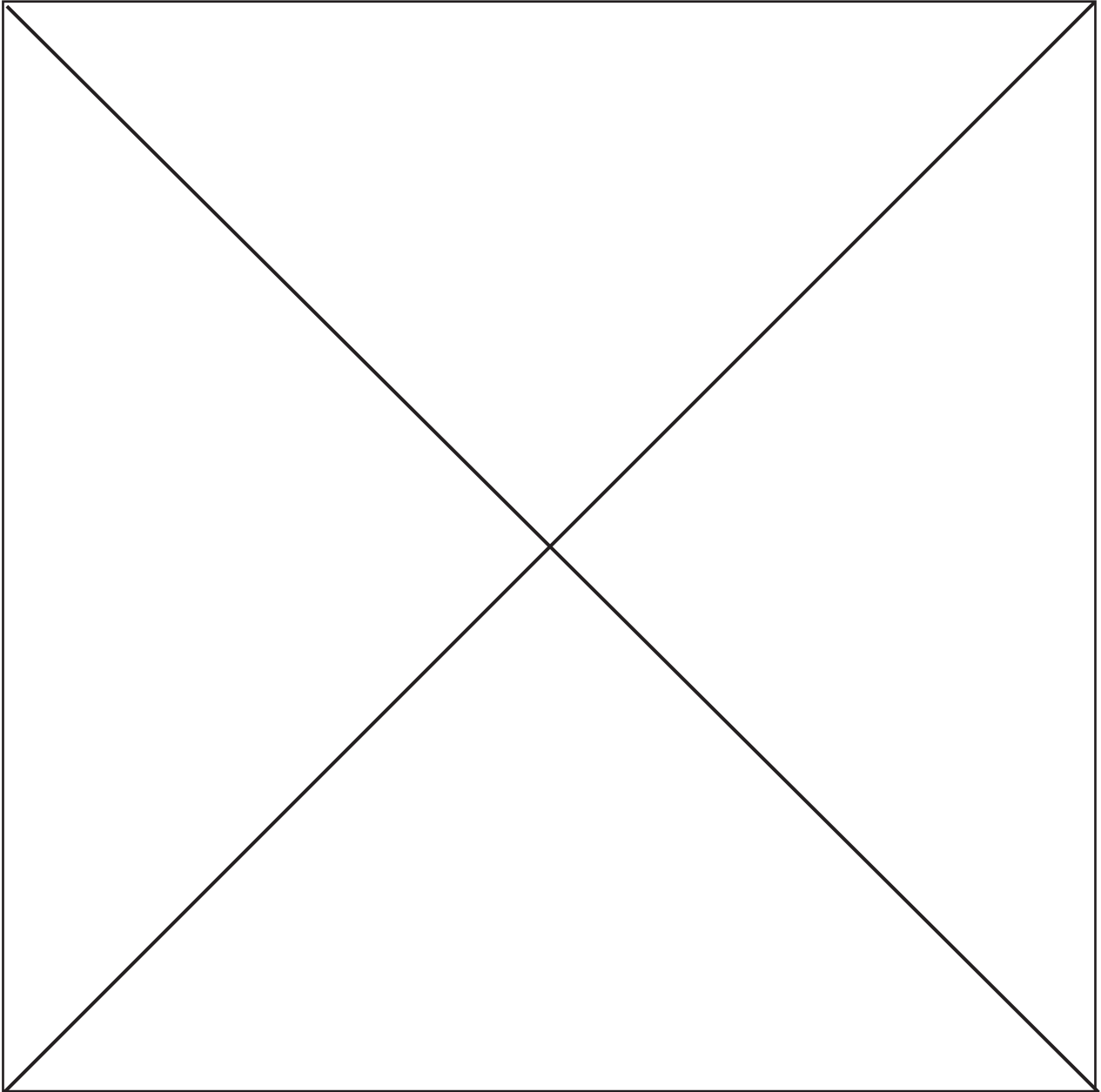
LMFW 사건에 대한 최소단절집합(공동원인고장 고려하지 않음, 평균값 이용)



2

표 10A-5 (2 중 1)

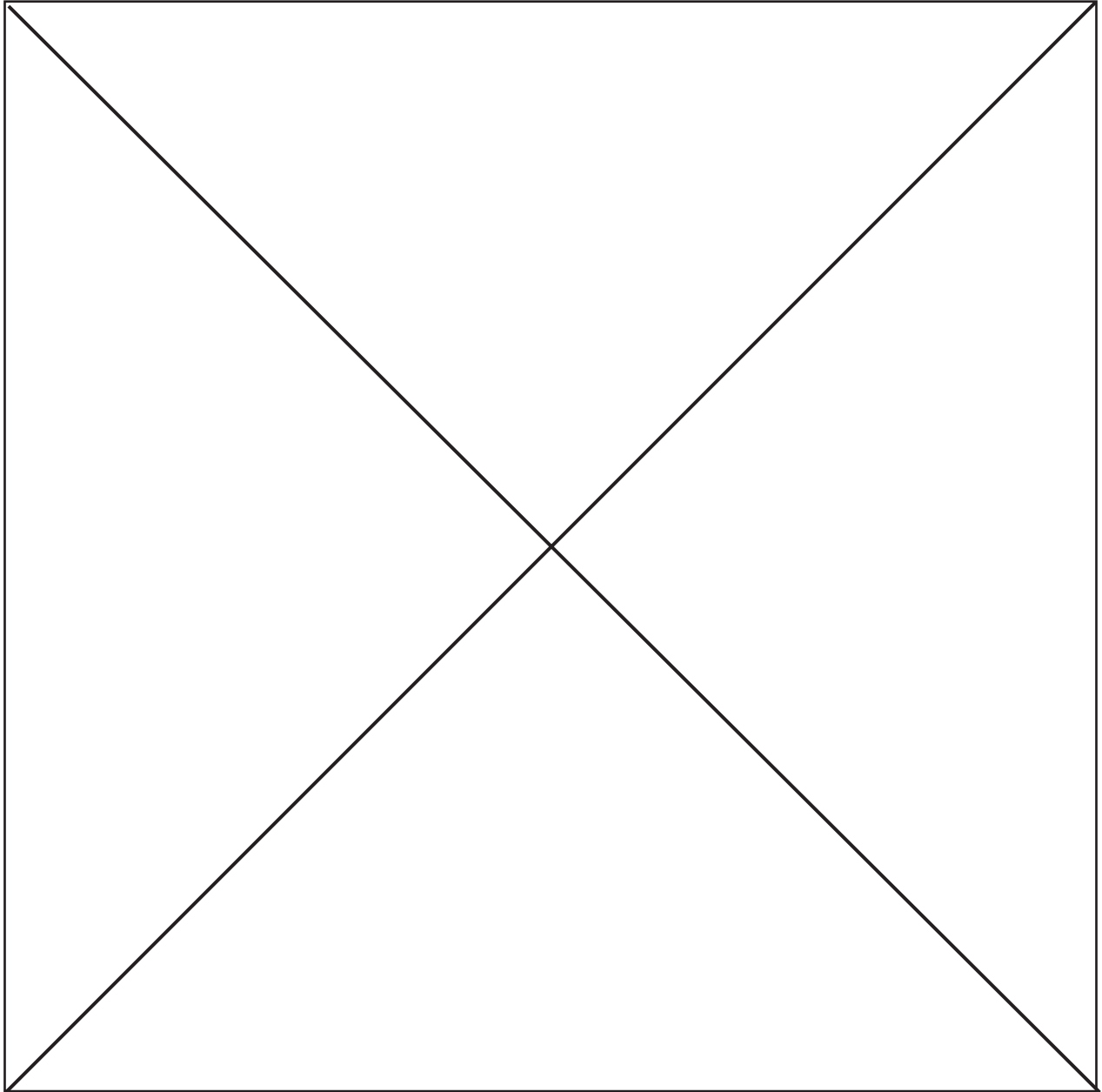
LOOP 사건에 대한 최소단절집합(공통원인고장 고려, 평균값 이용)



2



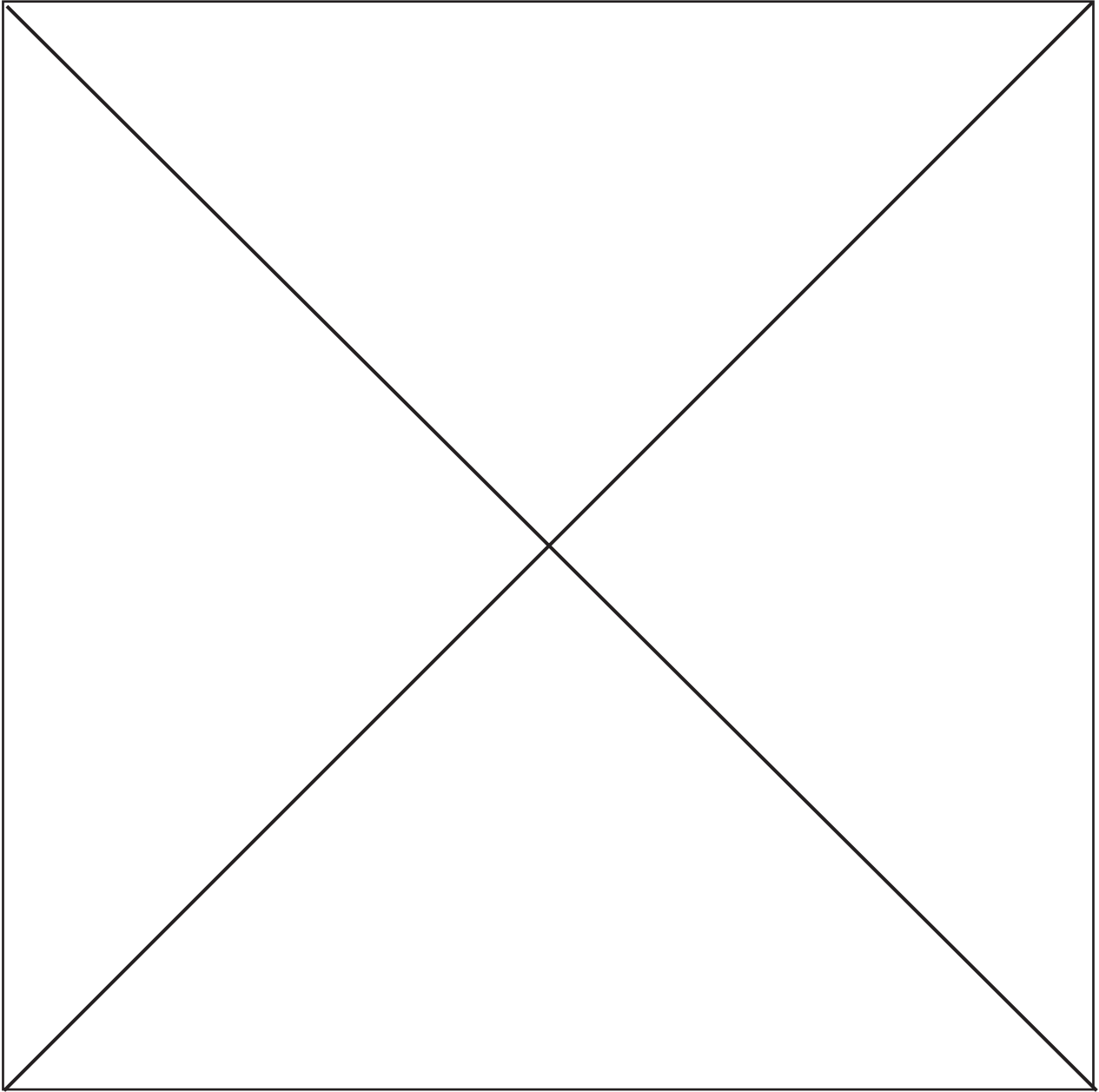
표 10A-5 (2 중 2)



2

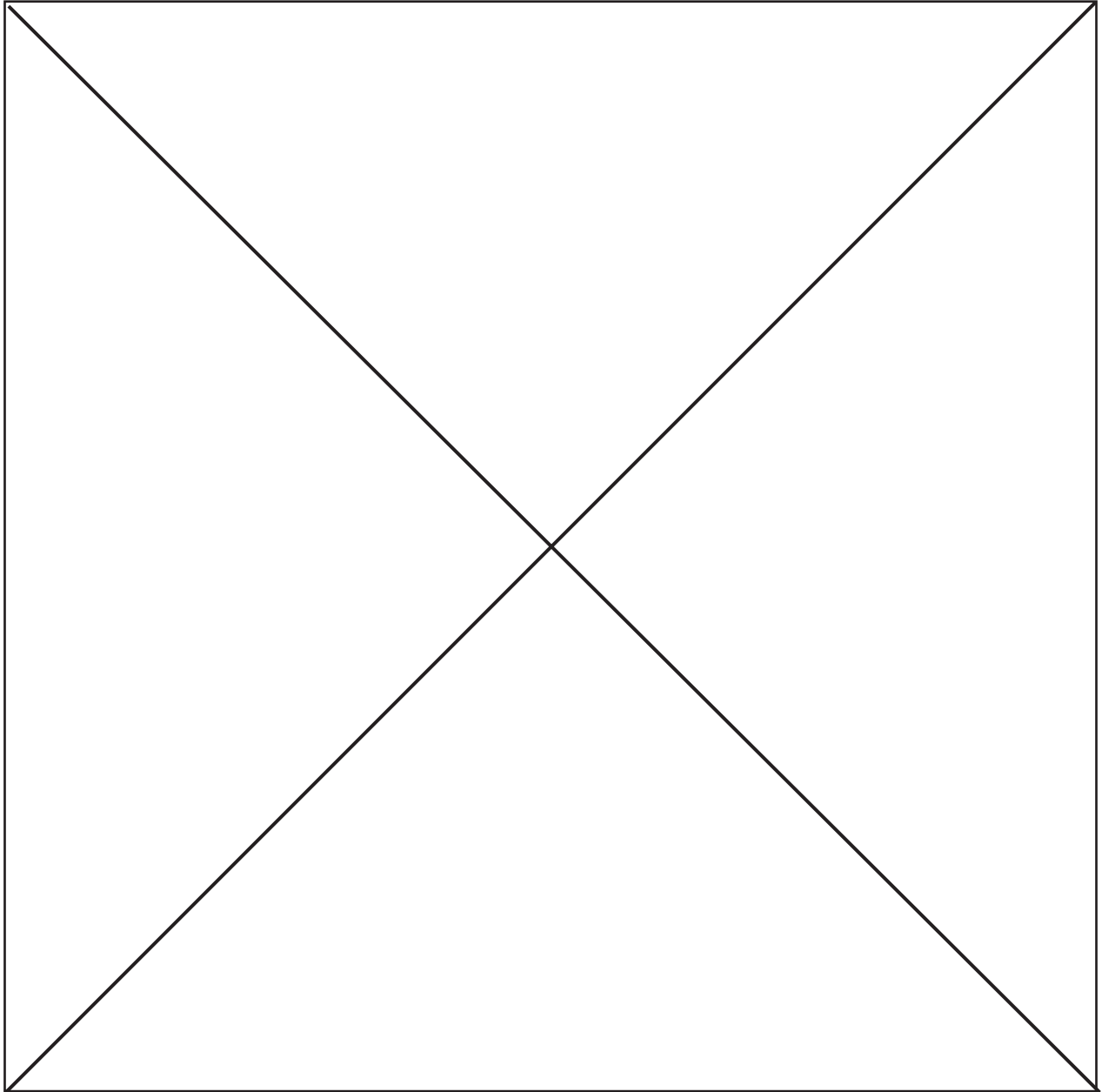
표 10A-6 (2 중 1)

LOOP 사건에 대한 최소단절집합(공통원인고장 고려하지 않음, 평균값 이용)



2

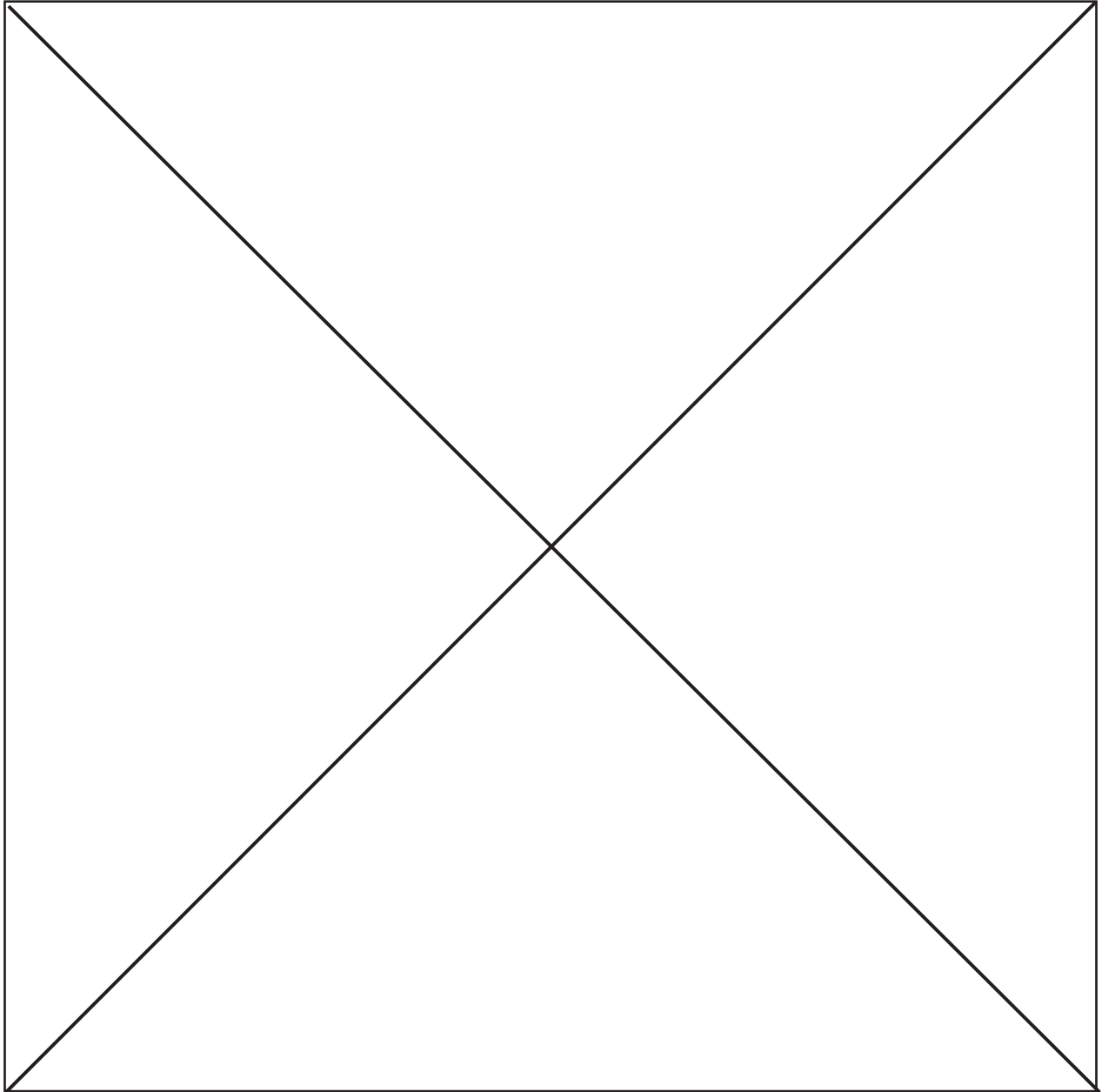
표 10A-6 (2 중 2)



2

표 10A-7

SBO 사건에 대한 최소단절집합(공통원인고장 고려, 평균값 이용)



2

표 10A-8

SBO 사건에 대한 최소단절집합(공통원인고장 고려하지 않음, 평균값 이용)

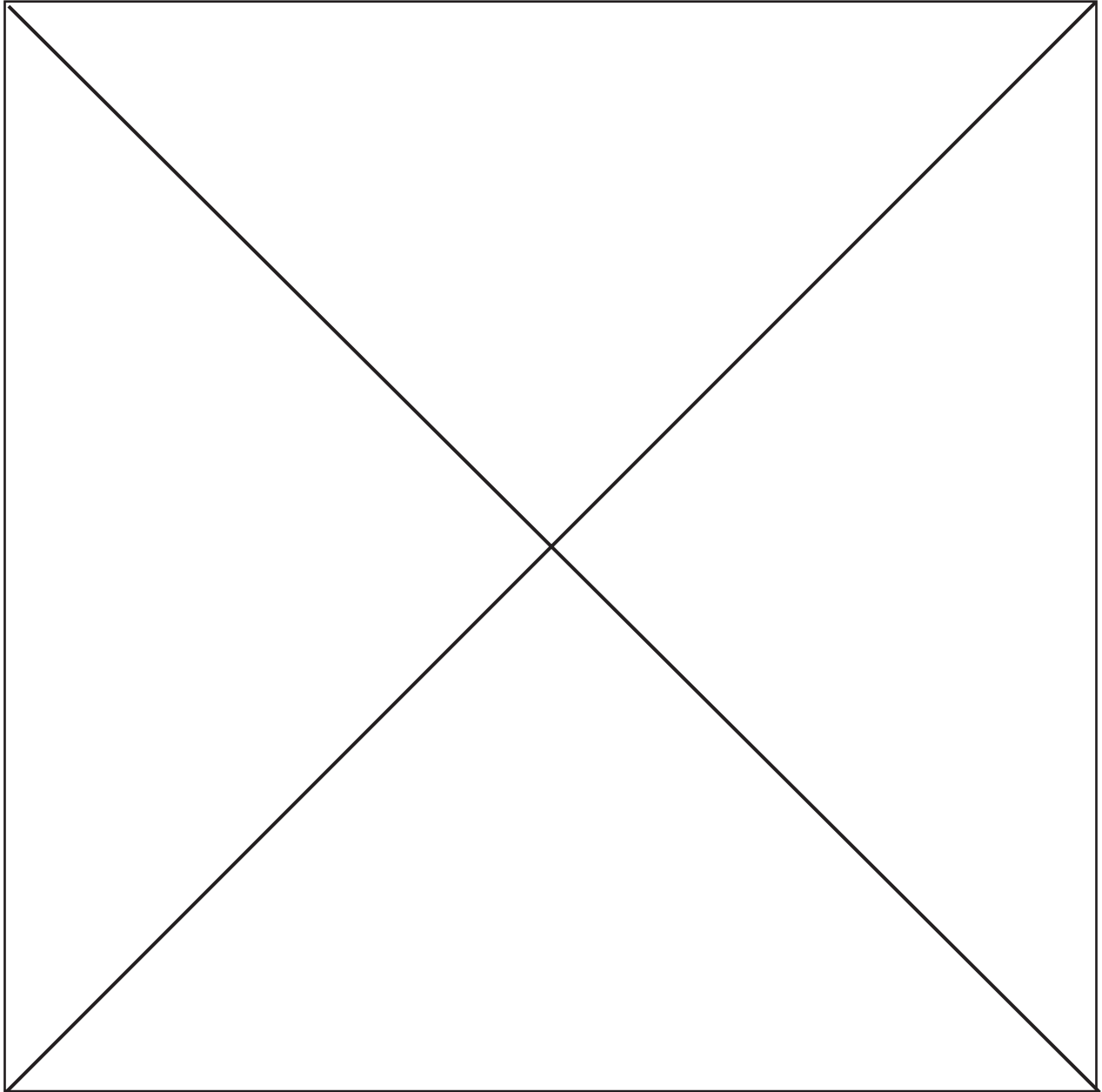


표 10A-9

LMFW 사건에 대한 중요도 분석결과(공통원인고장 고려, 평균값 이용)

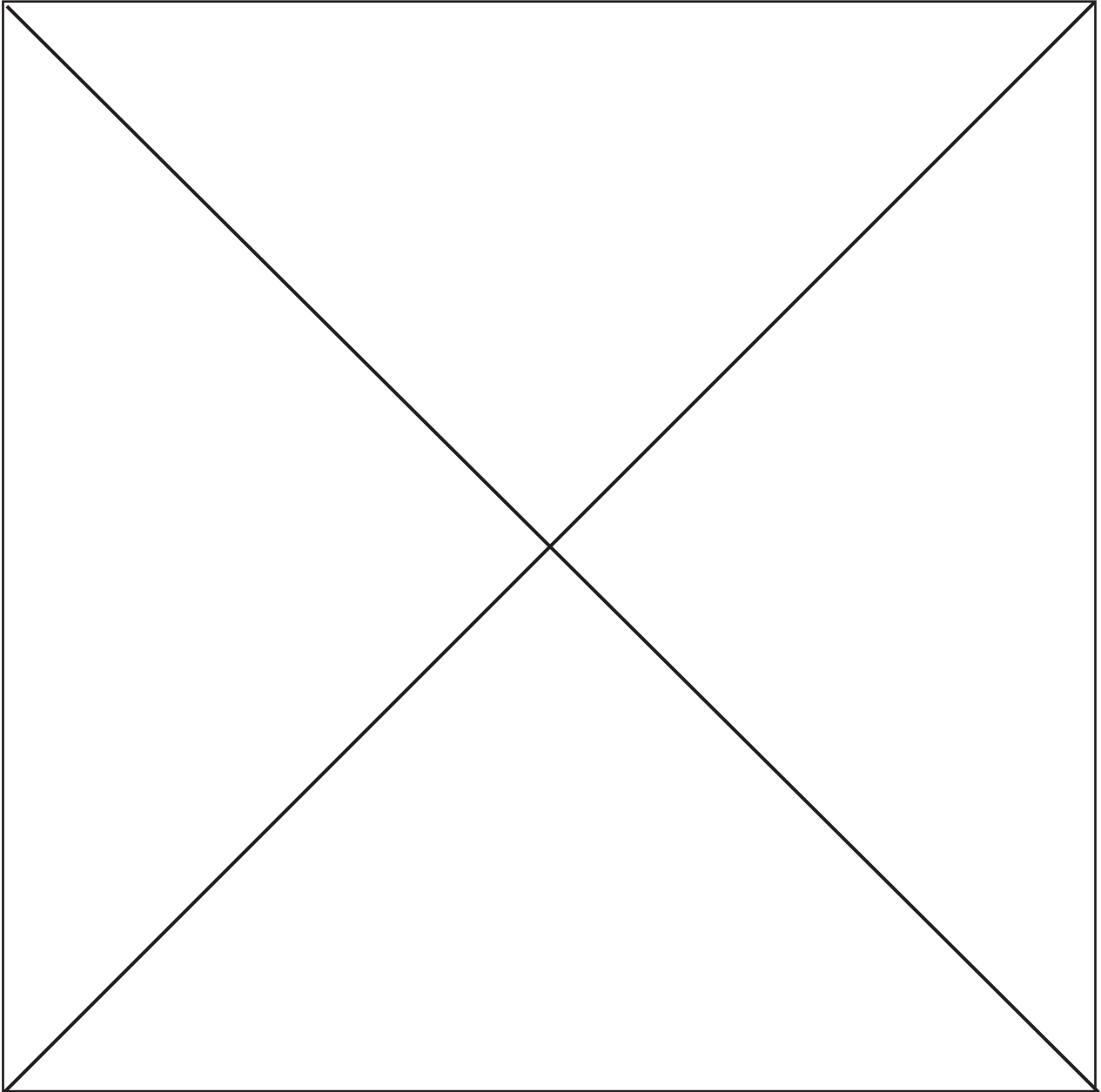
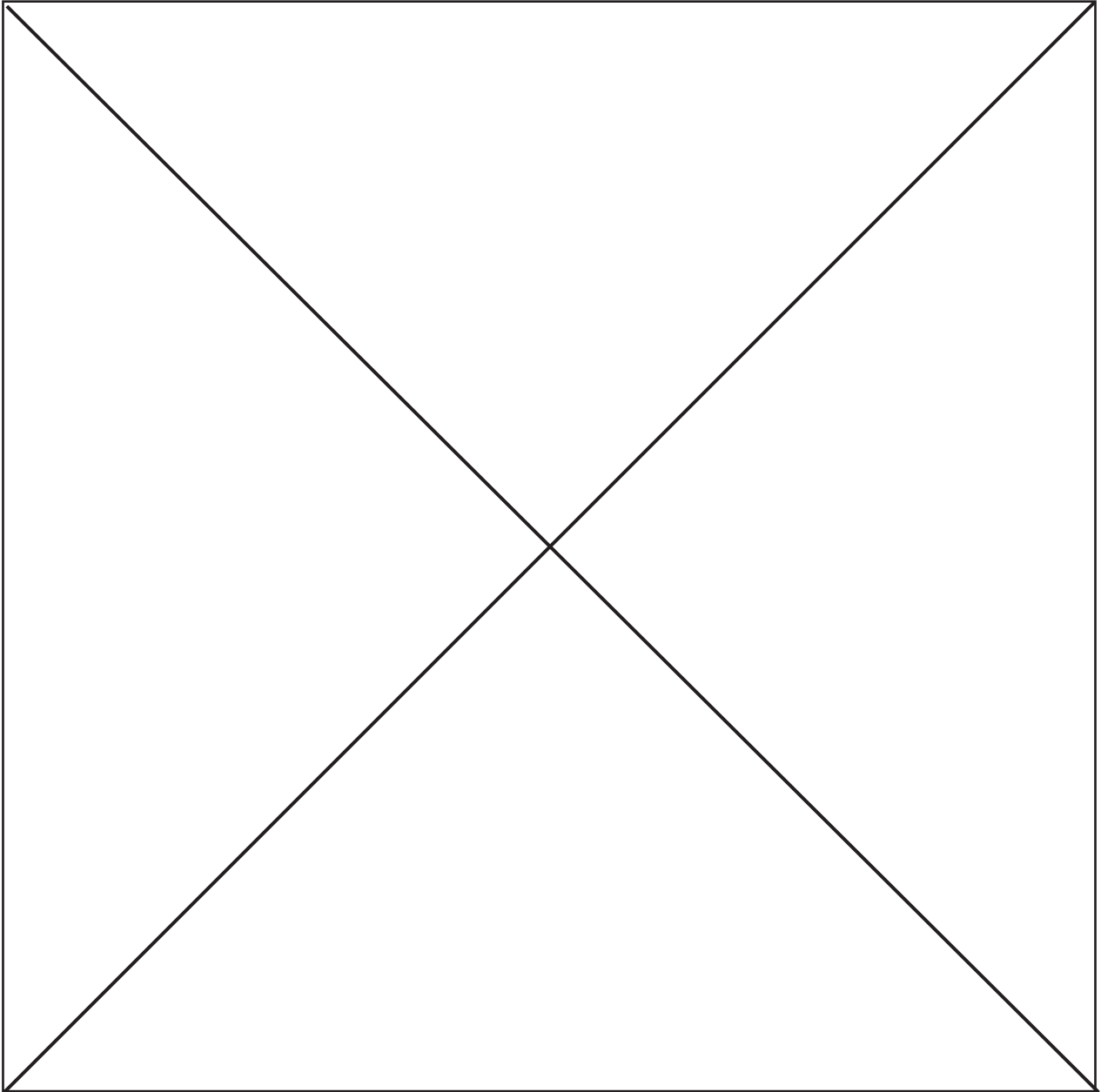


표 10A-10

LMFW 사건에 대한 중요도 분석결과(공통원인고장 고려하지 않음, 평균값 이용)



2

표 10A-11

LOOP 사건에 대한 중요도 분석결과(공통원인고장 고려, 평균값 이용)

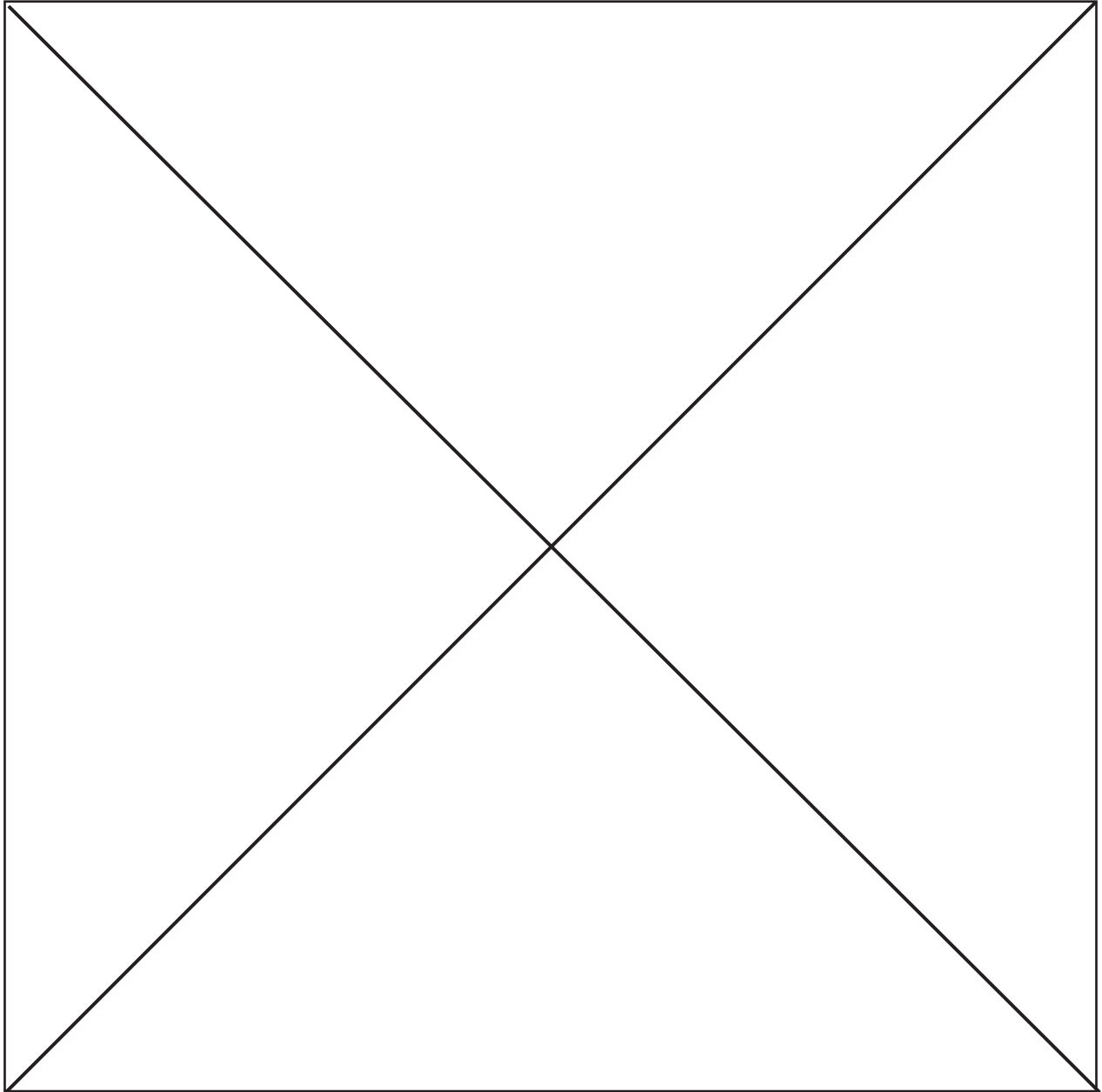
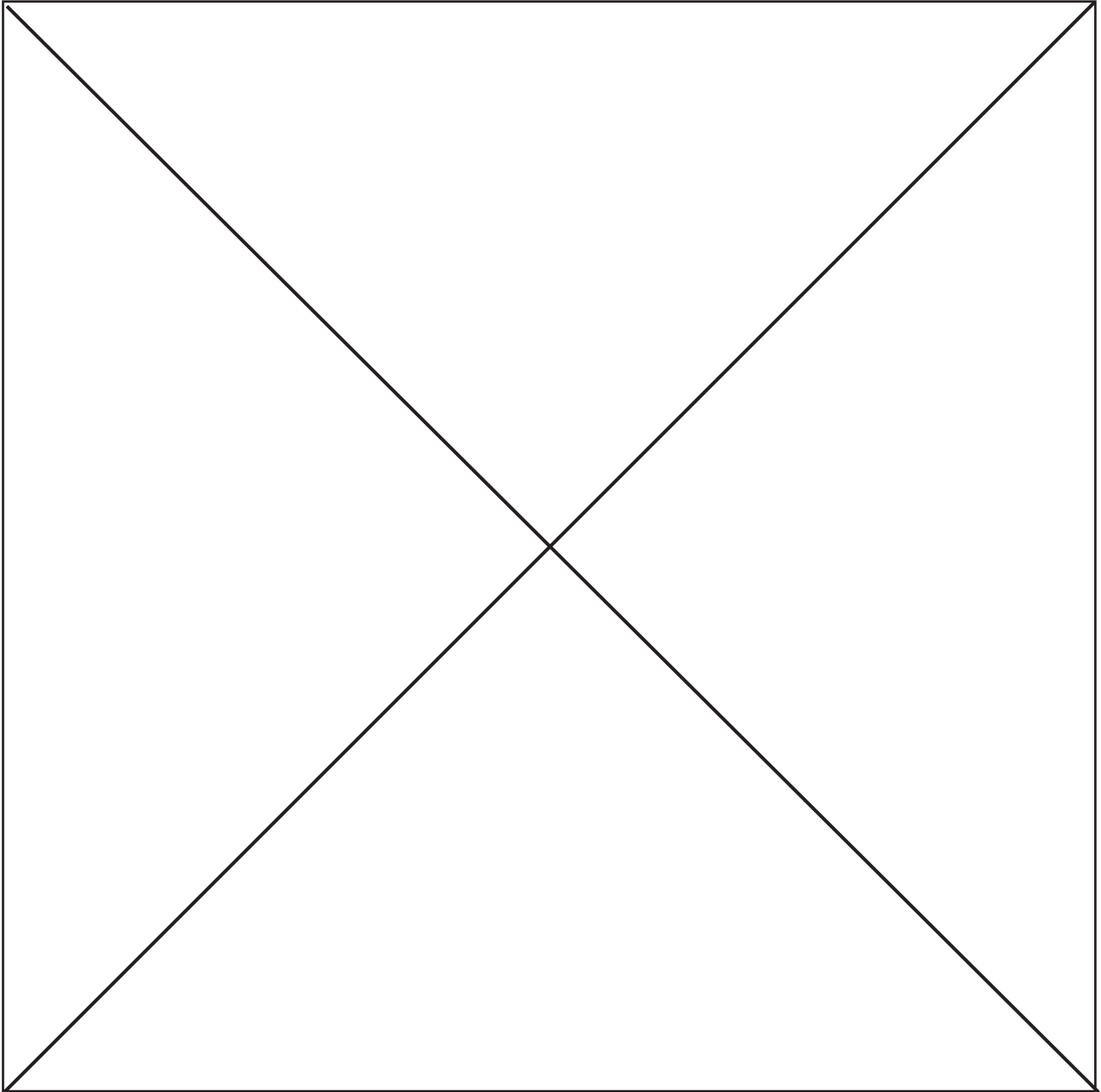




표 10A-12

LOOP 사건에 대한 중요도 분석결과(공통원인고장 고려하지 않음, 평균값 이용)



2

표 10A-13

SBO 사건에 대한 중요도 분석결과(공통원인고장 고려, 평균값 이용)

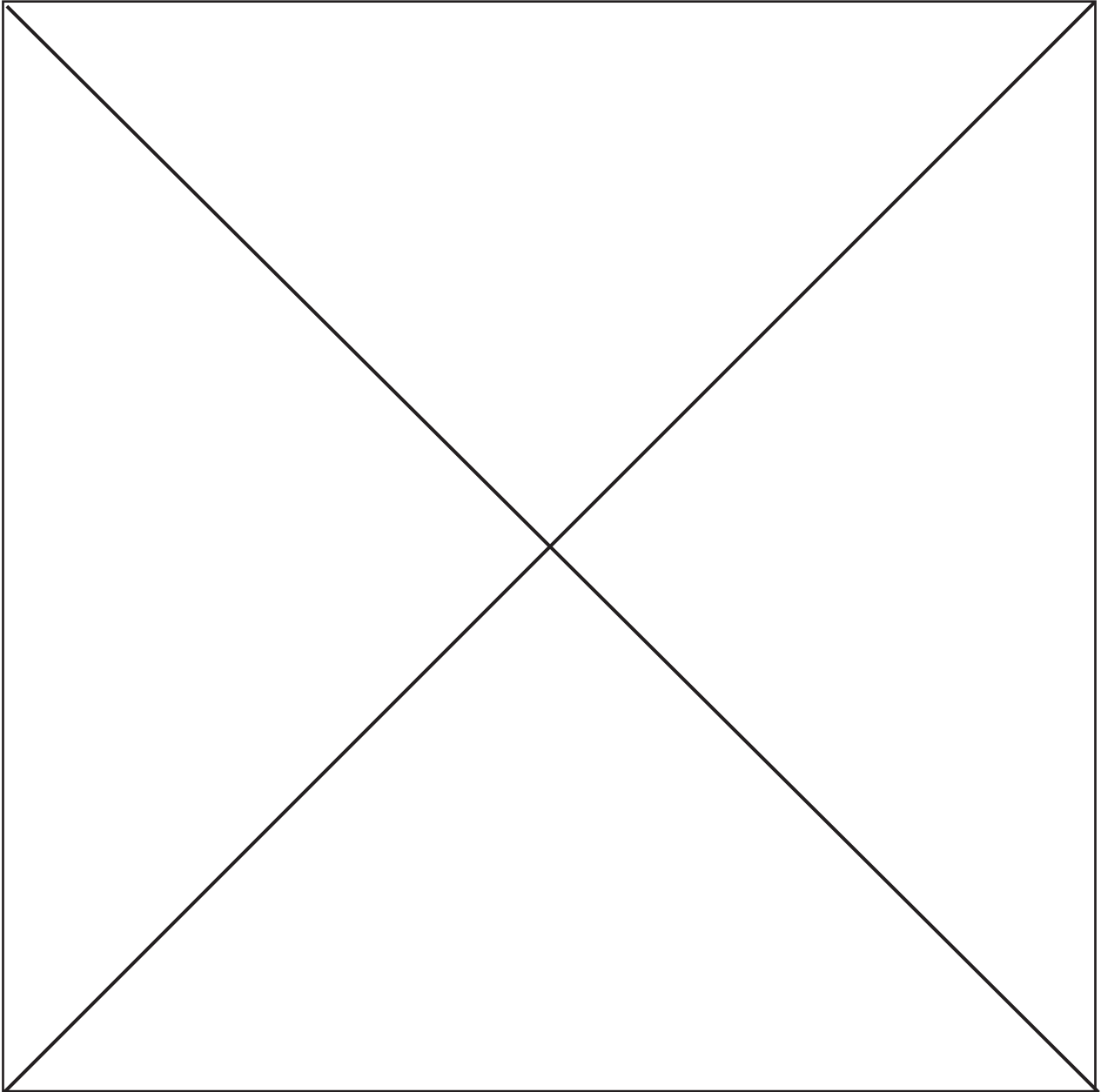
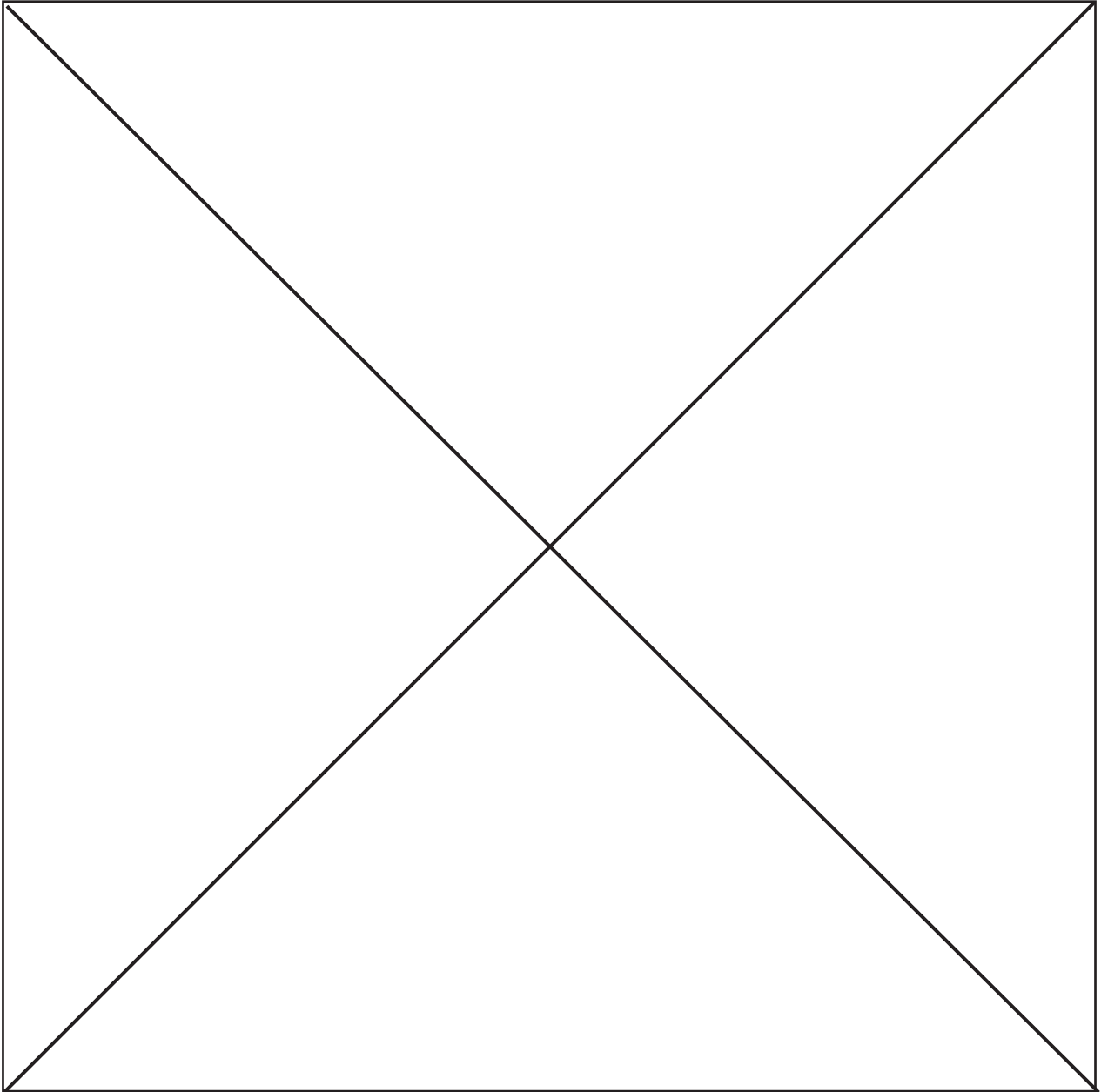


표 10A-14

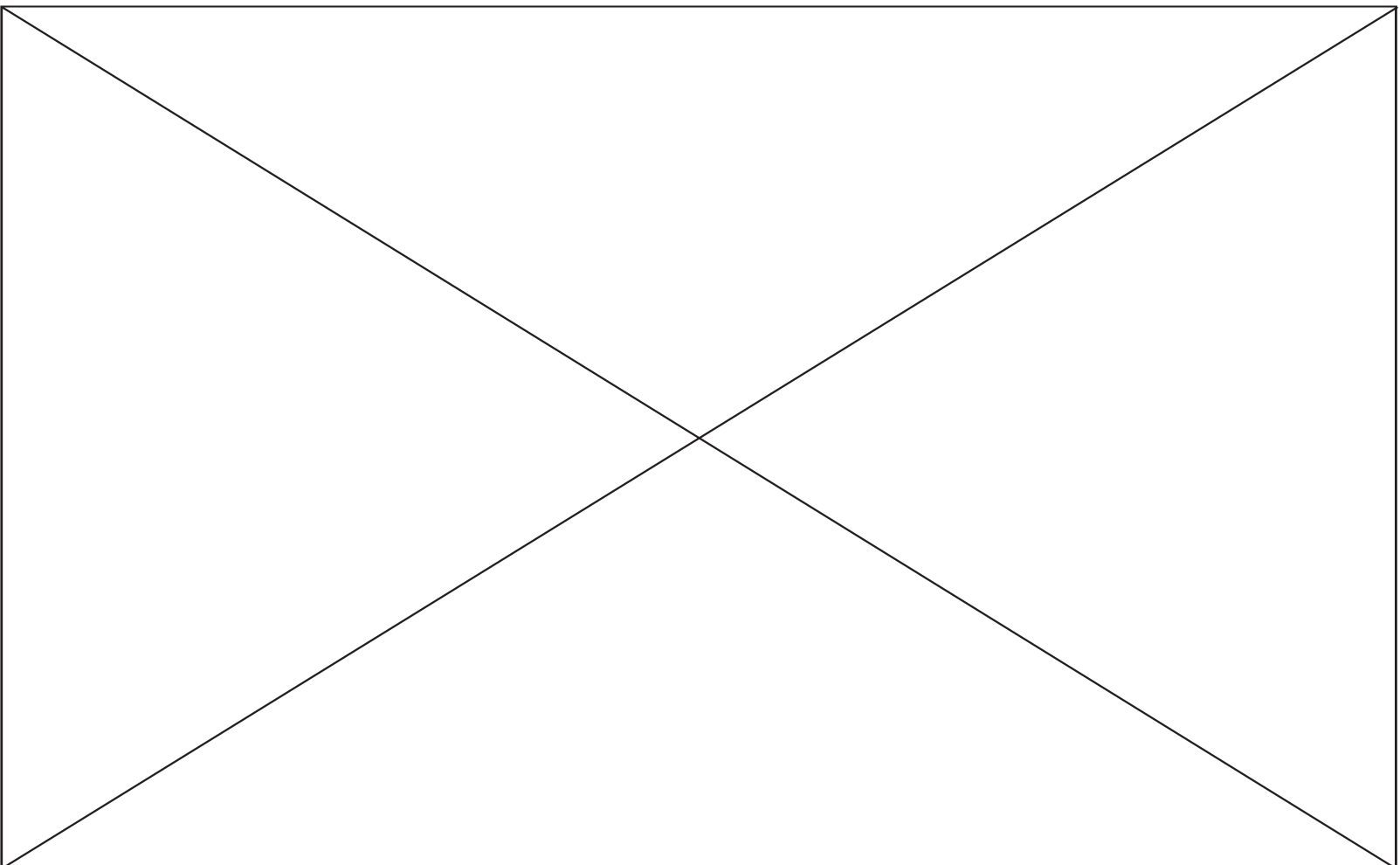
SBO 사건에 대한 중요도 분석결과(공통원인고장 고려하지 않음, 평균값 이용)



2

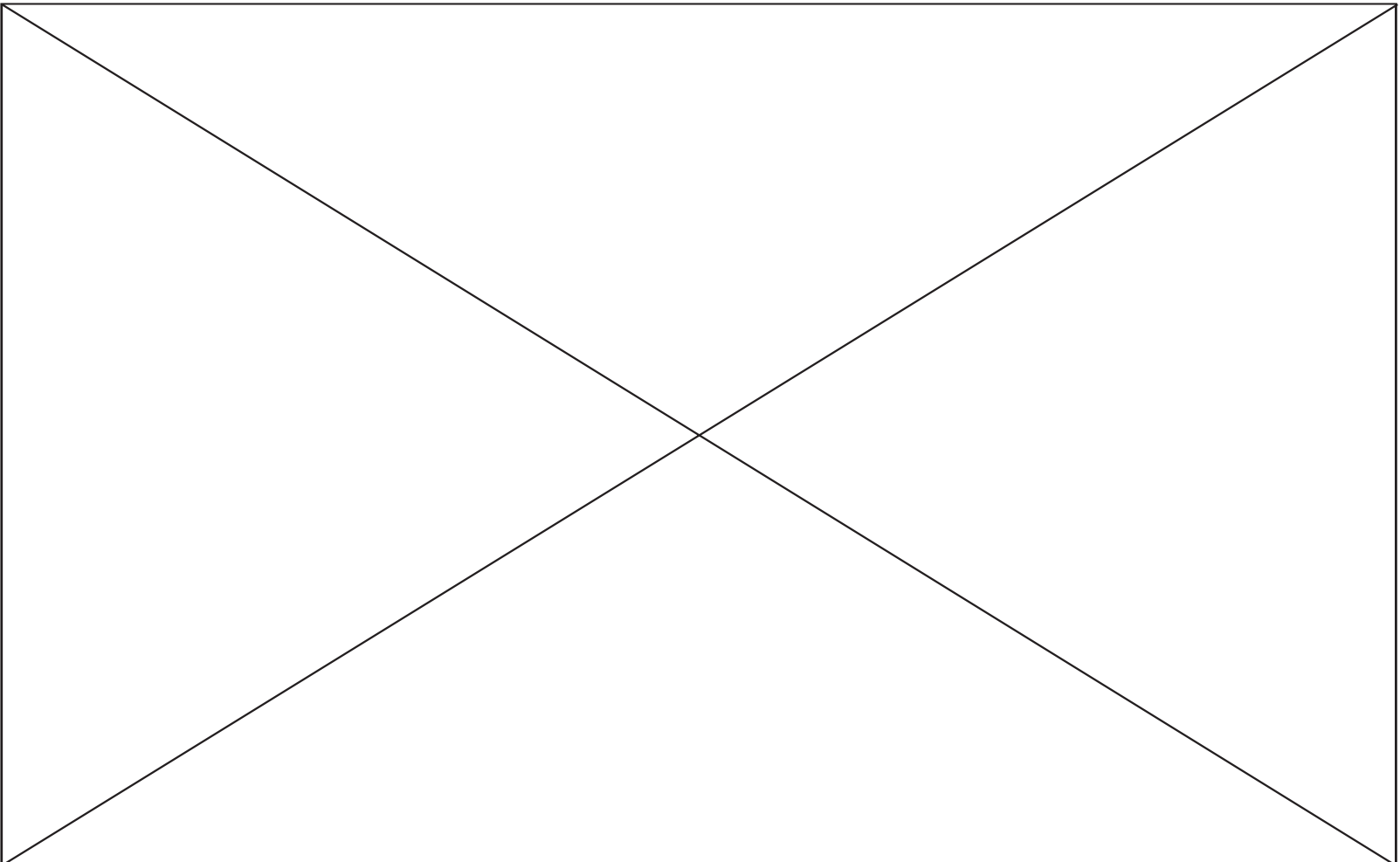
표 10A-15 (75 중 1)

정량화에 사용된 고장률 데이터



10A-29

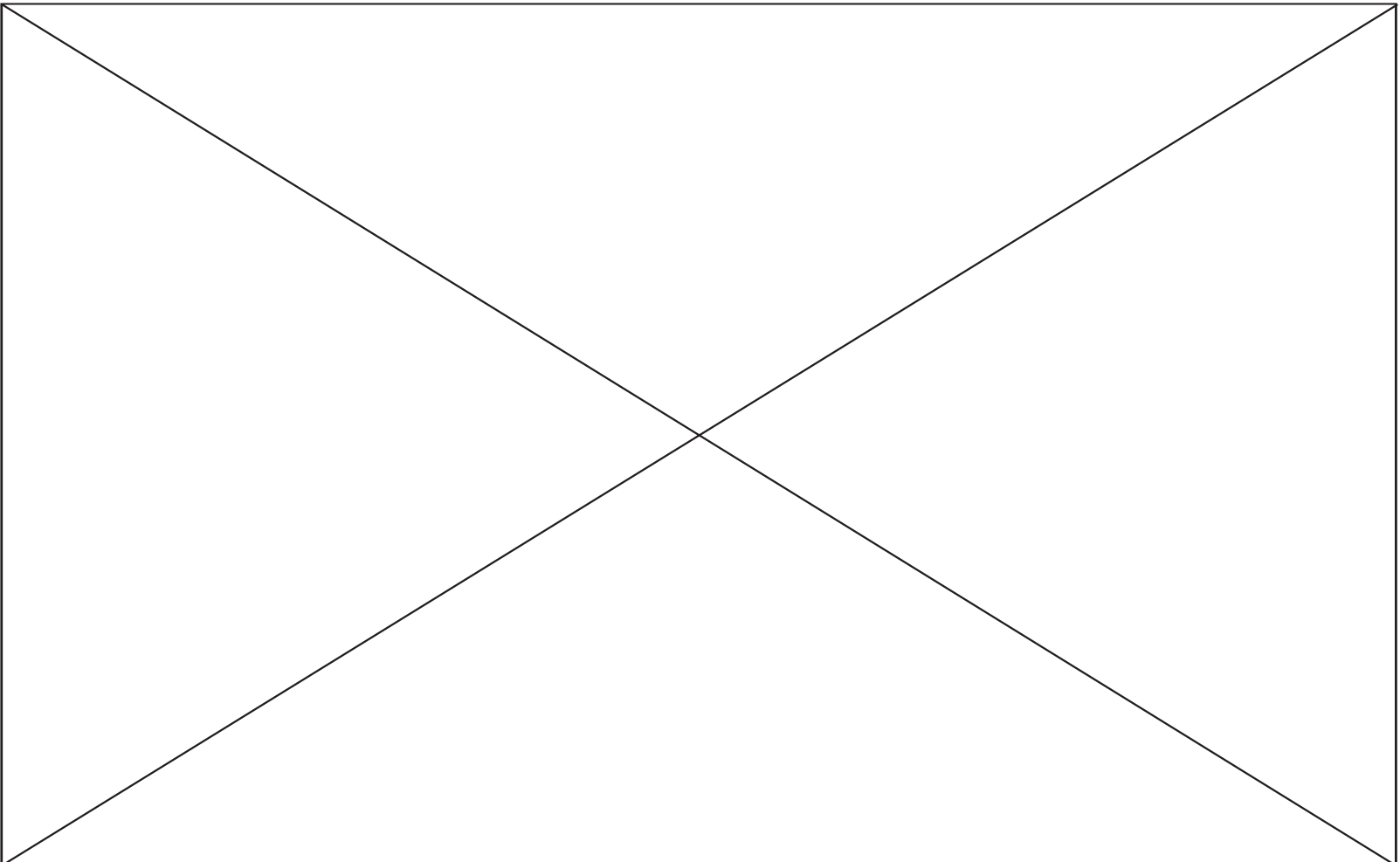
표 10A-15 (75 중 2)



10A-30

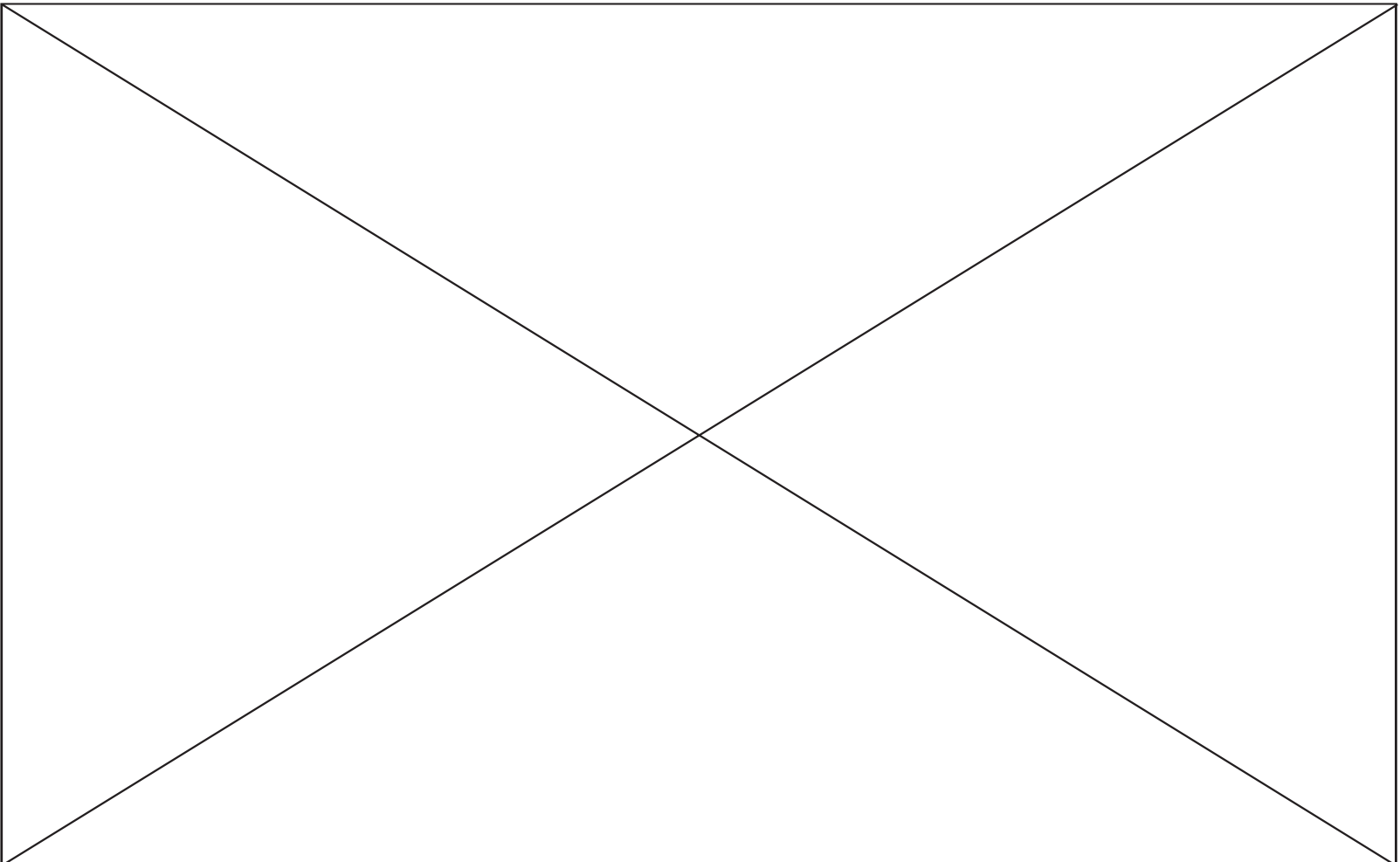
본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

표 10A-15 (75 중 3)



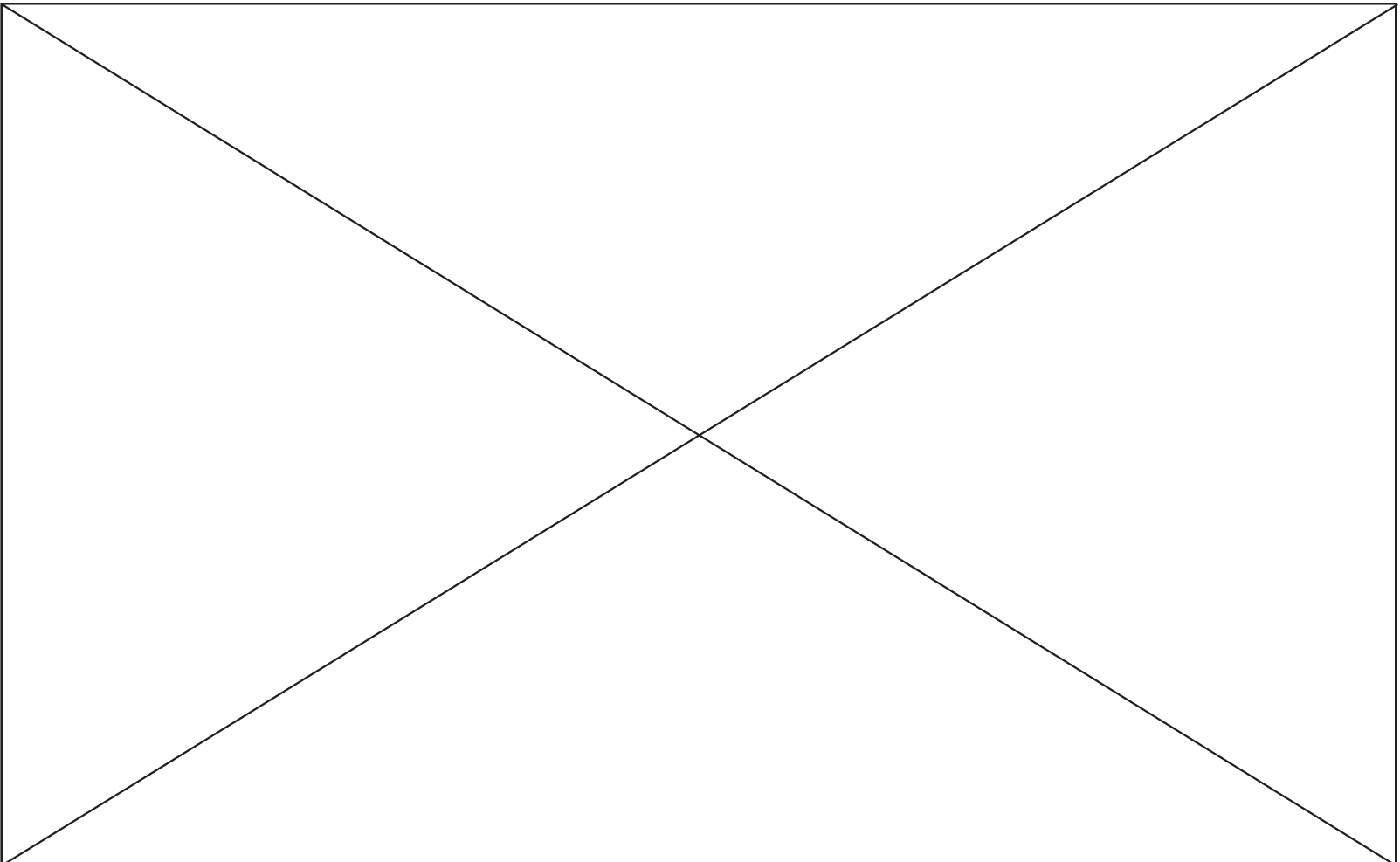
10A-31

표 10A-15 (75 중 4)



10A-32

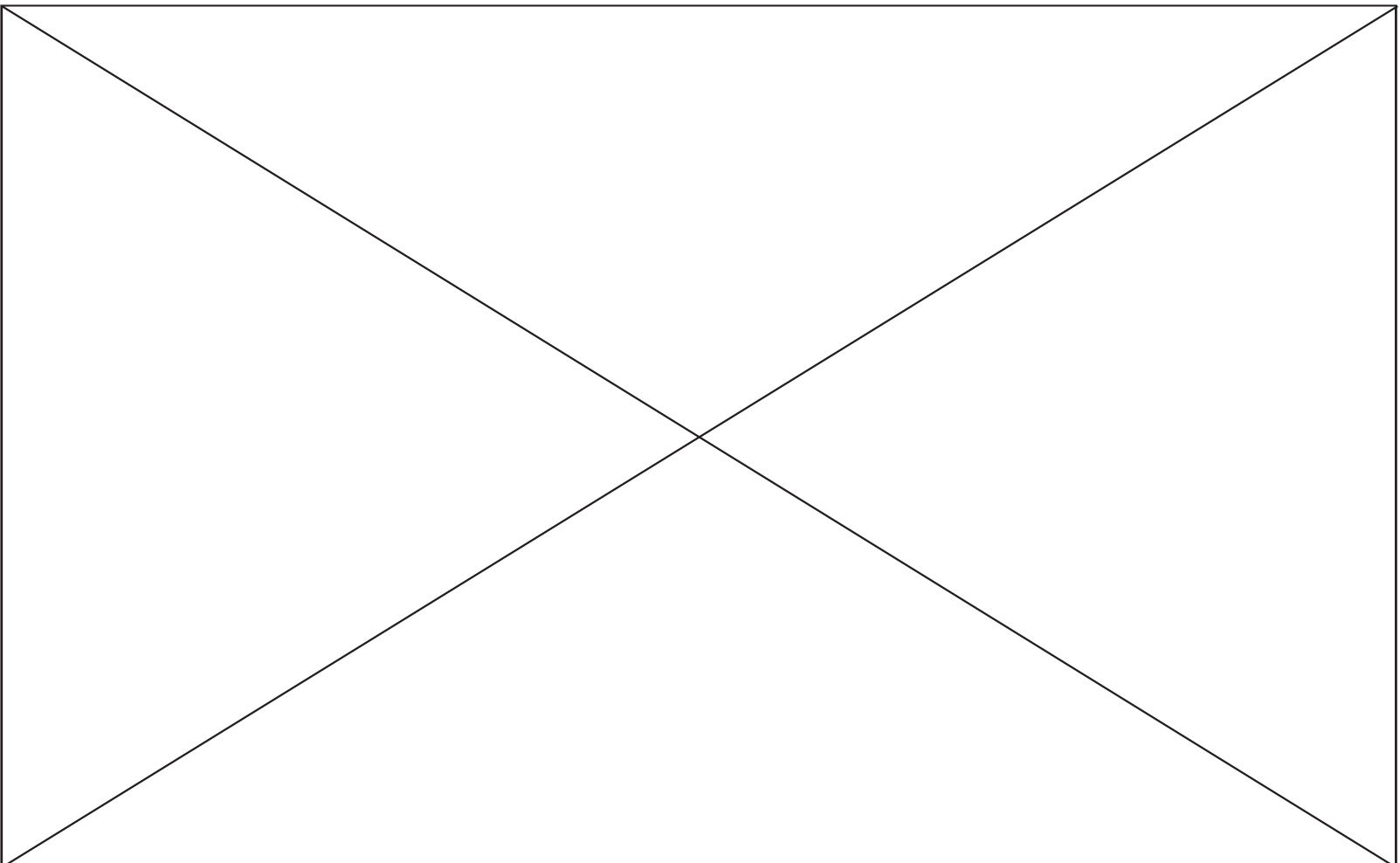
표 10A-15 (75 중 5)



10A-33

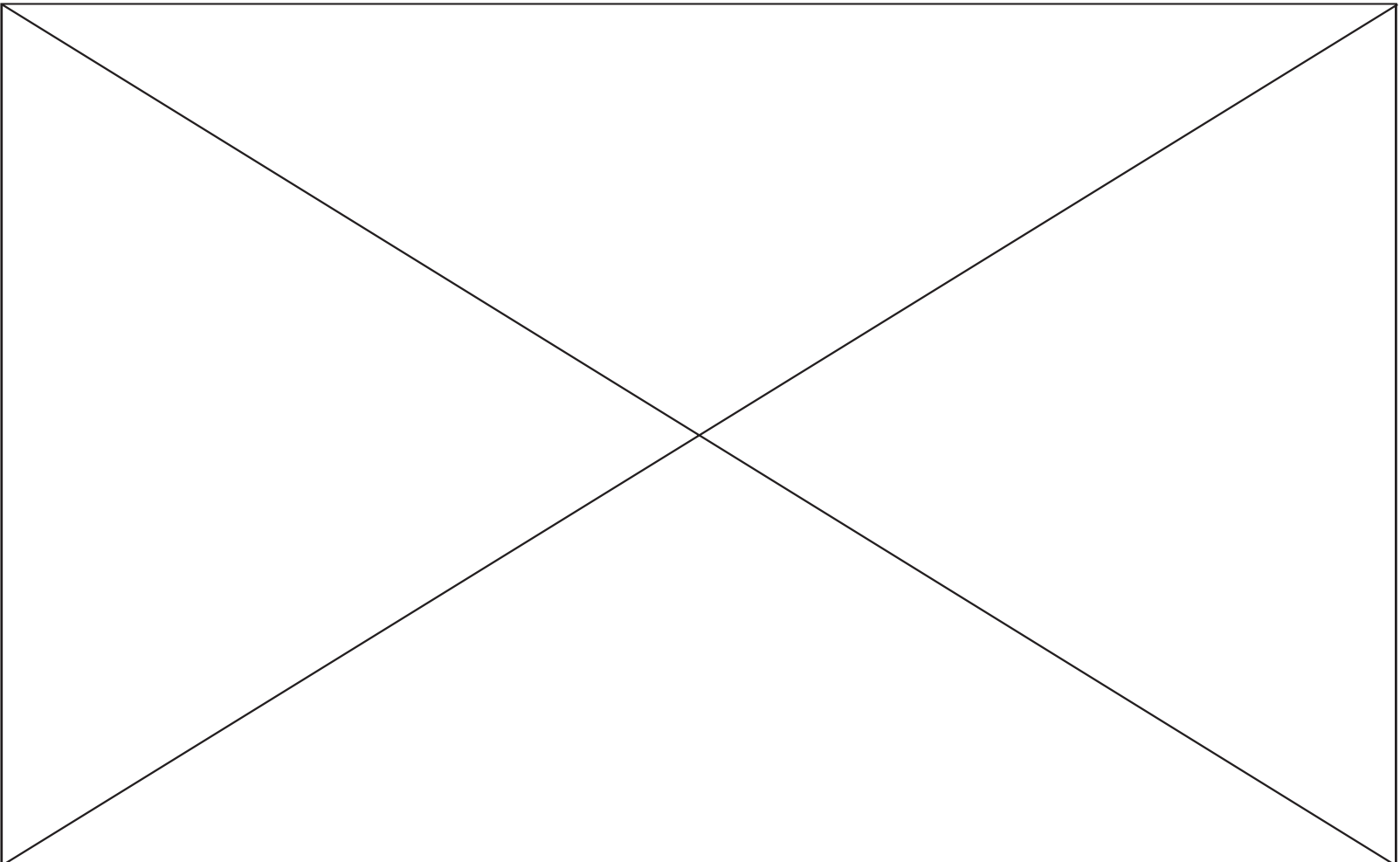


표 10A-15 (75 중 6)



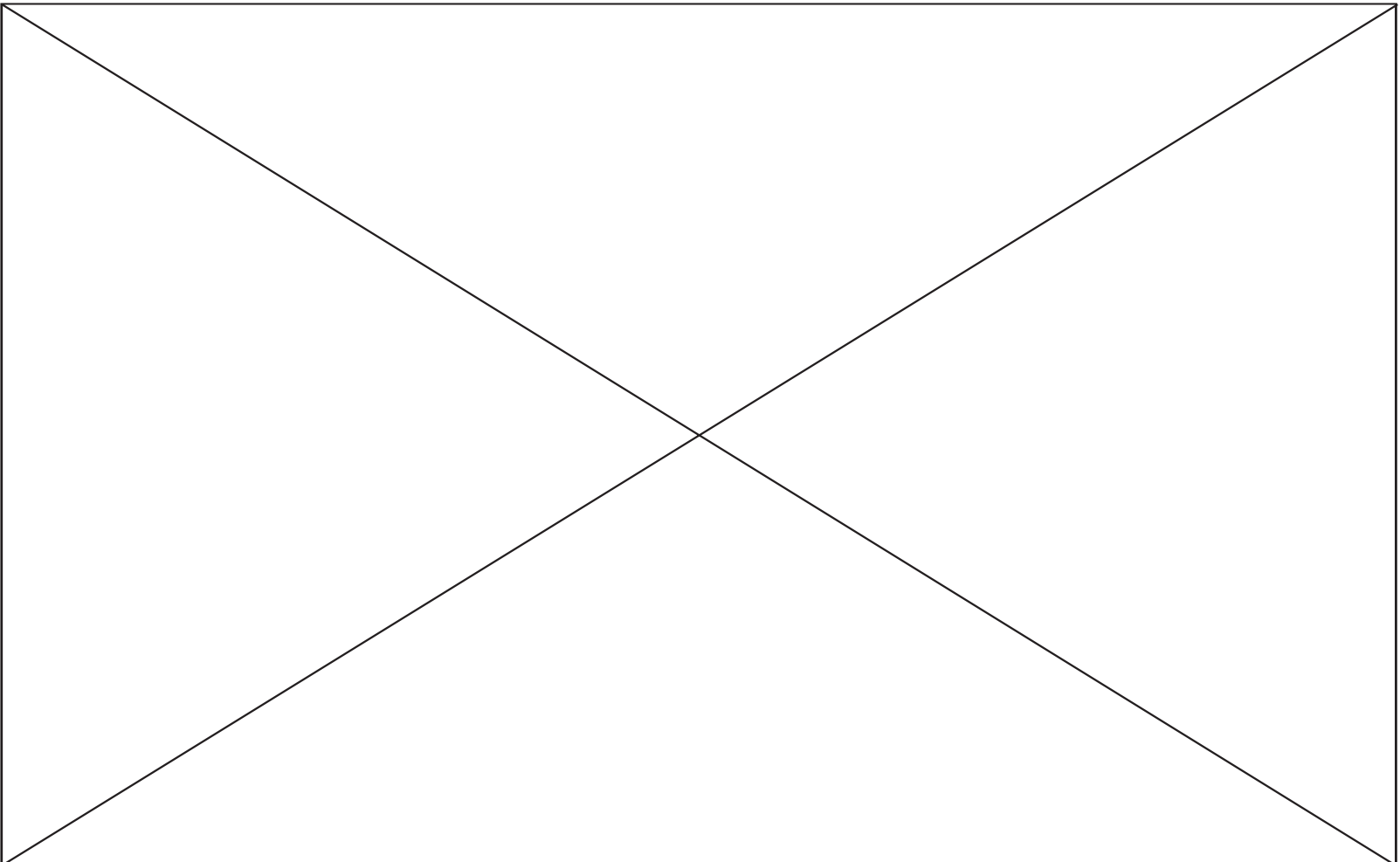
10A-34

표 10A-15 (75 중 7)



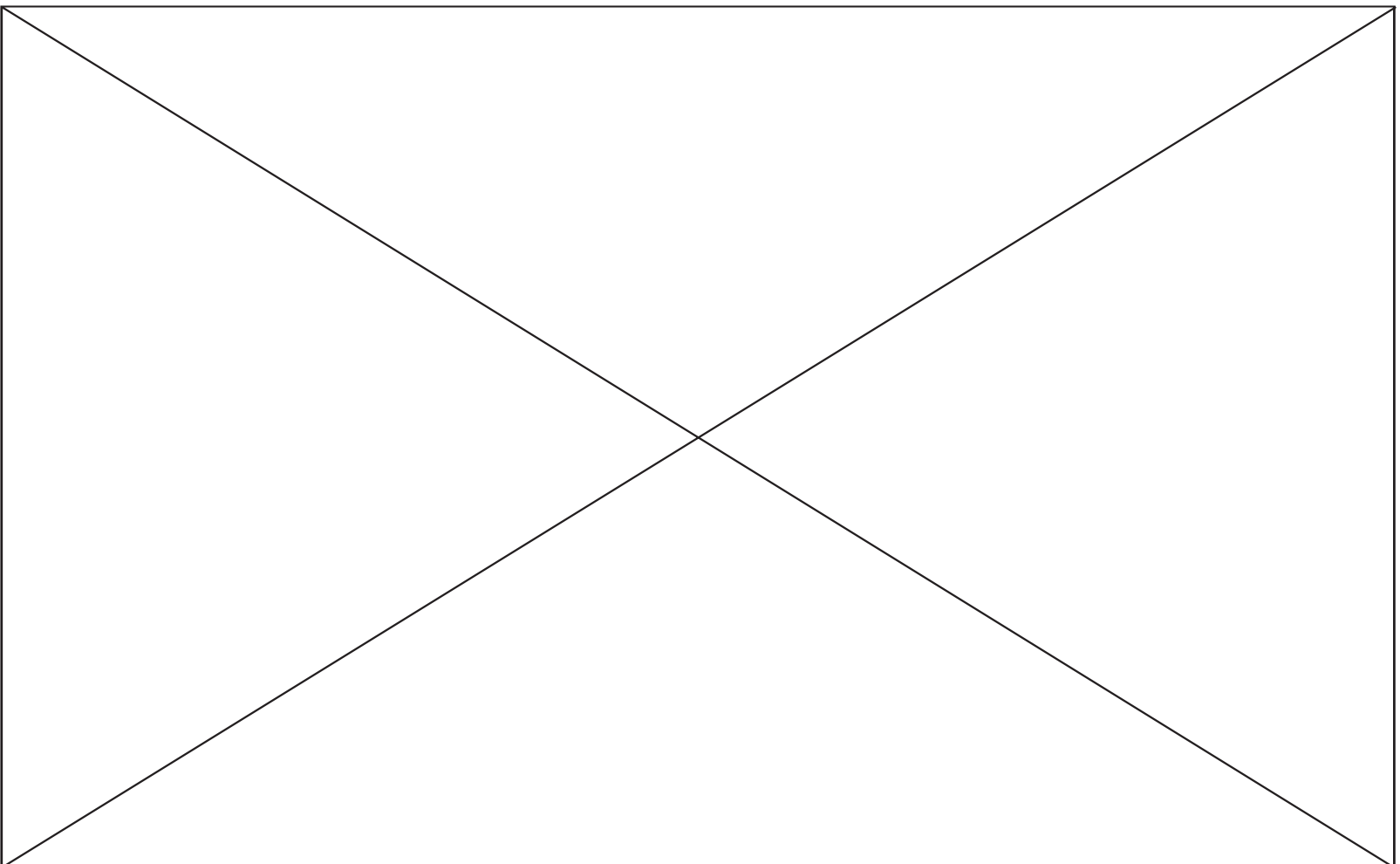
10A-35

표 10A-15 (75 중 8)



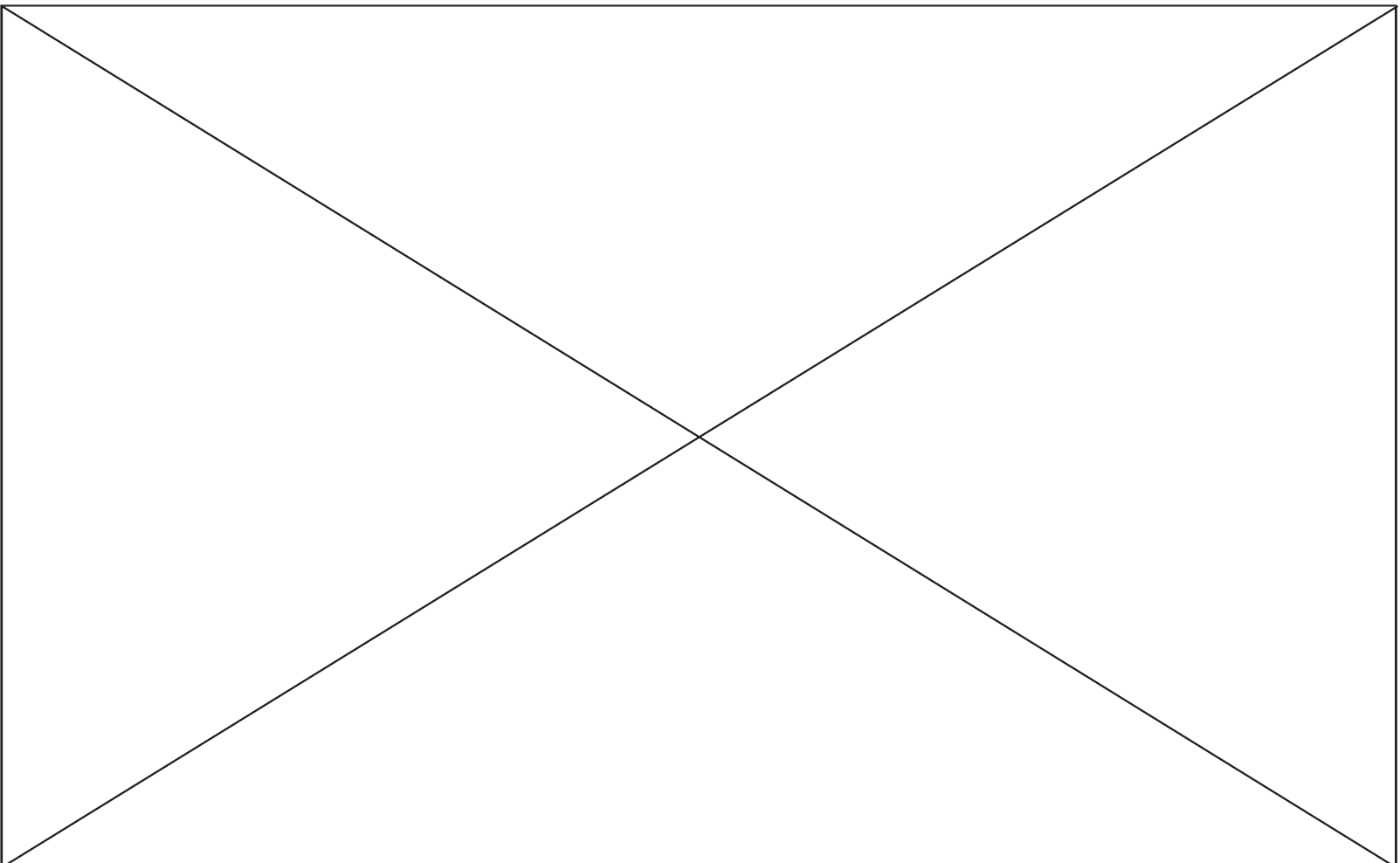
10A-36

표 10A-15 (75 중 9)



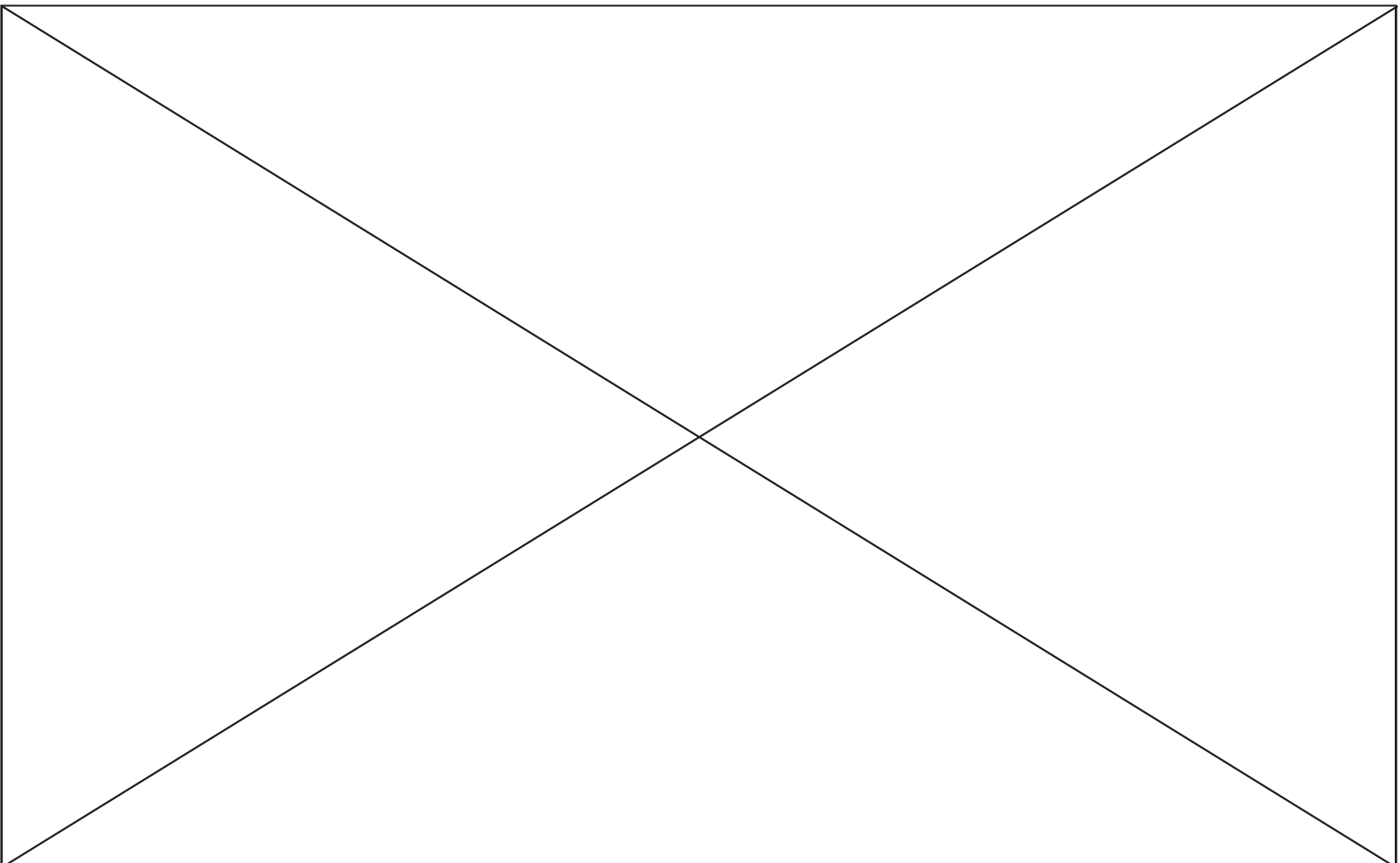
10A-37

표 10A-15 (75 중 10)



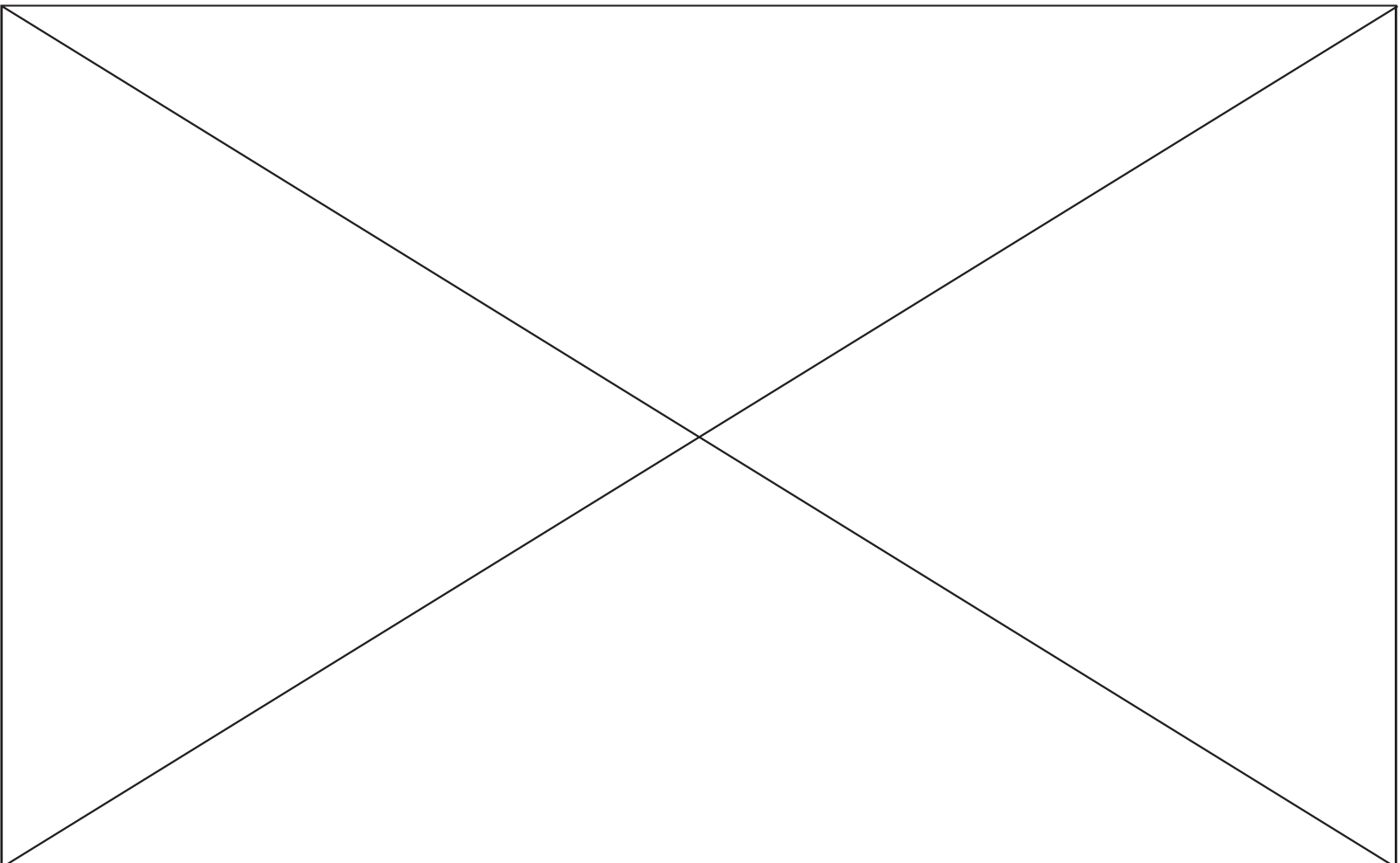
10A-38

표 10A-15 (75 중 11)



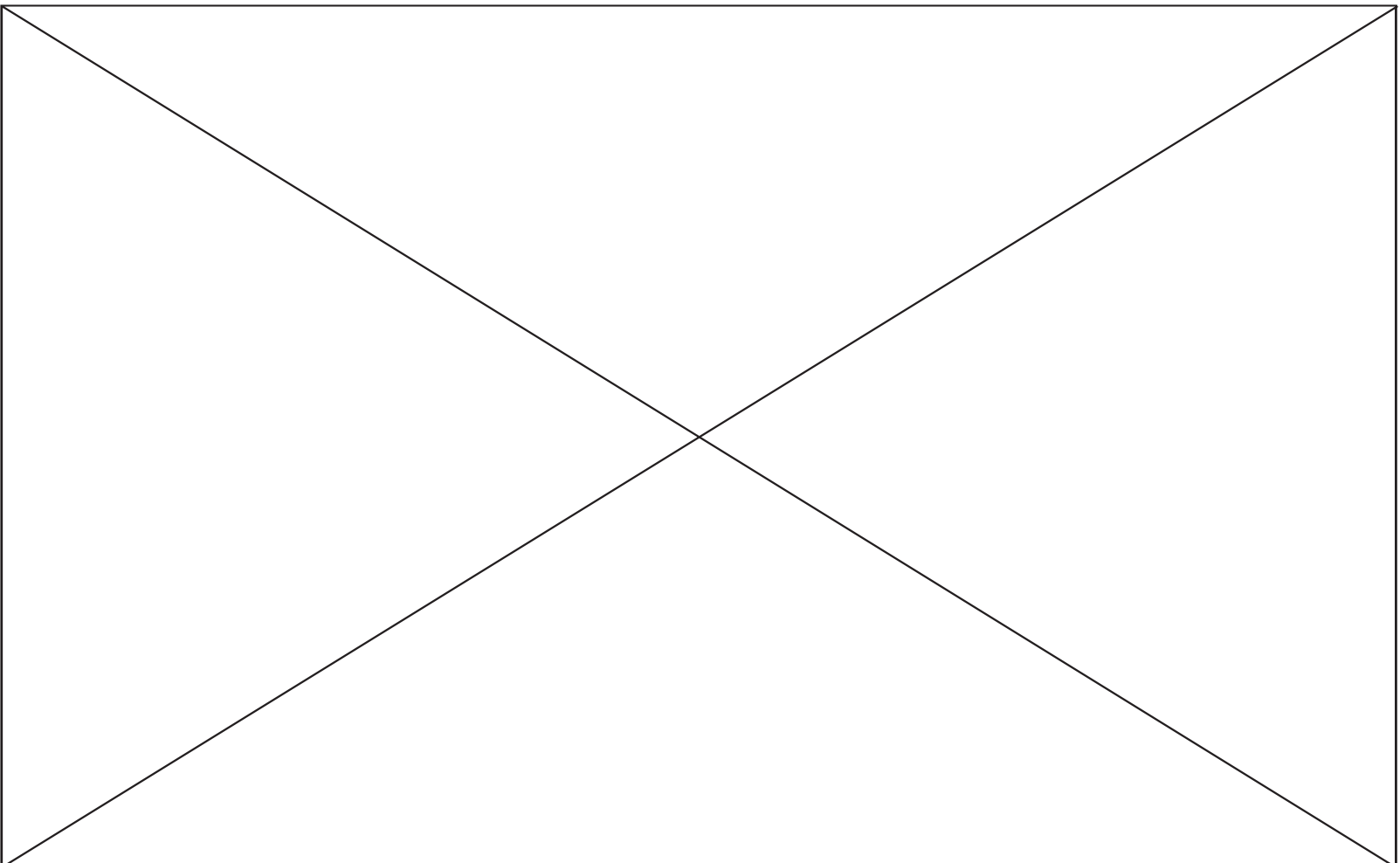
10A-39

표 10A-15 (75 중 12)



10A-40

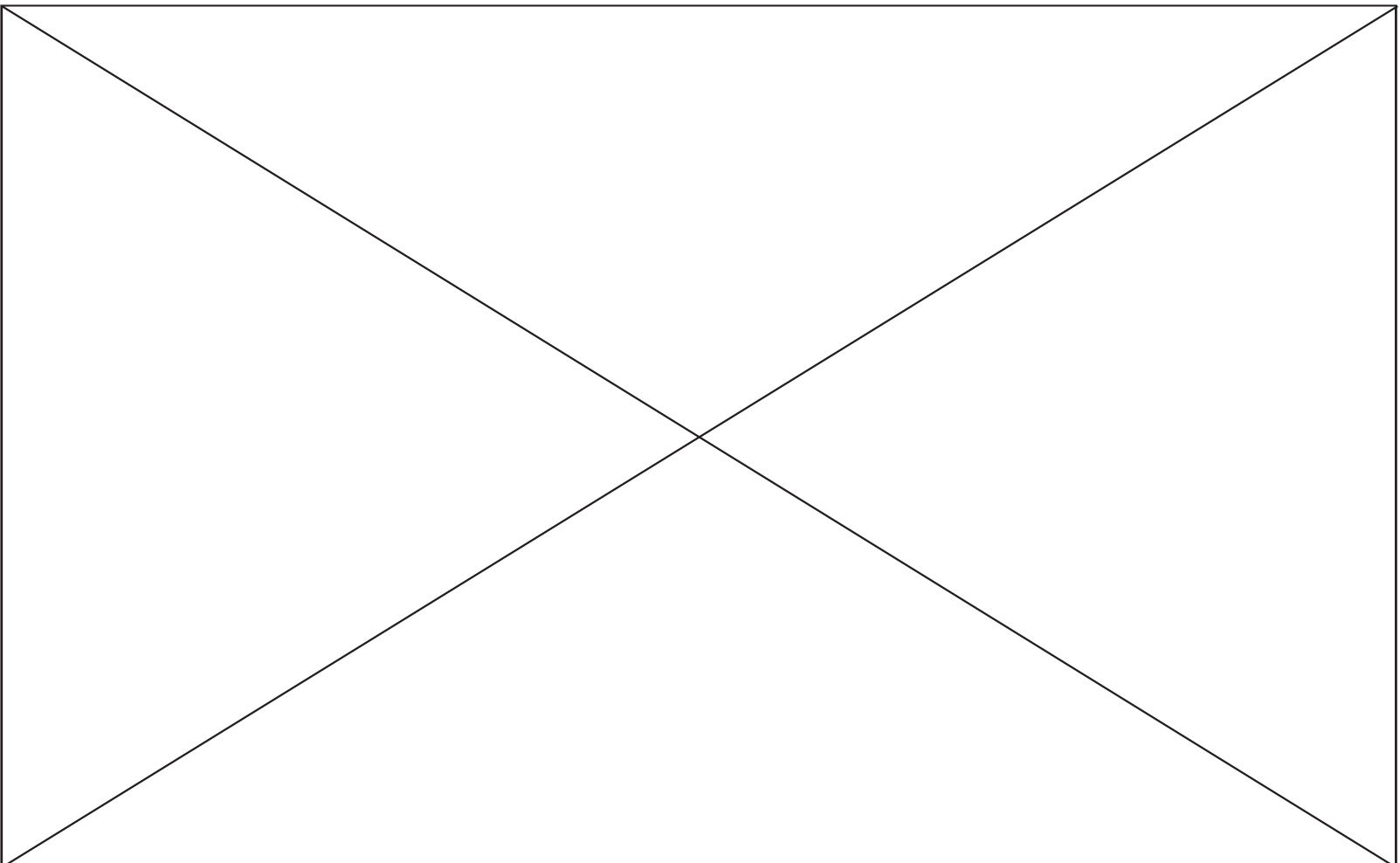
표 10A-15 (75 중 13)



10A-41

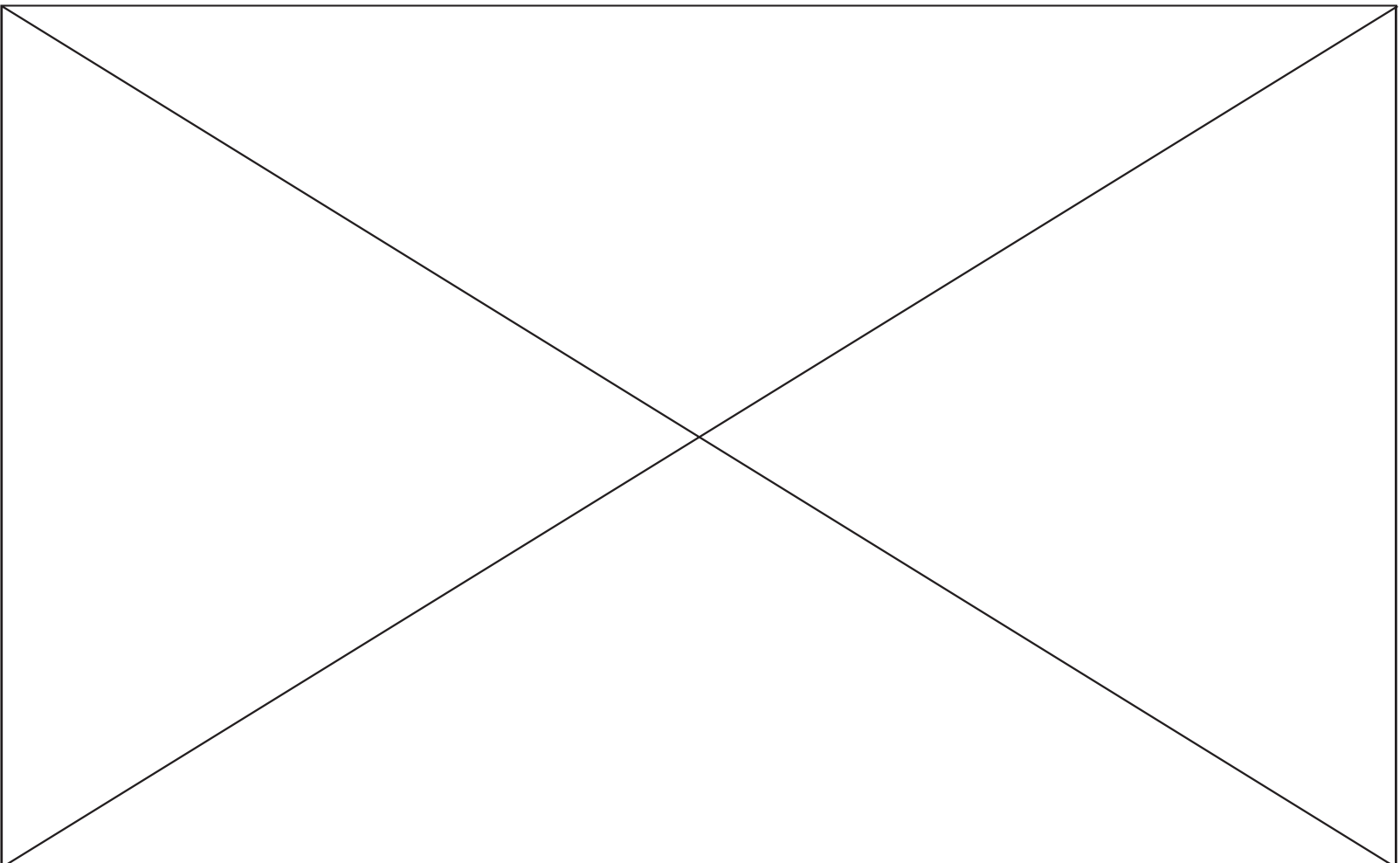


표 10A-15 (75 중 14)



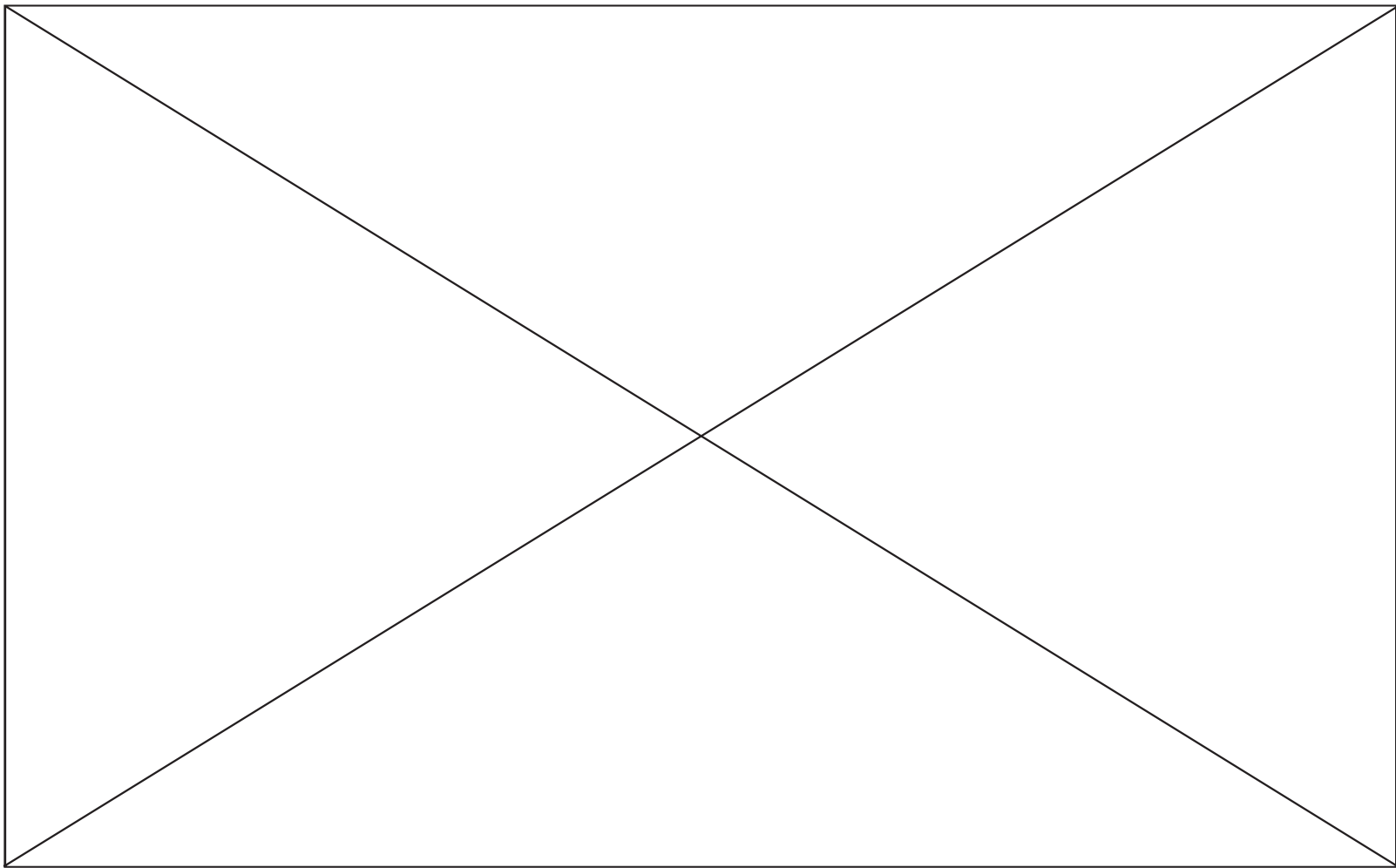
10A-42

표 10A-15 (75 중 15)



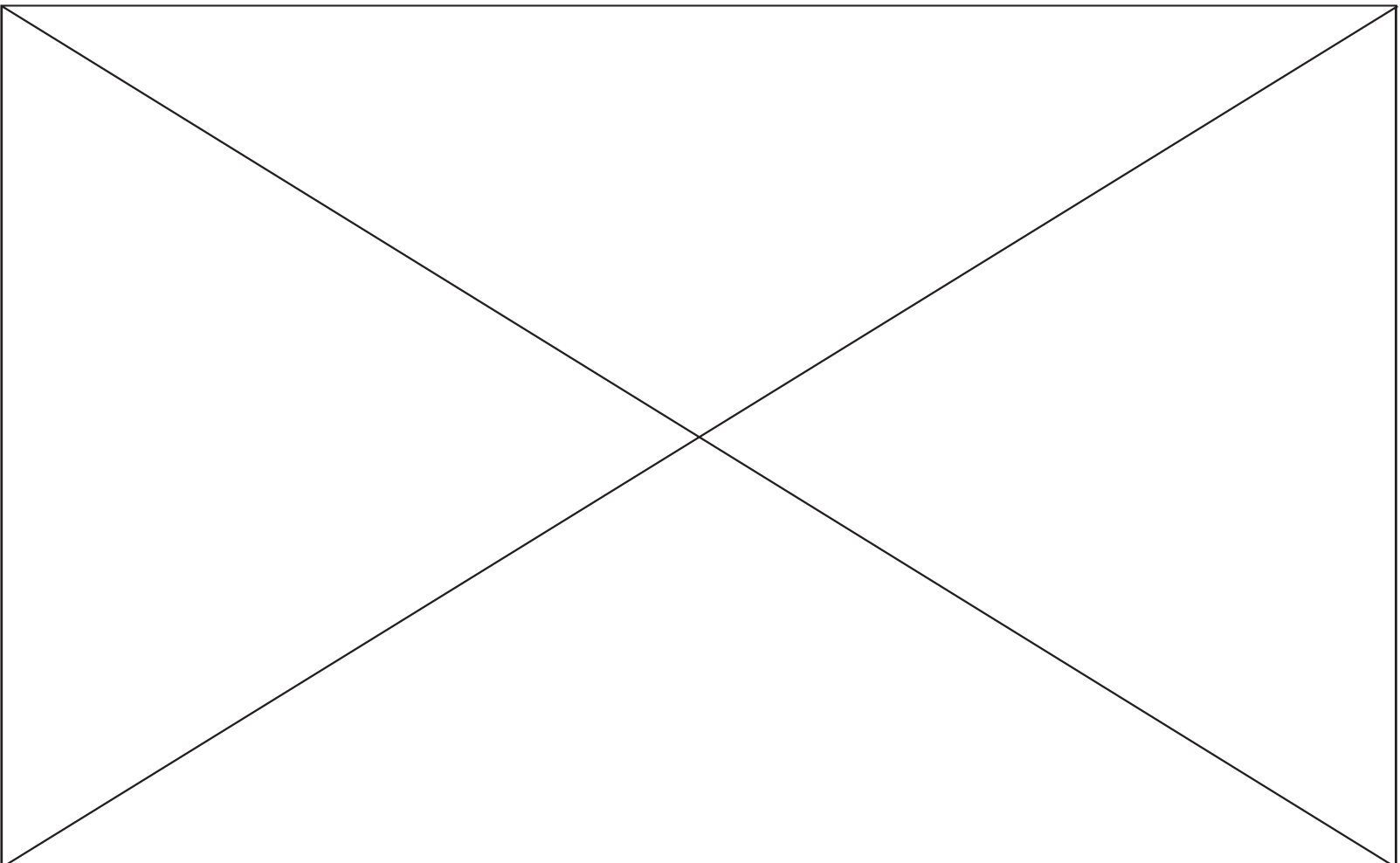
10A-43

표 10A-15 (75 중 16)



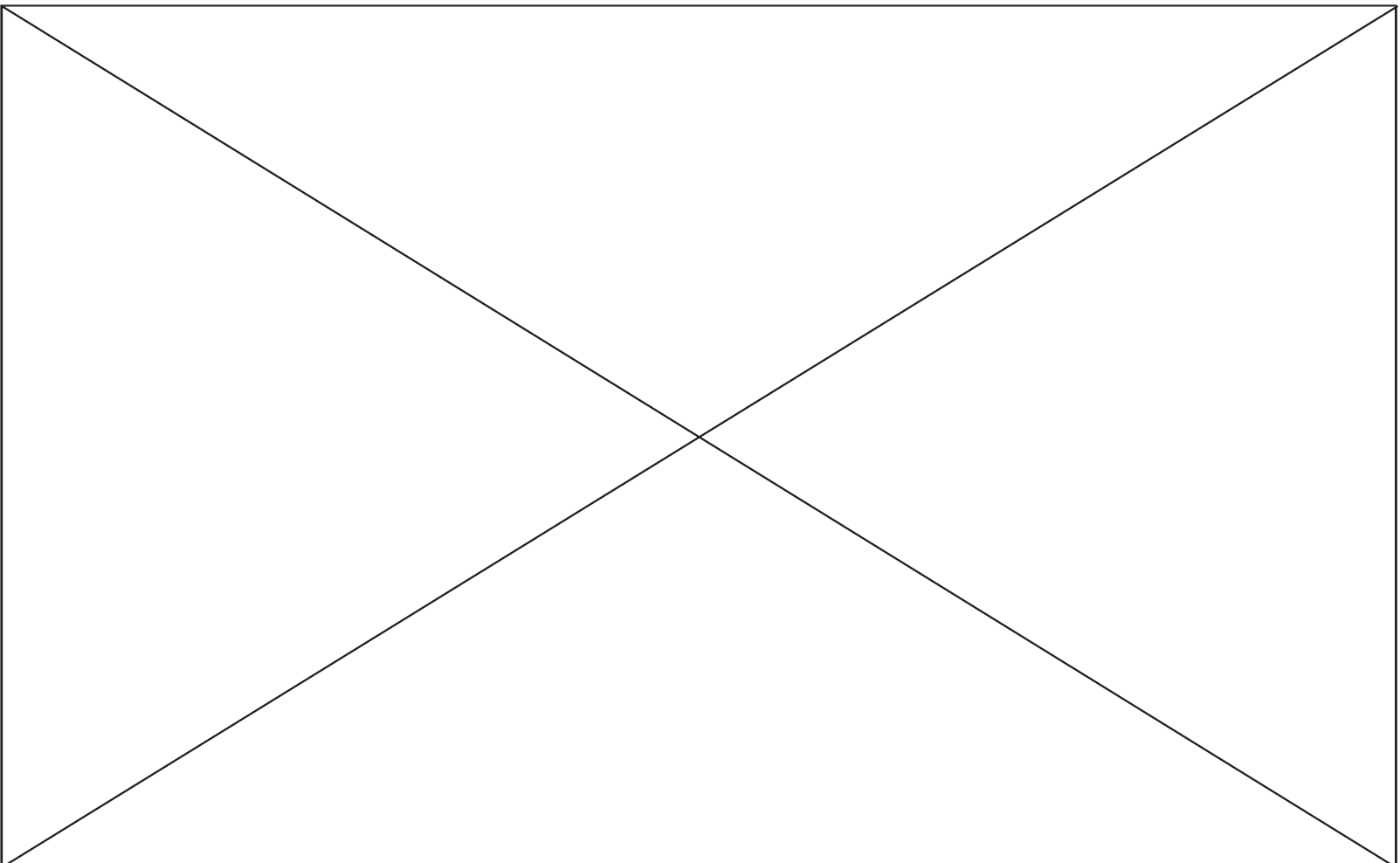
10A-44

표 10A-15 (75 중 17)



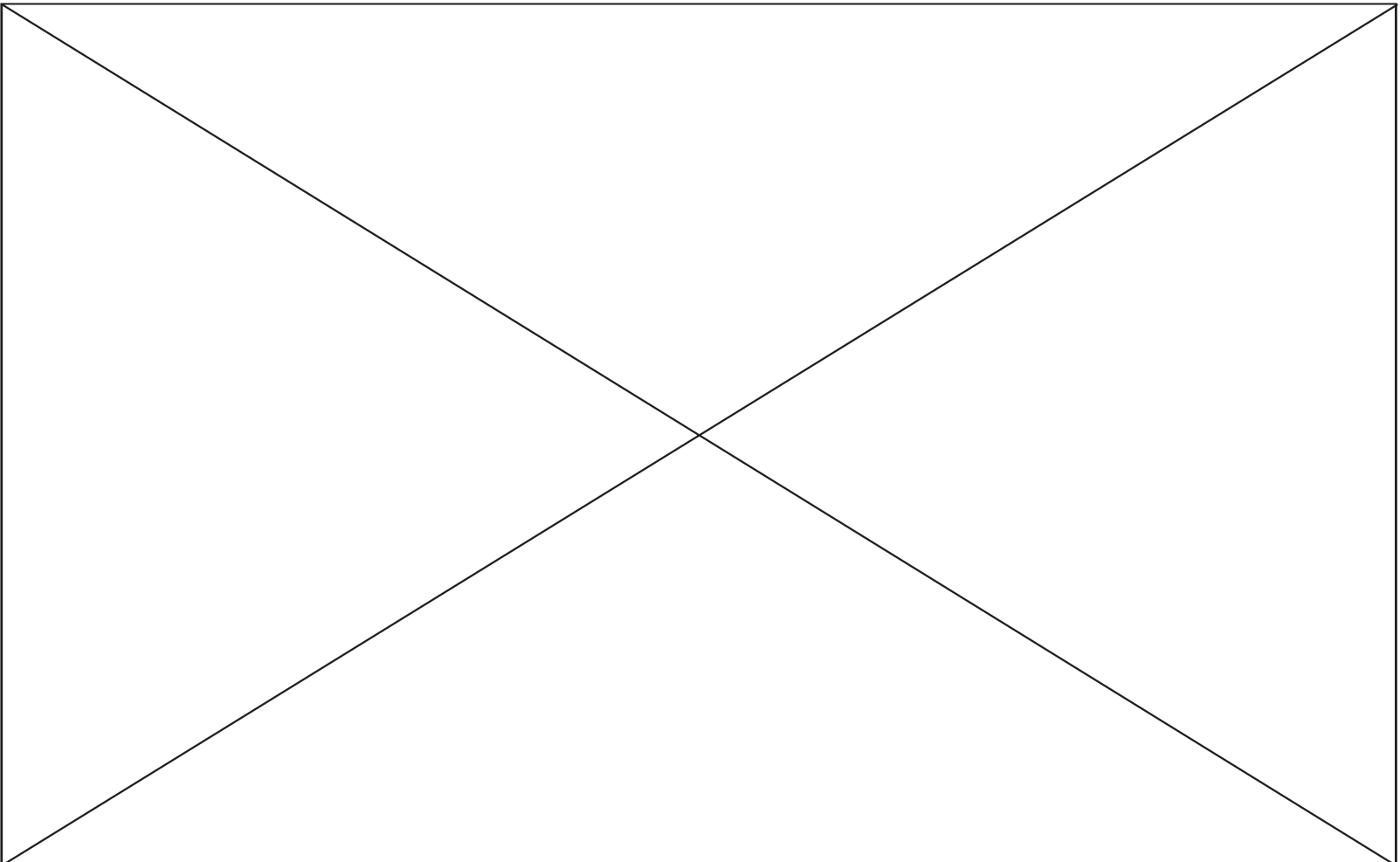
10A-45

표 10A-15 (75 중 18)



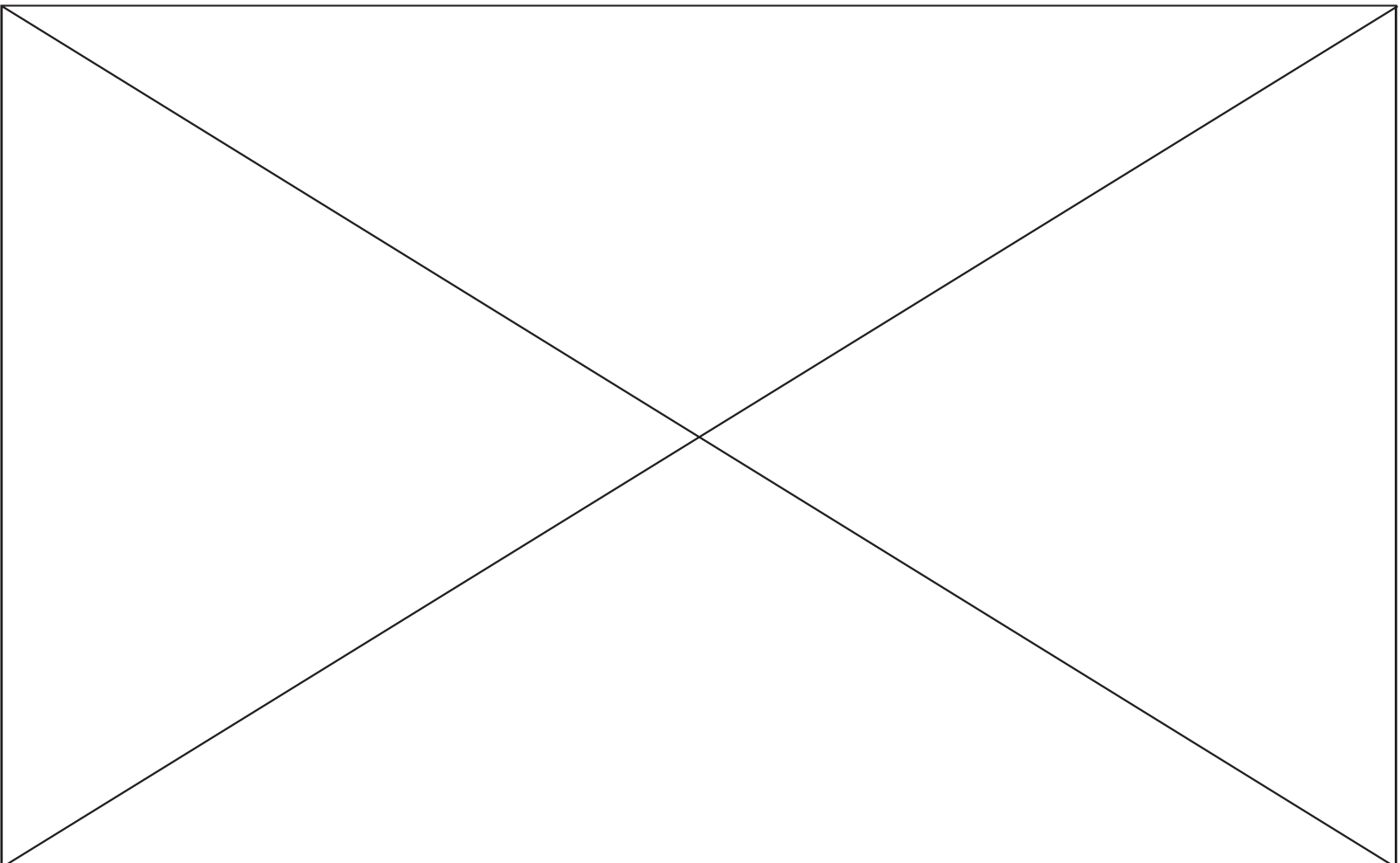
10A-46

표 10A-15 (75 중 19)



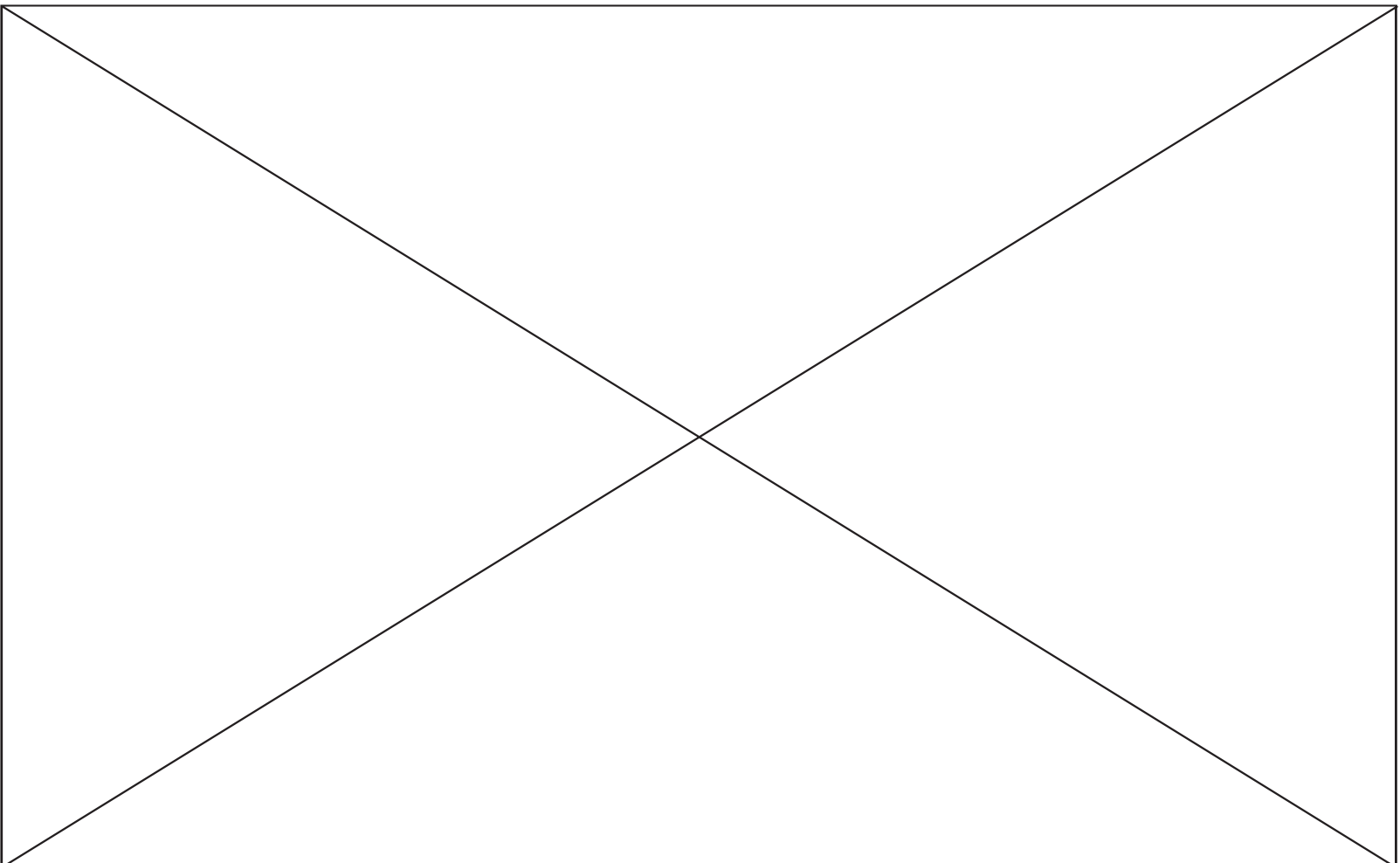
10A-47

표 10A-15 (75 중 20)



10A-48

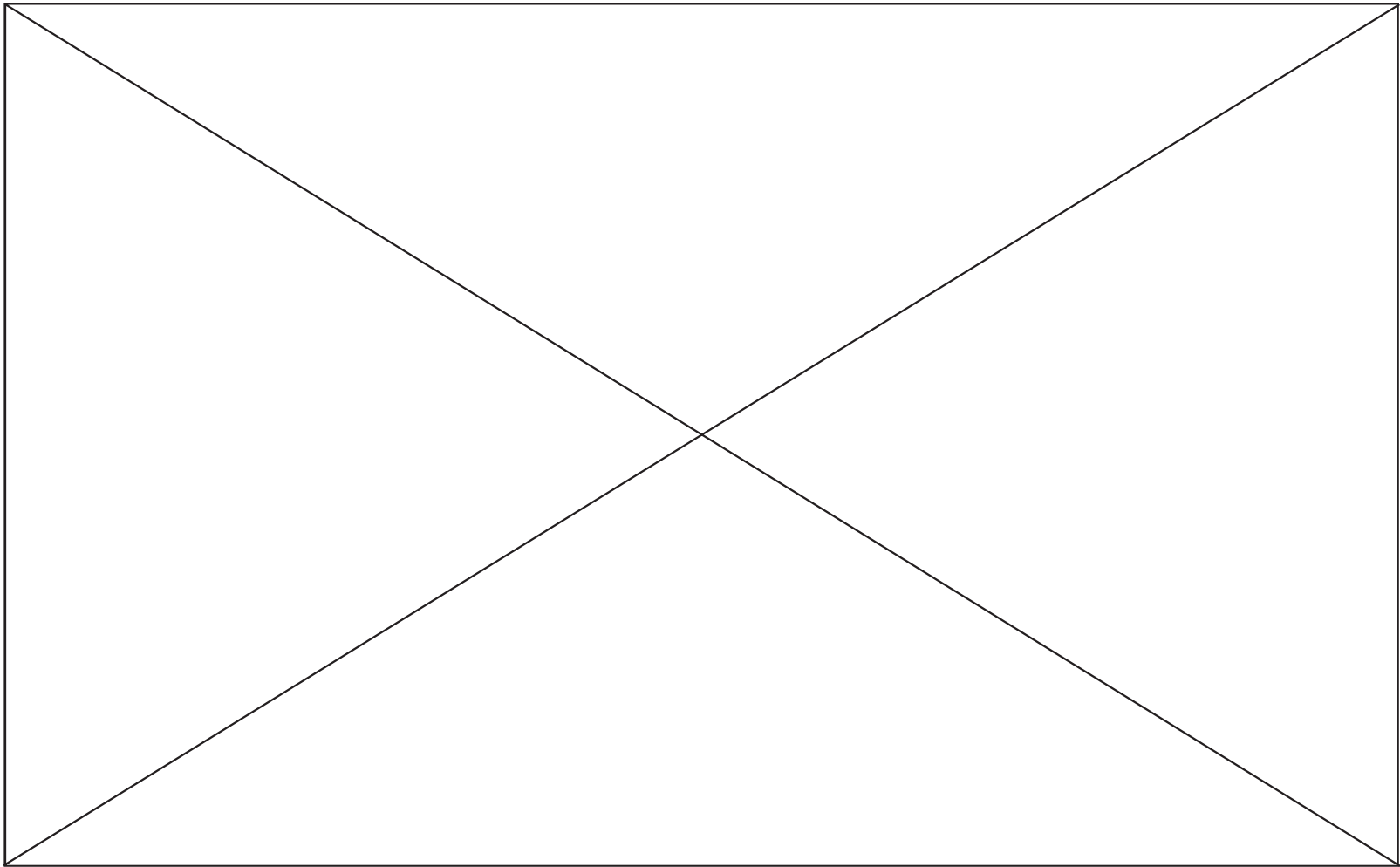
표 10A-15 (75 중 21)



10A-49

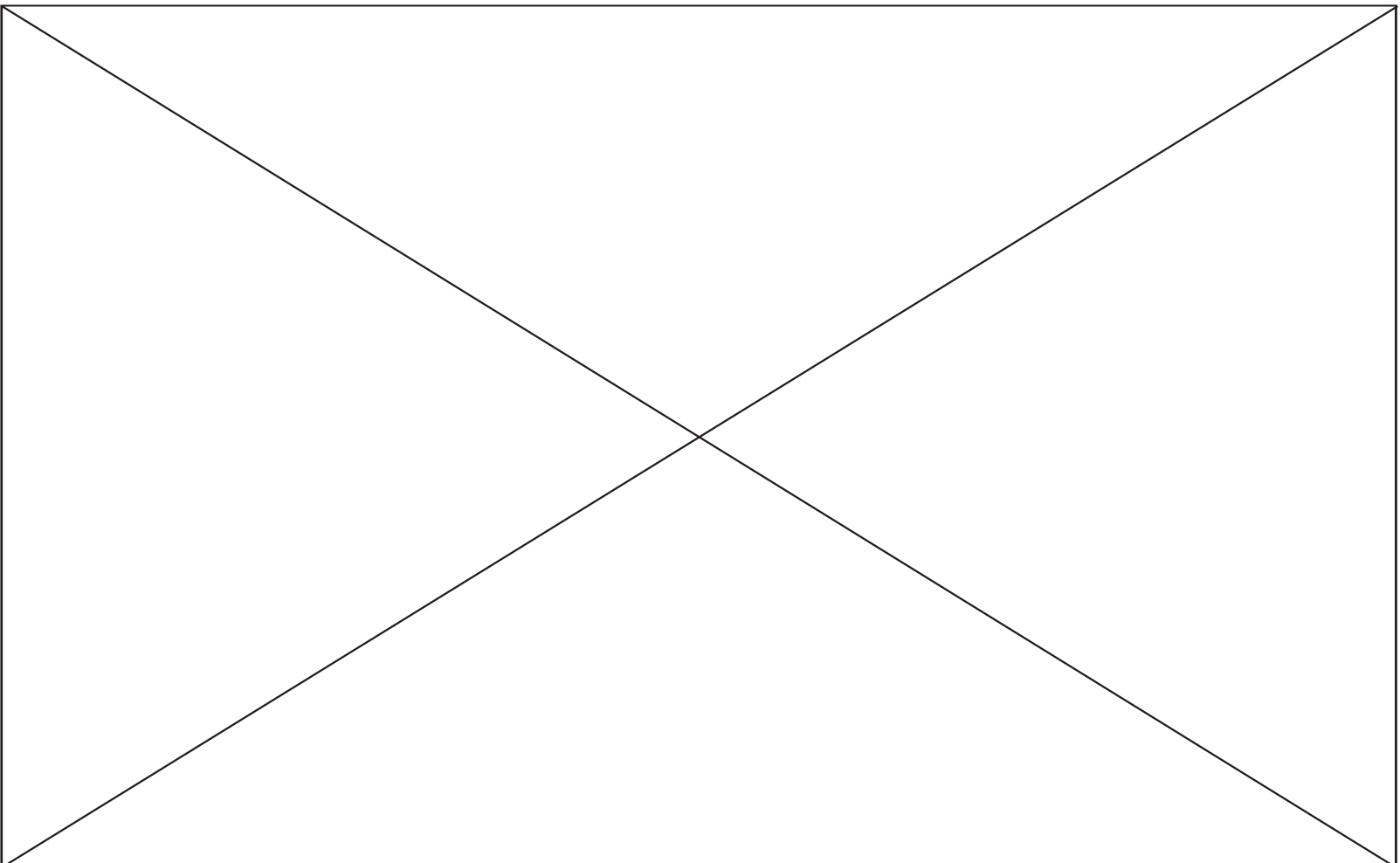


표 10A-15 (75 중 22)



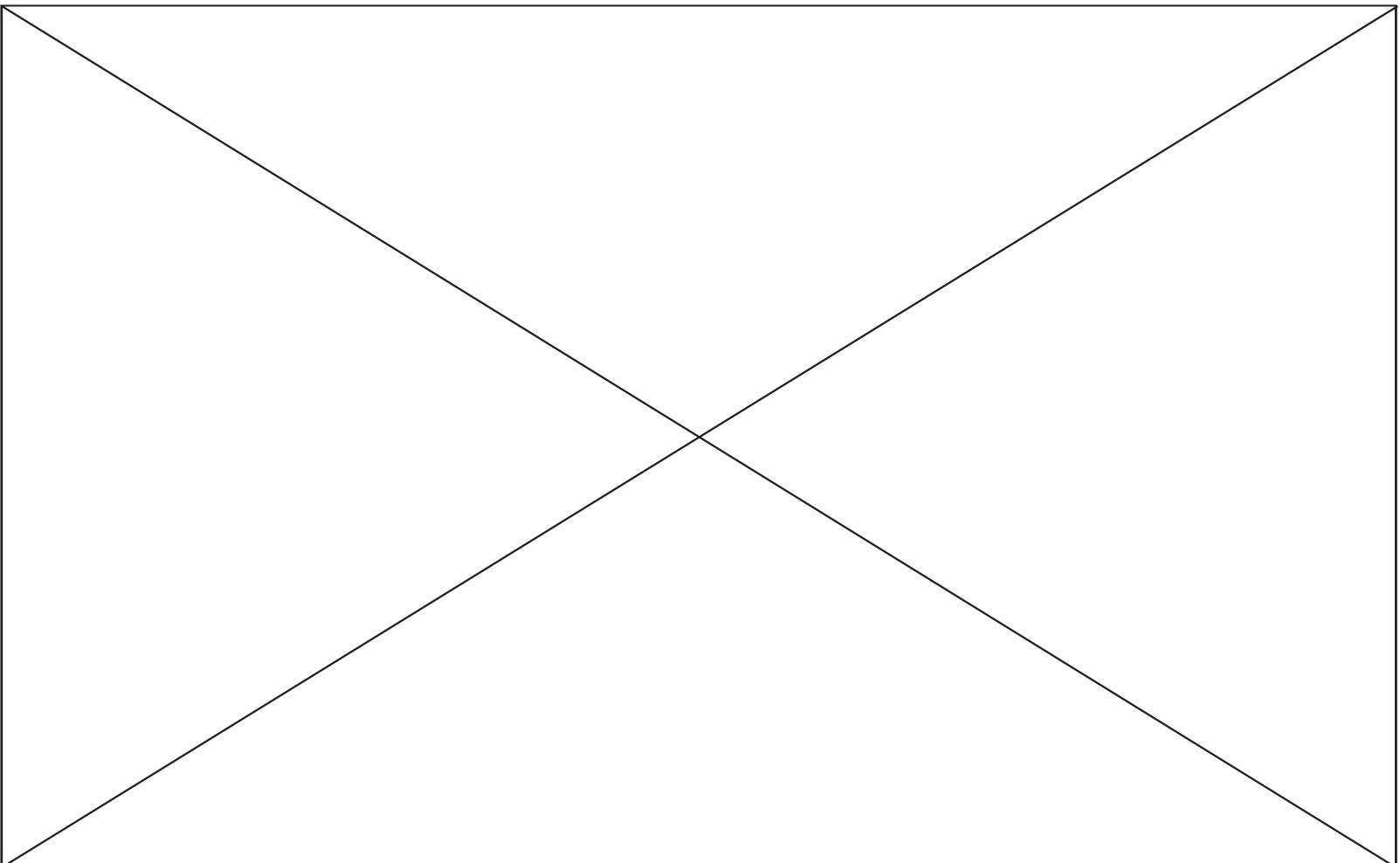
10A-50

표 10A-15 (75 중 23)



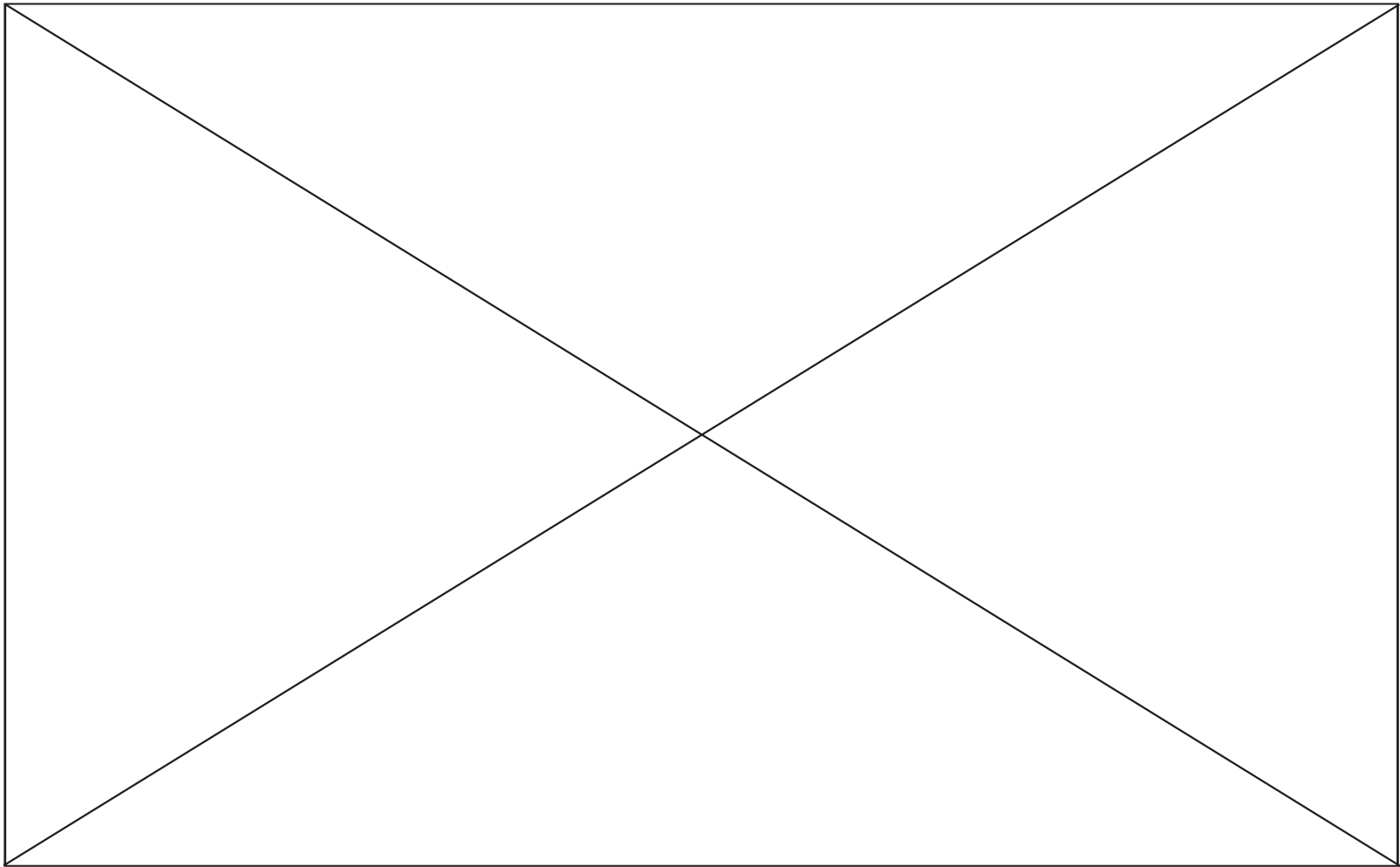
10A-51

표 10A-15 (75 중 24)



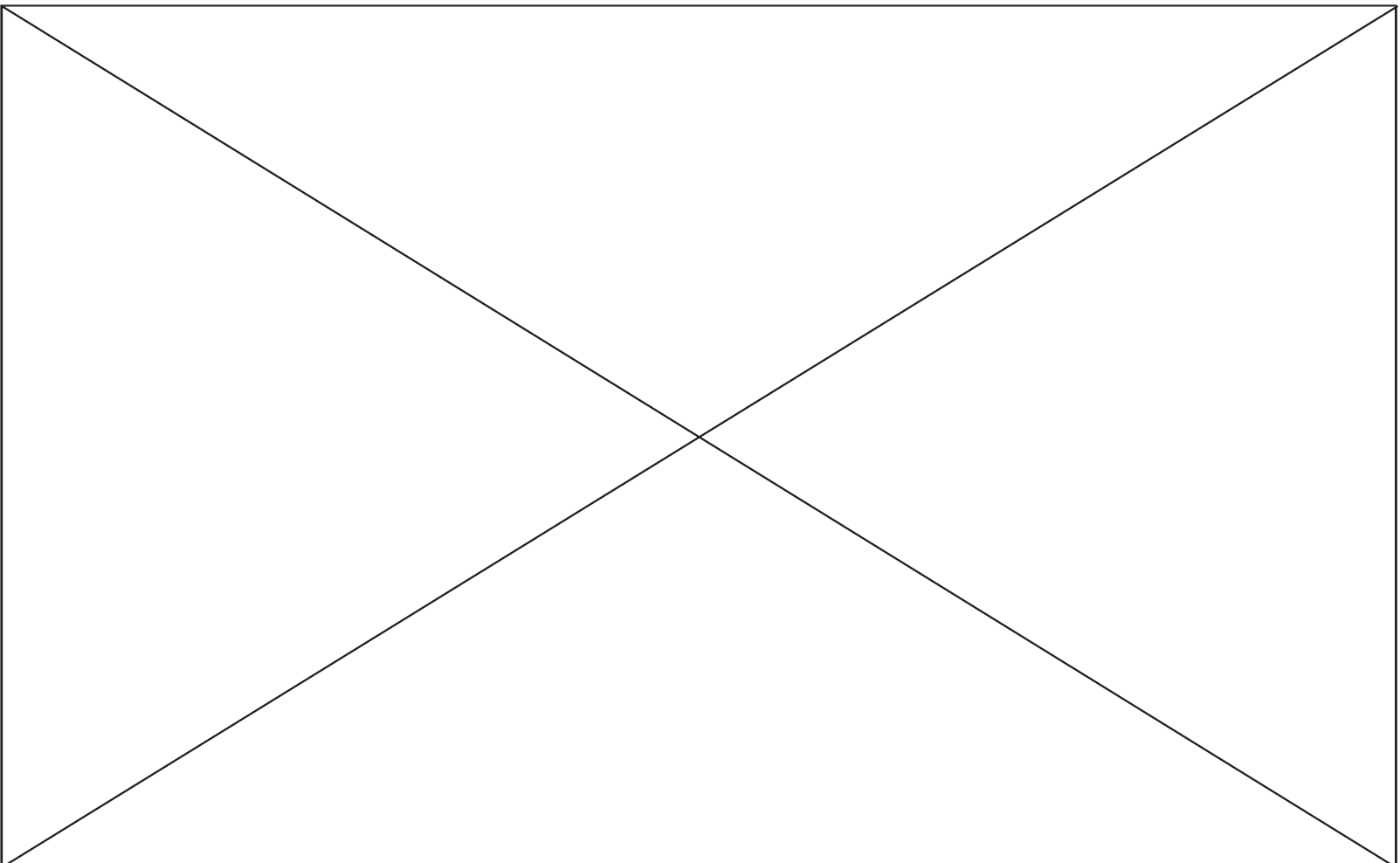
10A-52

표 10A-15 (75 중 25)



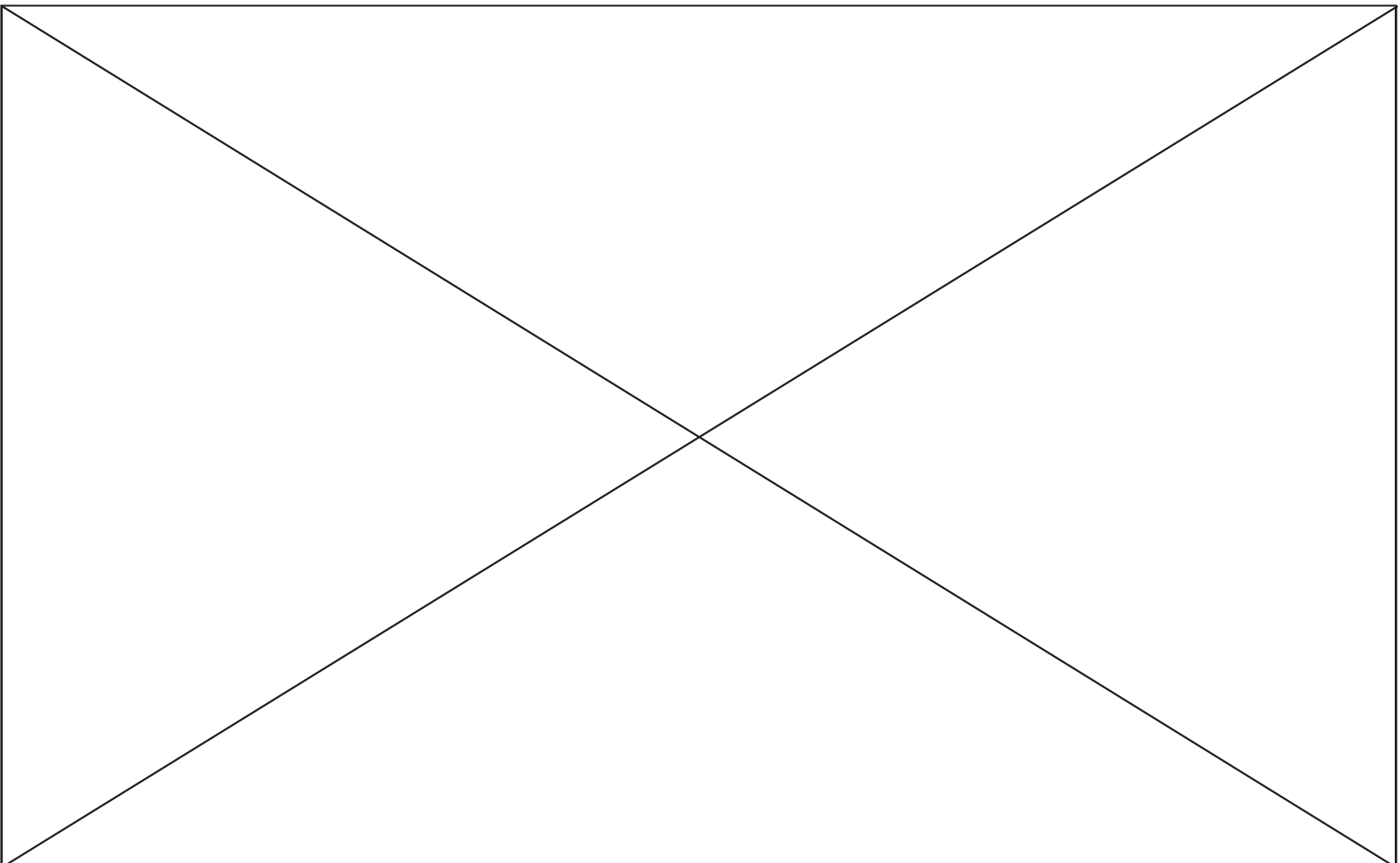
10A-53

표 10A-15 (75 중 26)



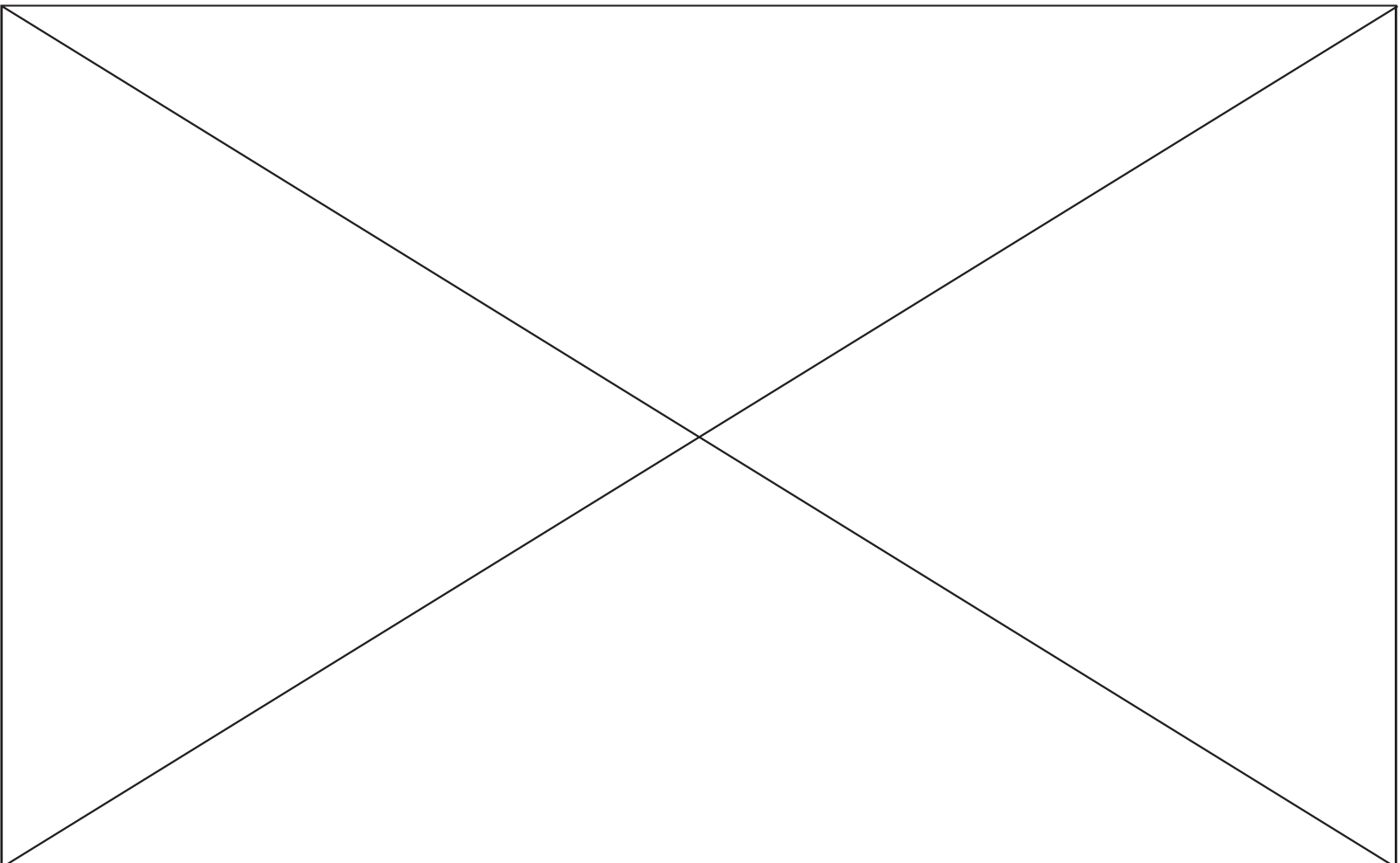
10A-54

표 10A-15 (75 중 27)



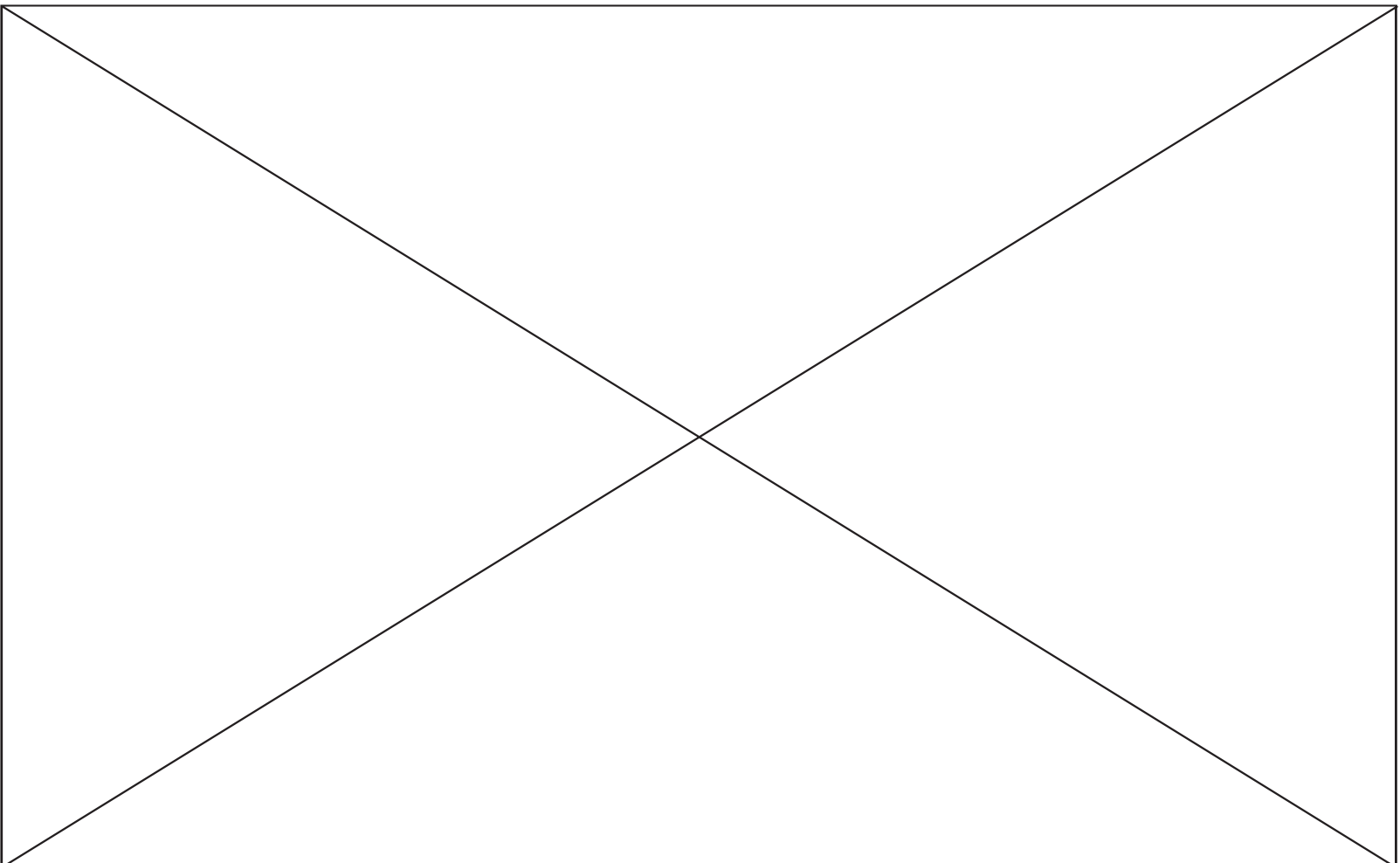
10A-55

표 10A-15 (75 중 28)



10A-56

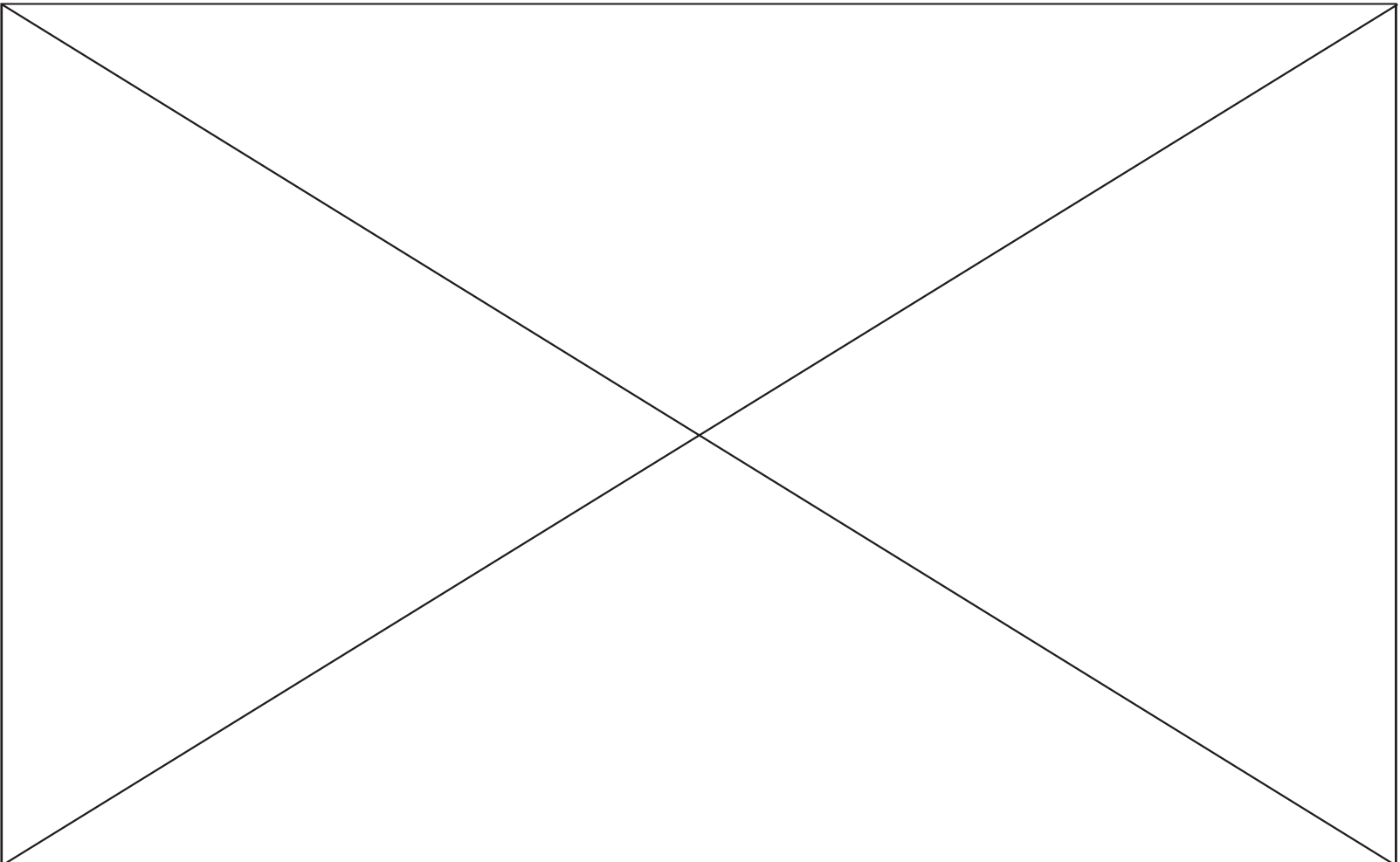
표 10A-15 (75 중 29)



10A-57

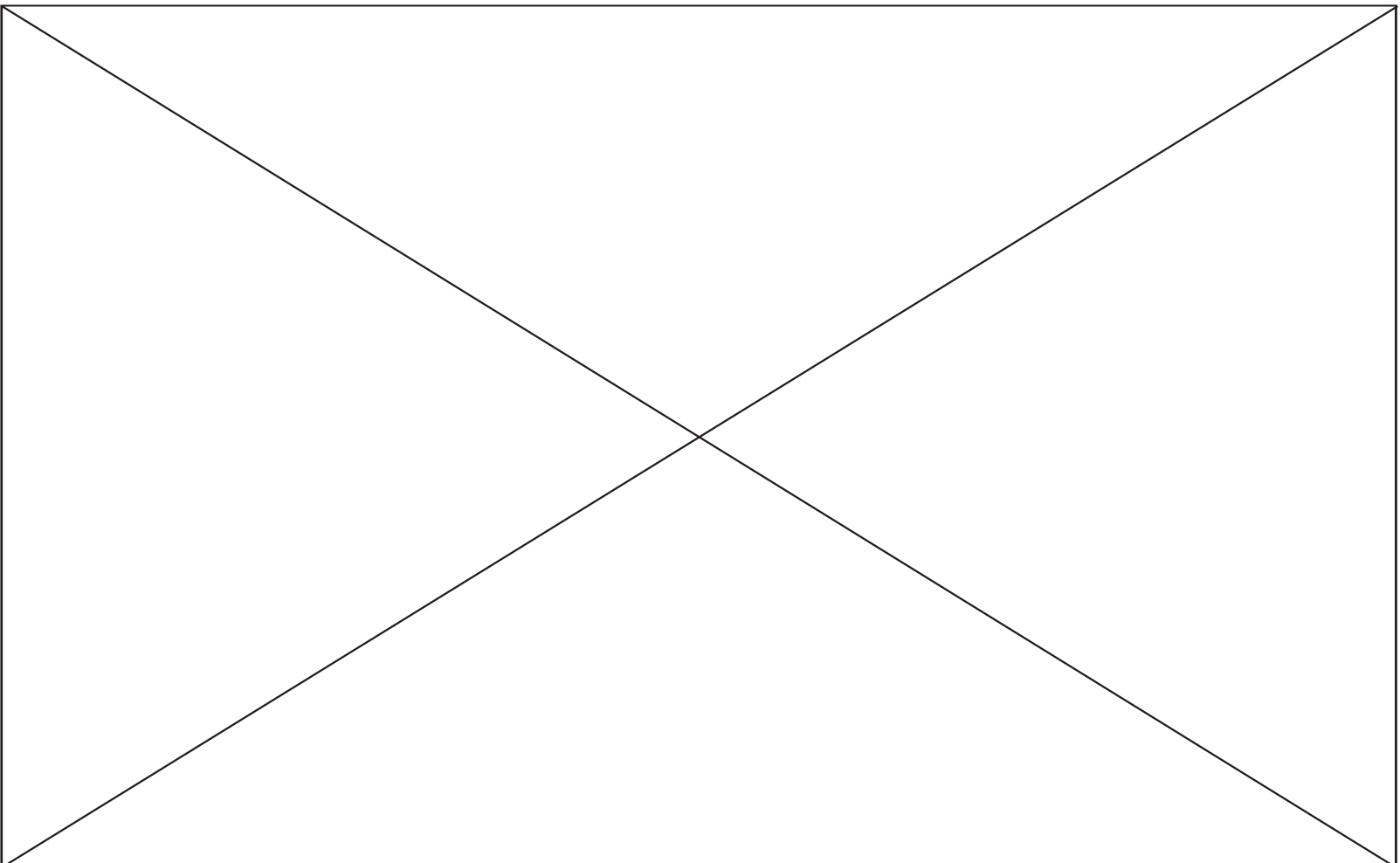


표 10A-15 (75 중 30)



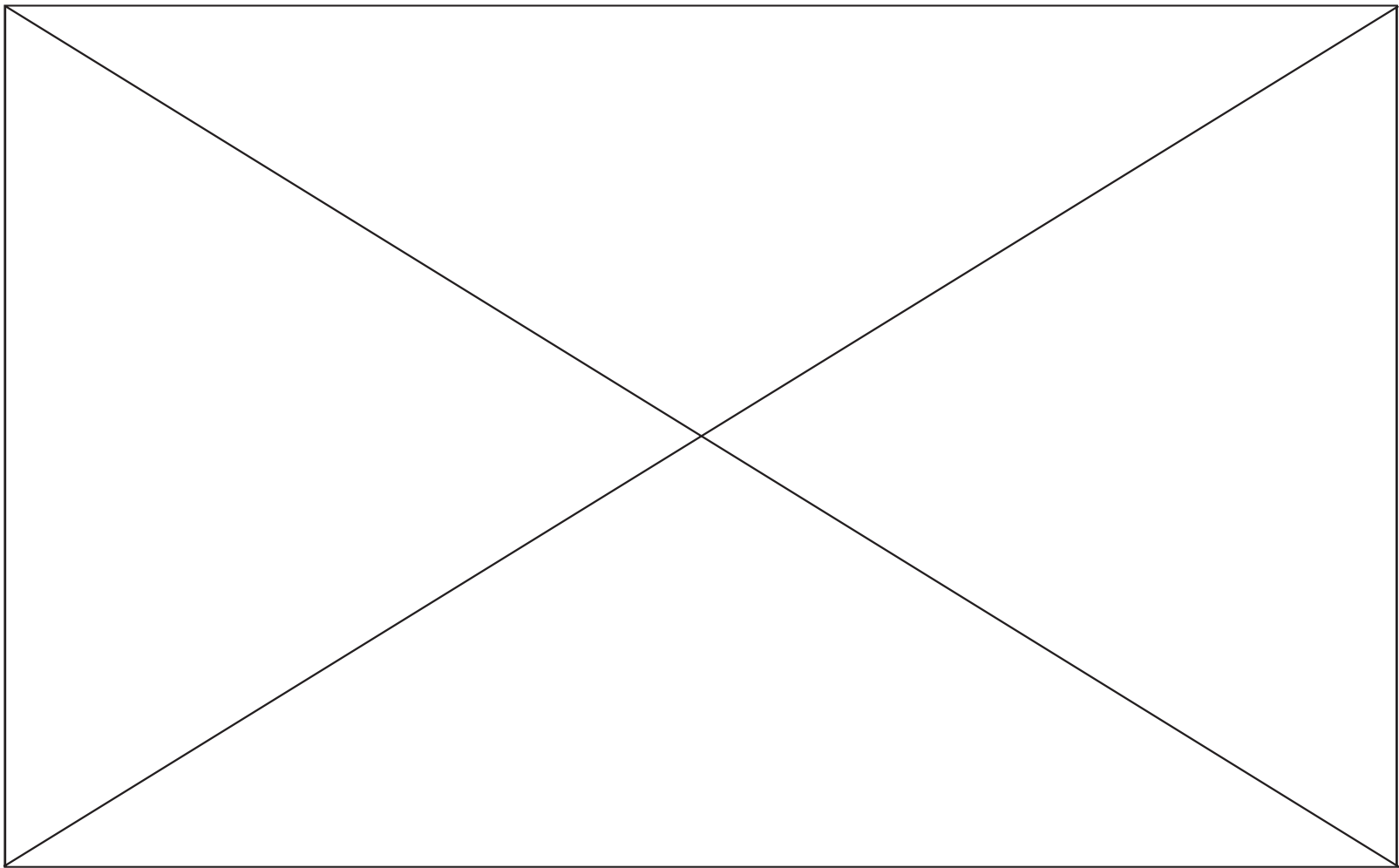
10A-58

표 10A-15 (75 중 31)



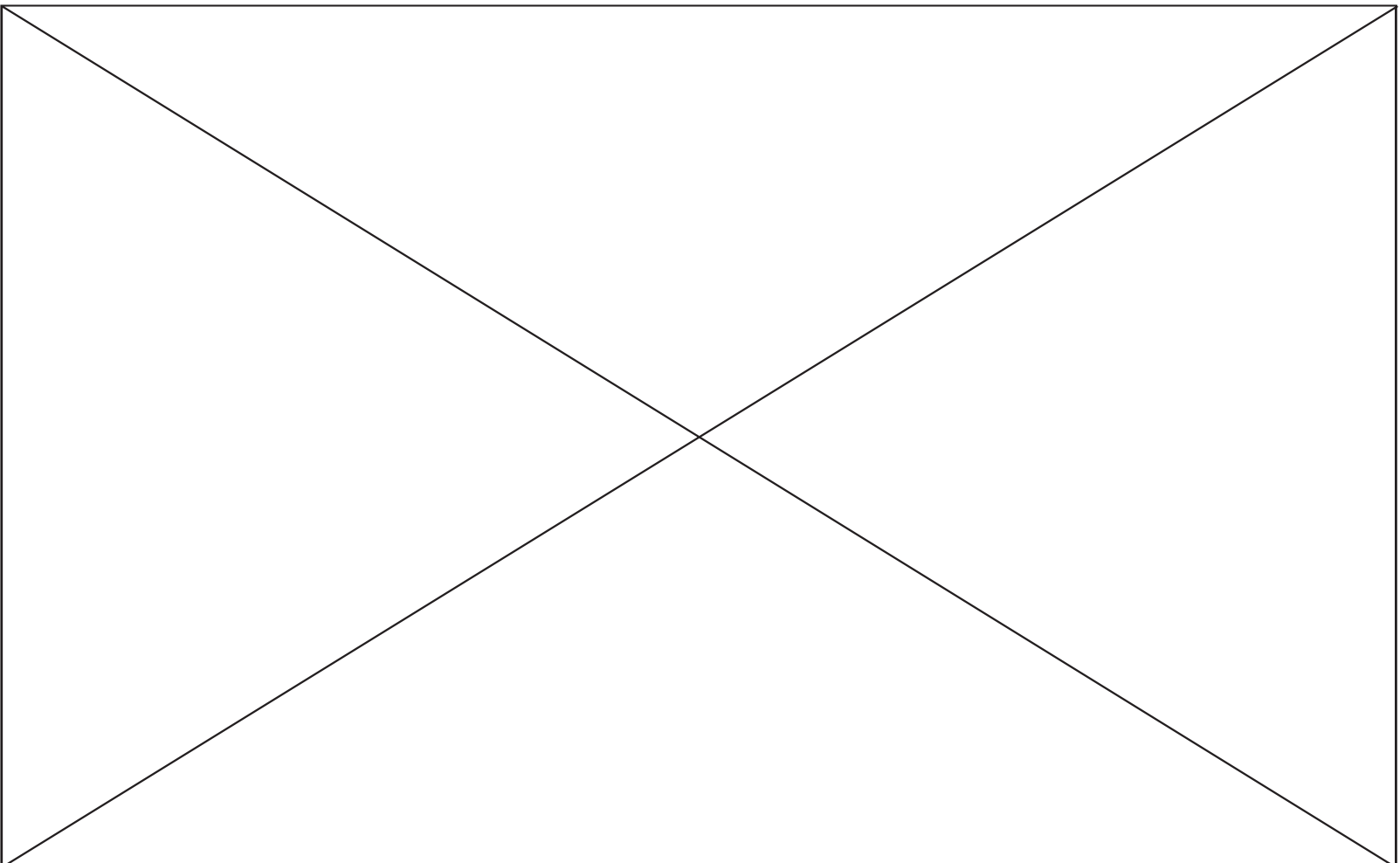
10A-59

표 10A-15 (75 중 32)



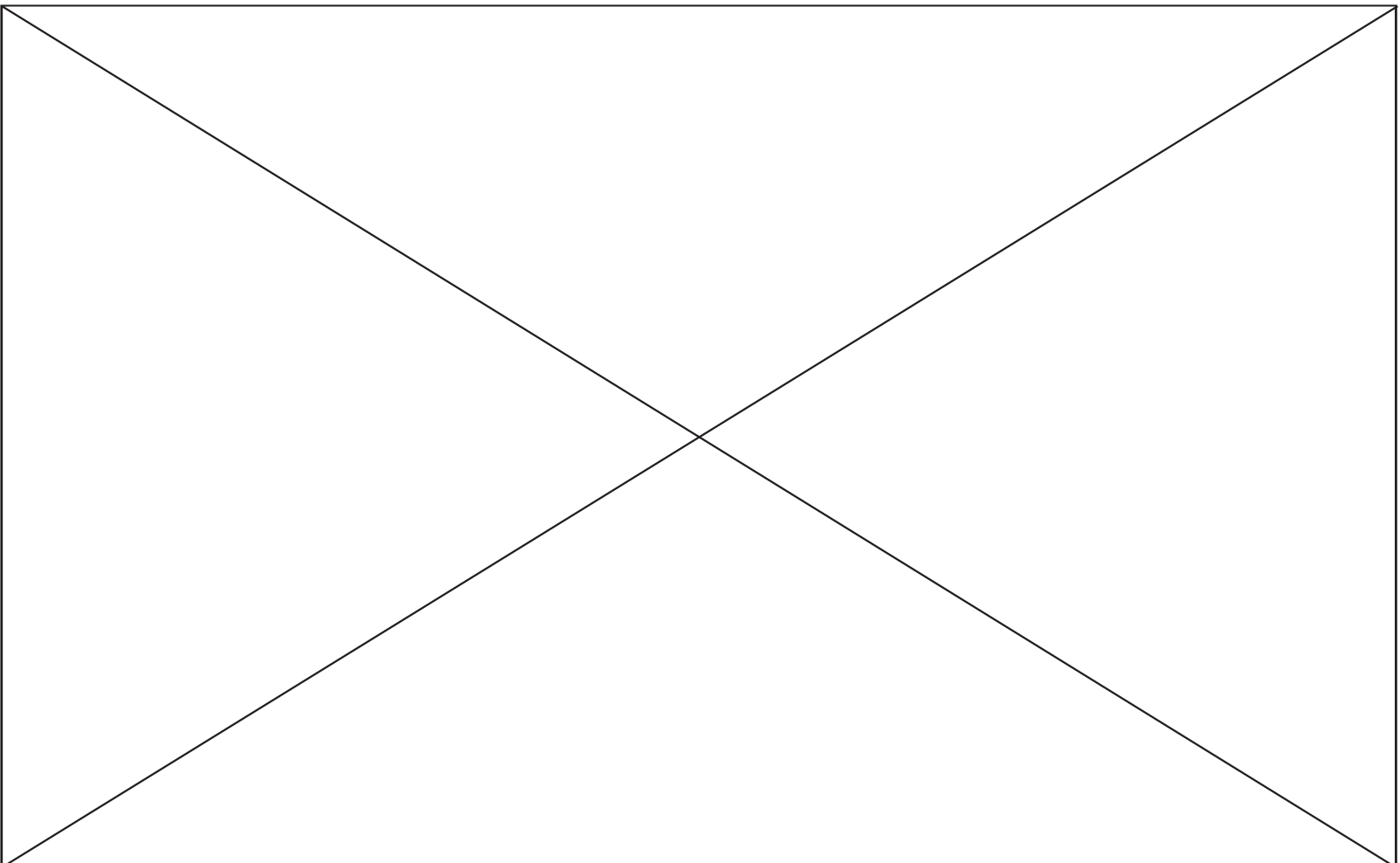
10A-60

표 10A-15 (75 중 33)



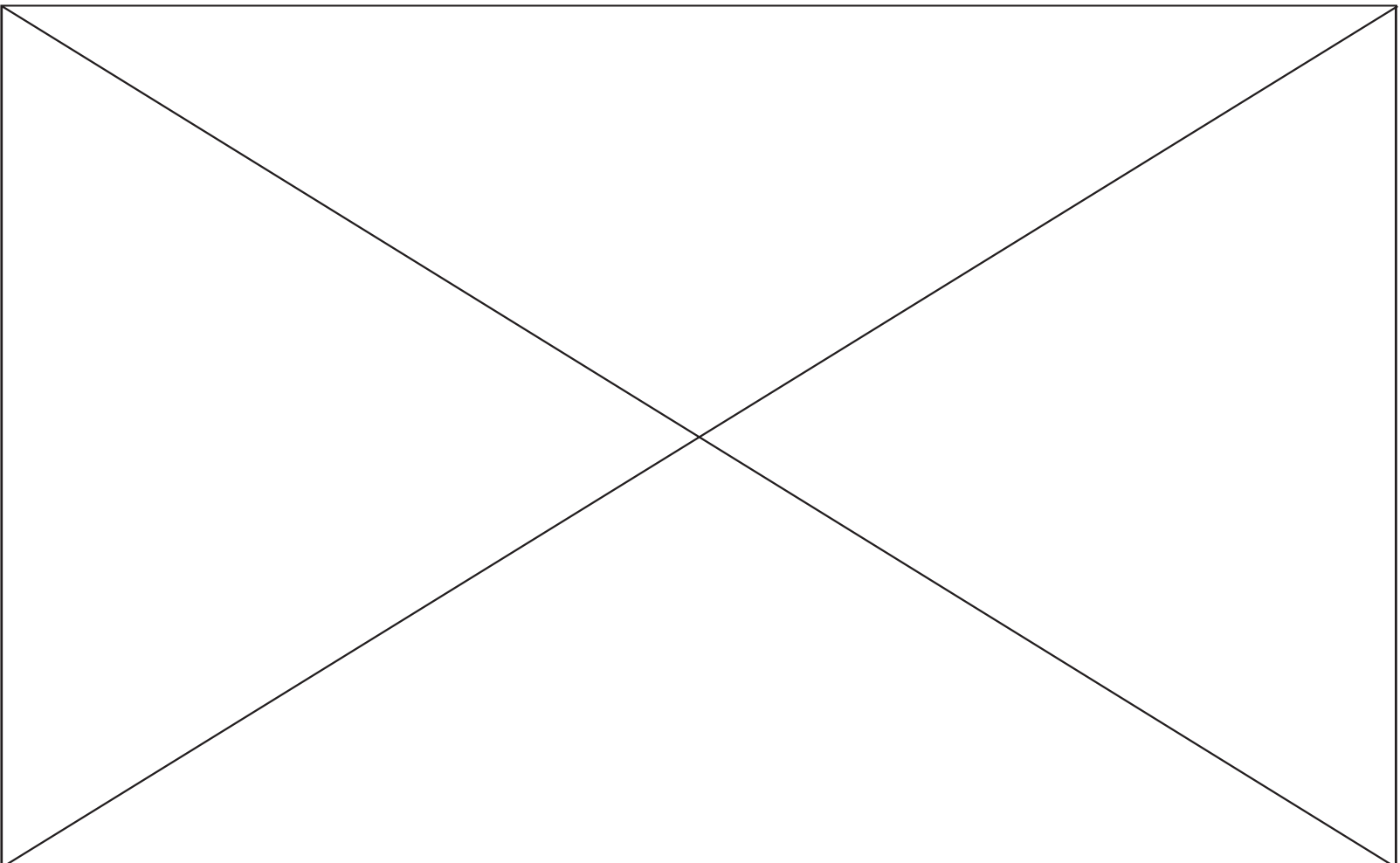
10A-61

표 10A-15 (75 중 34)



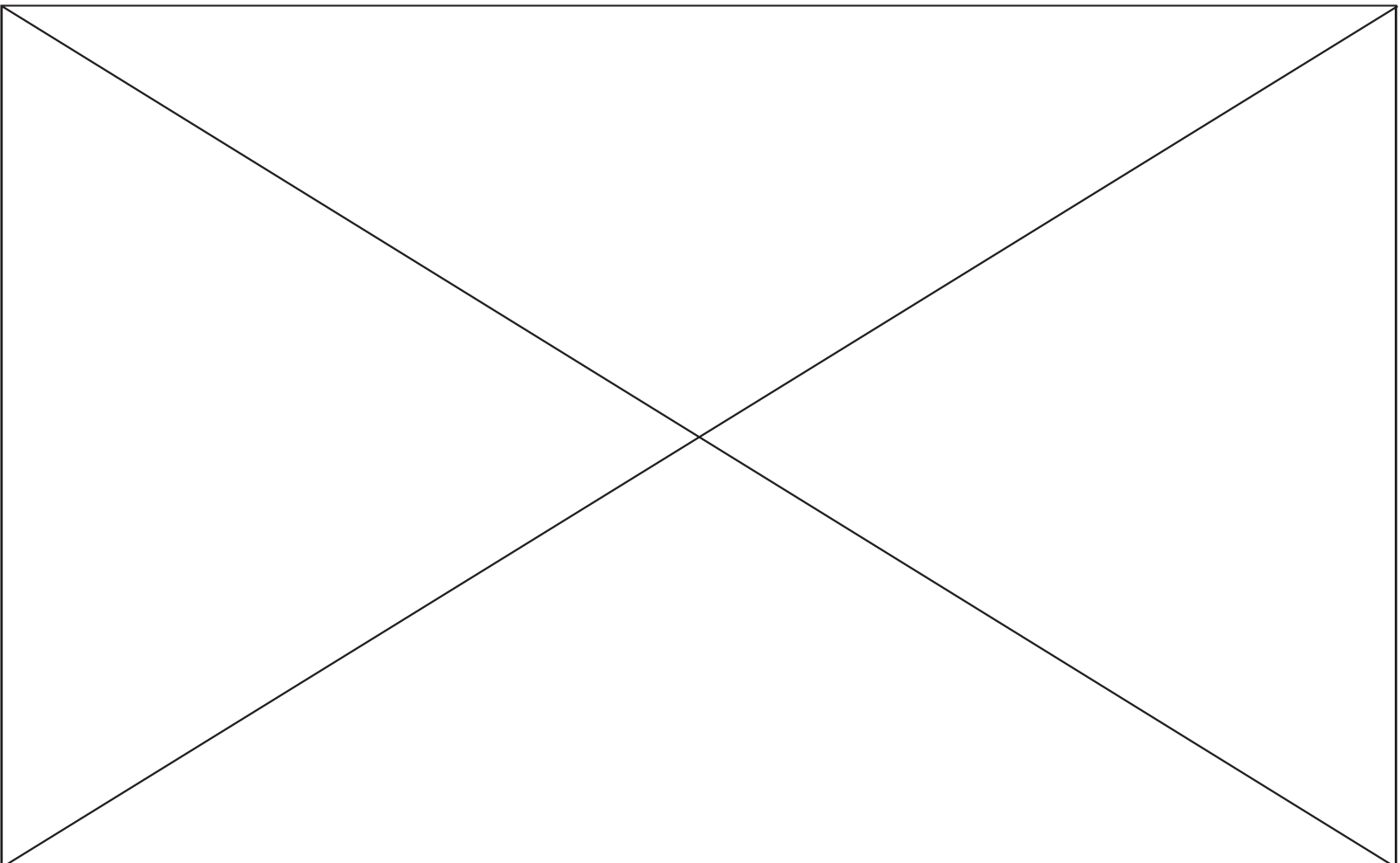
10A-62

표 10A-15 (75 중 35)



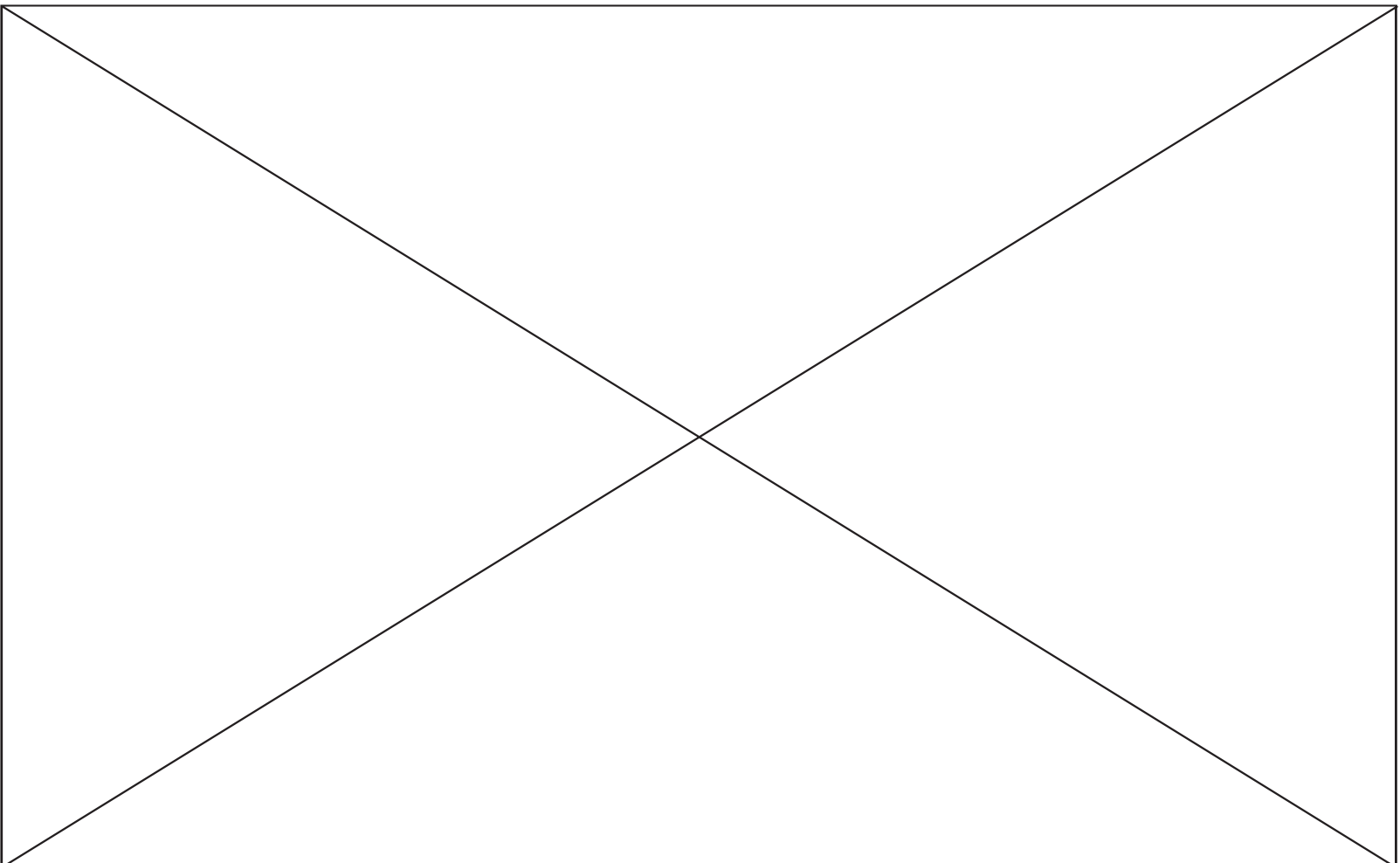
10A-63

표 10A-15 (75 중 36)



10A-64

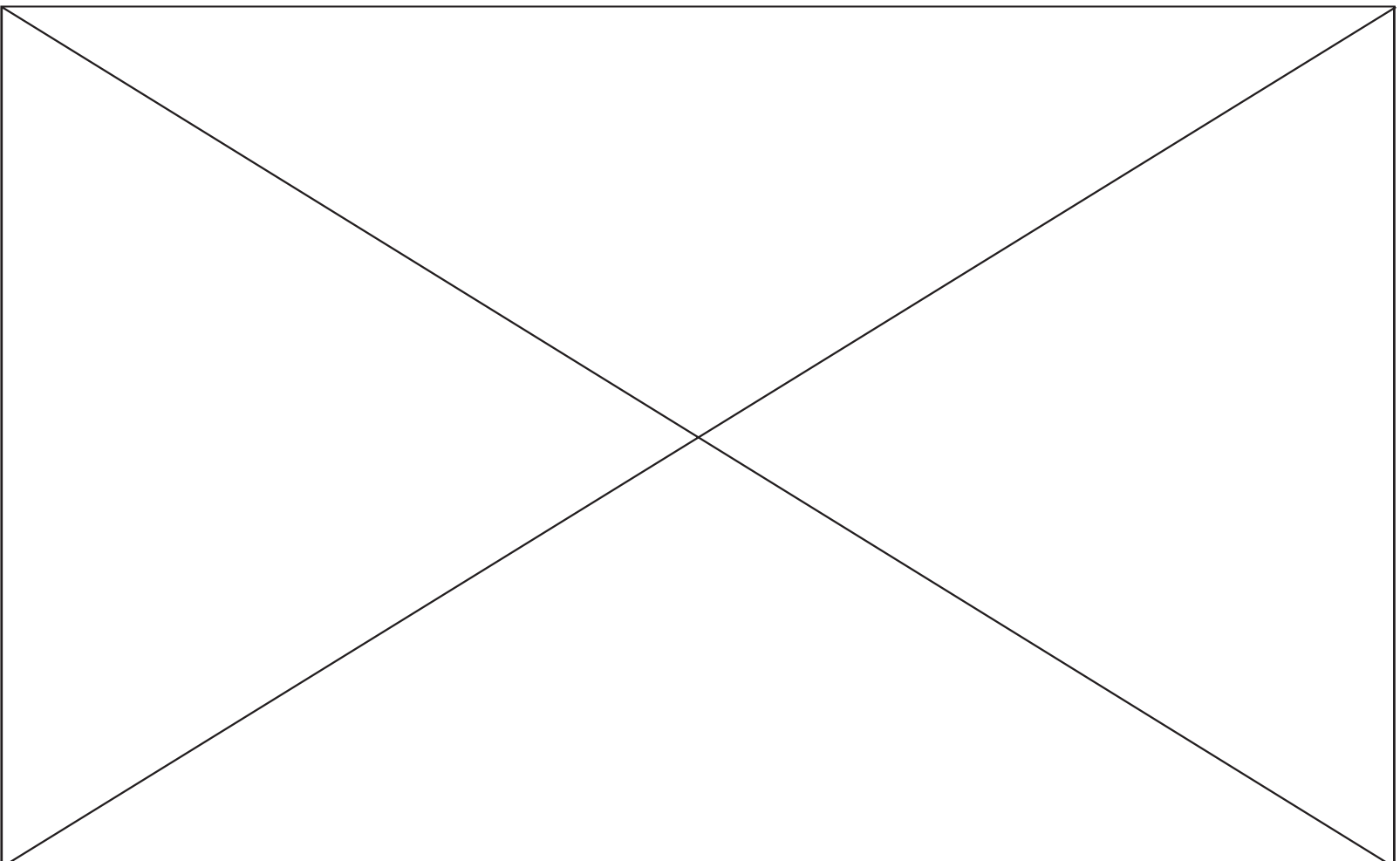
표 10A-15 (75 중 37)



10A-65

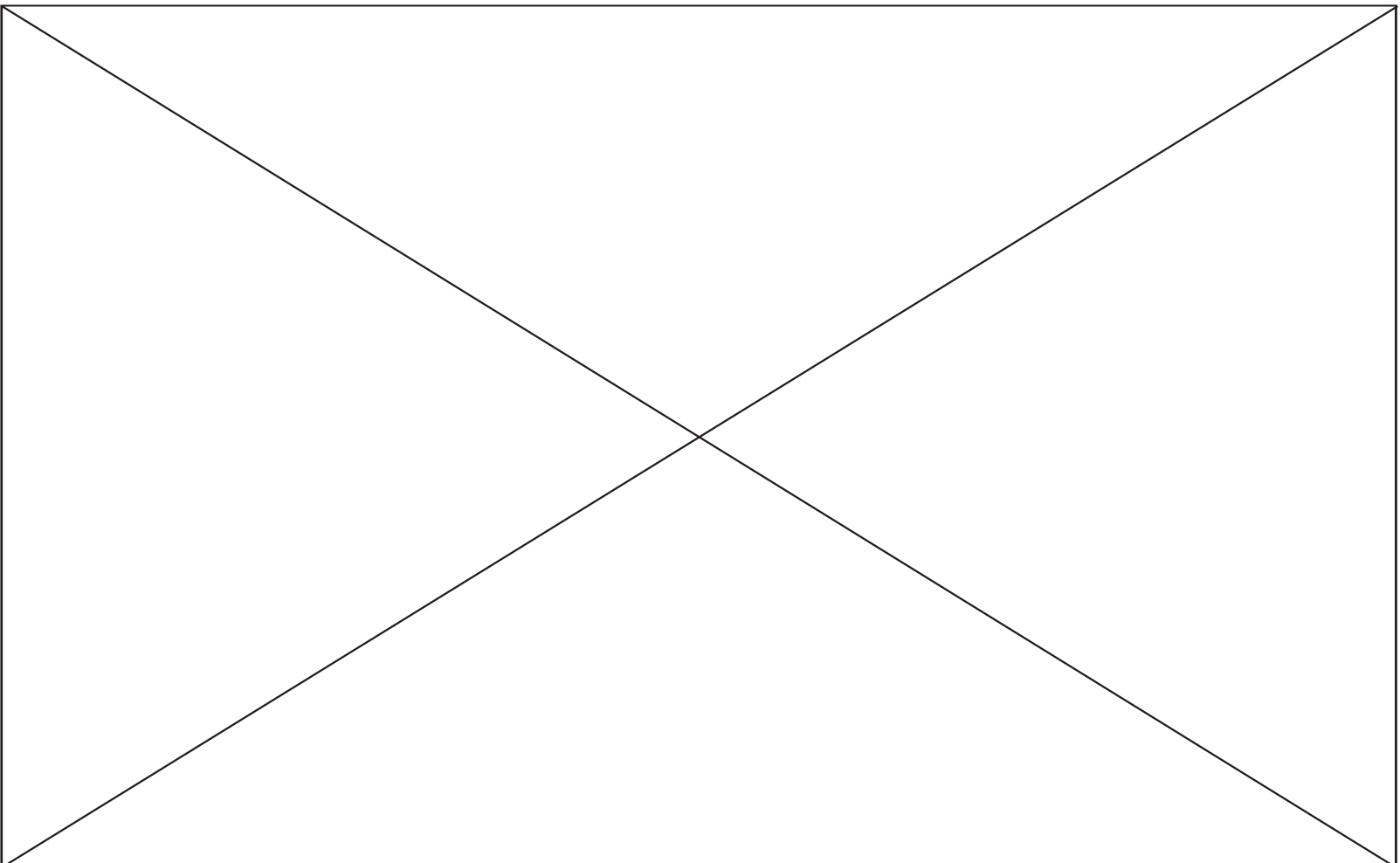


표 10A-15 (75 중 38)



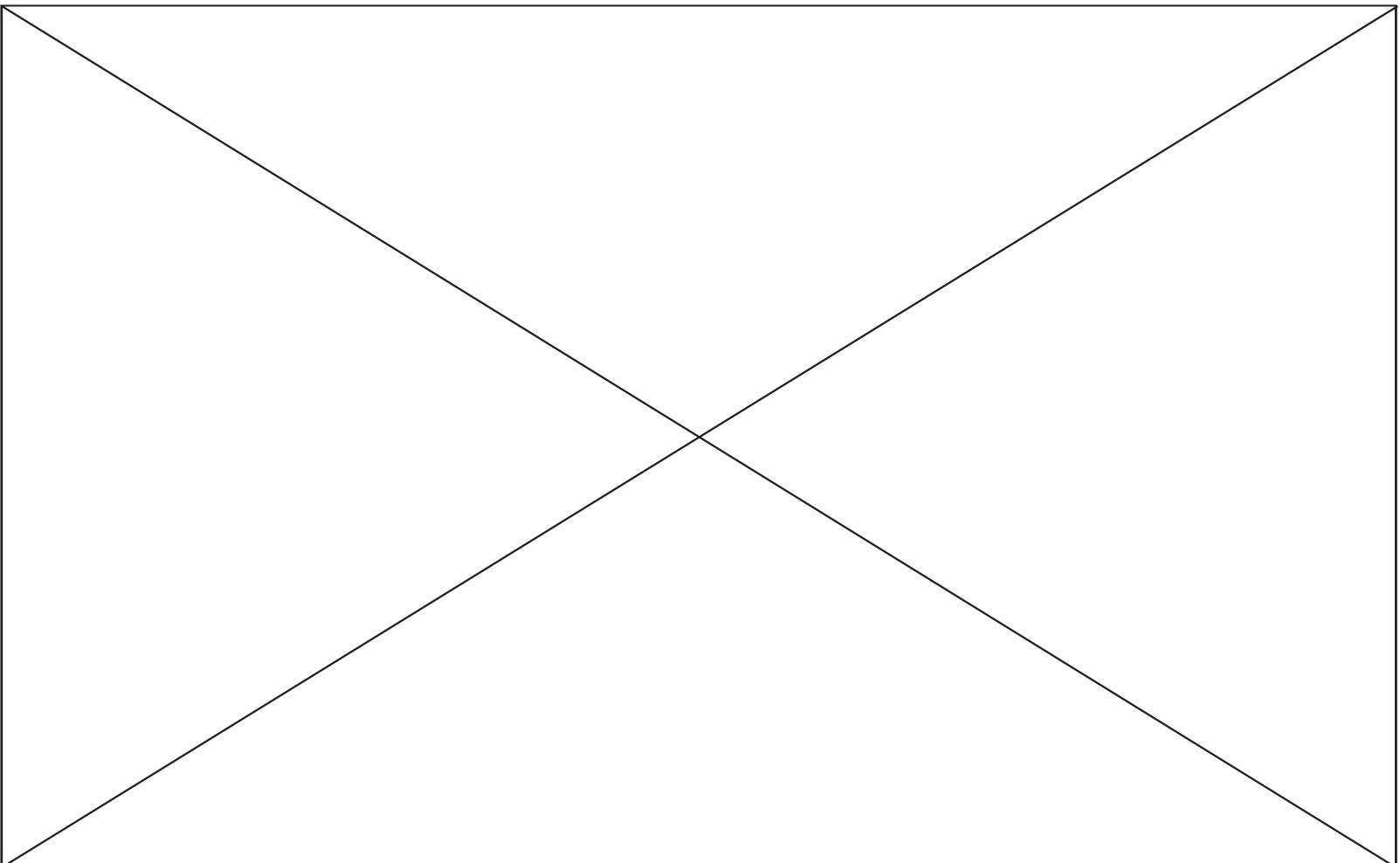
10A-66

표 10A-15 (75 중 39)



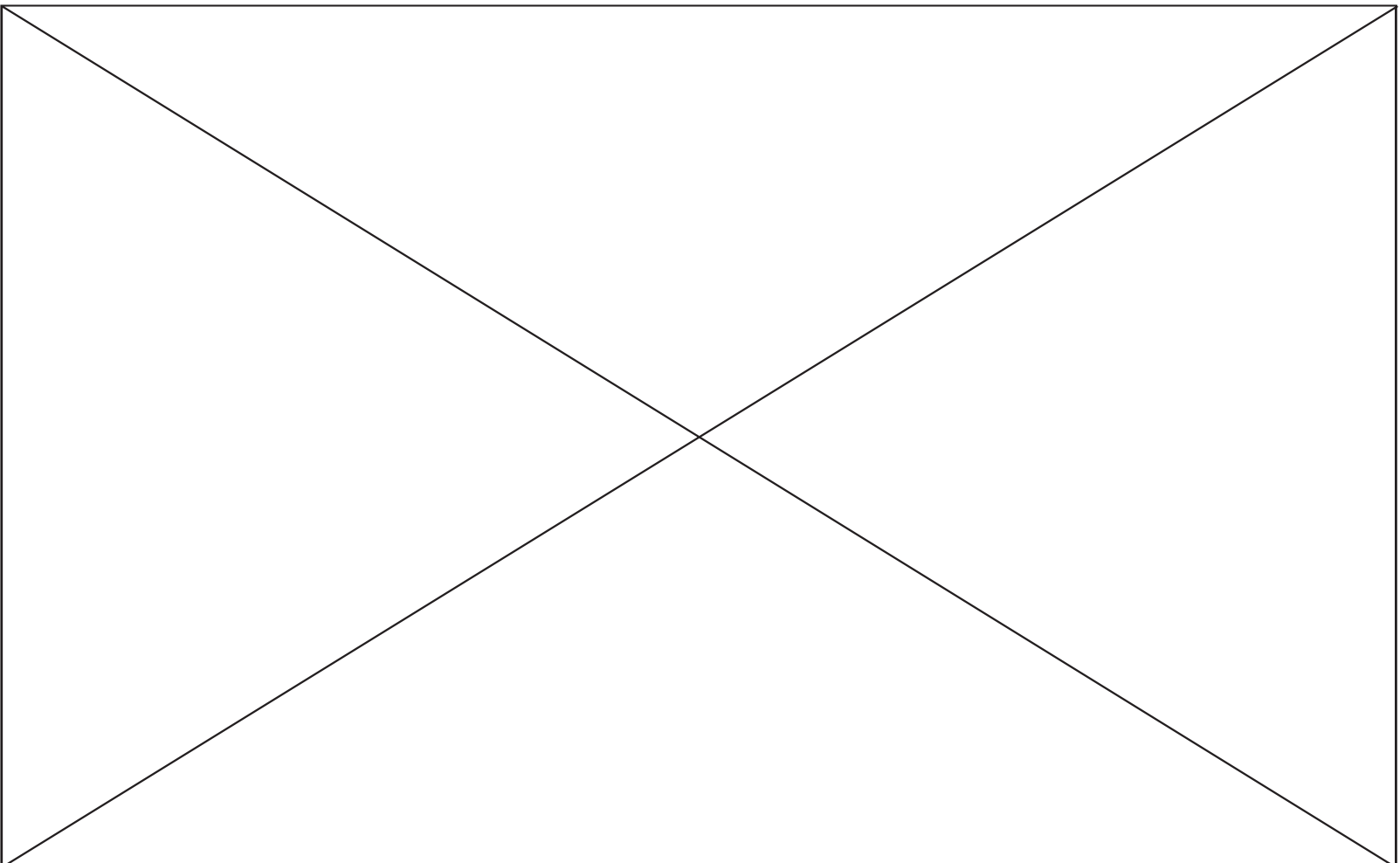
10A-67

표 10A-15 (75 중 40)



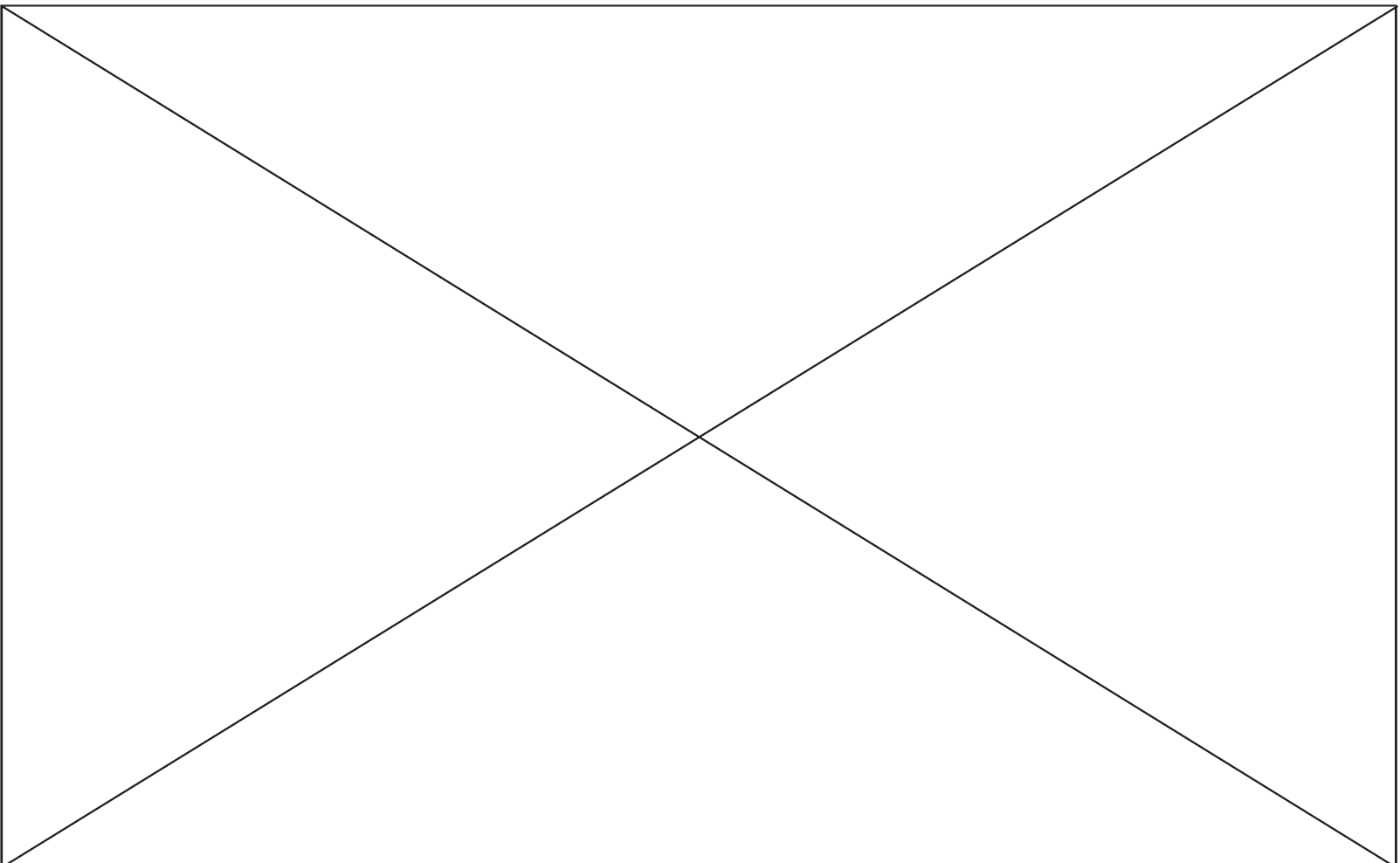
10A-68

표 10A-15 (75 중 41)



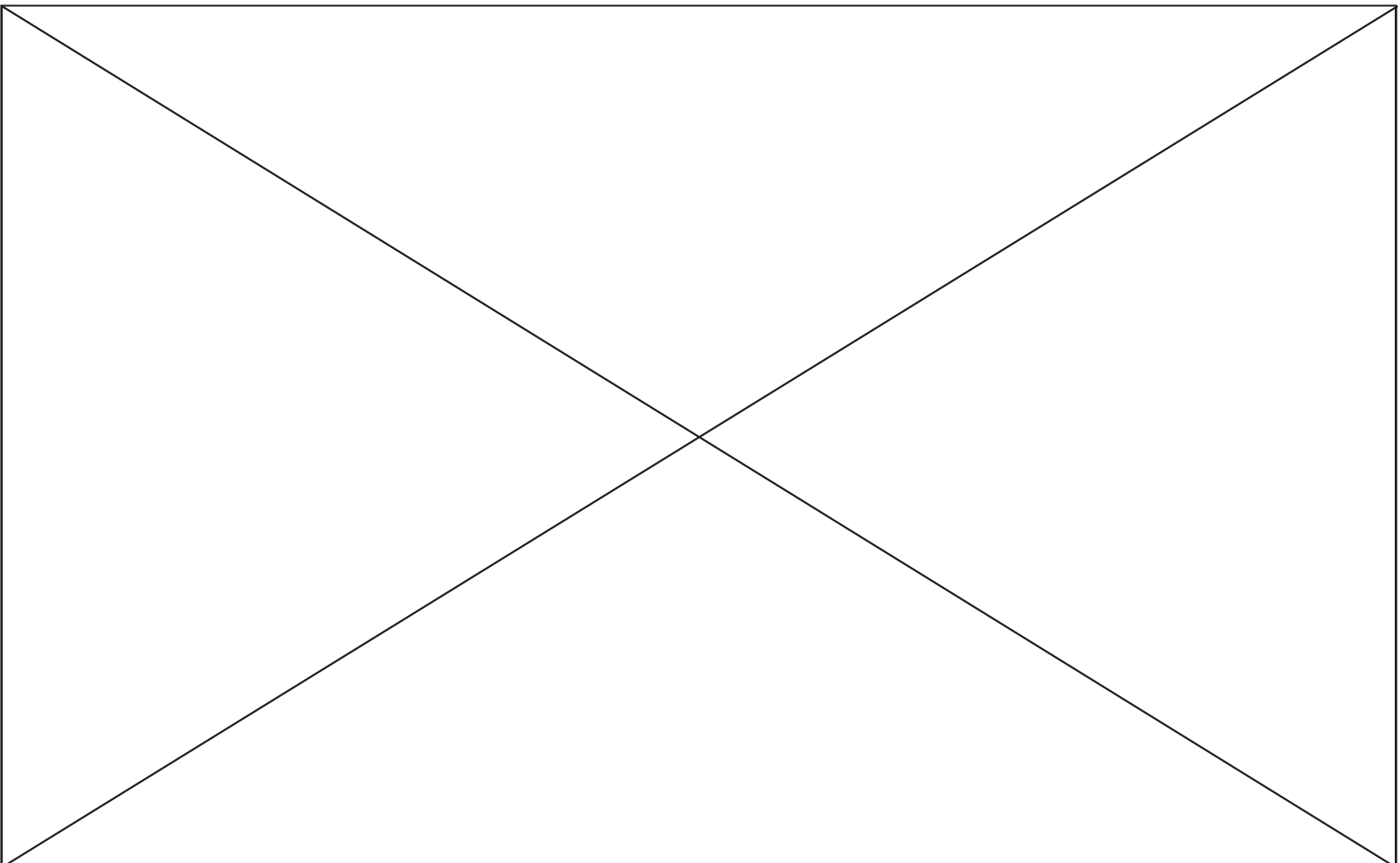
10A-69

표 10A-15 (75 중 42)



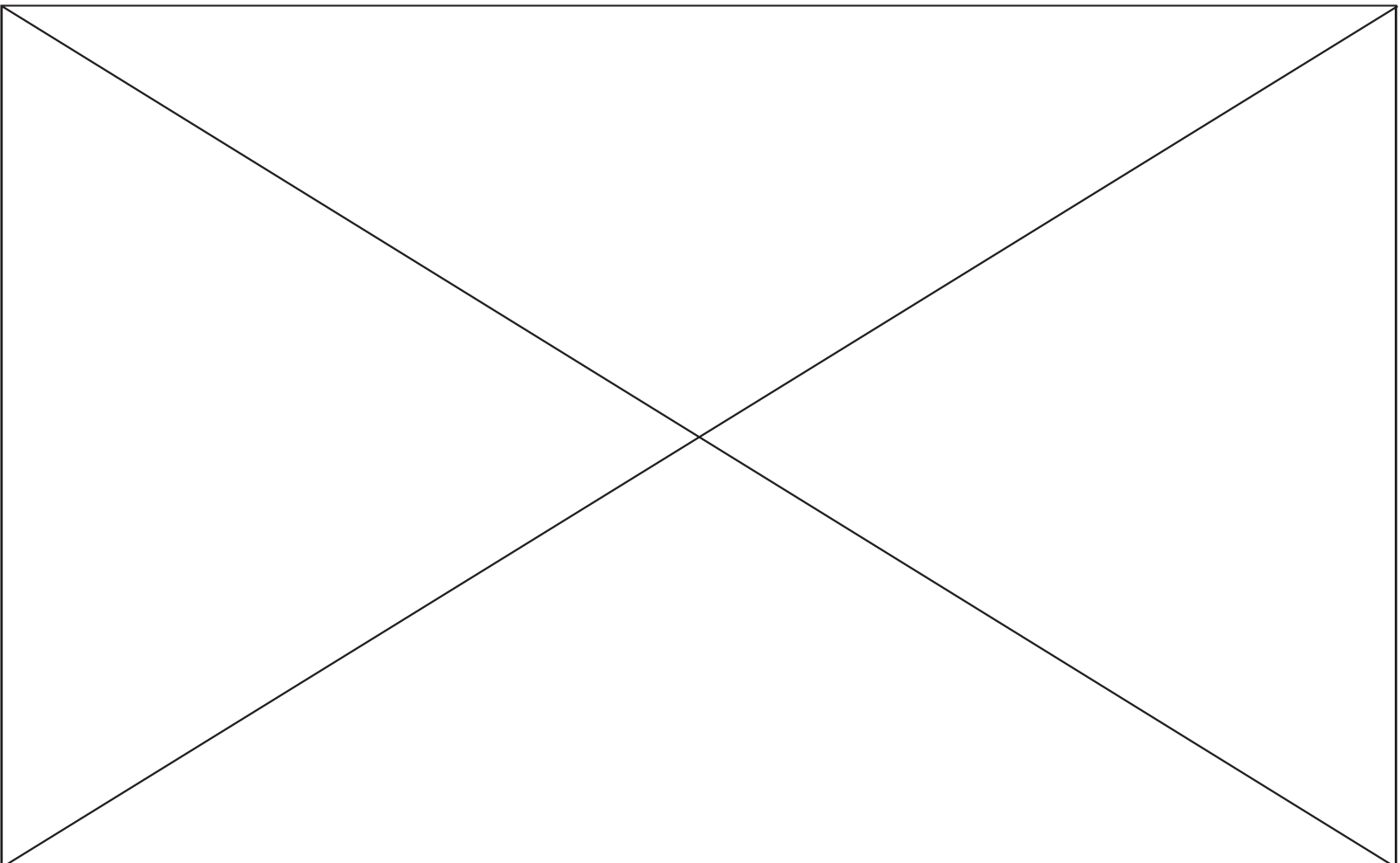
10A-70

표 10A-15 (75 중 43)



10A-71

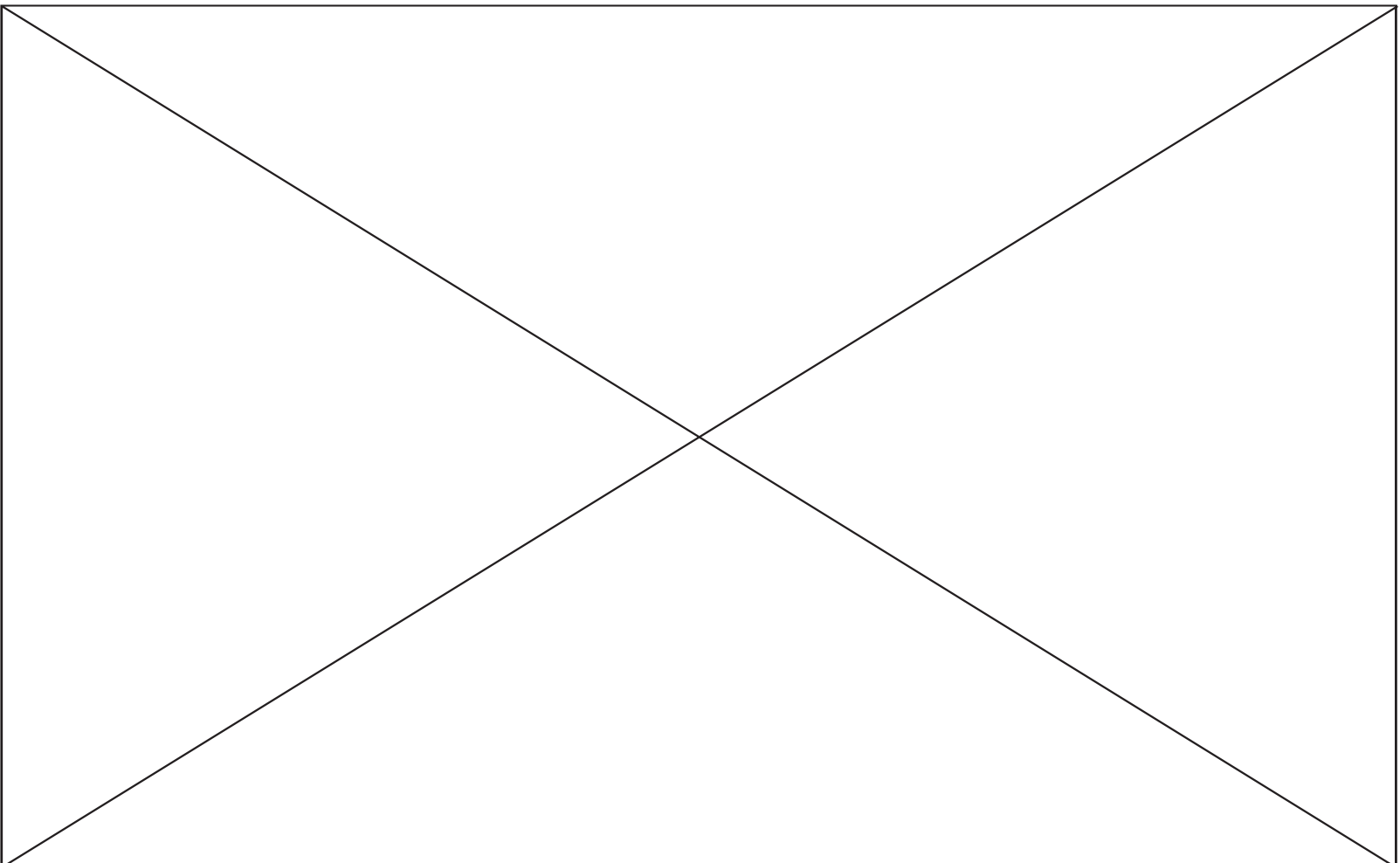
표 10A-15 (75 중 44)



10A-72

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

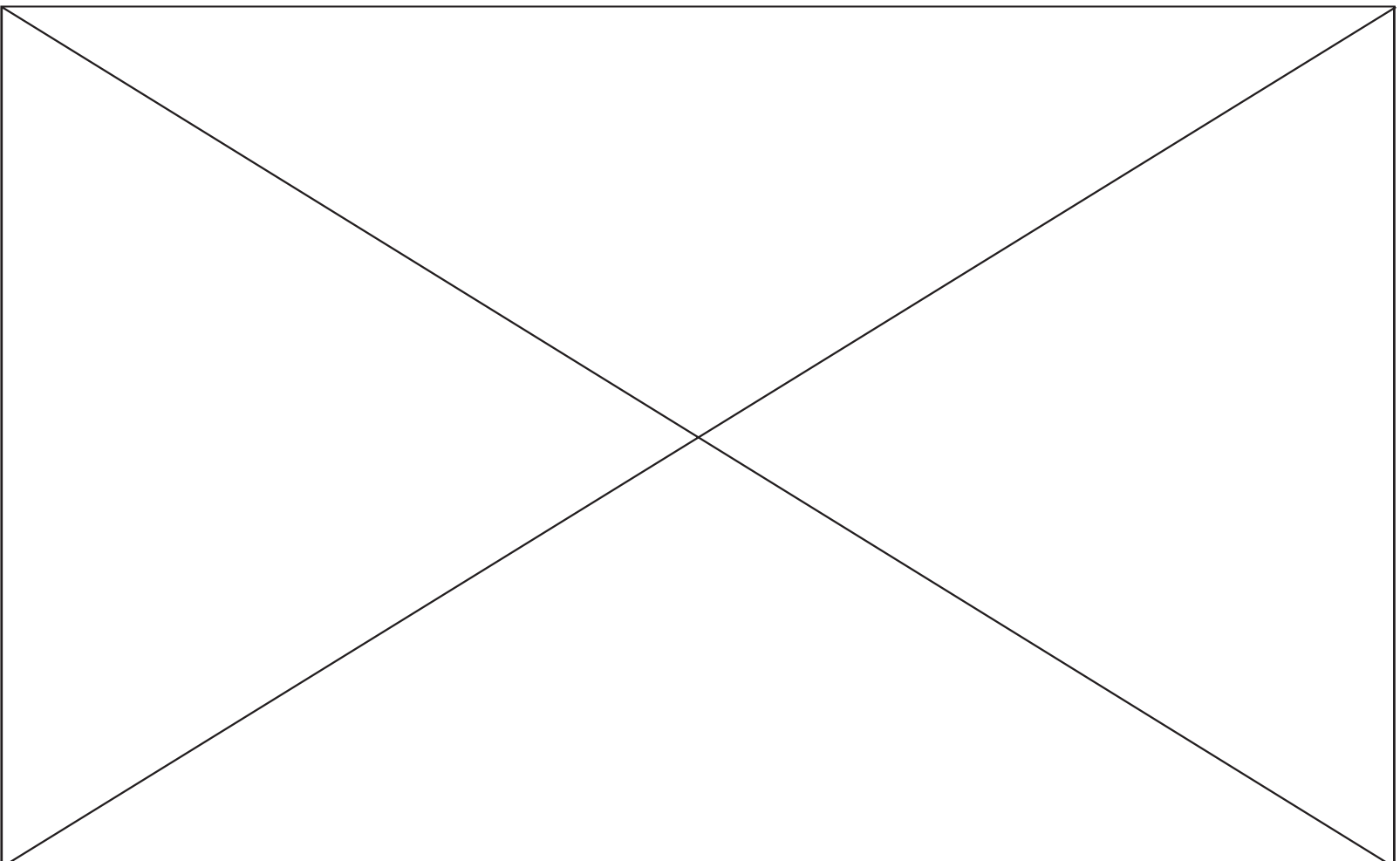
표 10A-15 (75 중 45)



10A-73

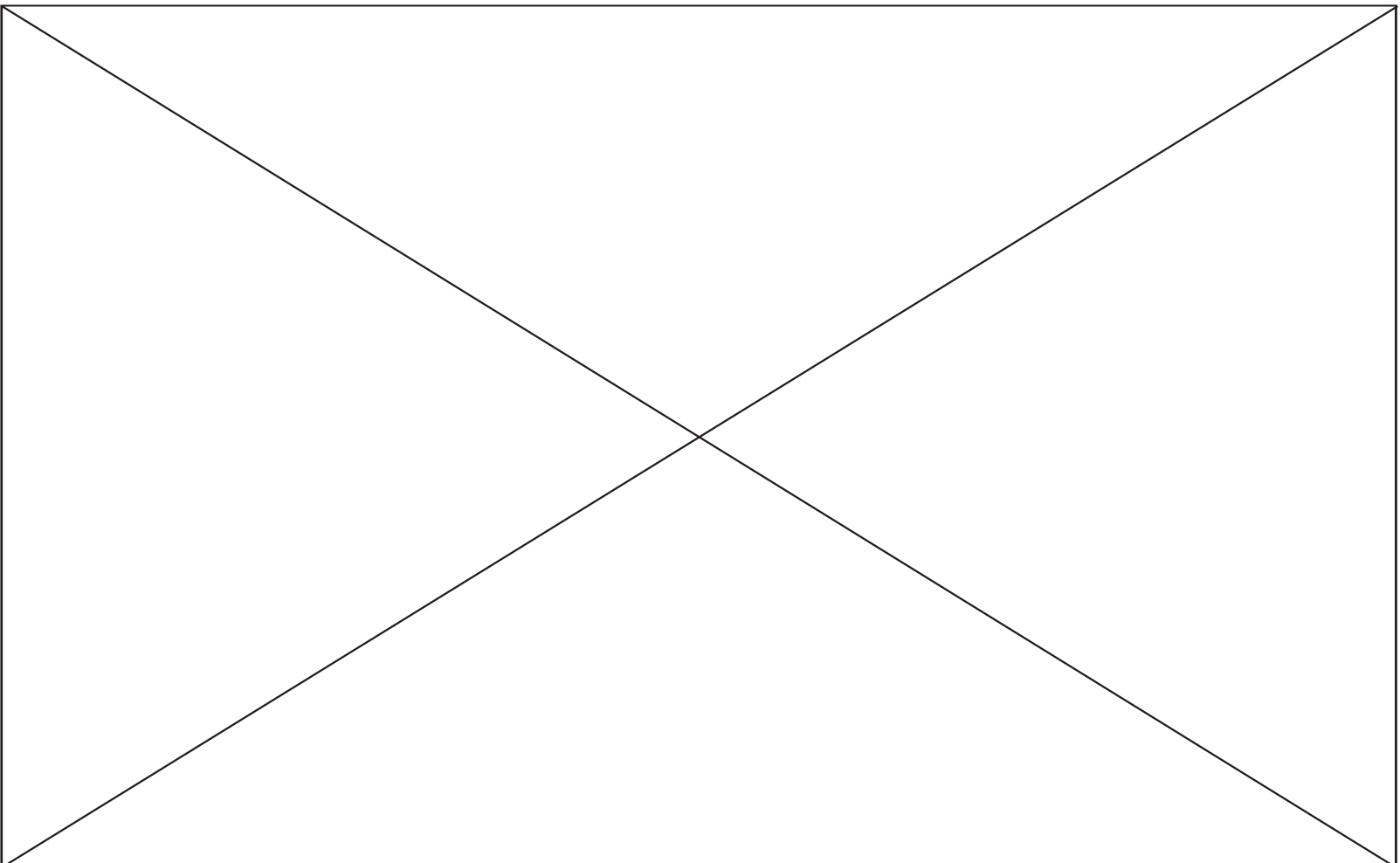


표 10A-15 (75 중 46)



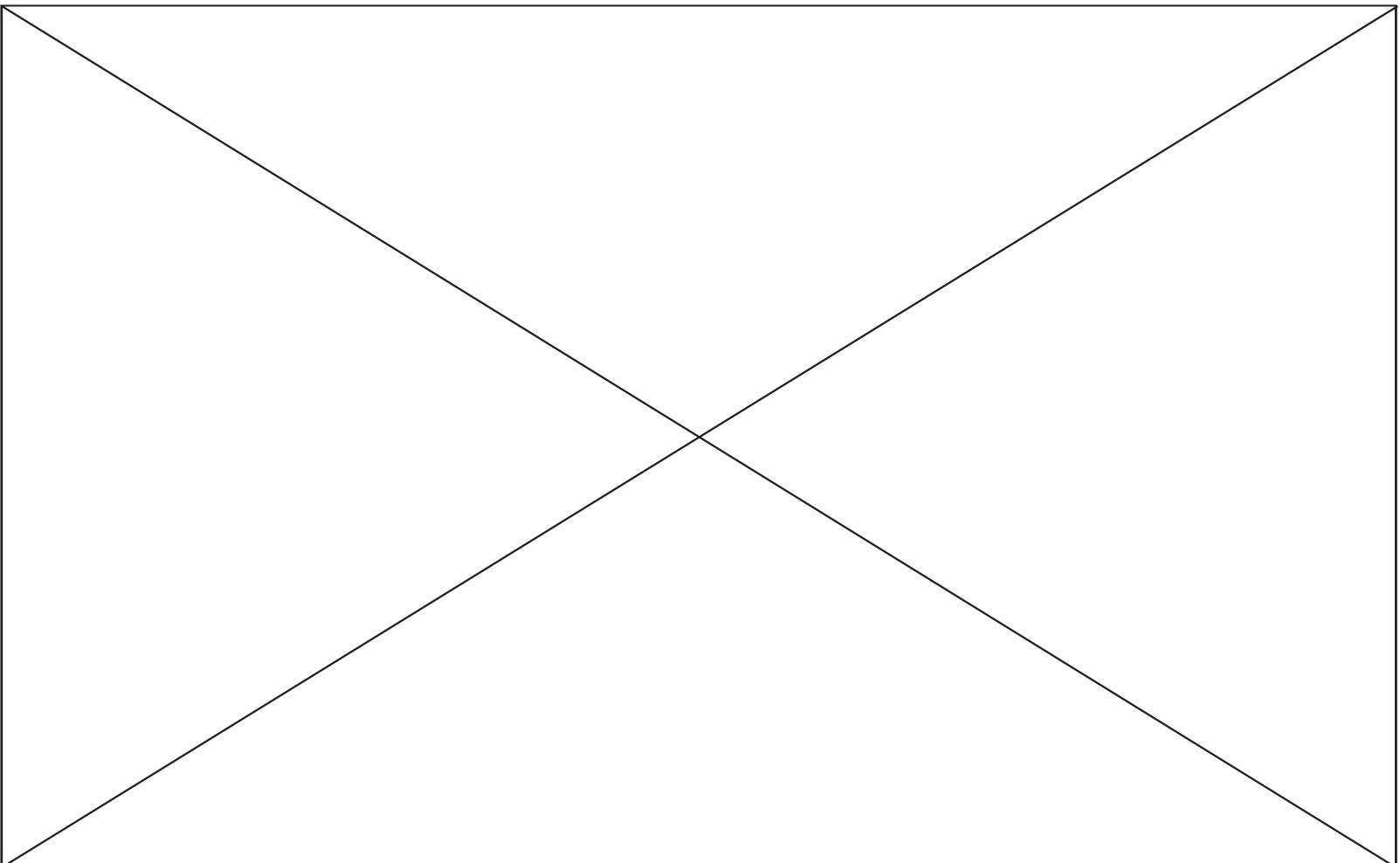
10A-74

표 10A-15 (75 중 47)



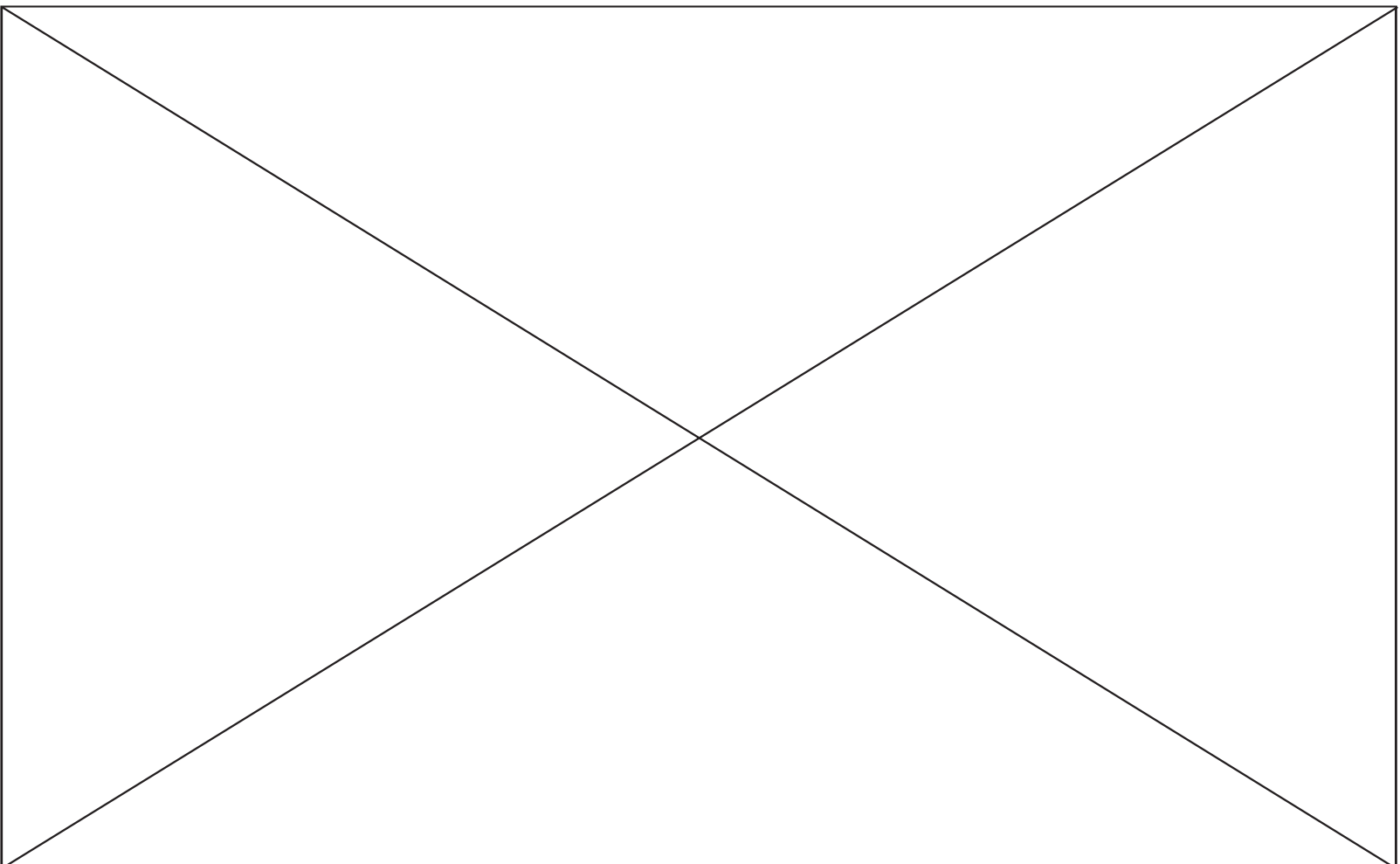
10A-75

표 10A-15 (75 중 48)



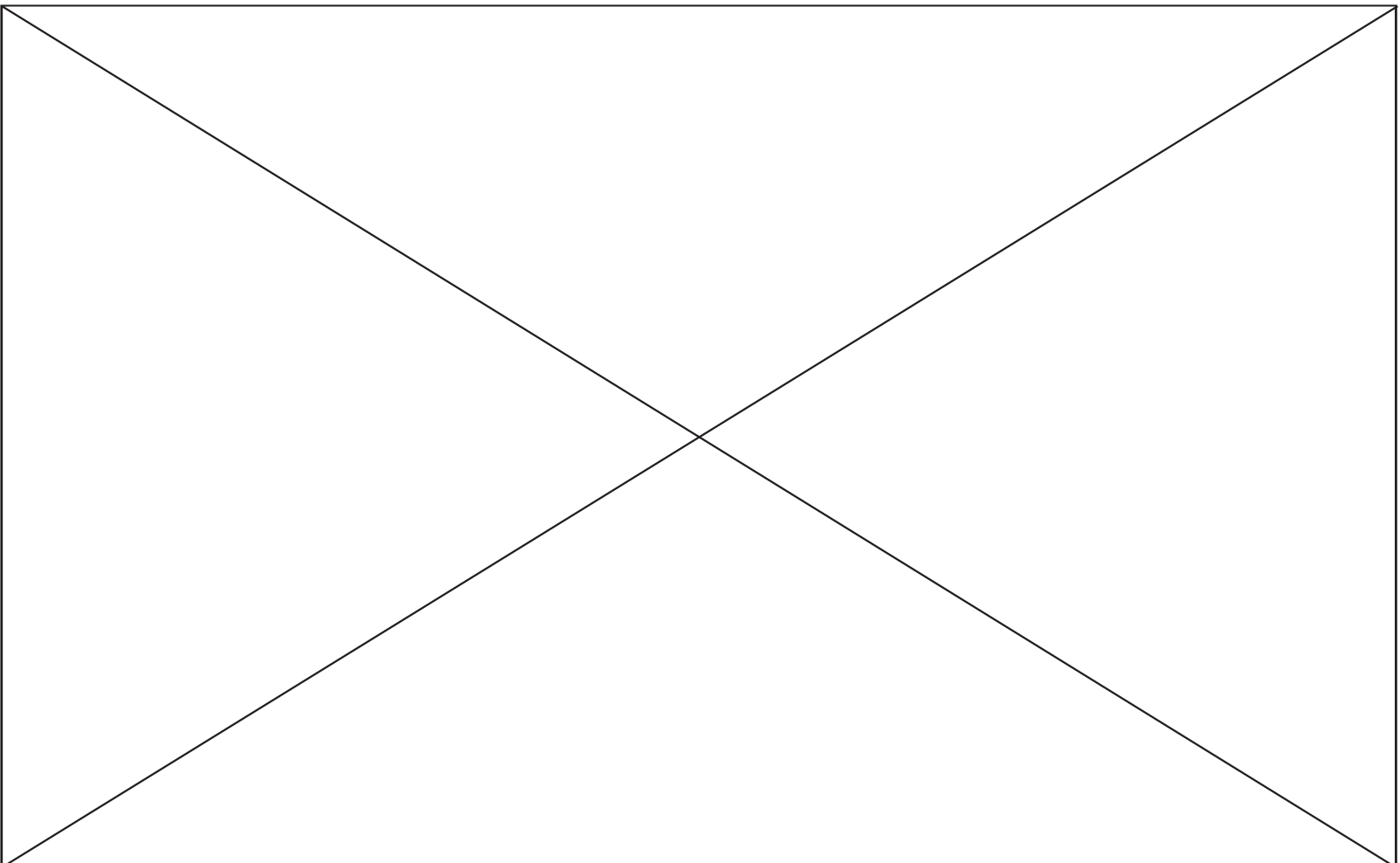
10A-76

표 10A-15 (75 중 49)



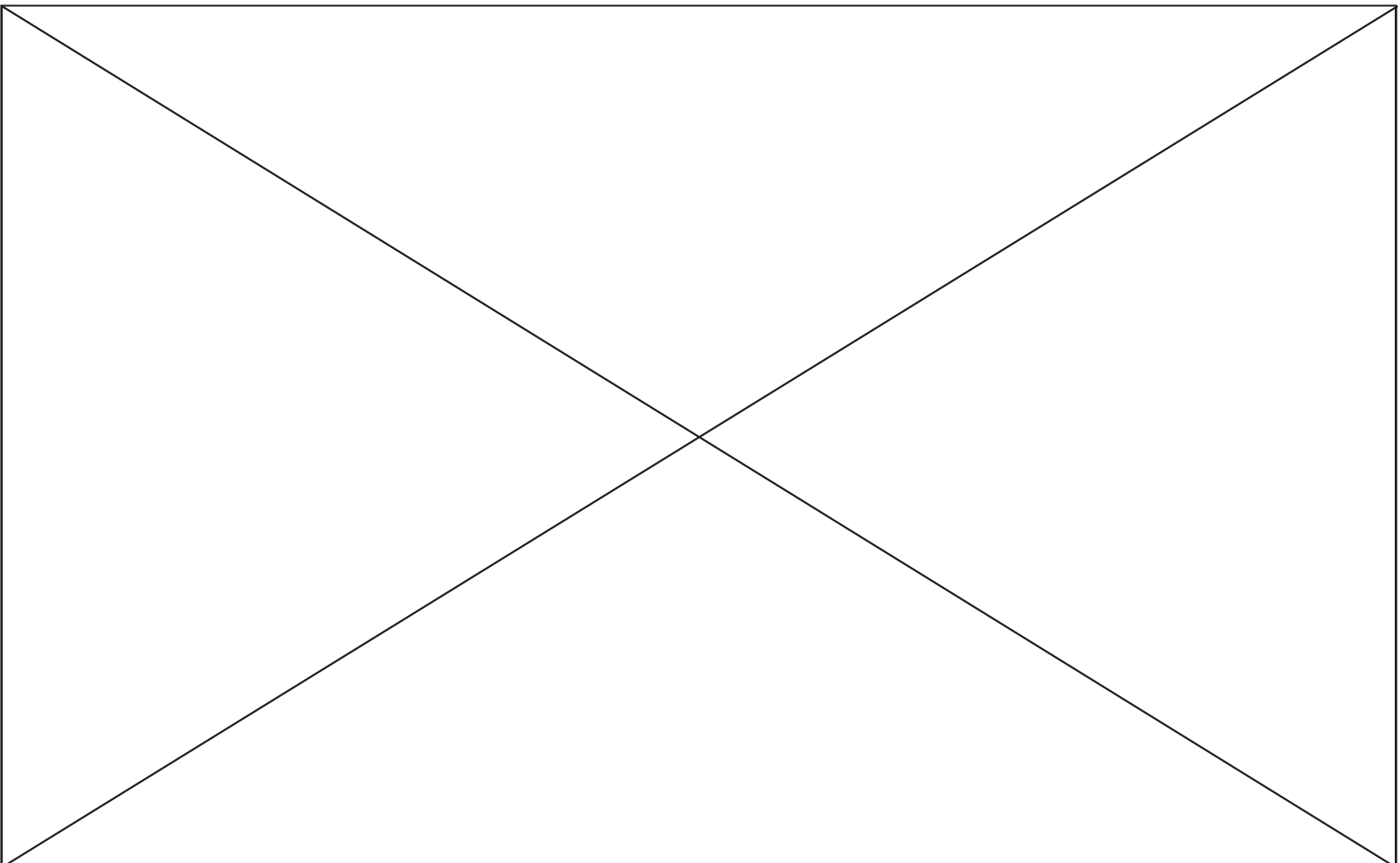
10A-77

표 10A-15 (75 중 50)



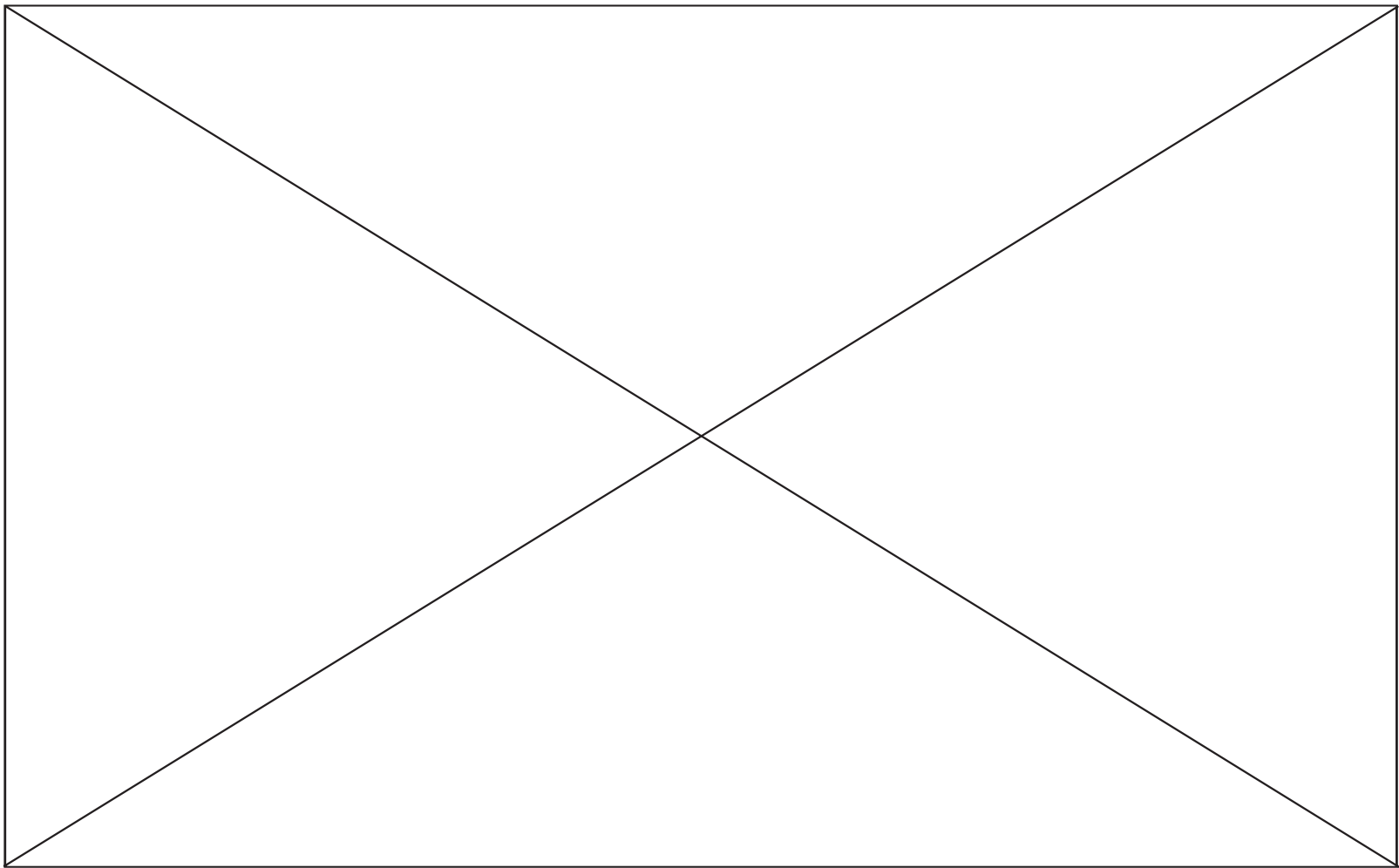
10A-78

표 10A-15 (75 중 51)



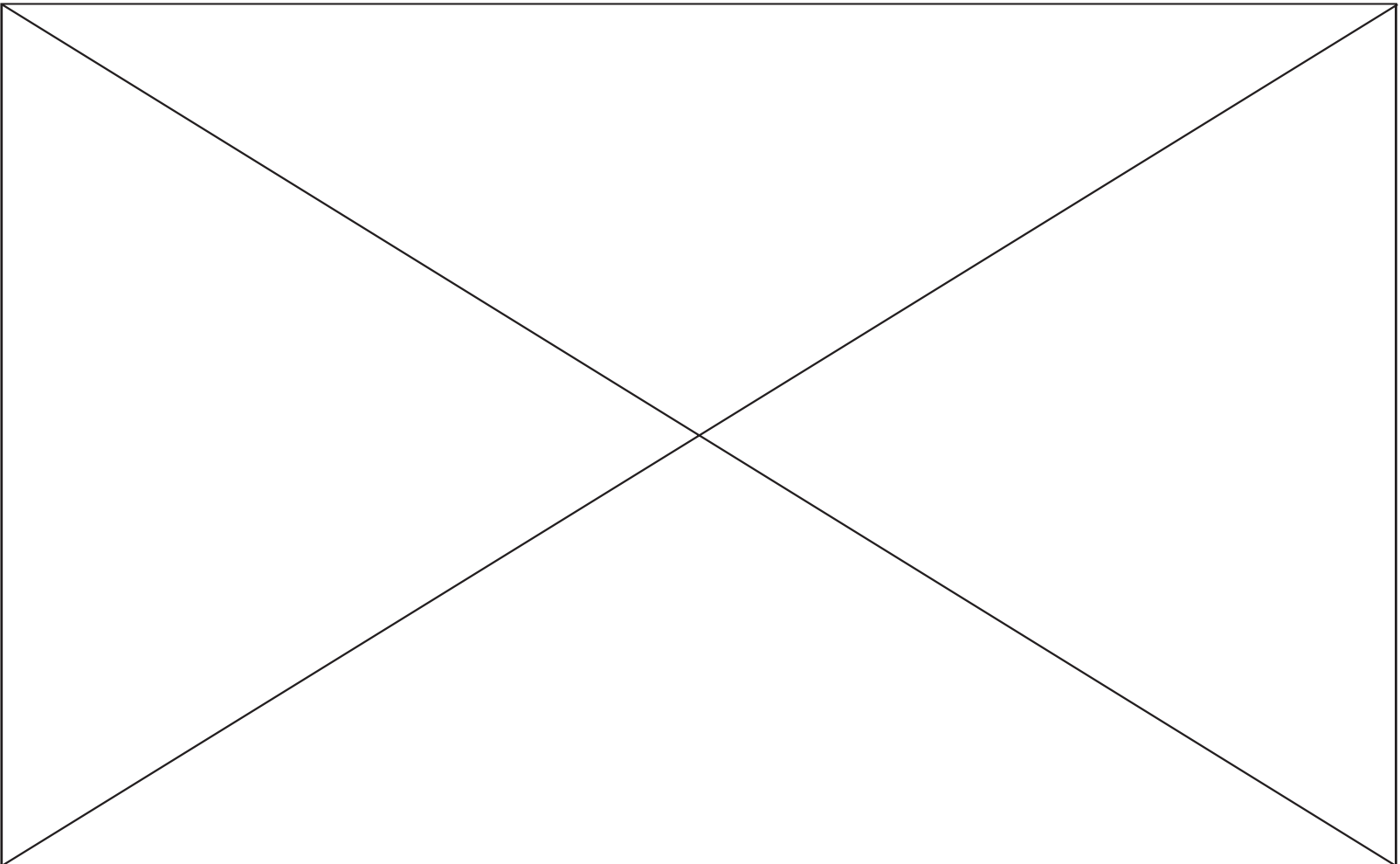
10A-79

표 10A-15 (75 중 52)



10A-80

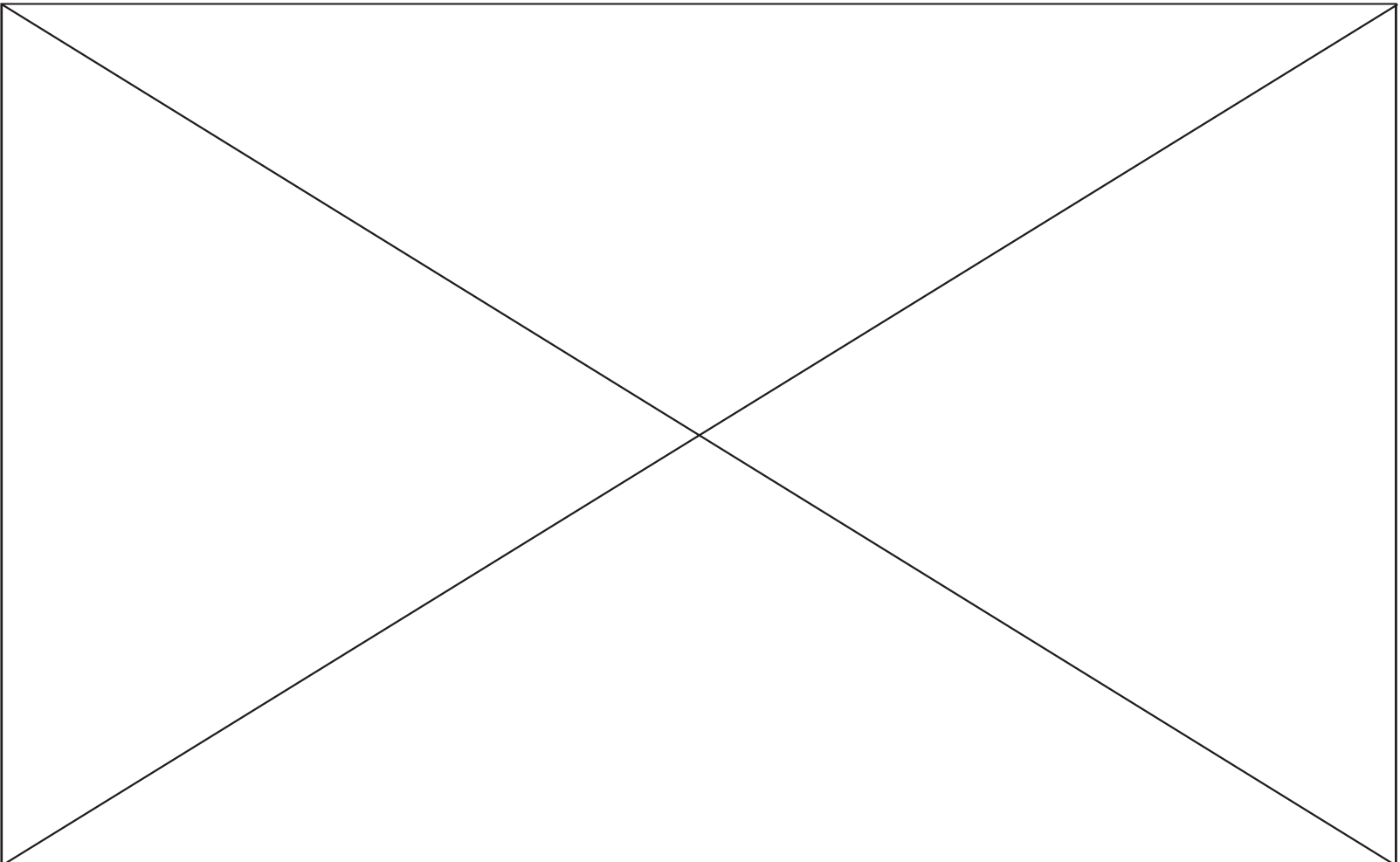
표 10A-15 (75 중 53)



10A-81

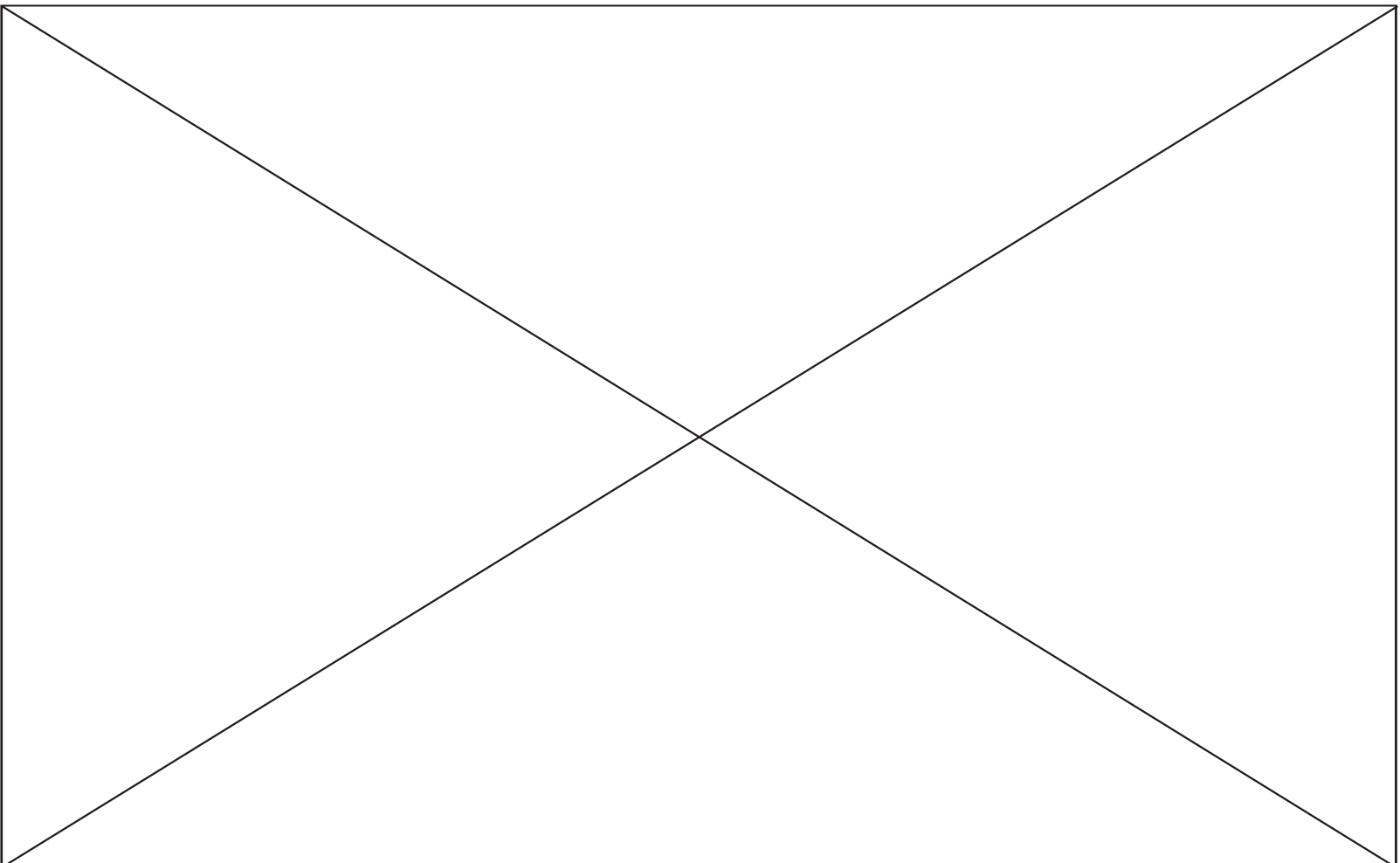


표 10A-15 (75 중 54)



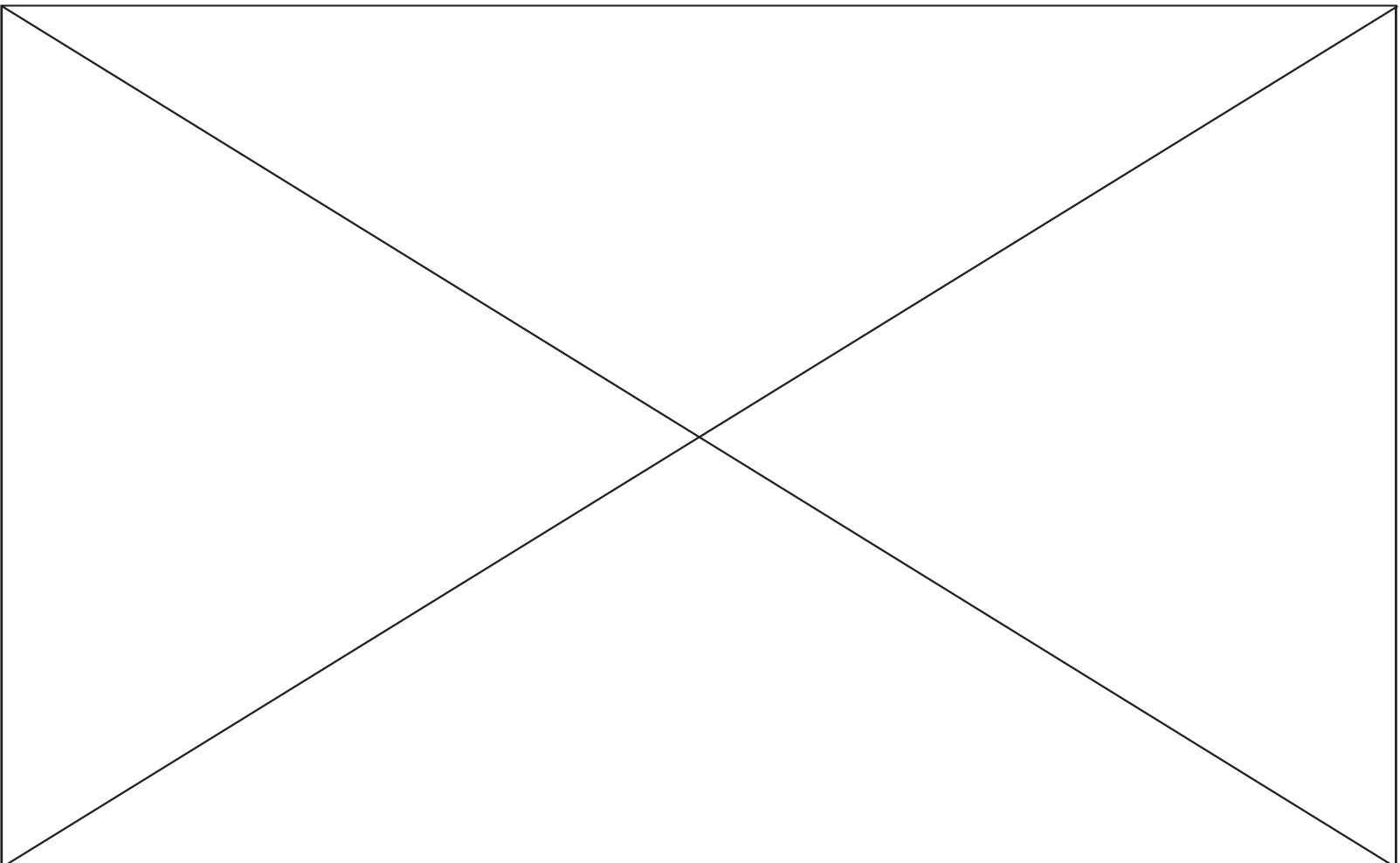
10A-82

표 10A-15 (75 중 55)



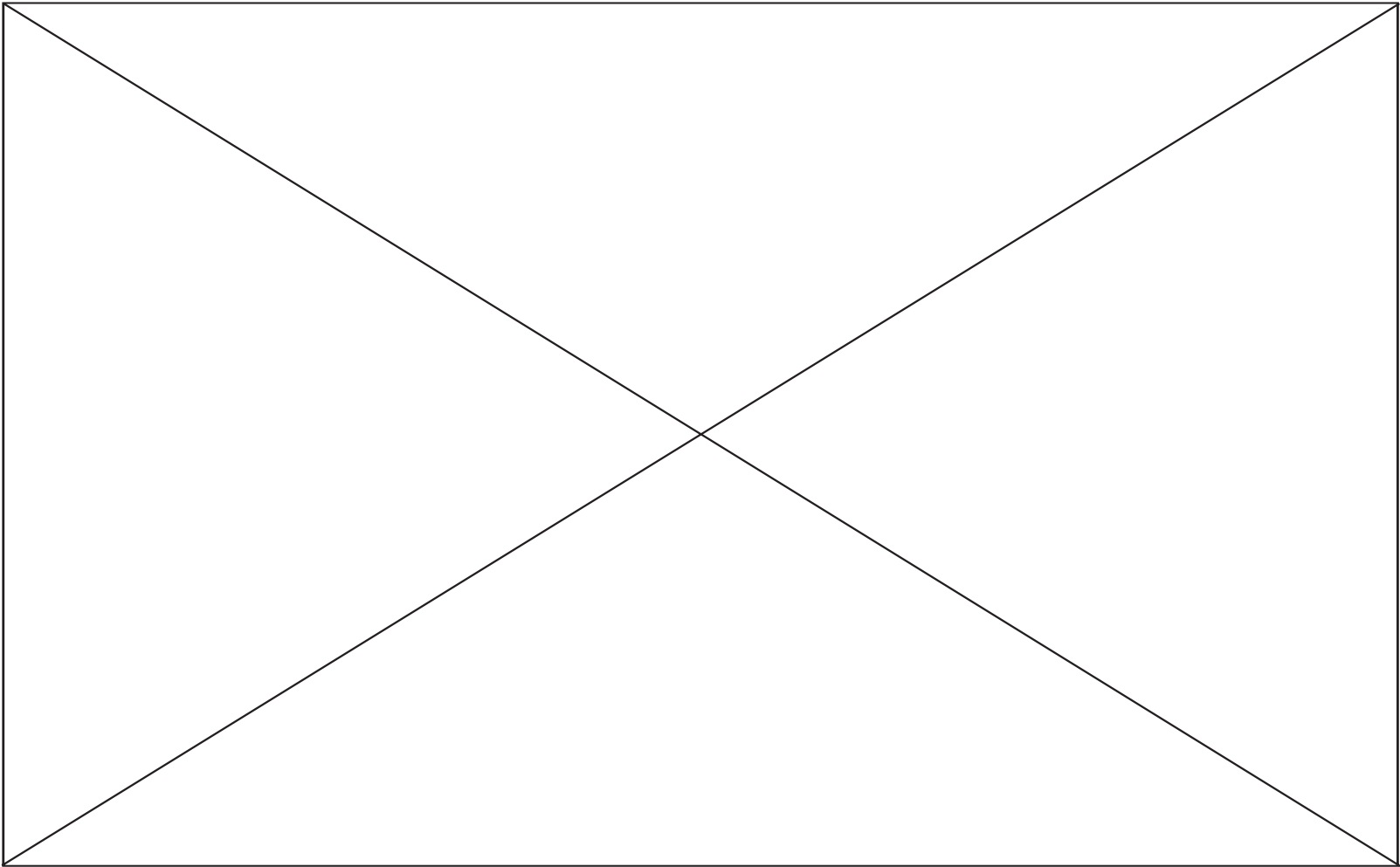
10A-83

표 10A-15 (75 중 56)



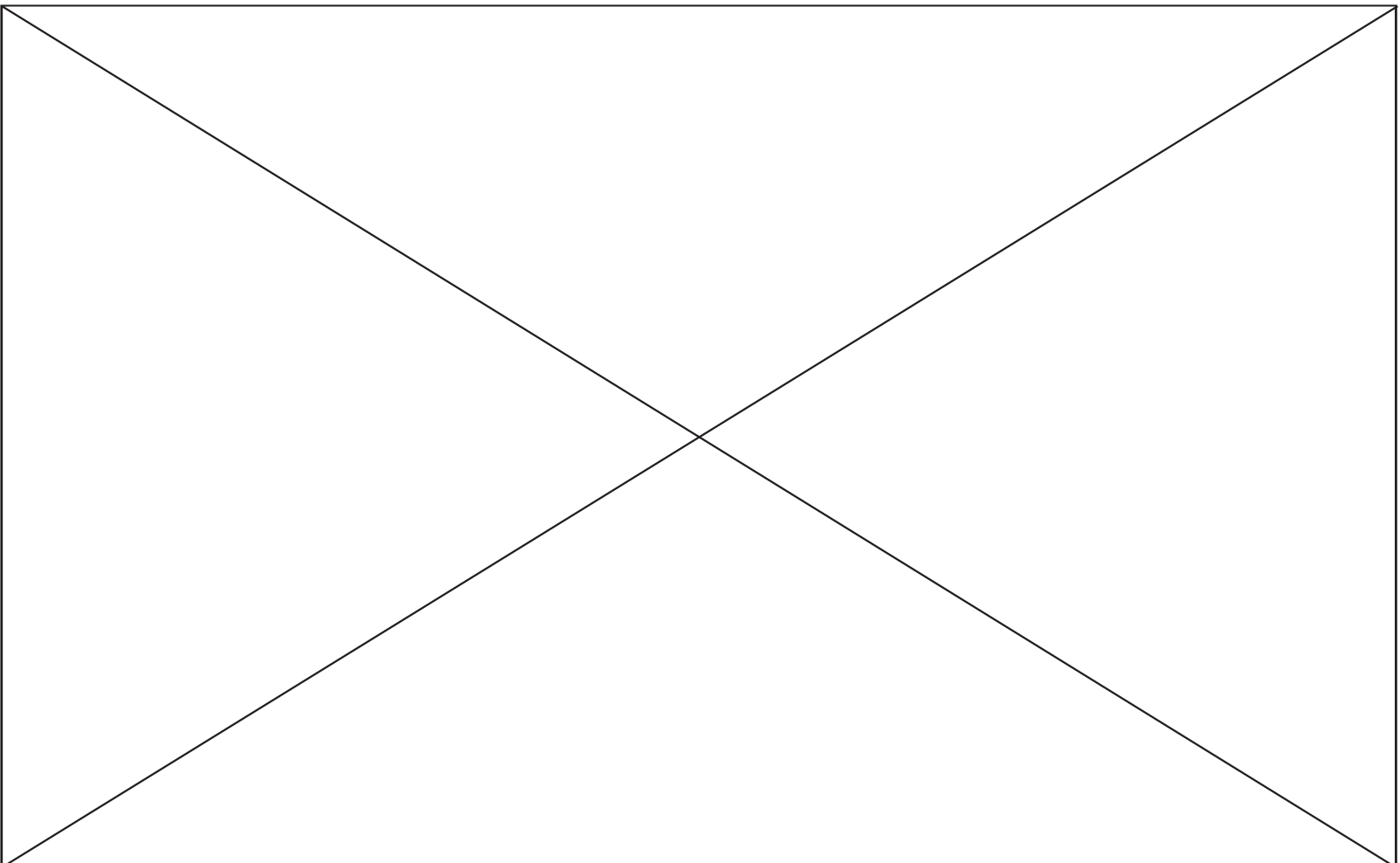
10A-84

표 10A-15 (75 중 57)



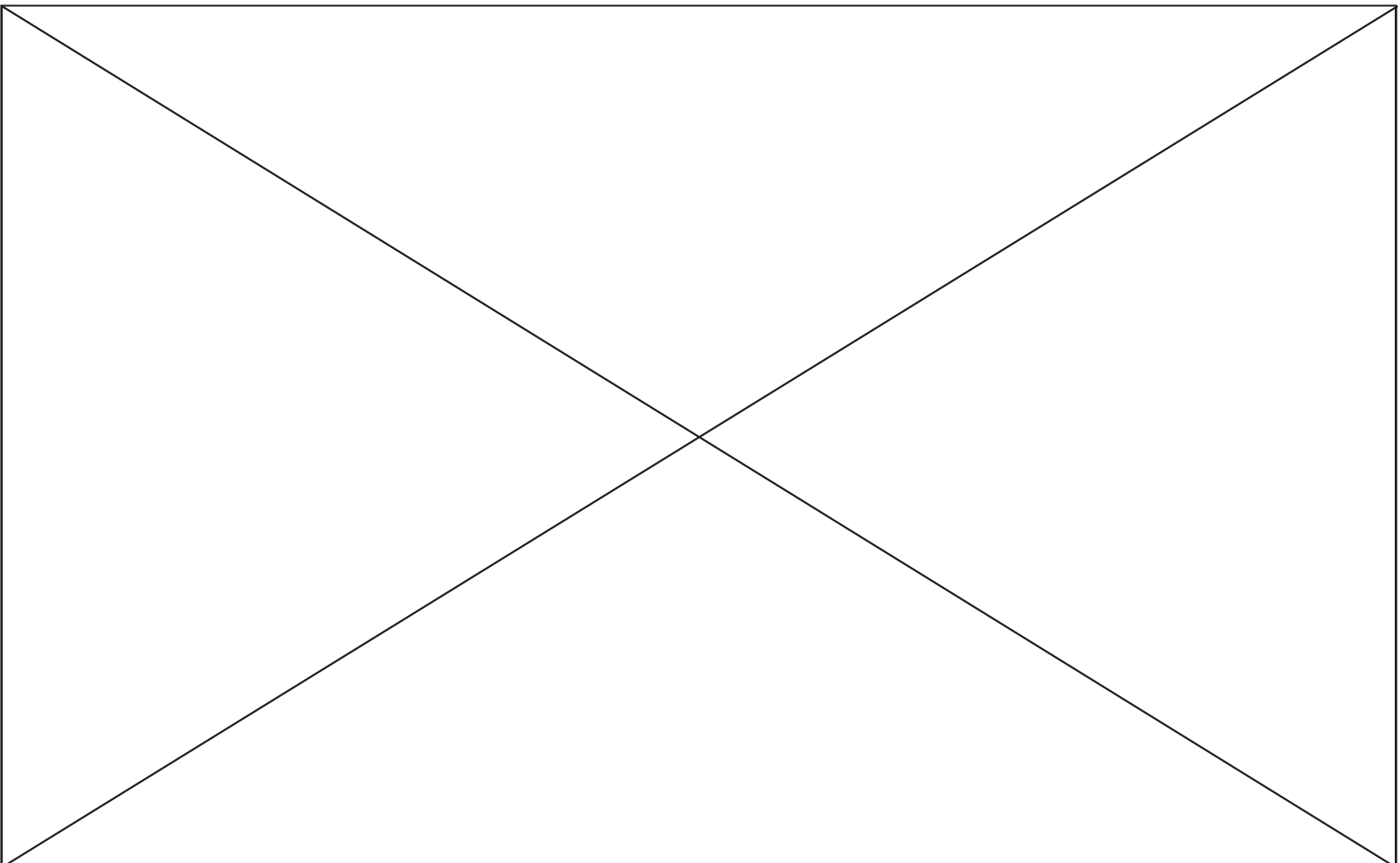
10A-85

표 10A-15 (75 중 58)



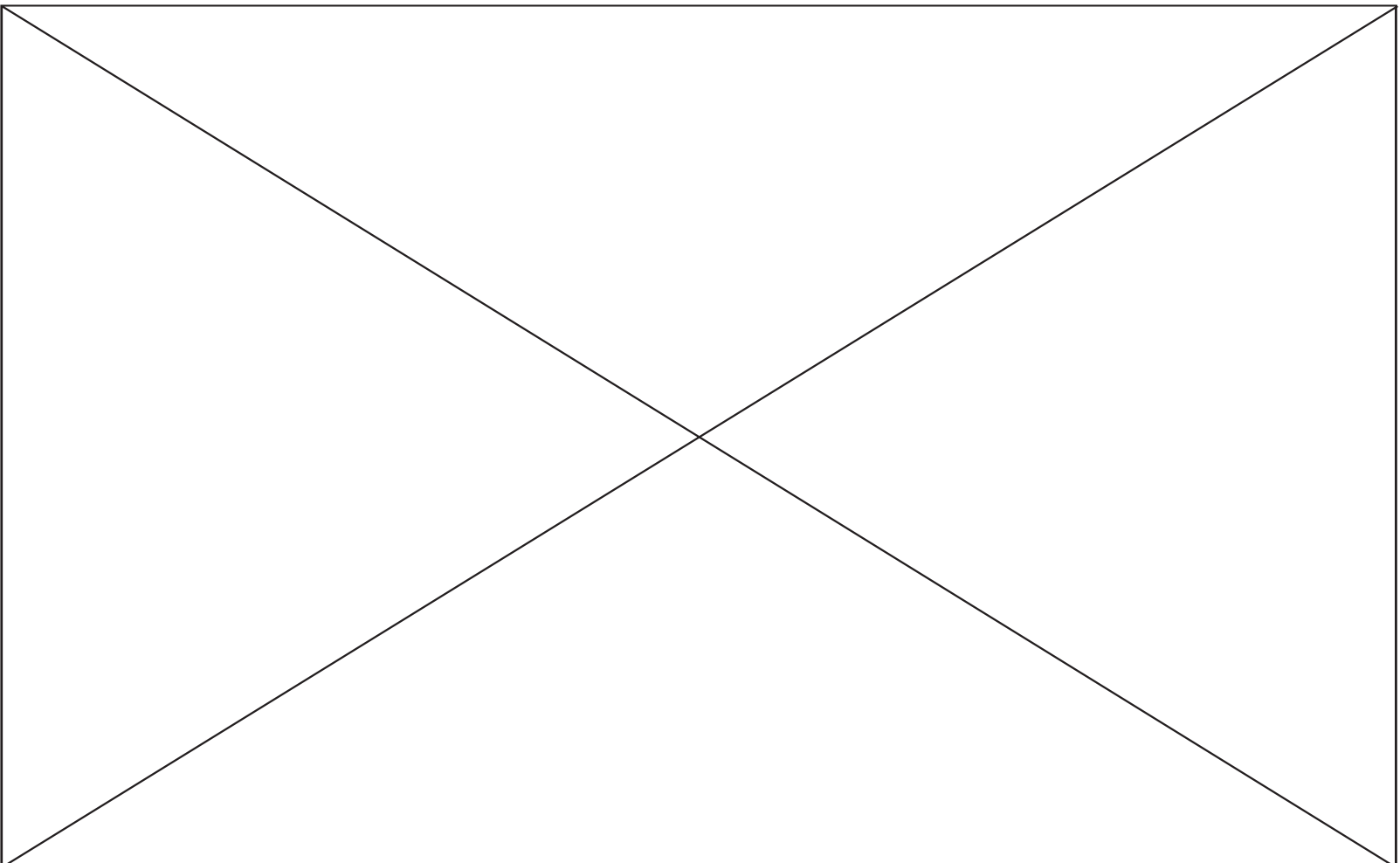
10A-86

표 10A-15 (75 중 59)



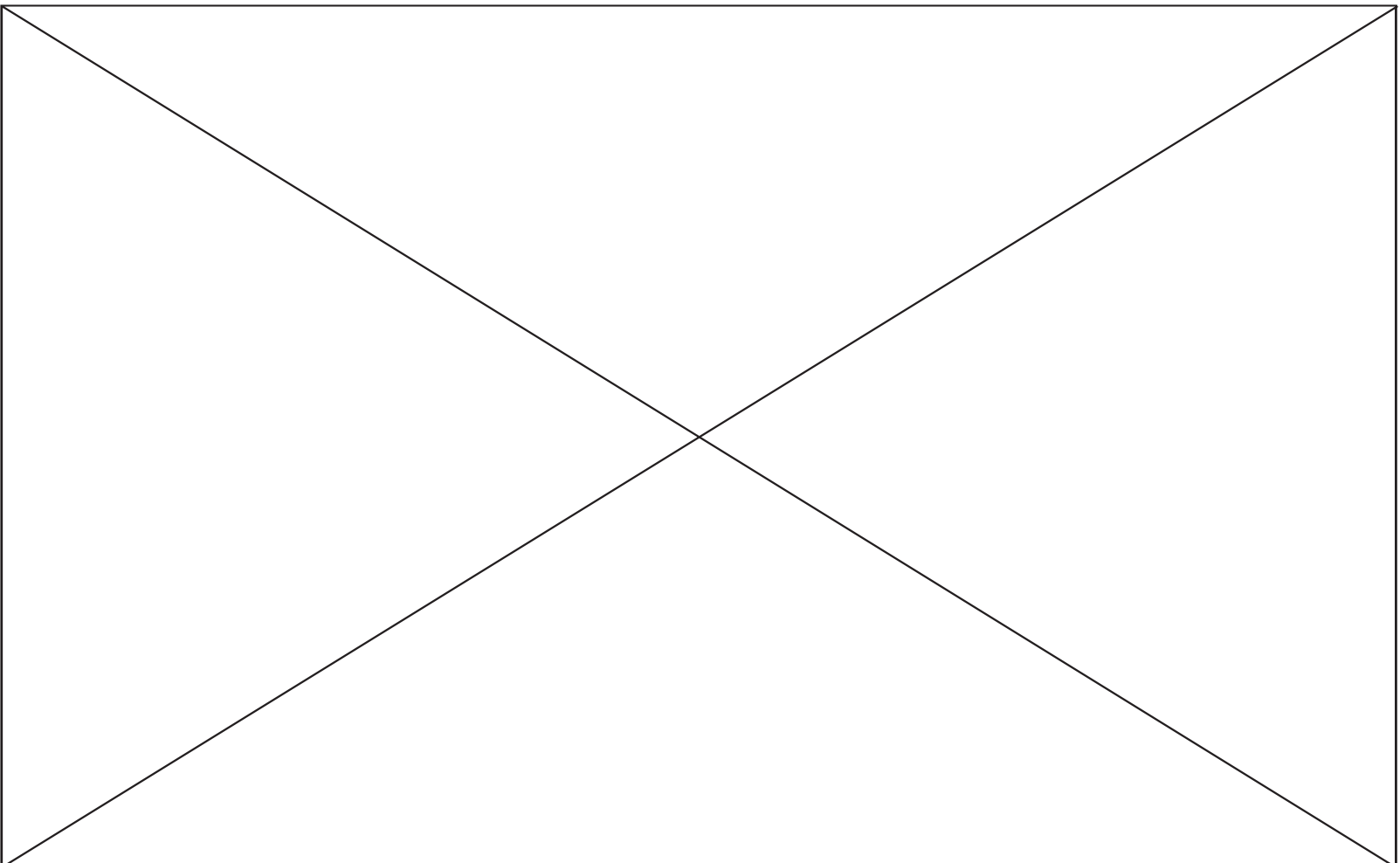
10A-87

표 10A-15 (75 중 60)



10A-88

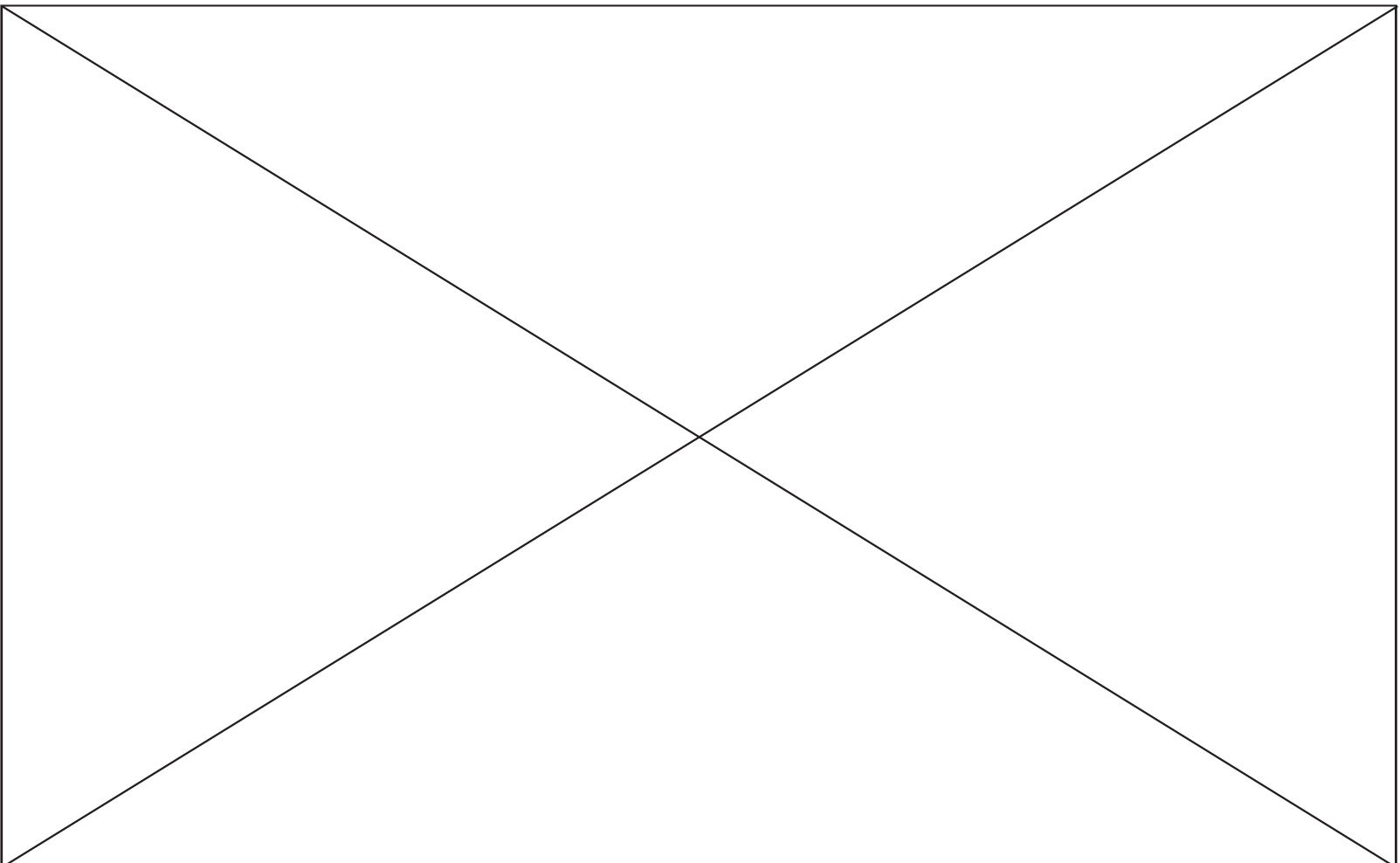
표 10A-15 (75 중 61)



10A-89

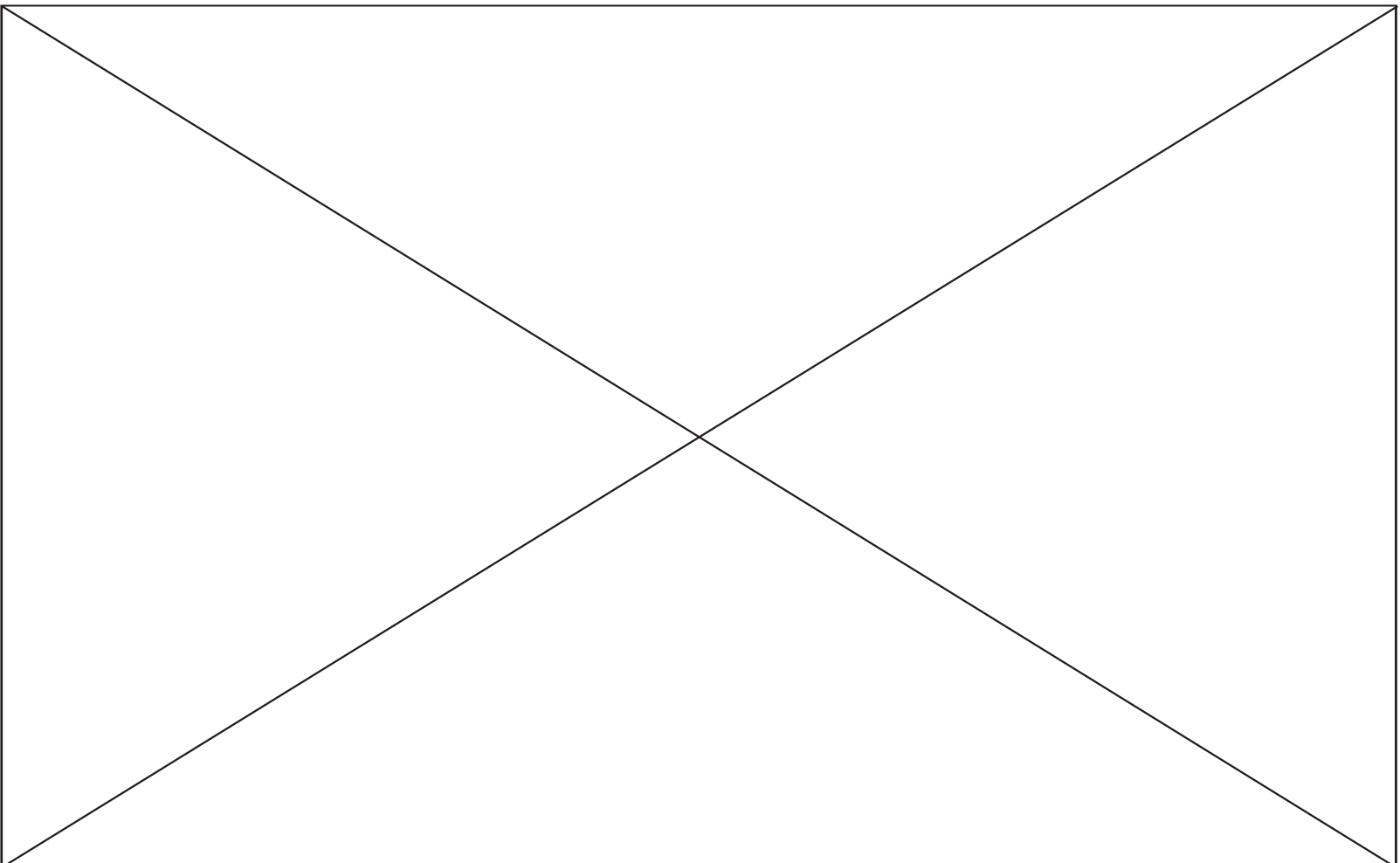


표 10A-15 (75 중 62)



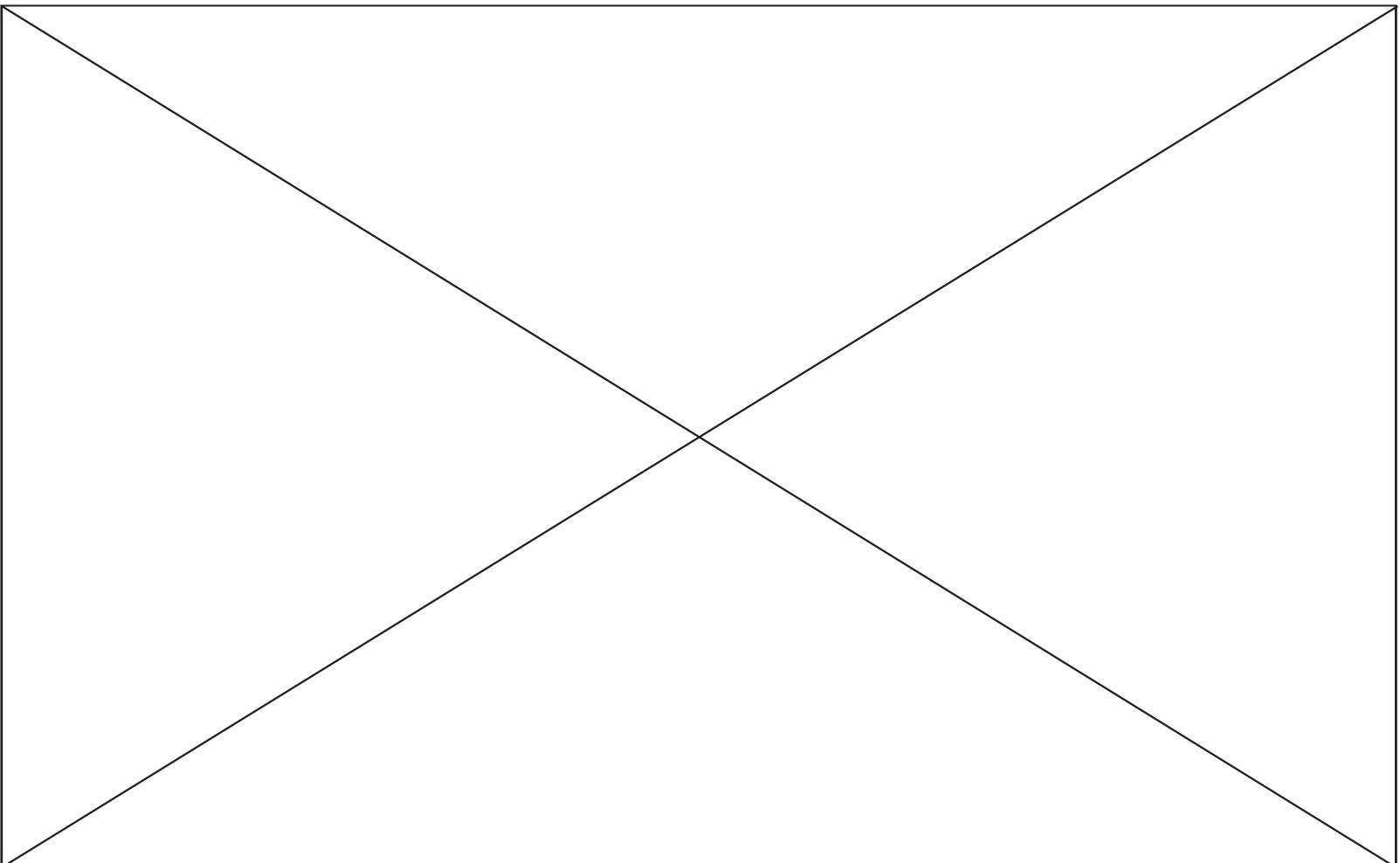
10A-90

표 10A-15 (75 중 63)



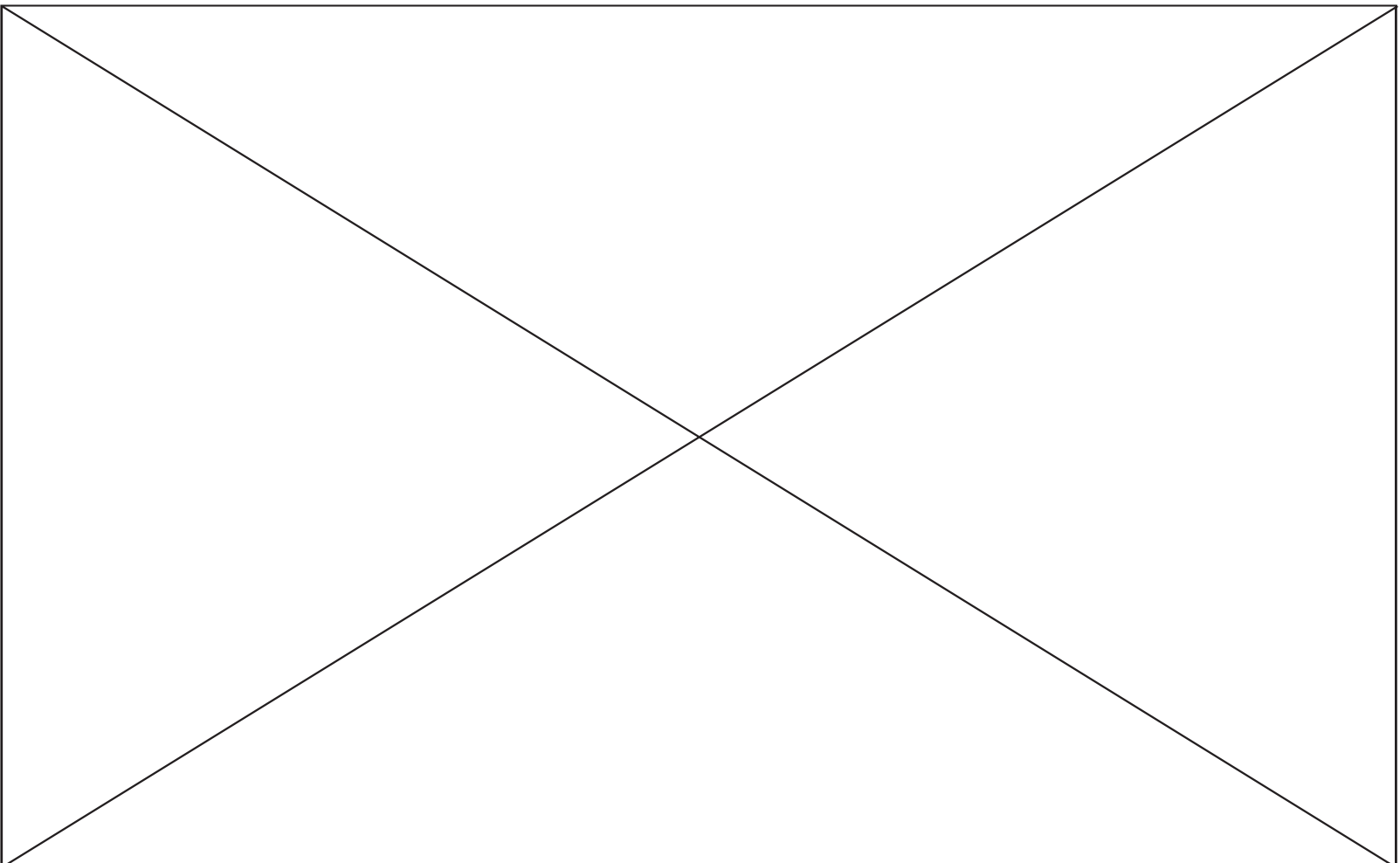
10A-91

표 10A-15 (75 중 64)



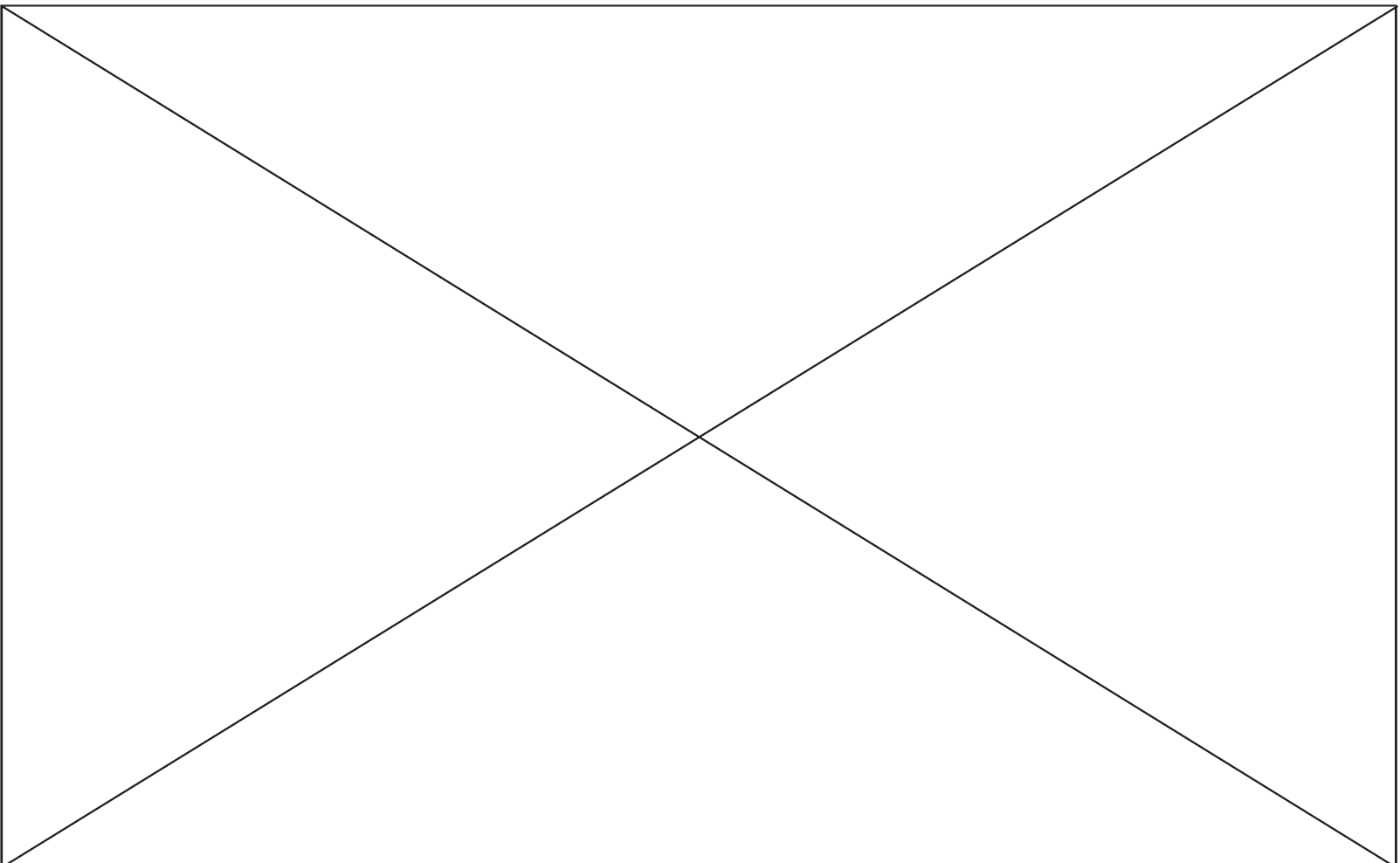
10A-92

표 10A-15 (75 중 65)



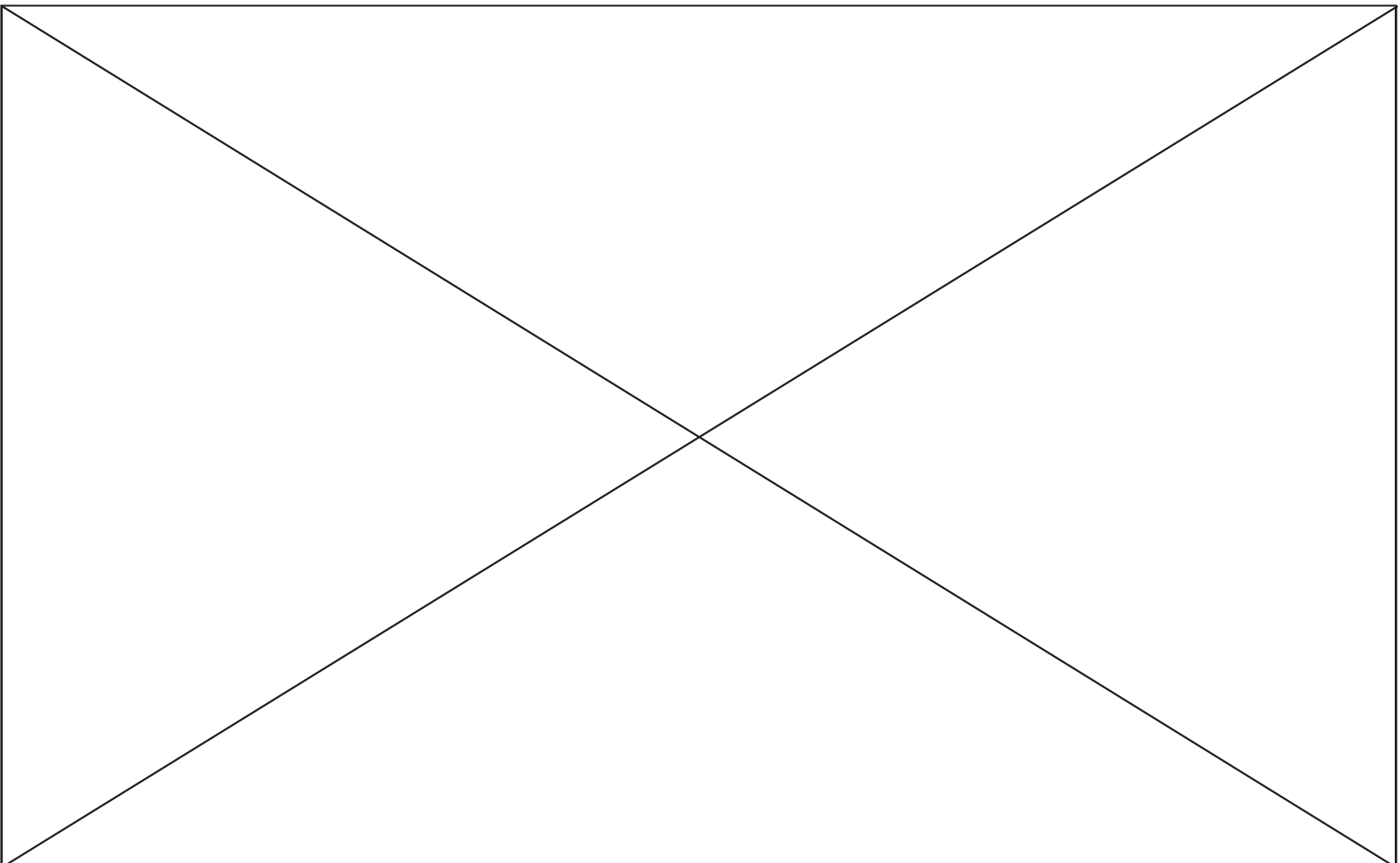
10A-93

표 10A-15 (75 중 66)



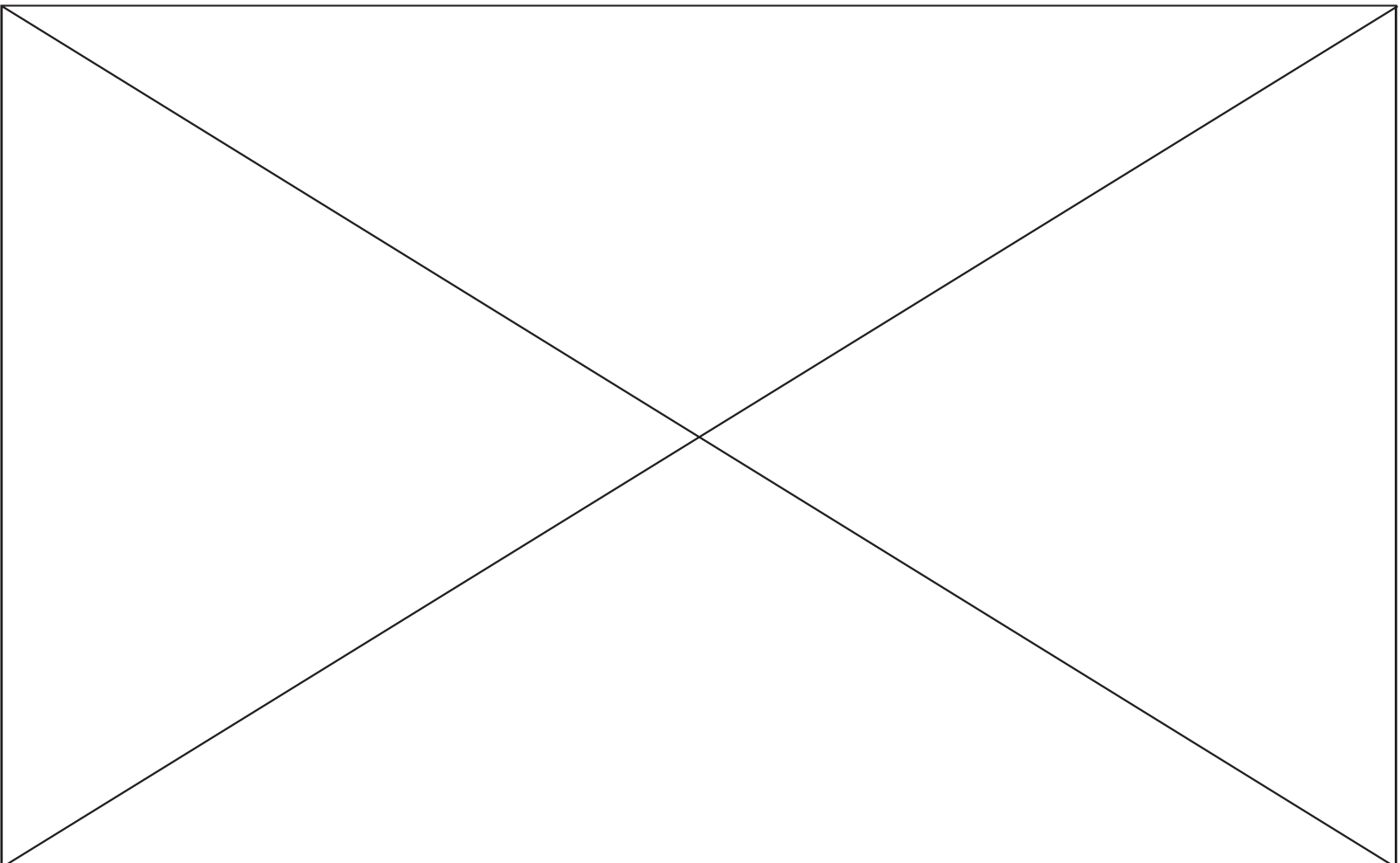
10A-94

표 10A-15 (75 중 67)



10A-95

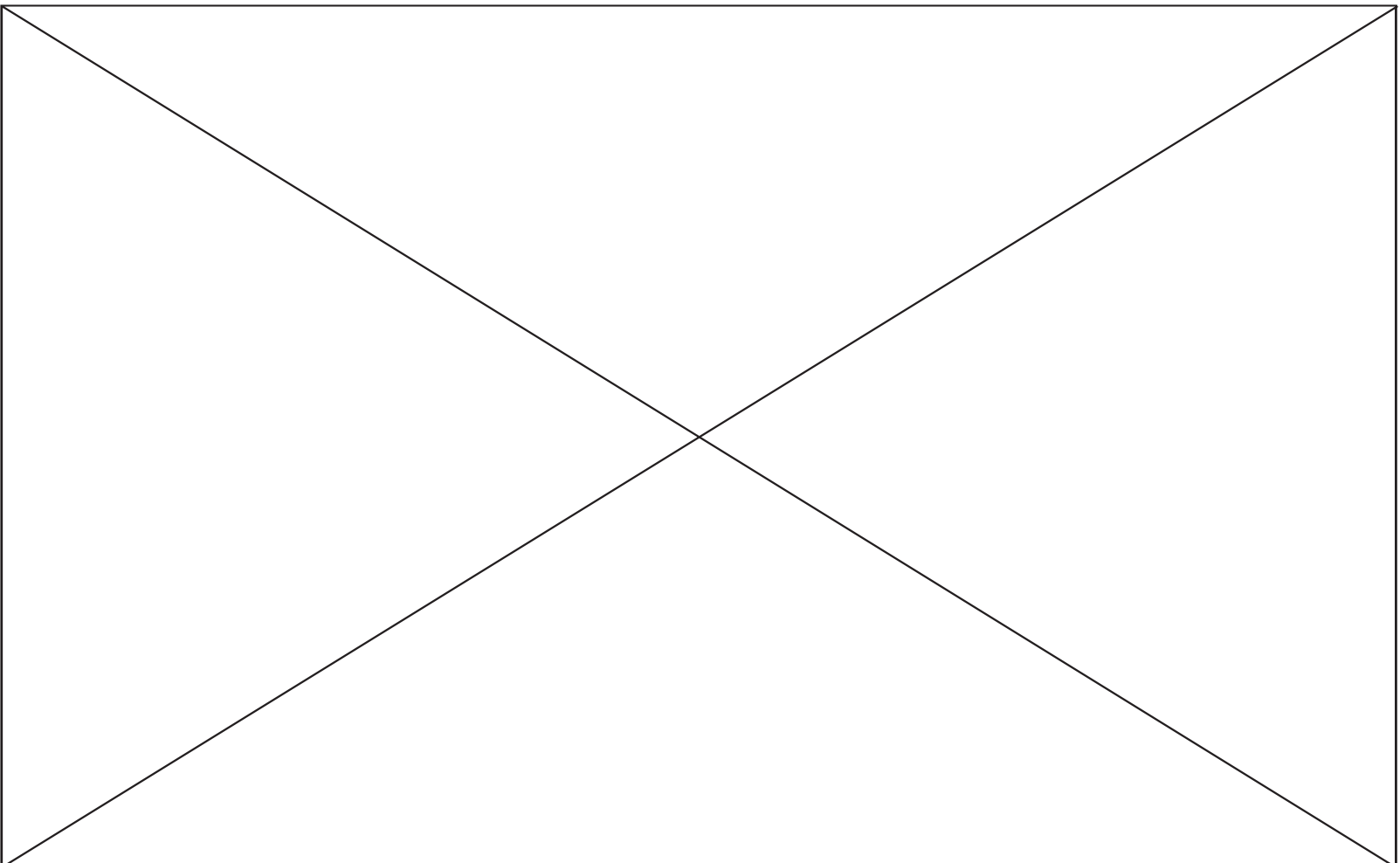
표 10A-15 (75 중 68)



10A-96

본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.

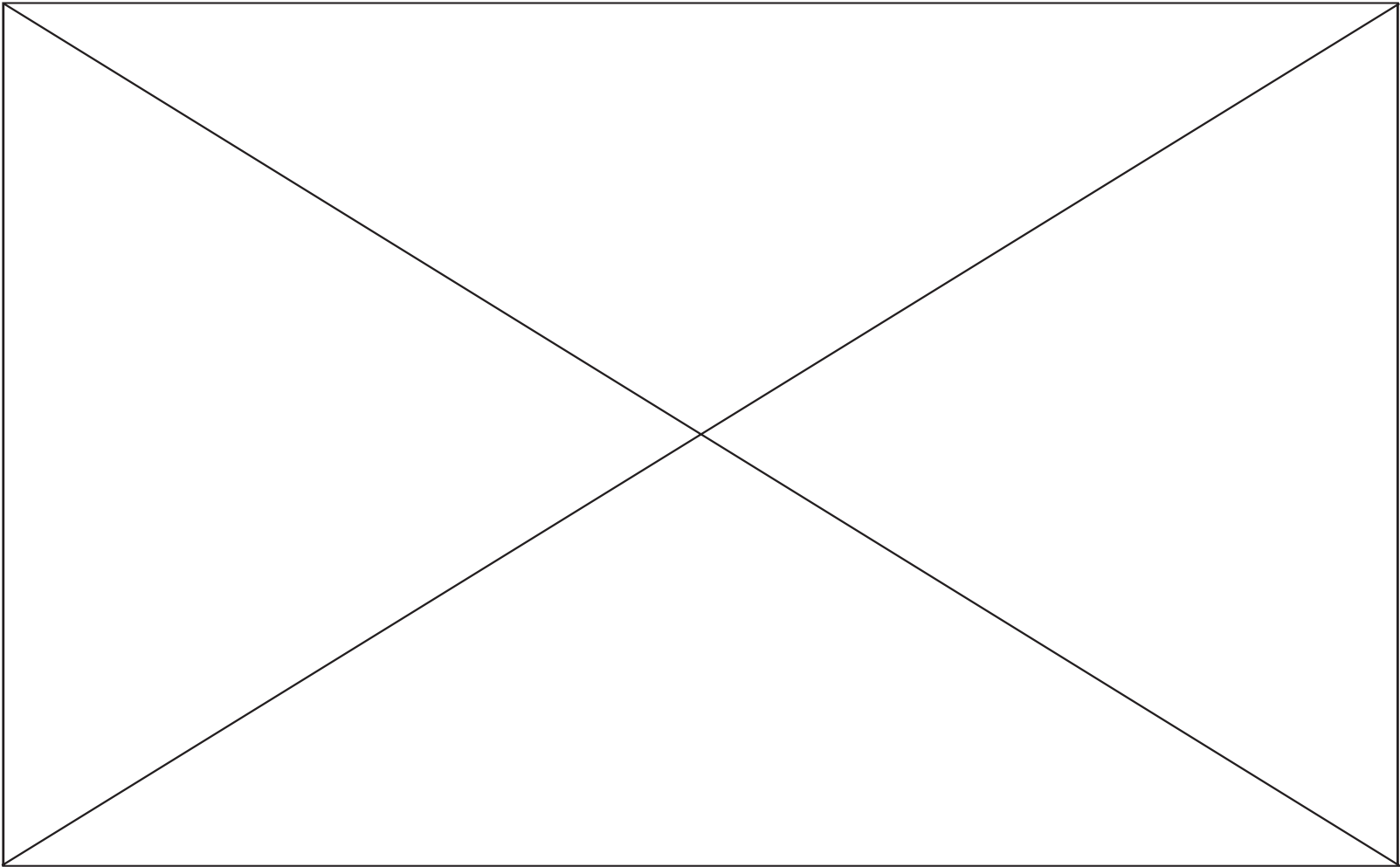
표 10A-15 (75 중 69)



10A-97

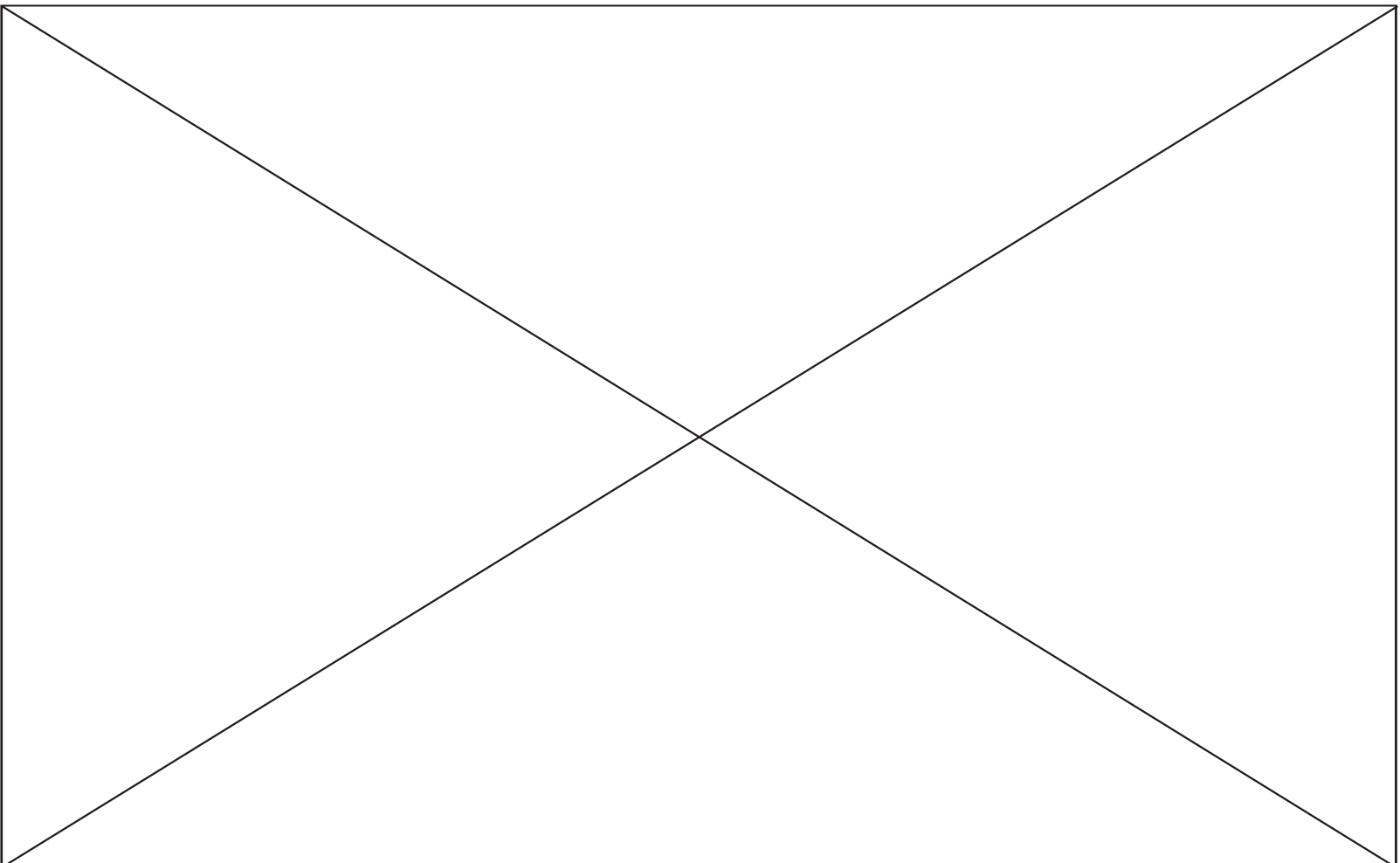


표 10A-15 (75 중 70)



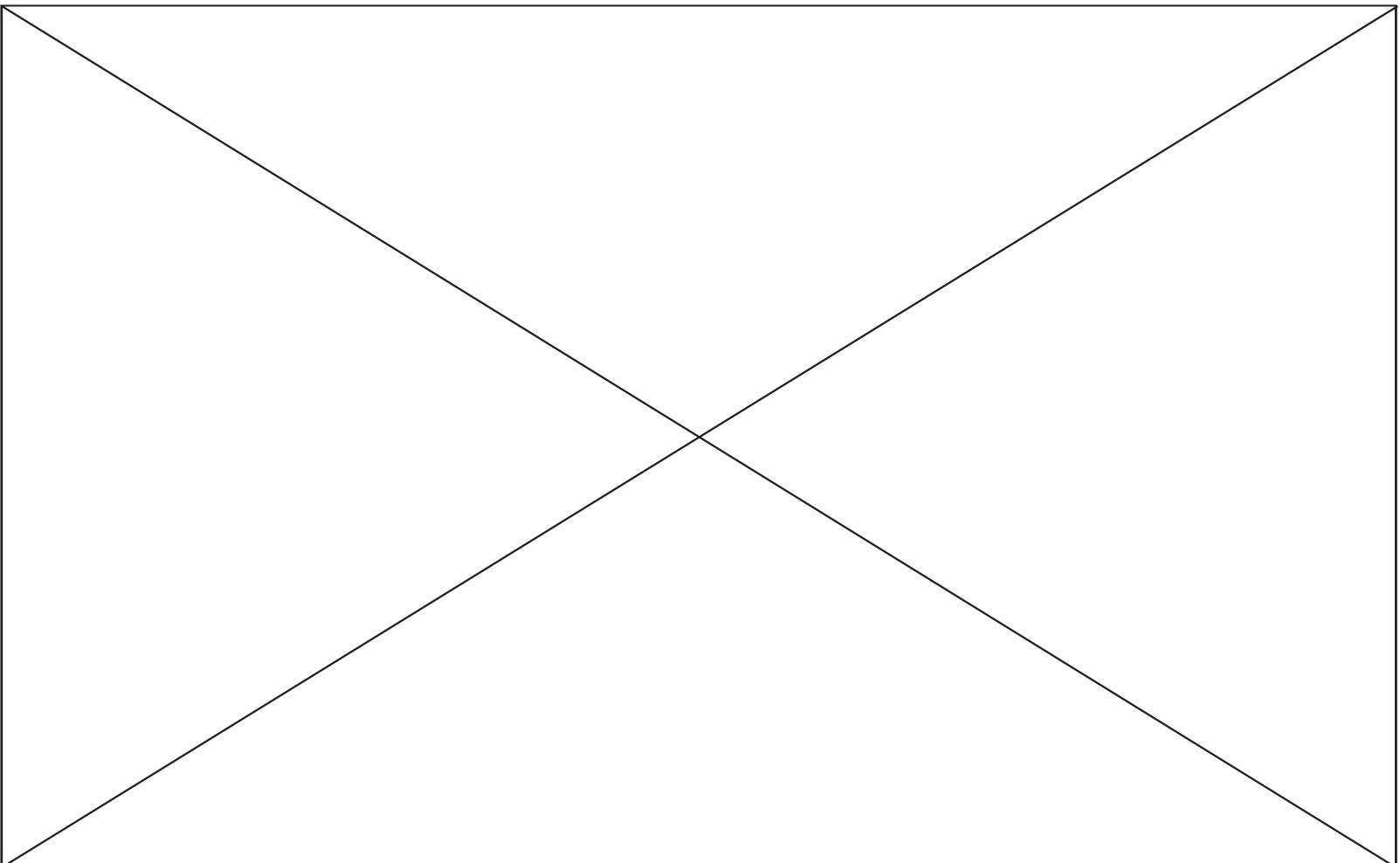
10A-98

표 10A-15 (75 중 71)



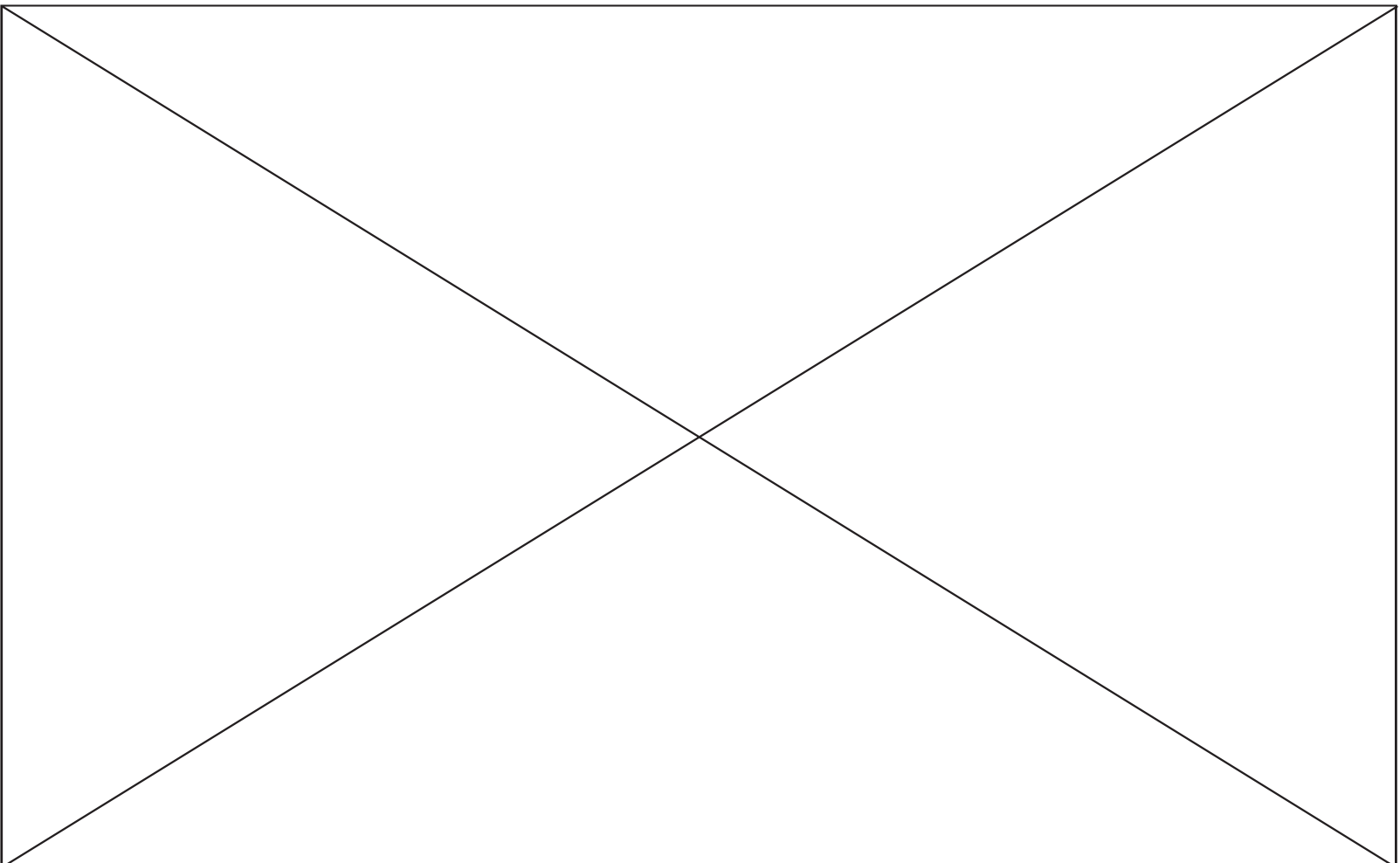
10A-99

표 10A-15 (75 중 72)



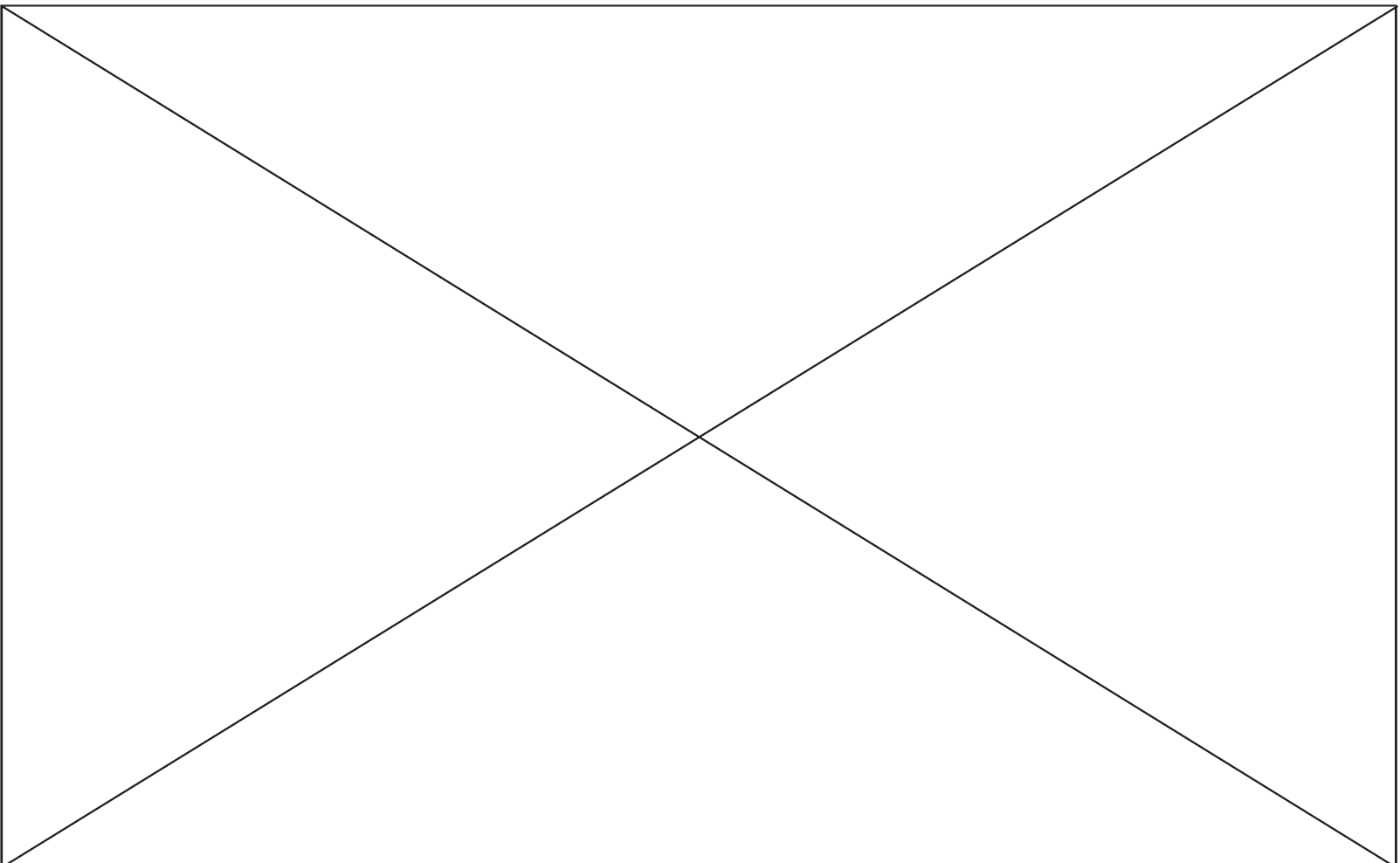
10A-100

표 10A-15 (75 중 73)



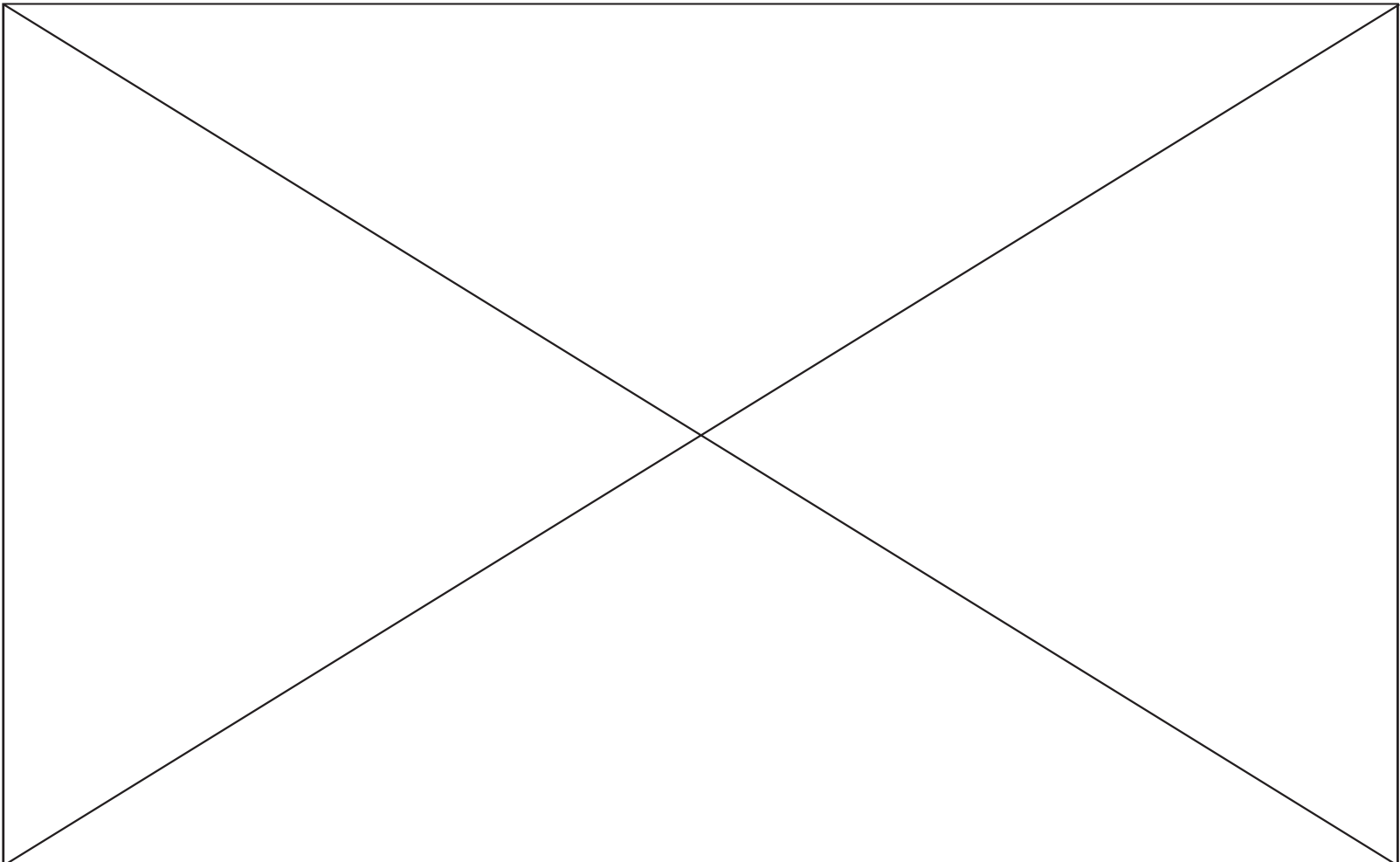
10A-101

표 10A-15 (75 중 74)



10A-102

표 10A-15 (75 중 75 )

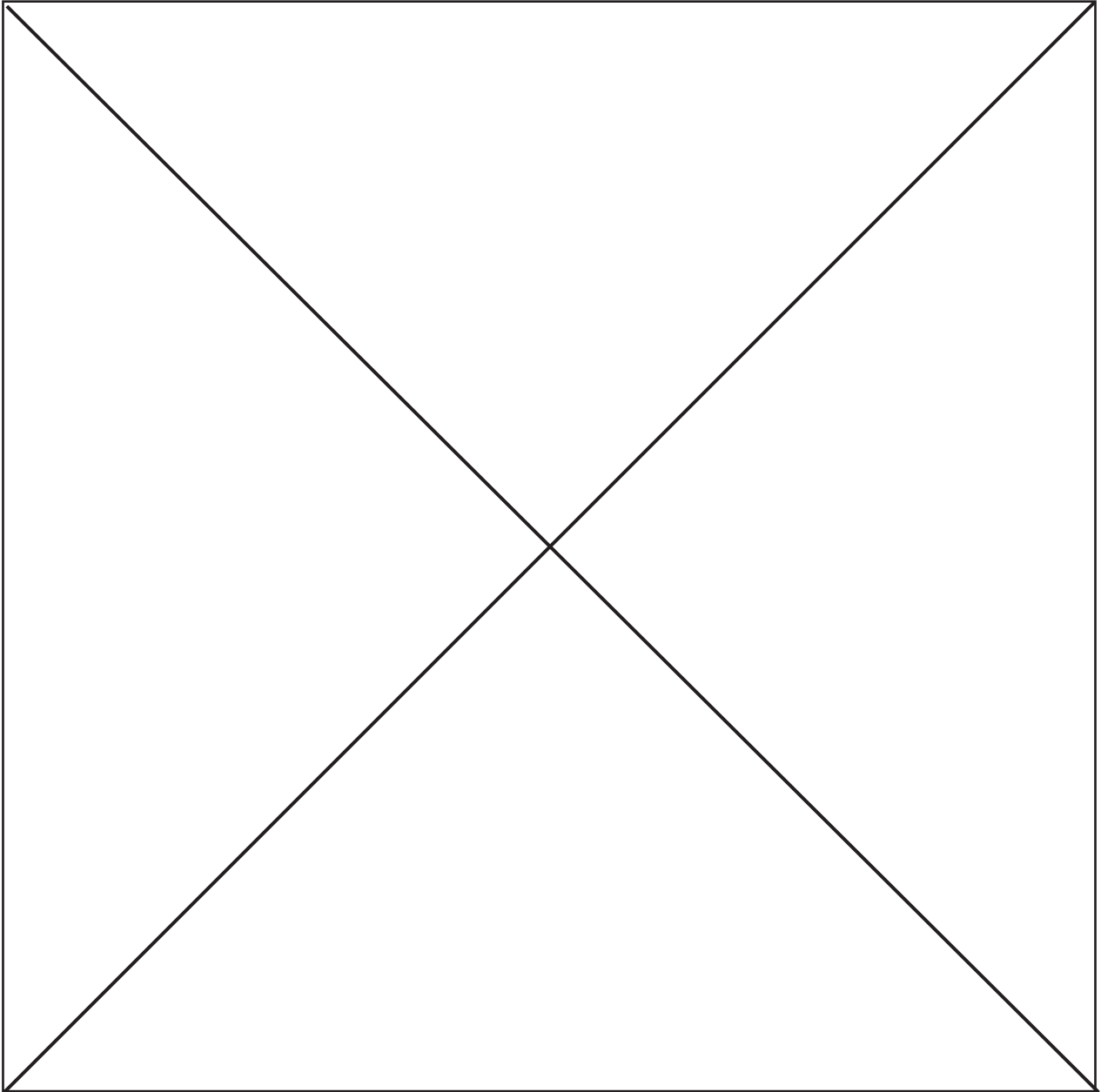


10A-103

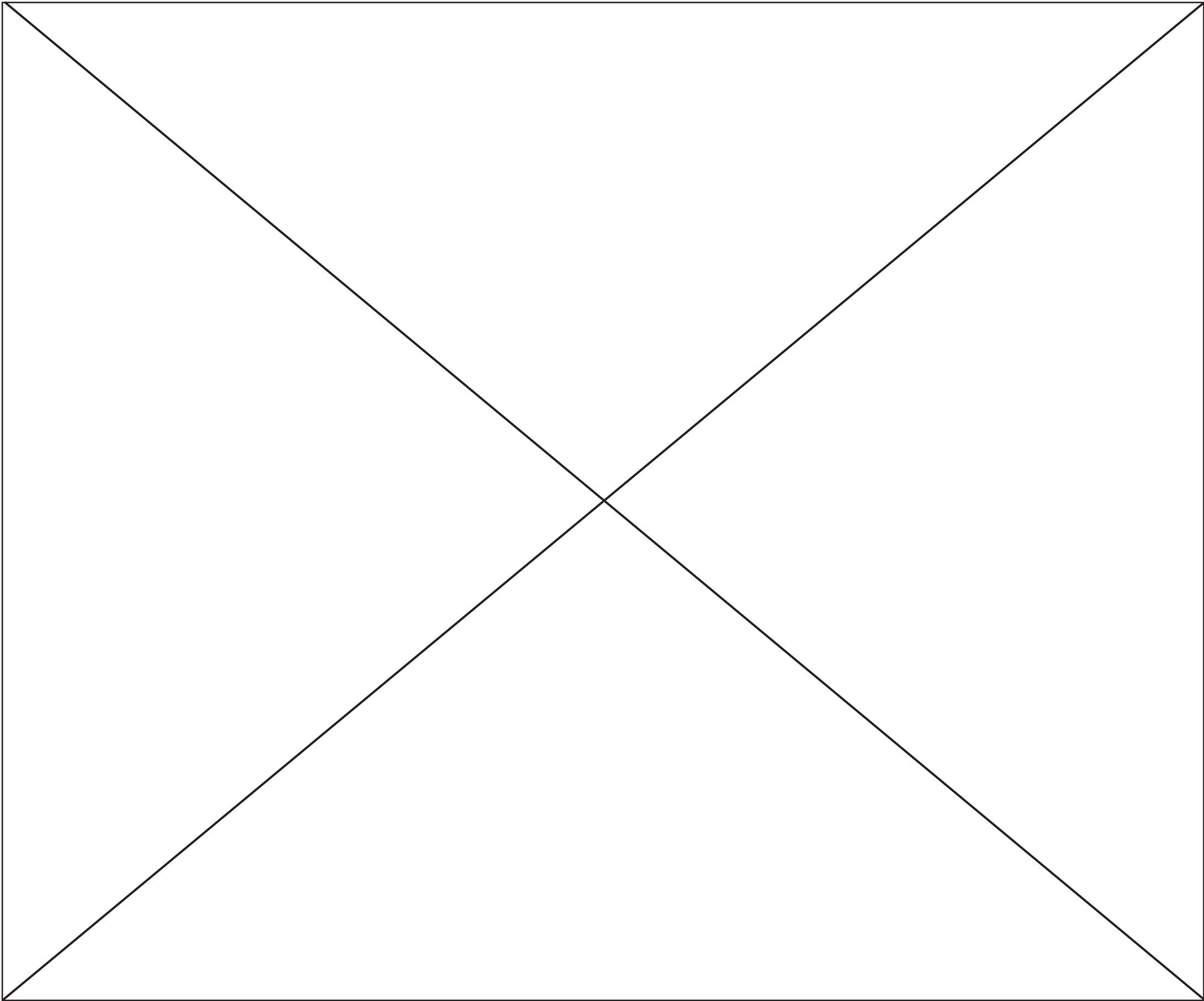
본 문서는 한국수력원자력(주)이 정보공개용으로 작성한 문서입니다.


표 10A-16

보조급수계통 신뢰도 분석에 사용된 공통원인고장 변수

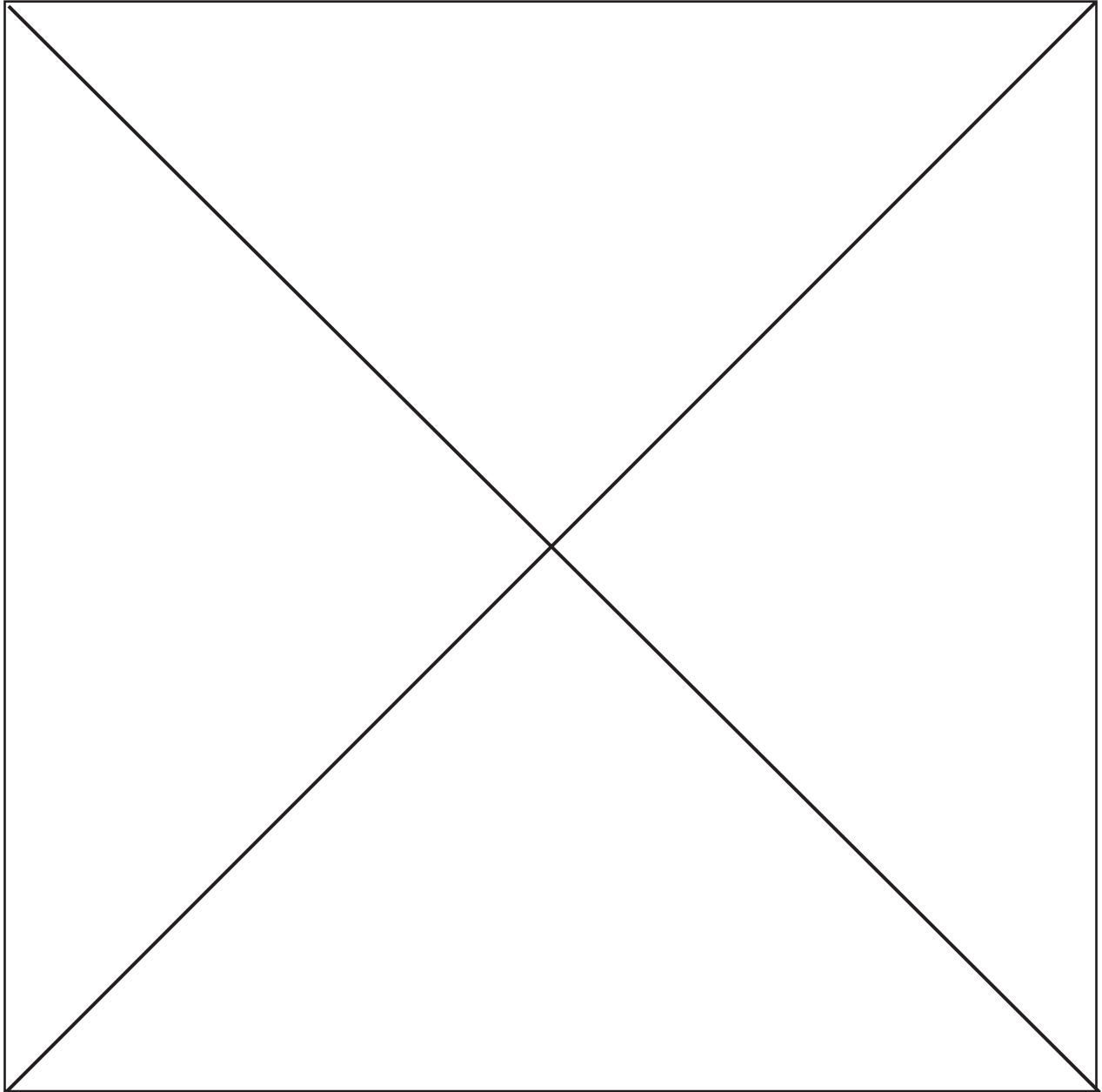


2



	한국수력원자력주식회사 신고리 5,6호기 예비안전성분석보고서
보조급수계통 단순계통도	
그림 10A-1	

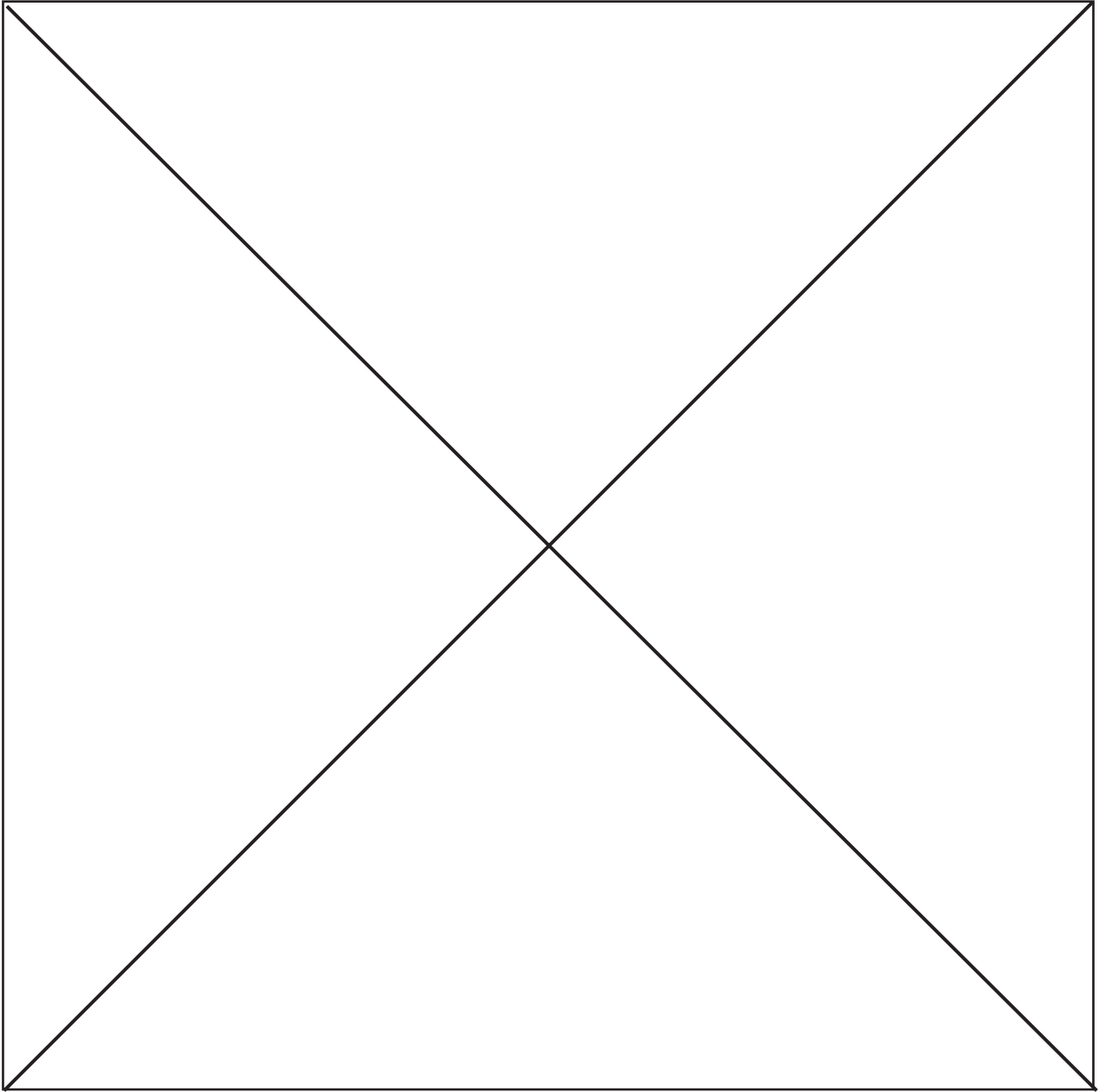




한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

신고리 5,6호기와 신고리 3,4호기  
보조급수계통 신뢰도 분석결과 비교

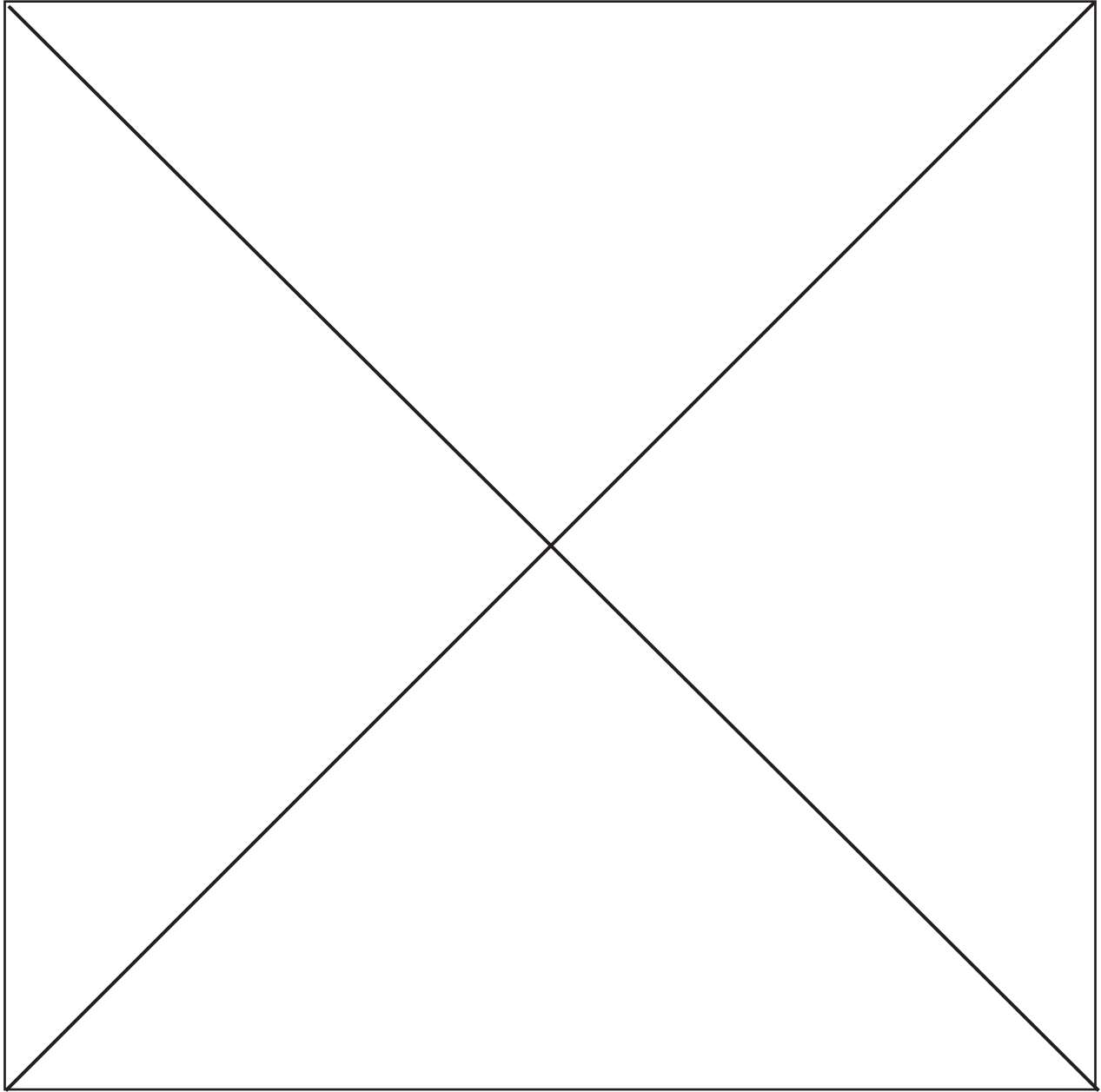
그림 10A-2



한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

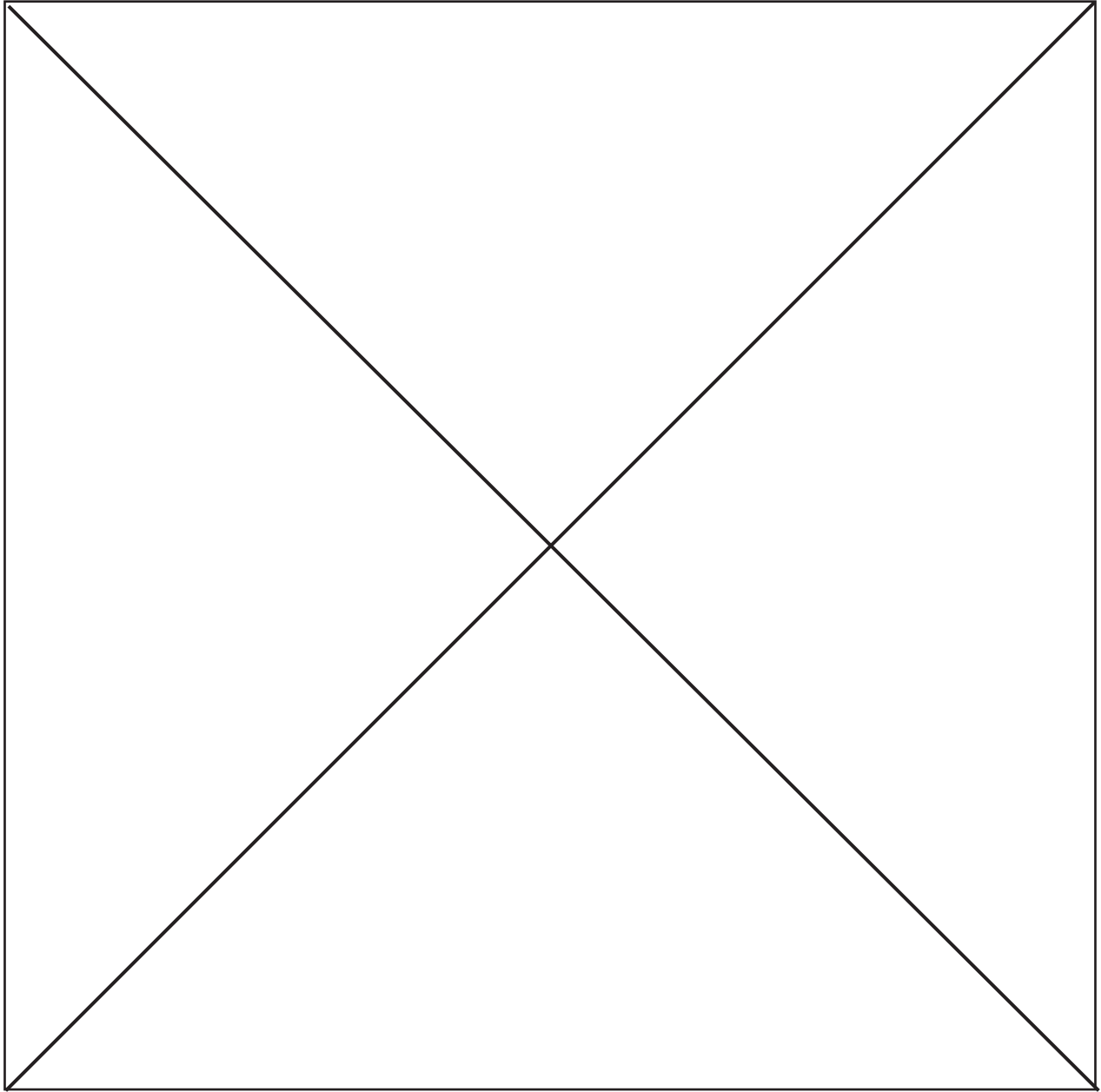
그림 10A-3 (42 중 1)



한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

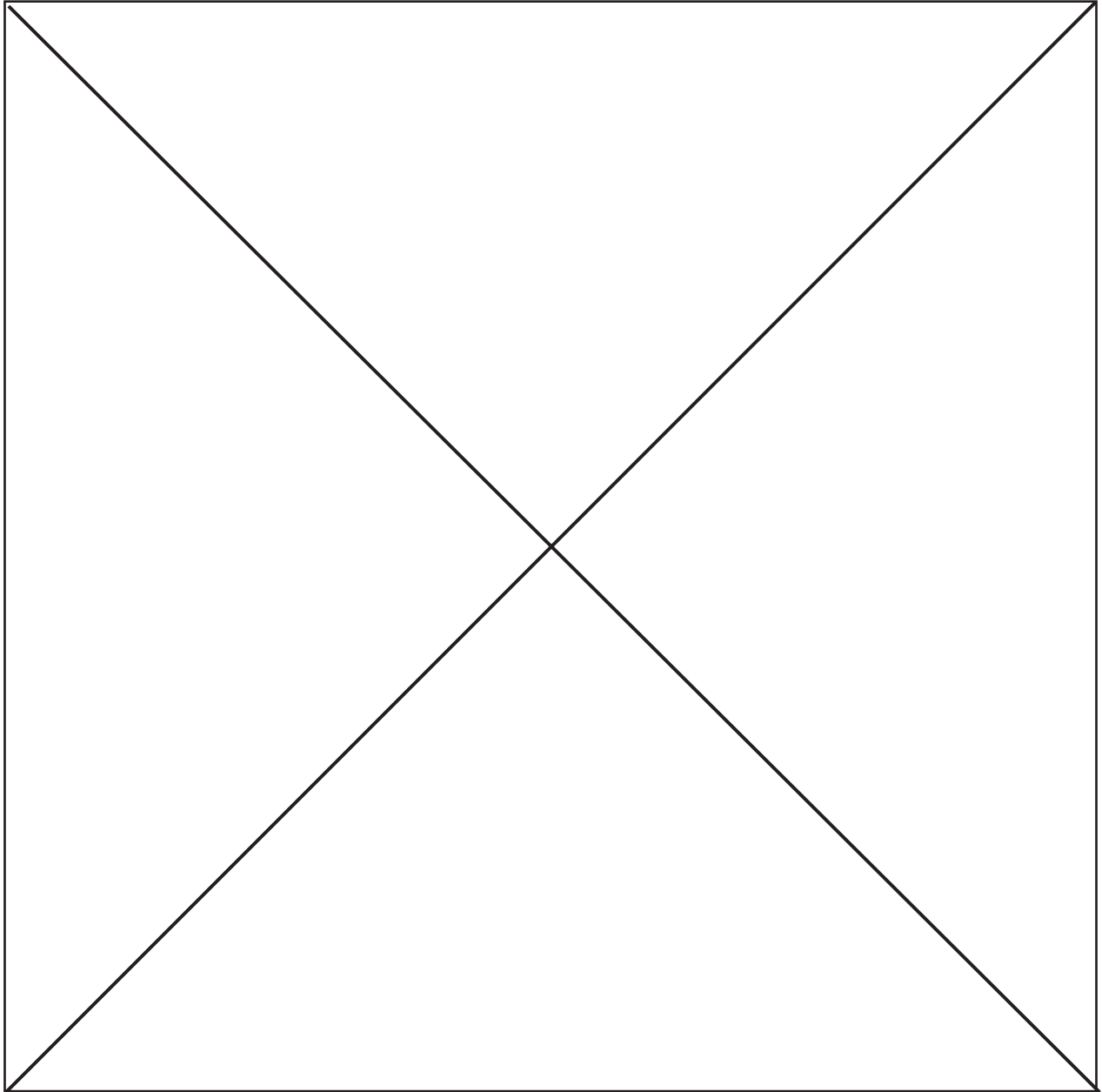
그림 10A-3 (42 중 2)



한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

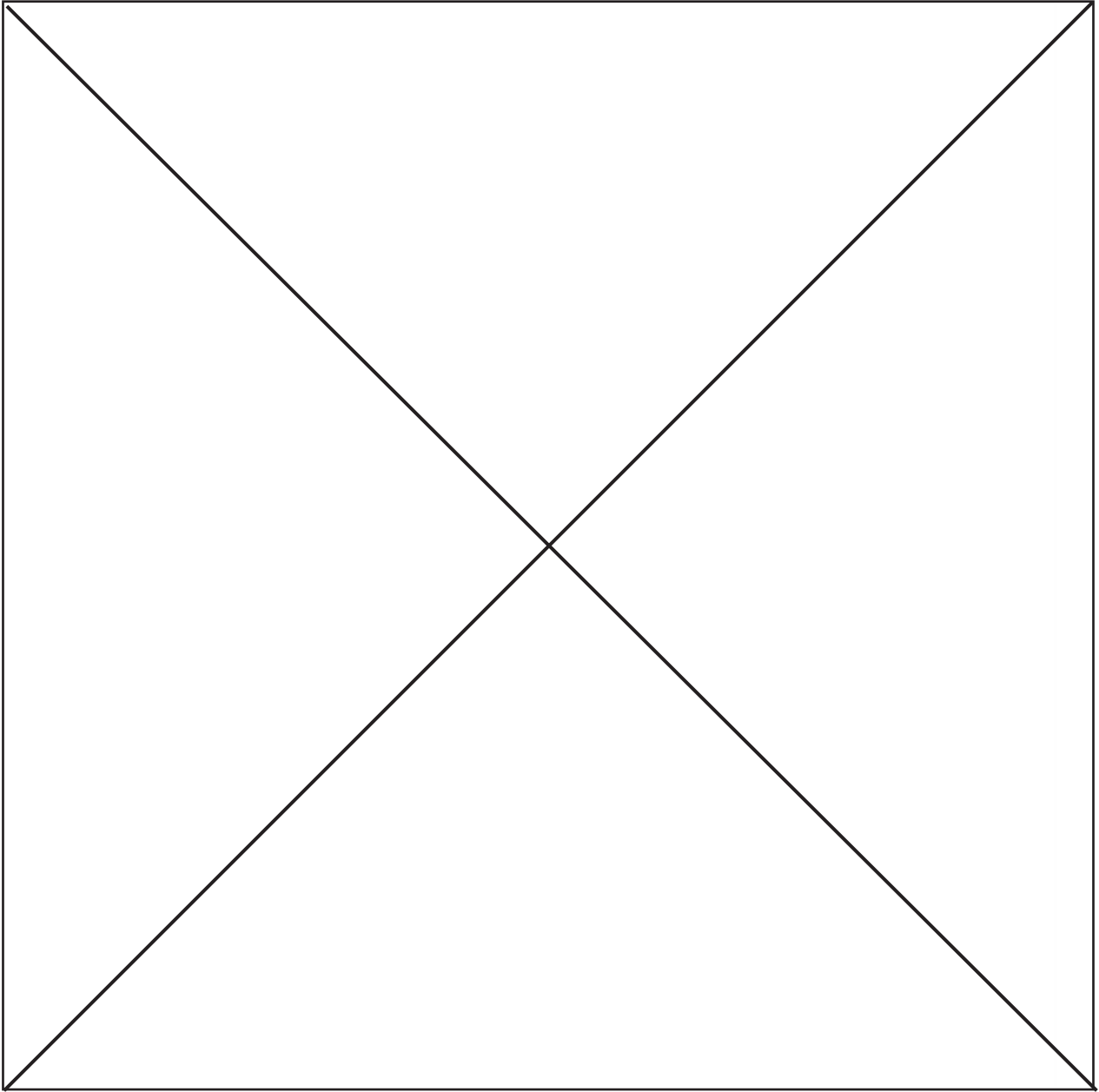
그림 10A-3 (42 중 3)



한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

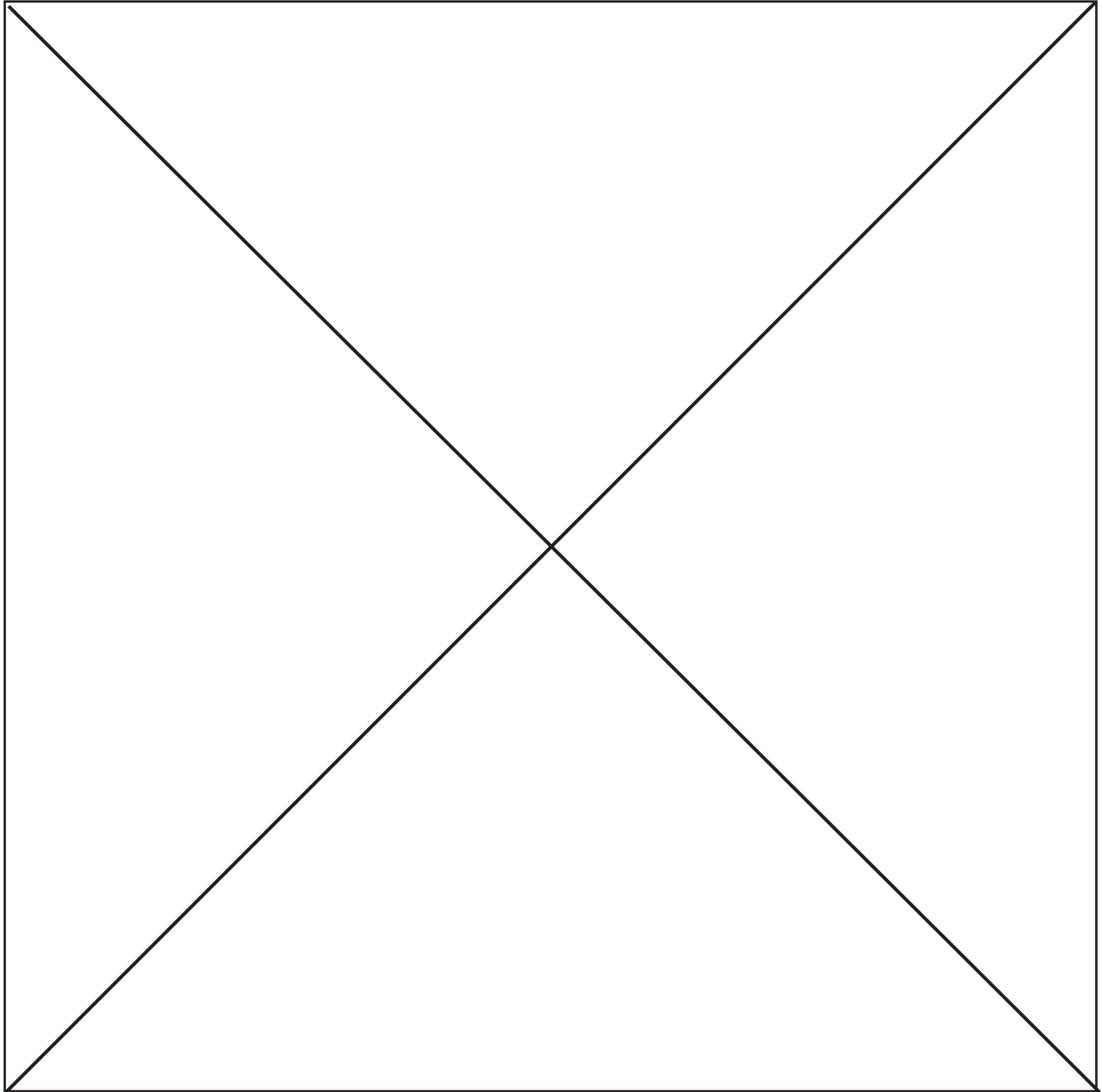
그림 10A-3 (42 중 4)



한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

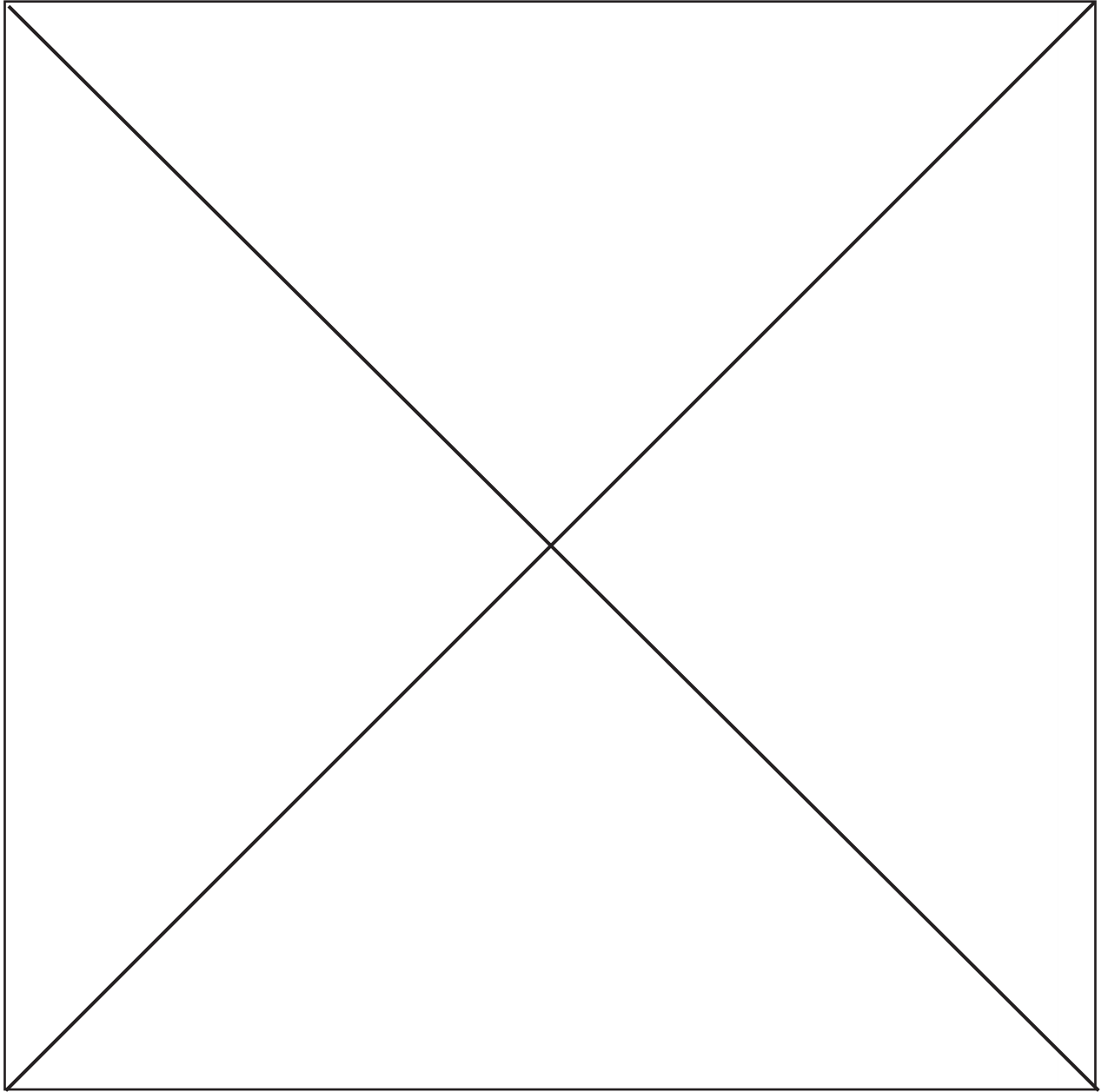
그림 10A-3 (42 중 5)



한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

그림 10A-3 (42 중 6)

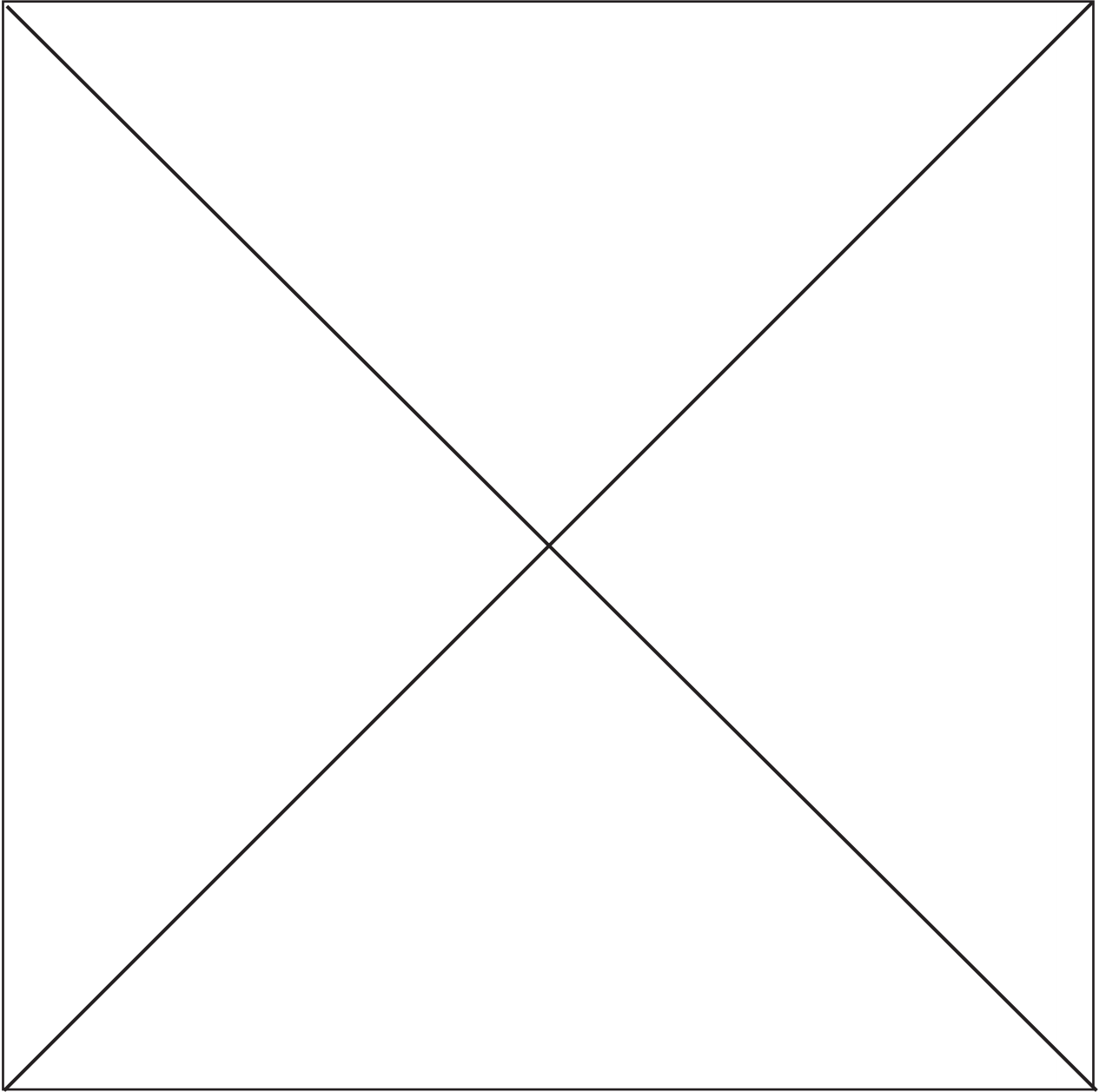


한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

그림 10A-3 (42 중 7)

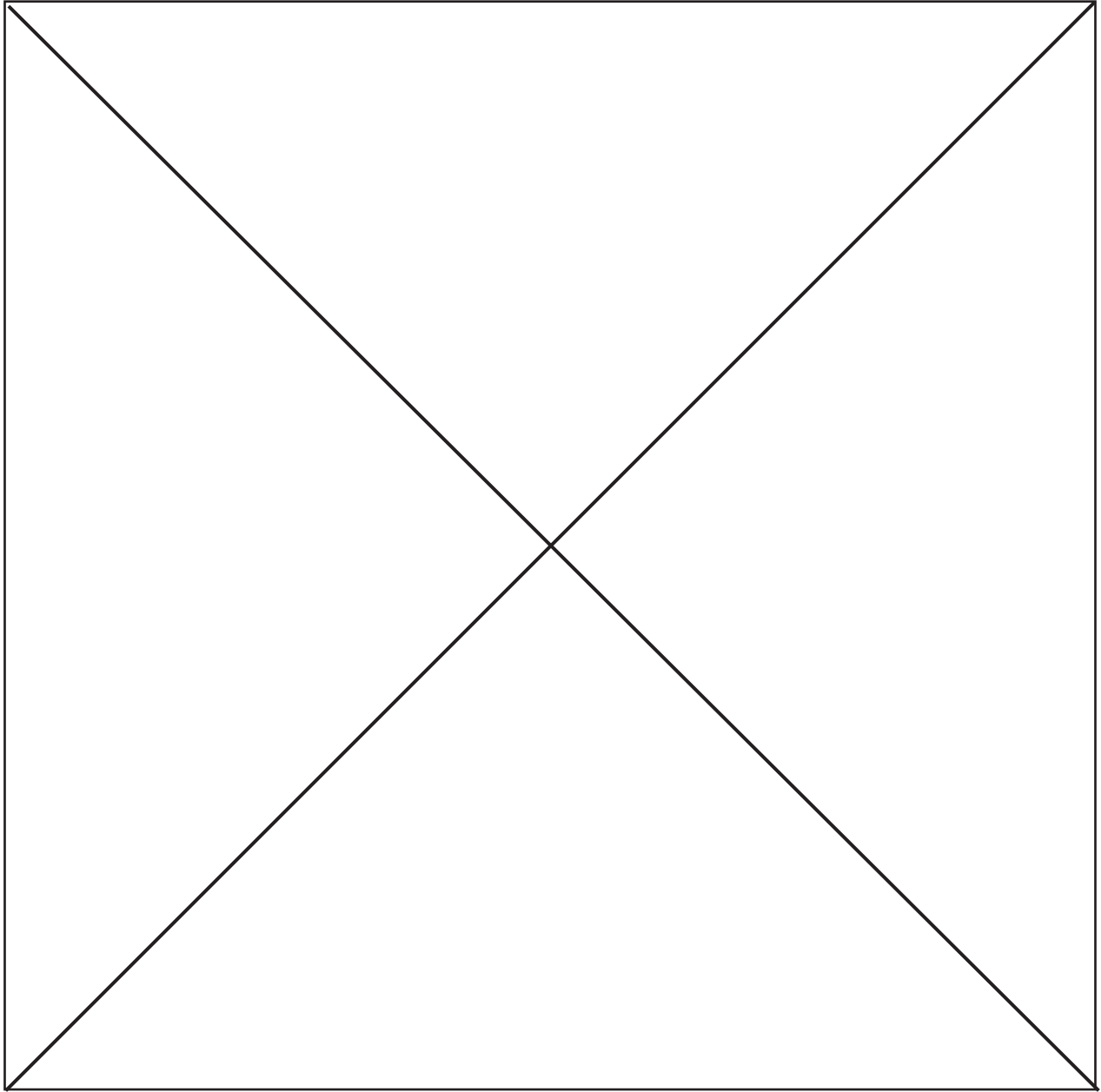




한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

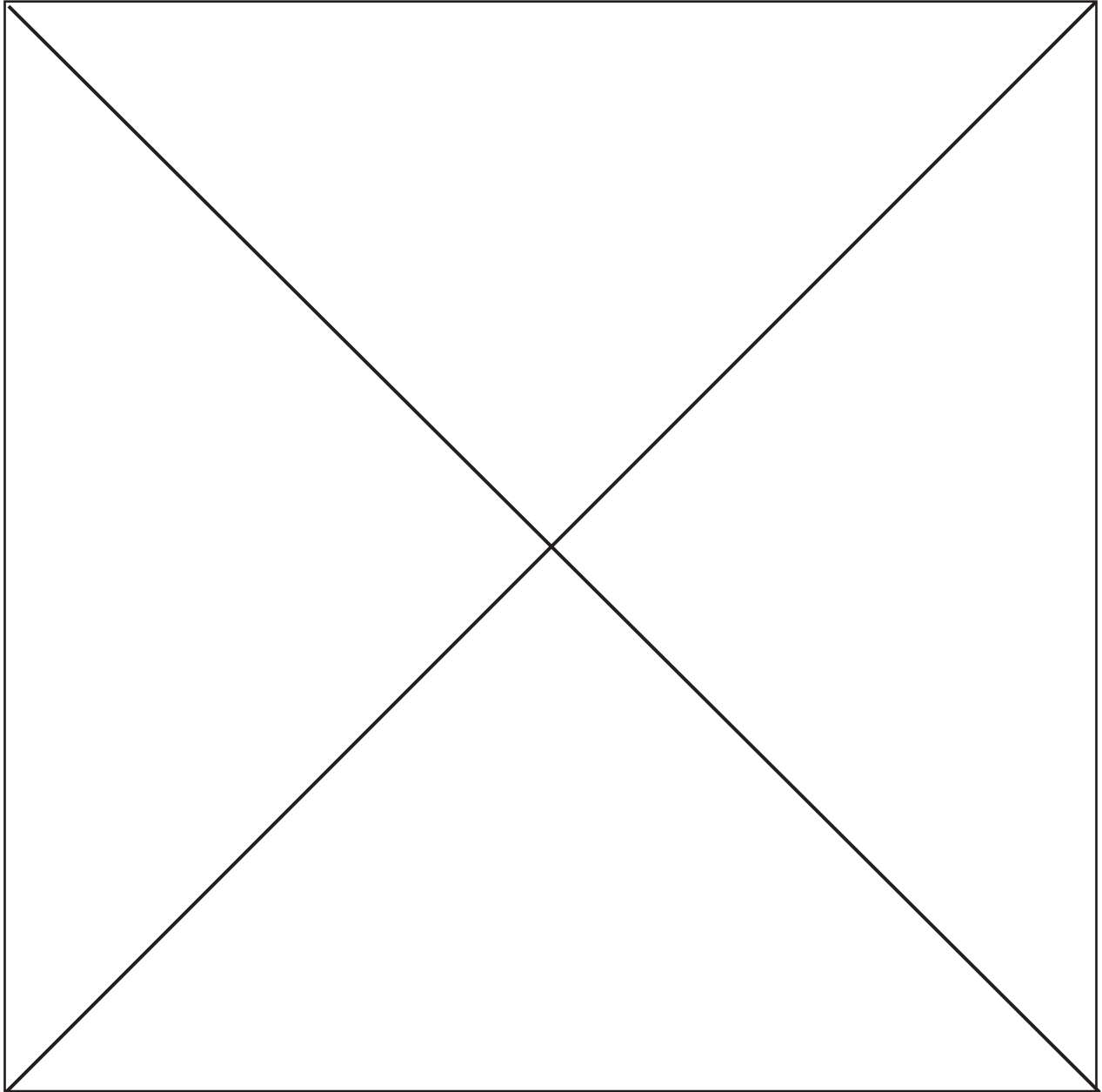
그림 10A-3 (42 중 8)



한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

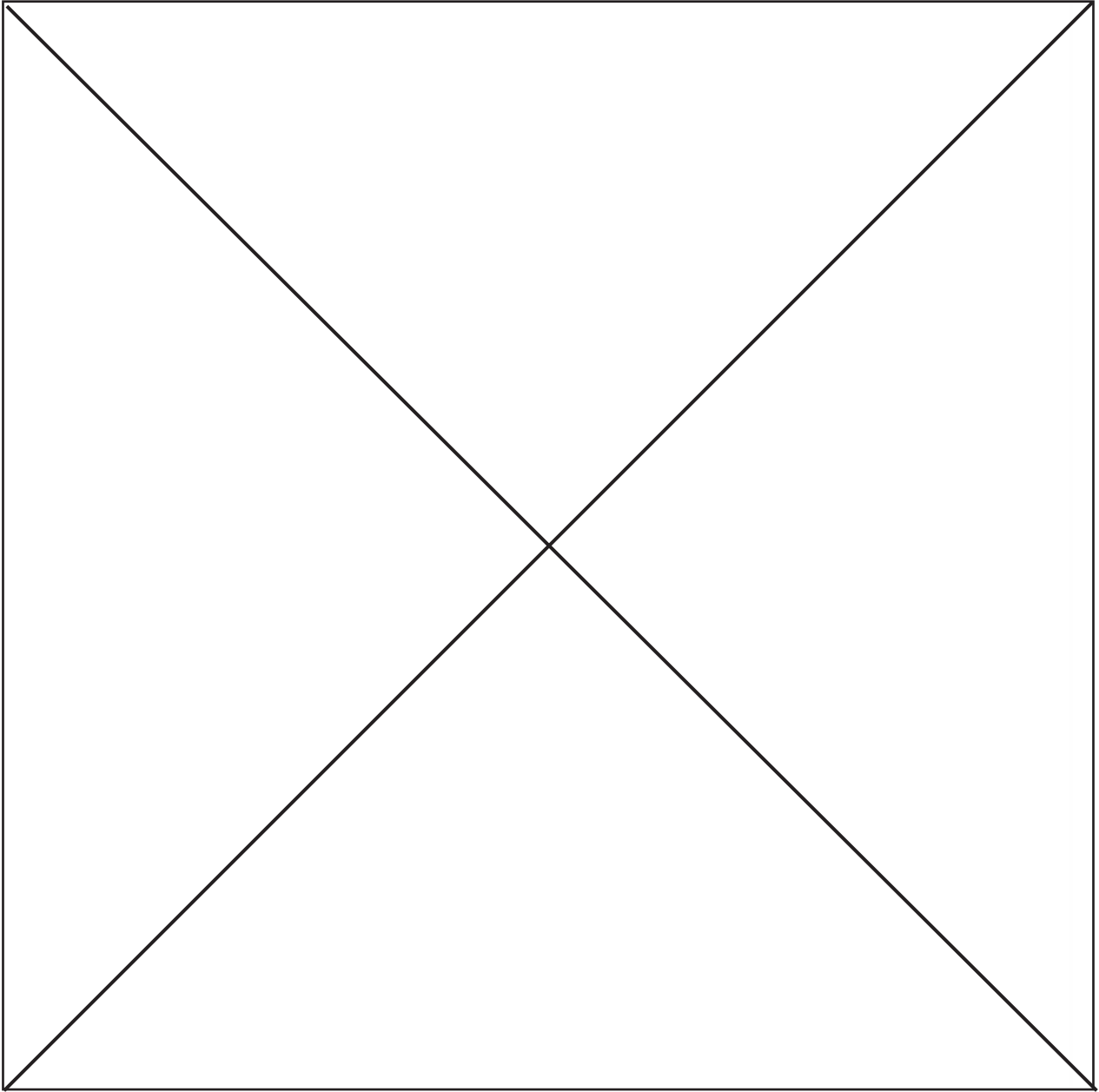
그림 10A-3 (42 중 9)



한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

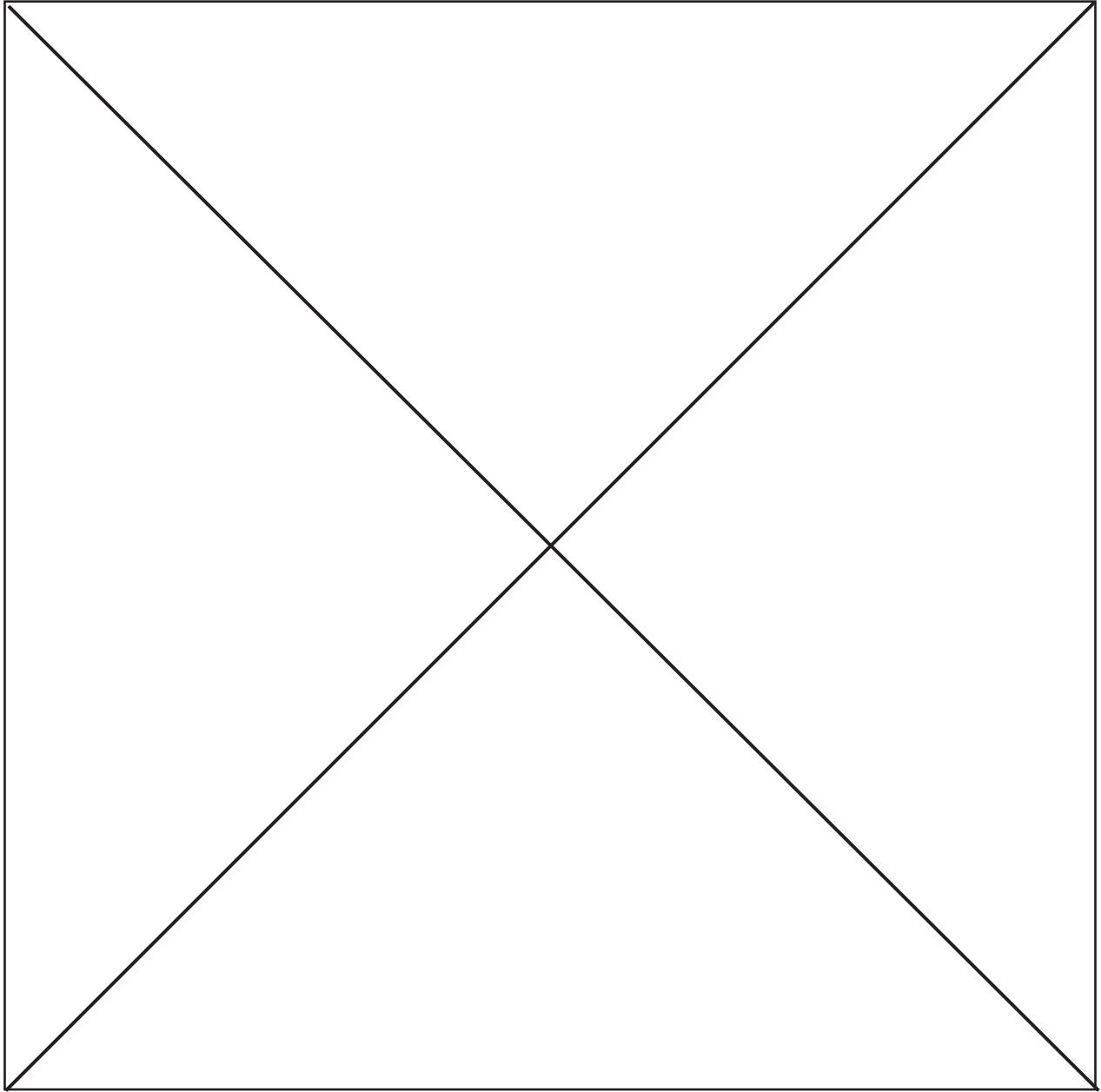
그림 10A-3 (42 중 10)



한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

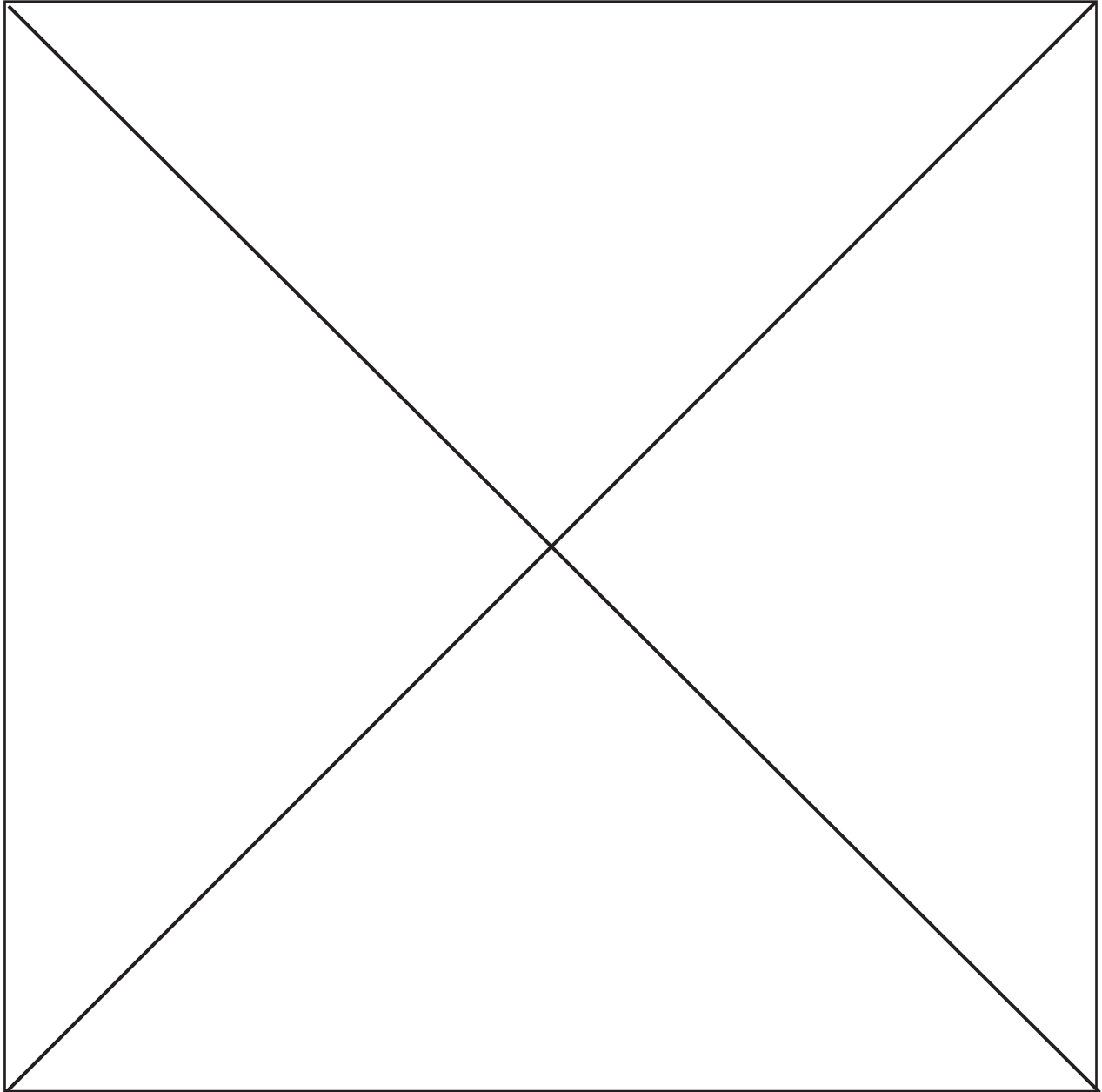
그림 10A-3 (42 중 11)



한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

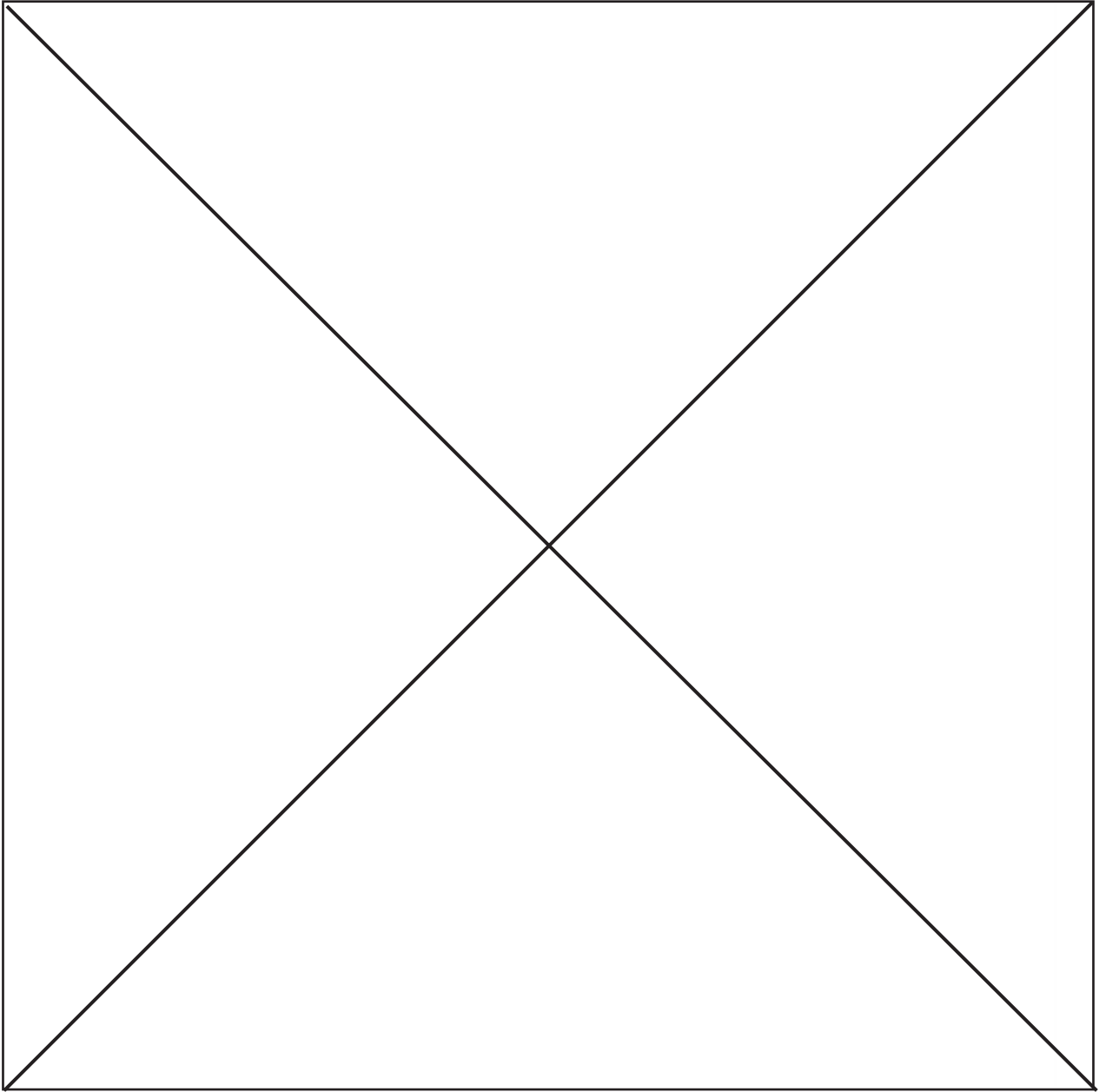
그림 10A-3 (42 중 12)



한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

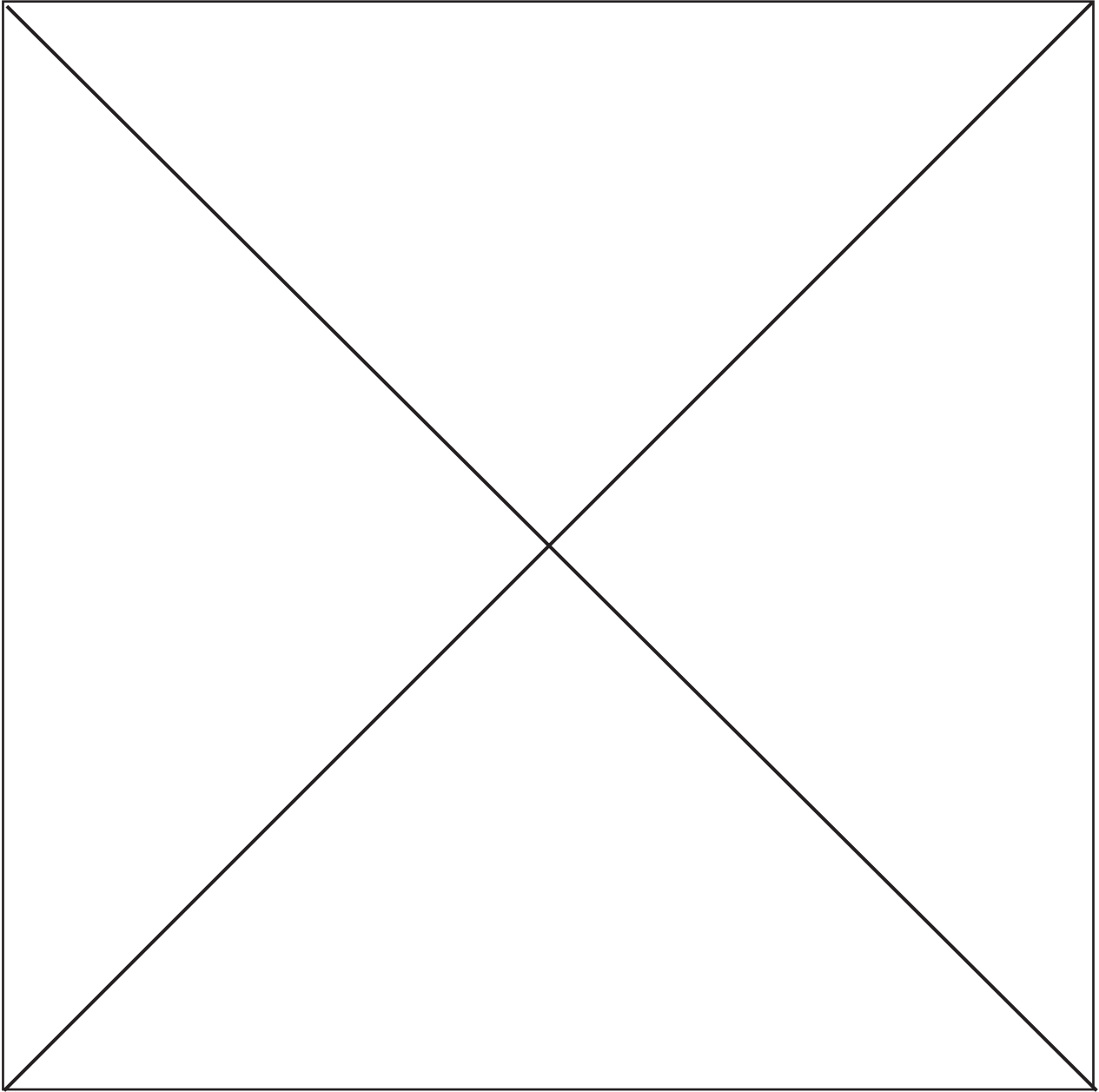
그림 10A-3 (42 중 13)



한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

그림 10A-3 (42 중 14)

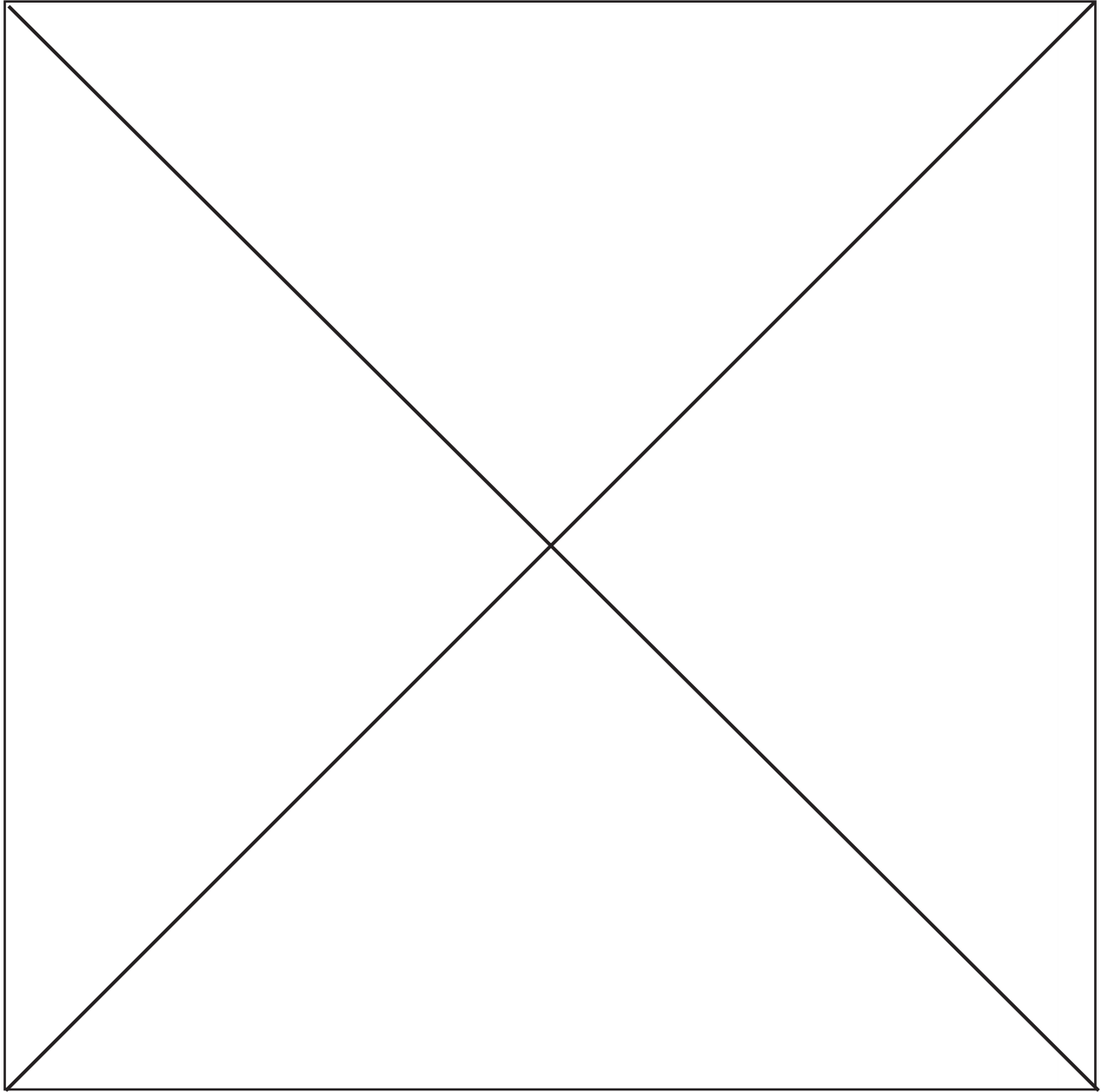


한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

그림 10A-3 (42 중 15)

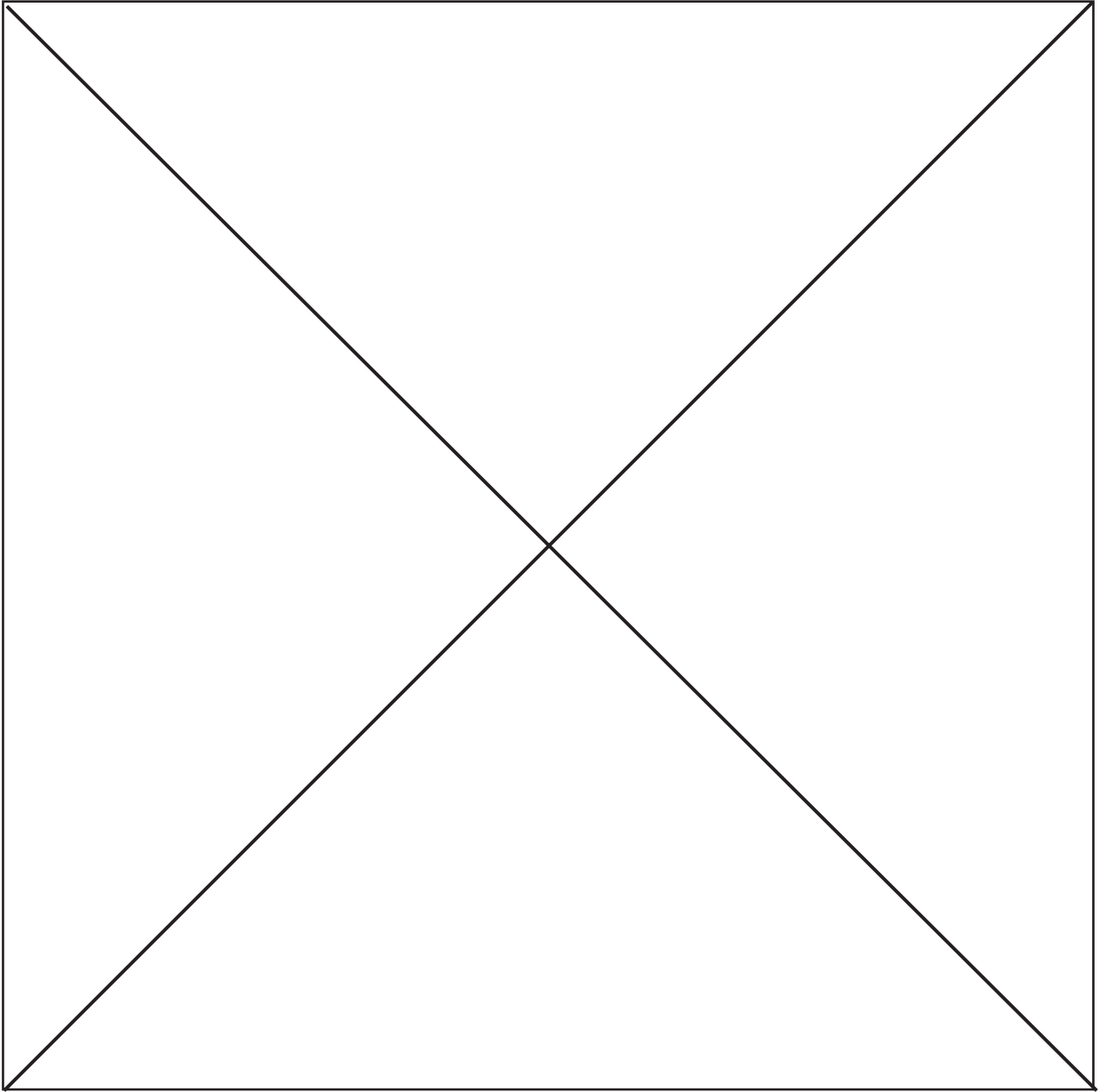




한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

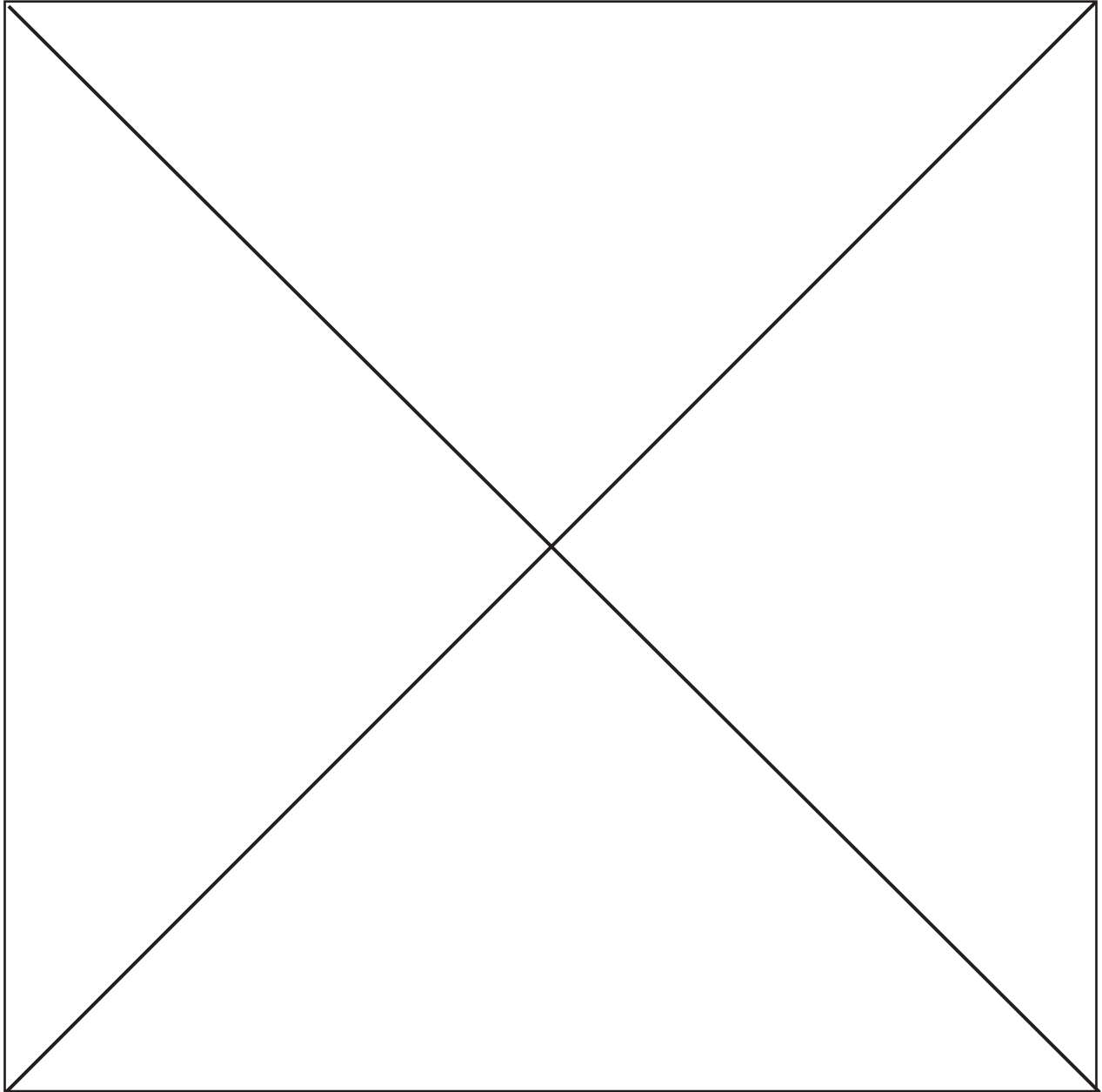
그림 10A-3 (42 중 16)



한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

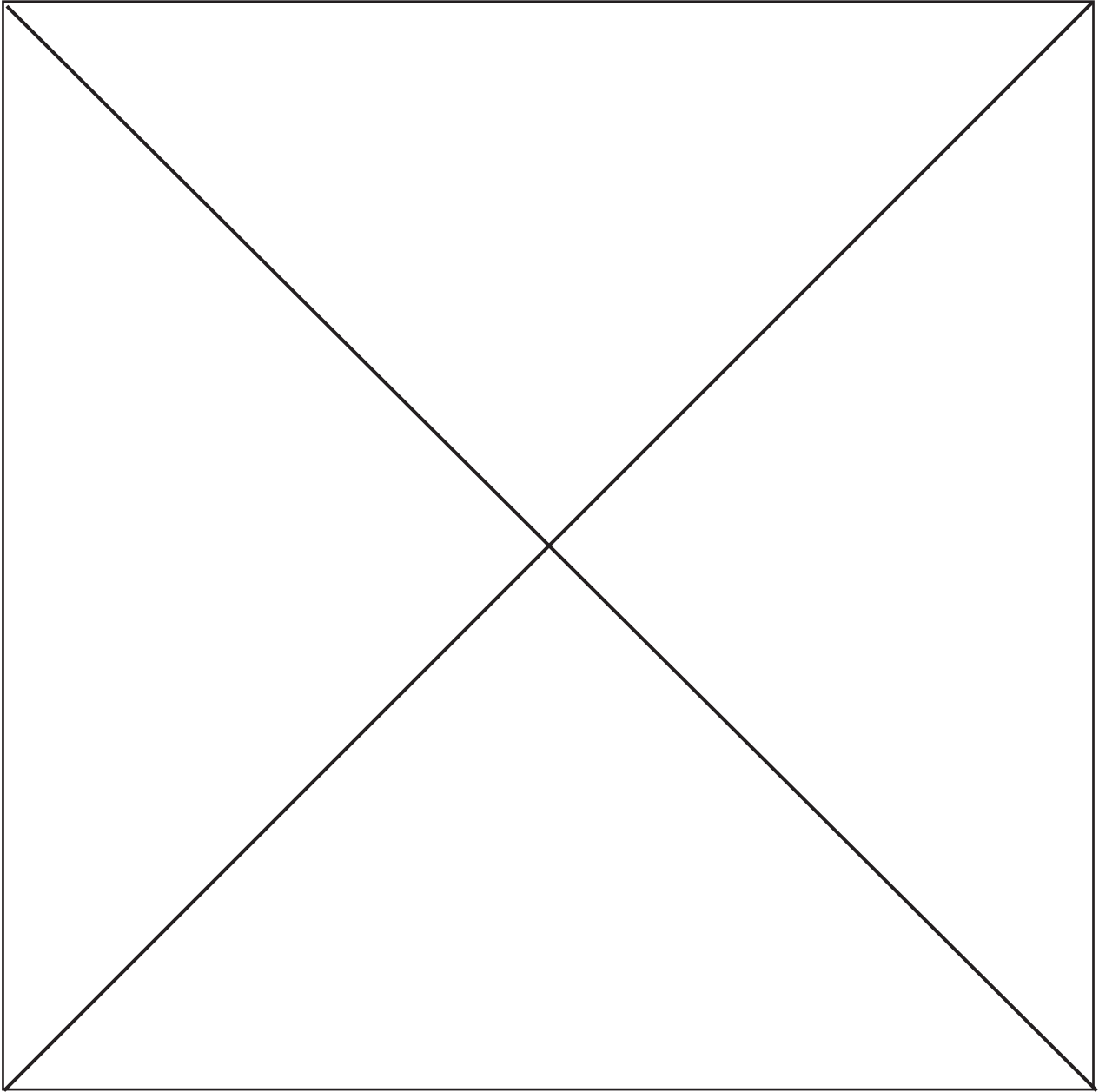
그림 10A-3 (42 중 17)



한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

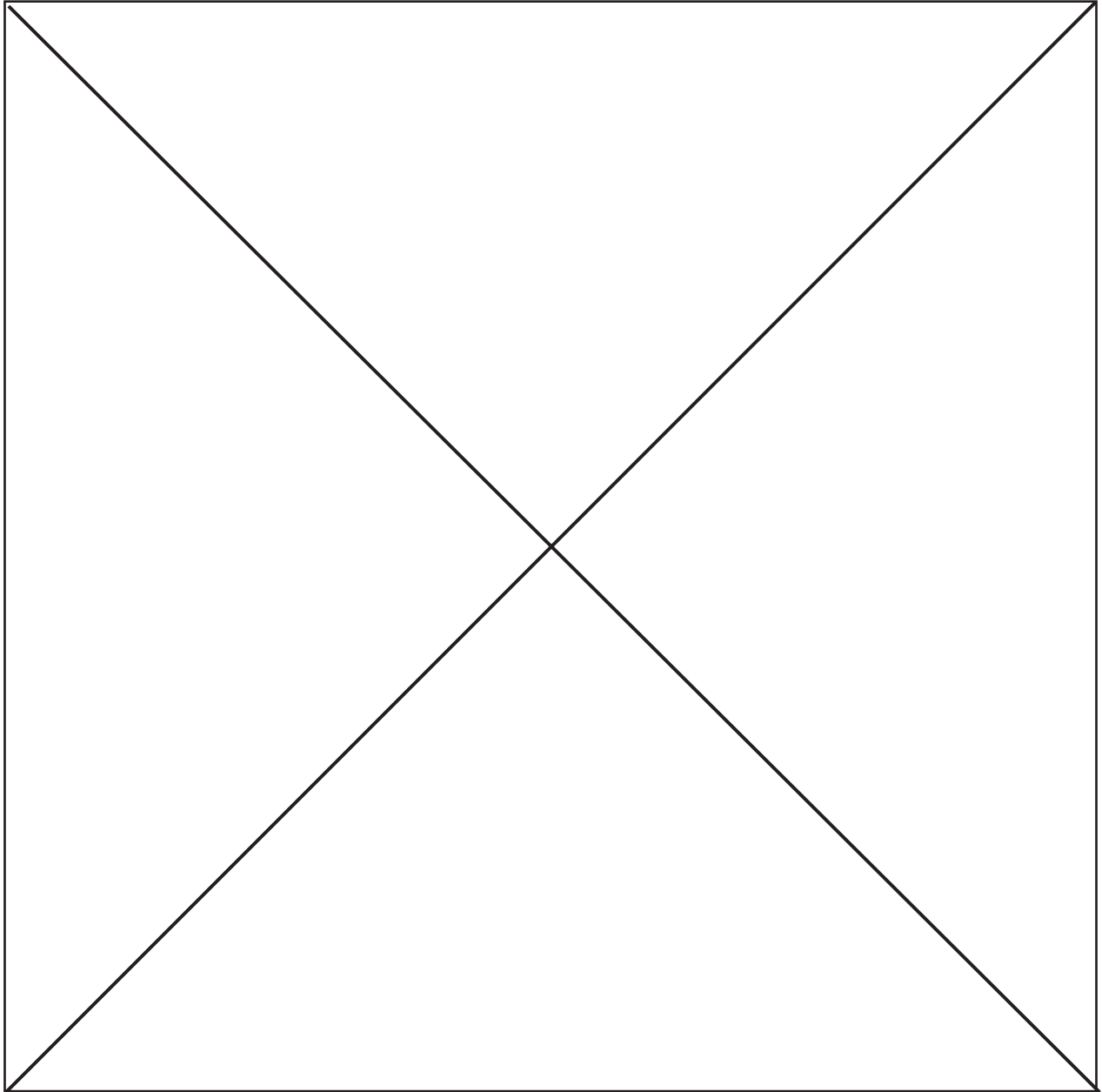
그림 10A-3 (42 중 18)



한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

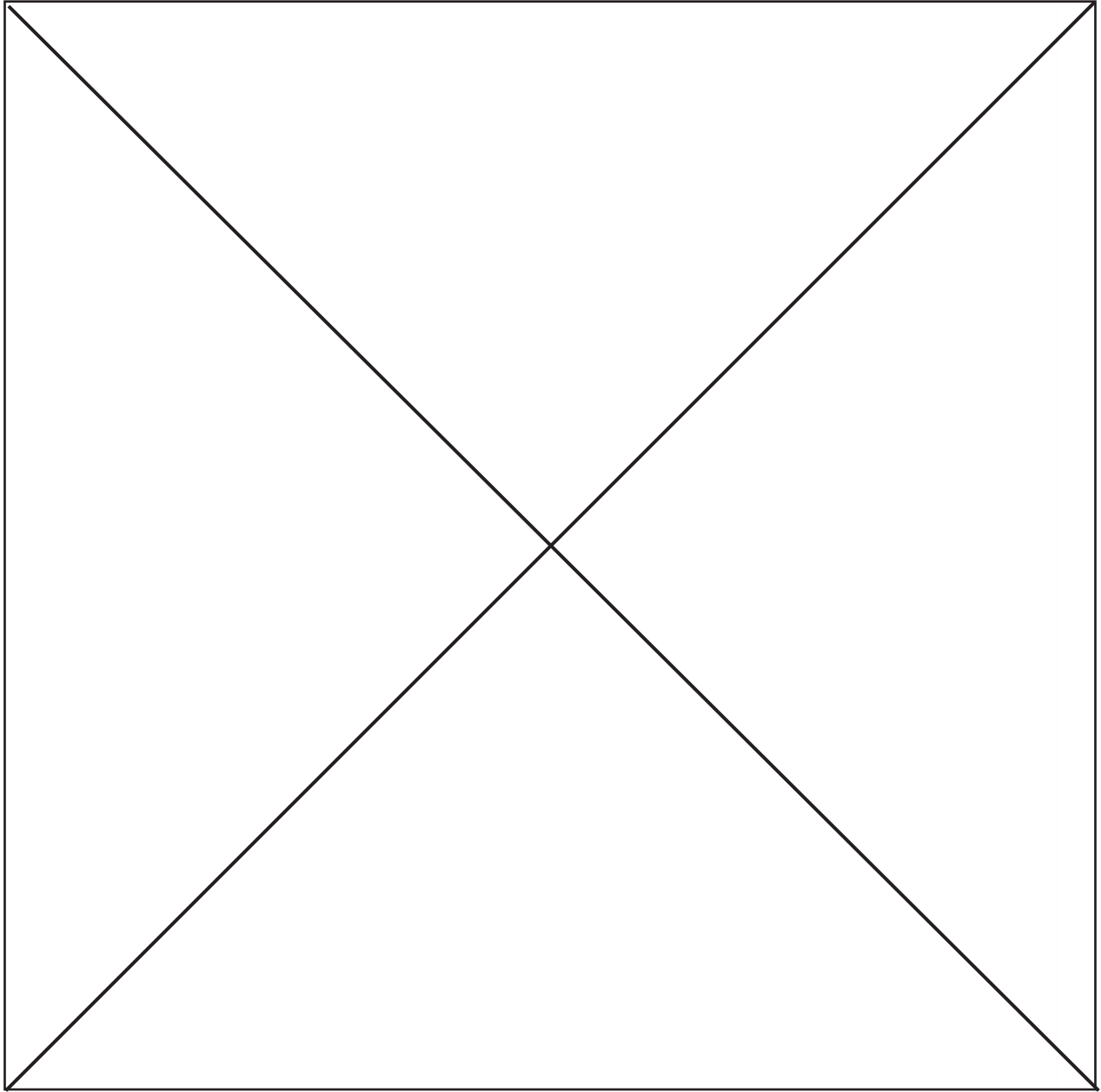
그림 10A-3 (42 중 19)



한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

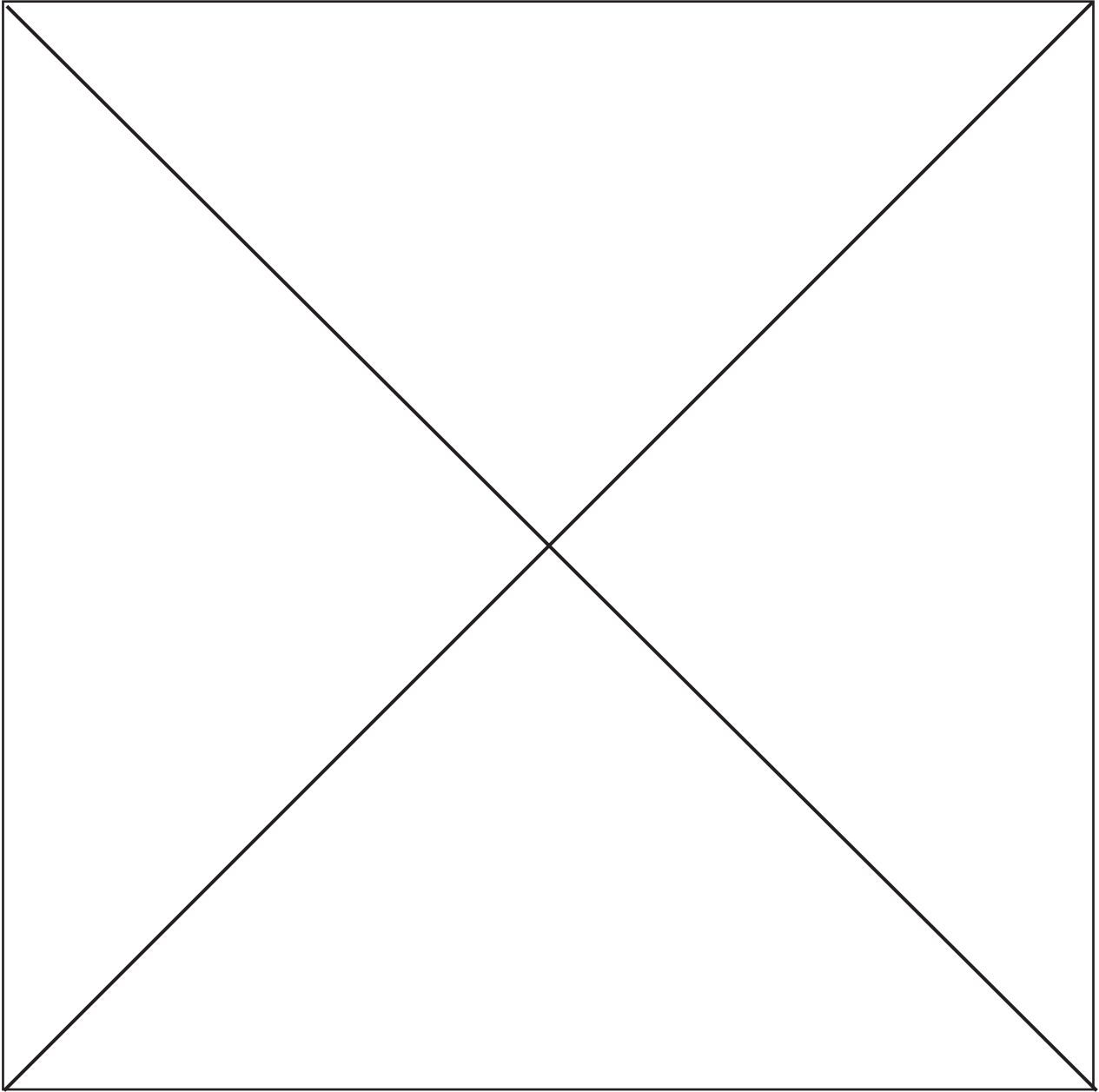
그림 10A-3 (42 중 20)



한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

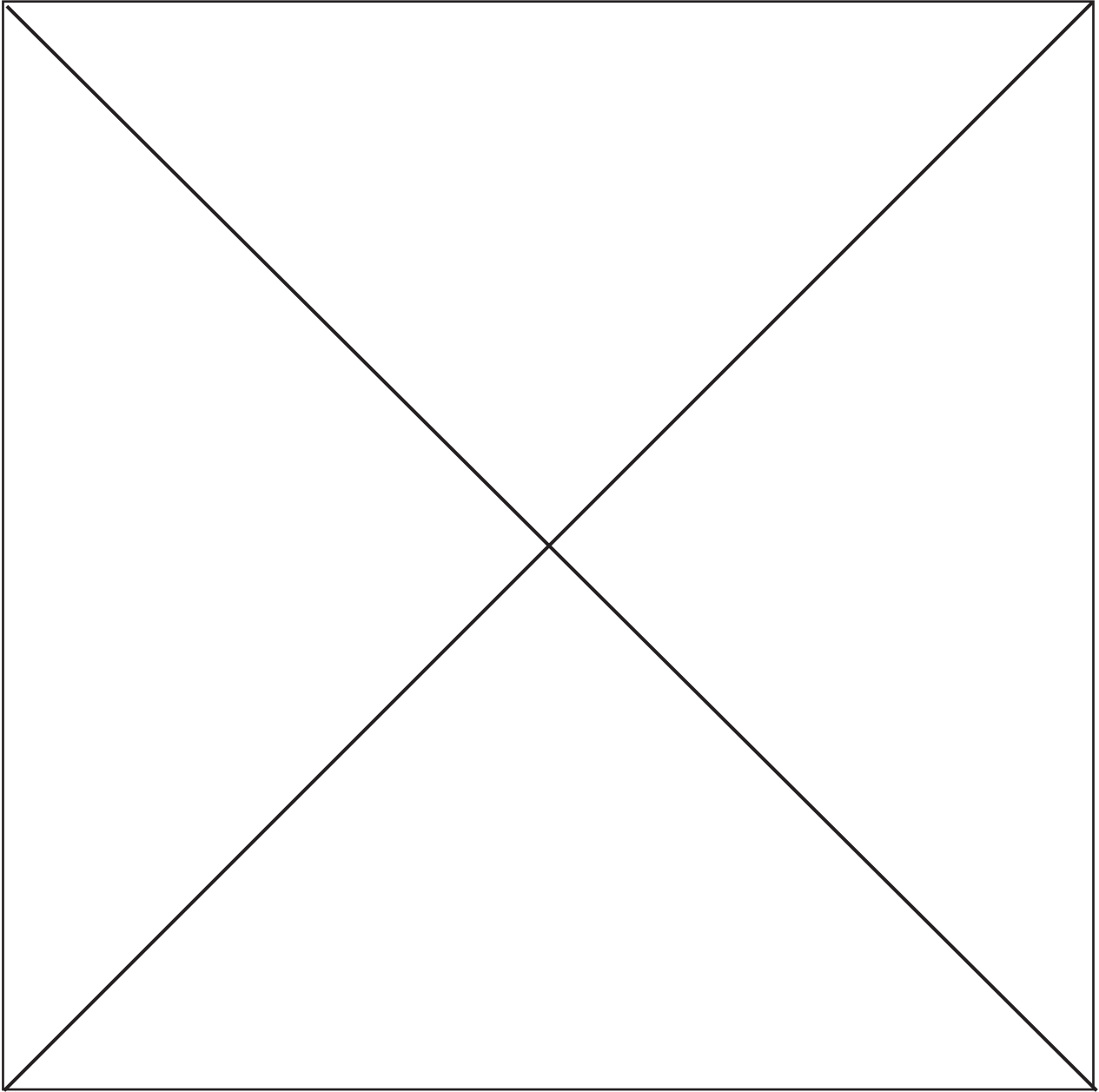
그림 10A-3 (42 중 21)



한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

그림 10A-3 (42 중 22)

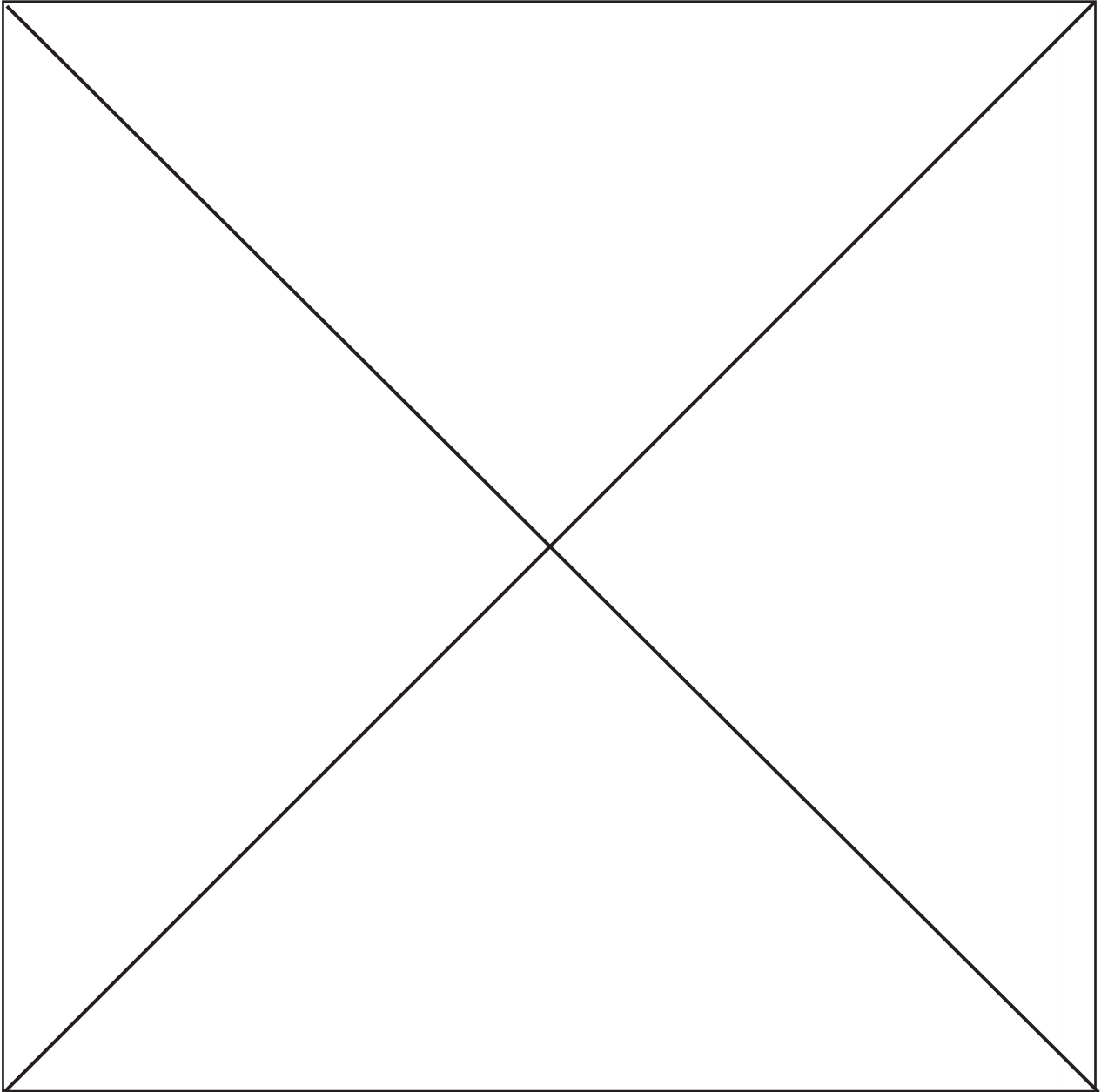


한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

그림 10A-3 (42 중 23)

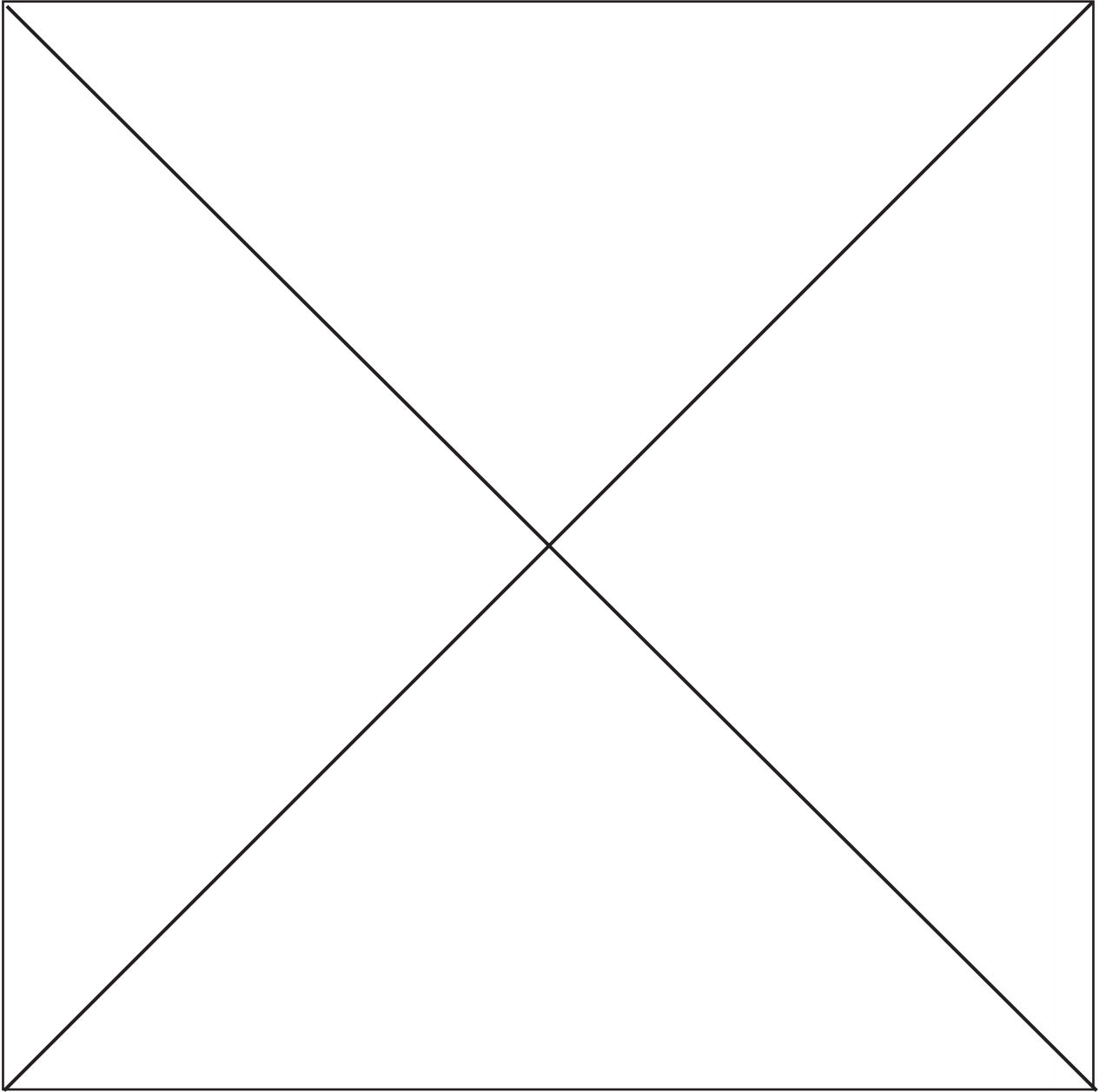




한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

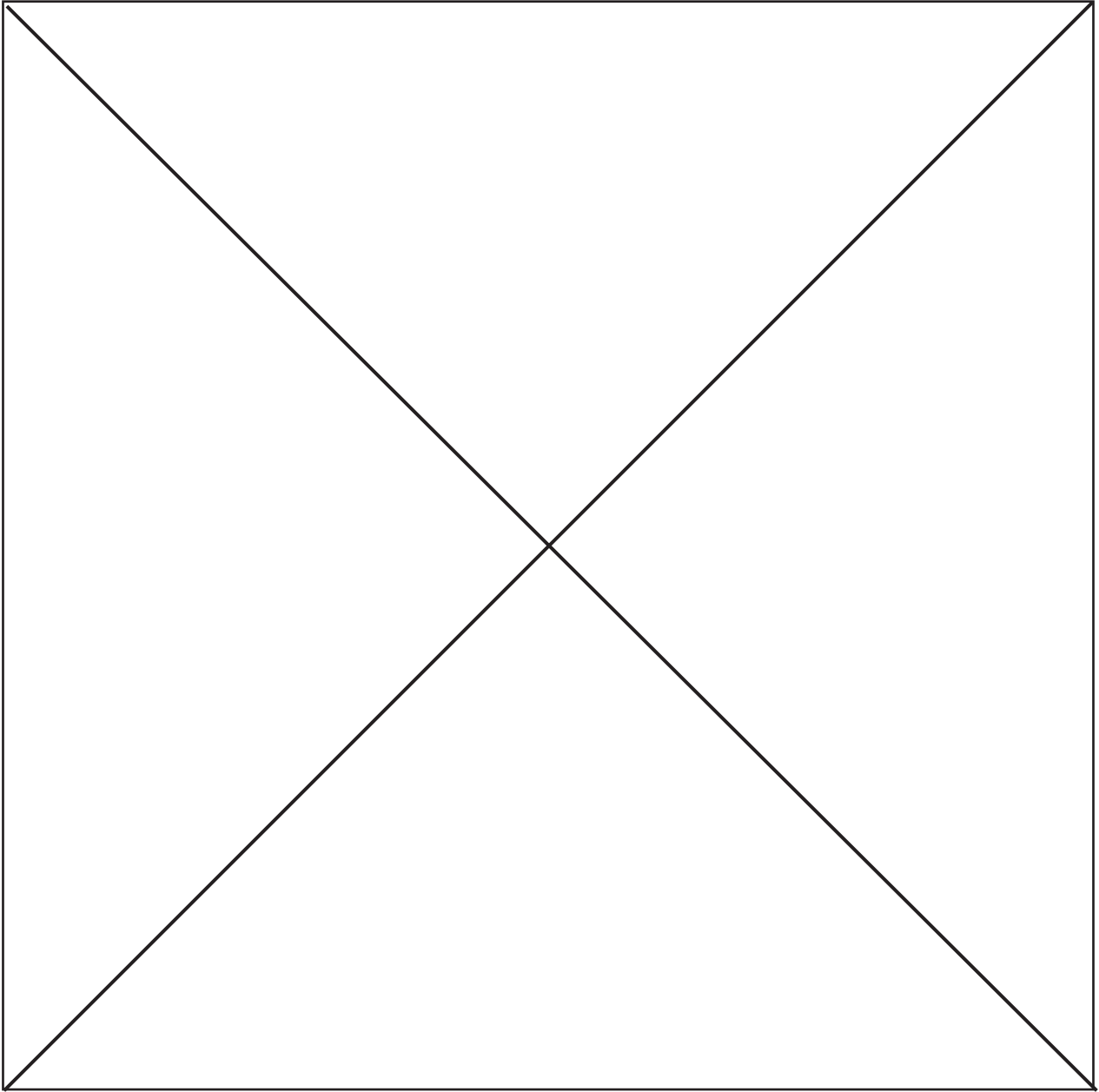
그림 10A-3 (42 중 24)



한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

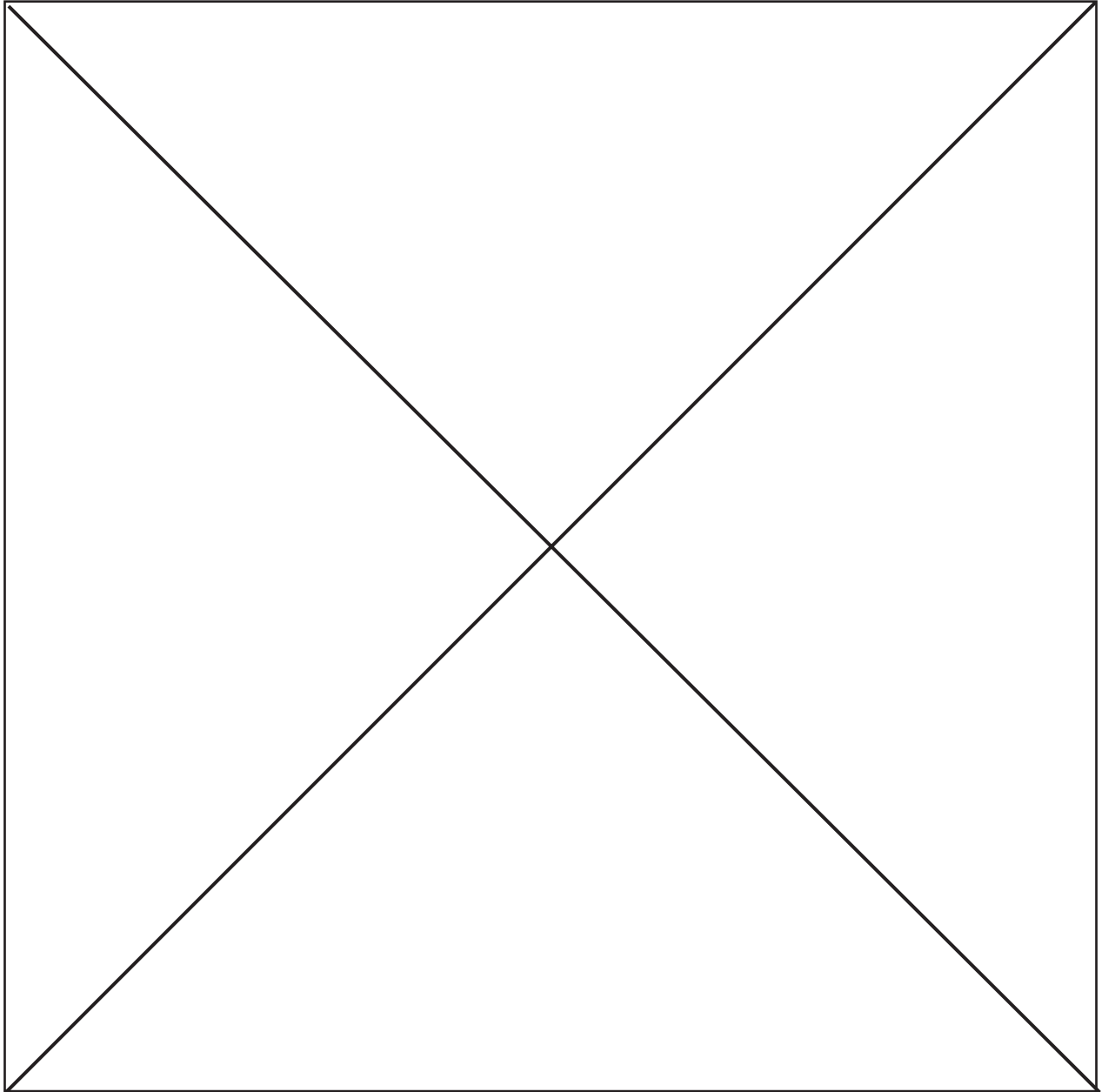
그림 10A-3 (42 중 25)



한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

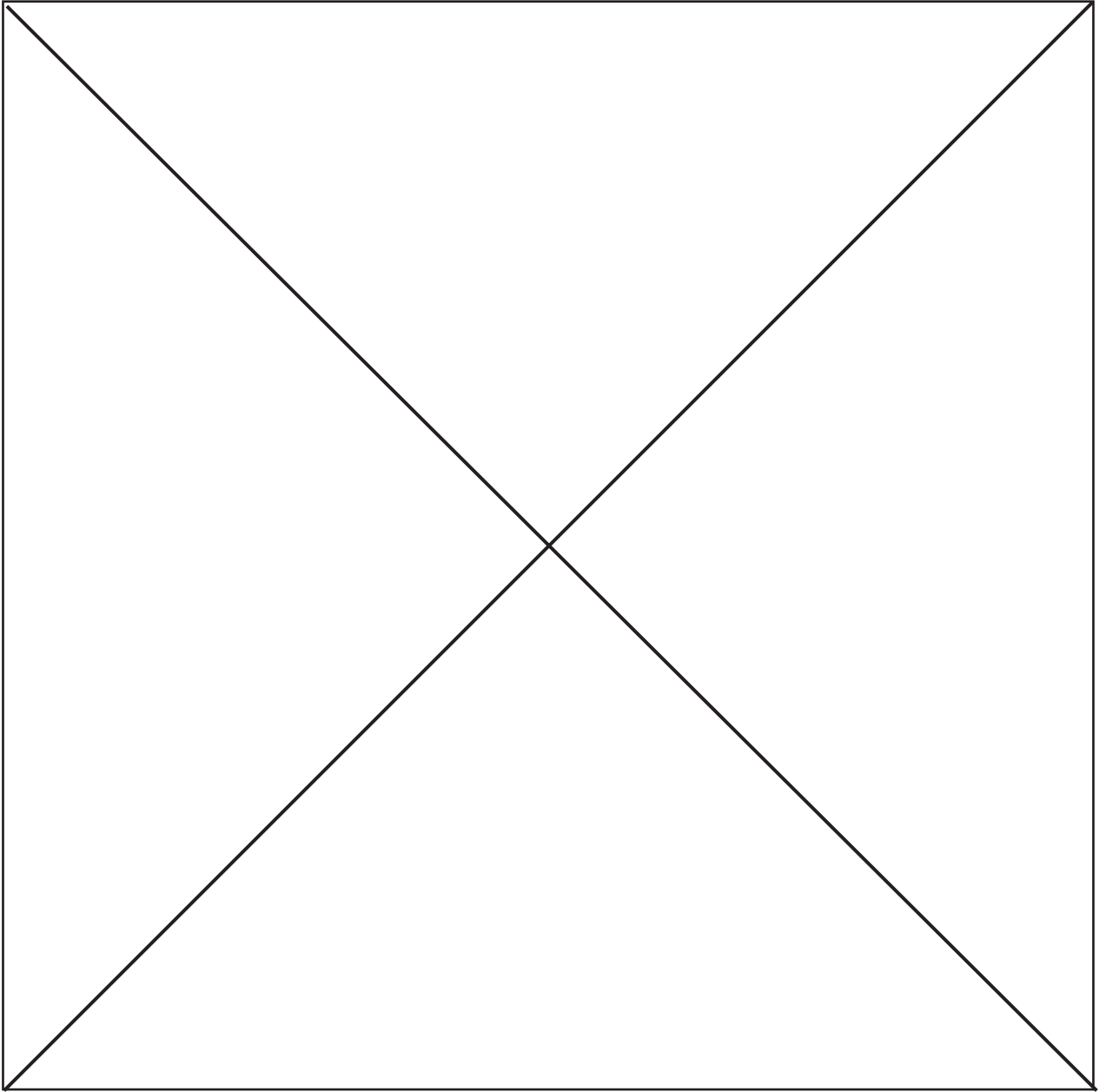
그림 10A-3 (42 중 26)



한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

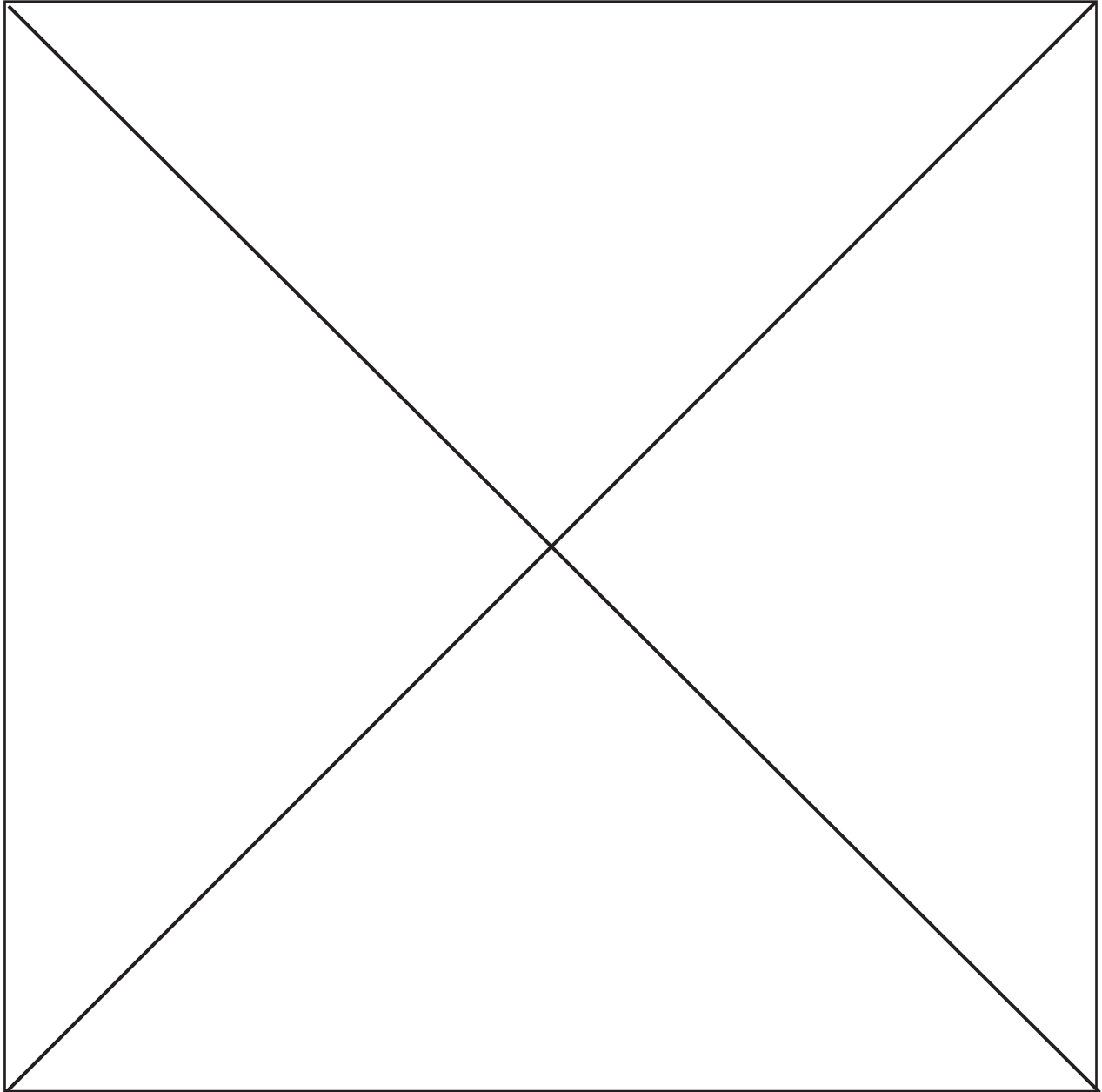
그림 10A-3 (42 중 27)



한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

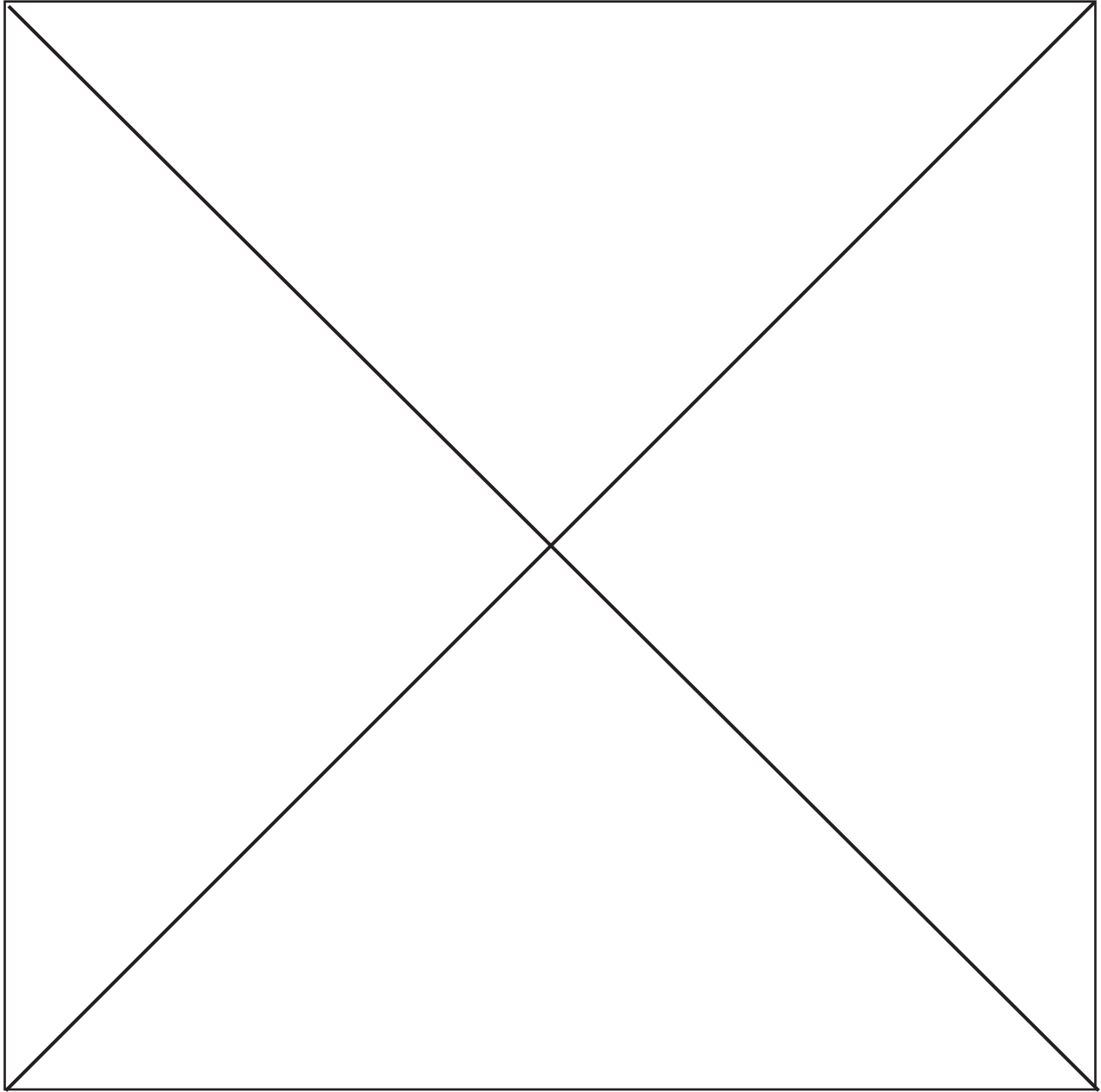
그림 10A-3 (42 중 28)



한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

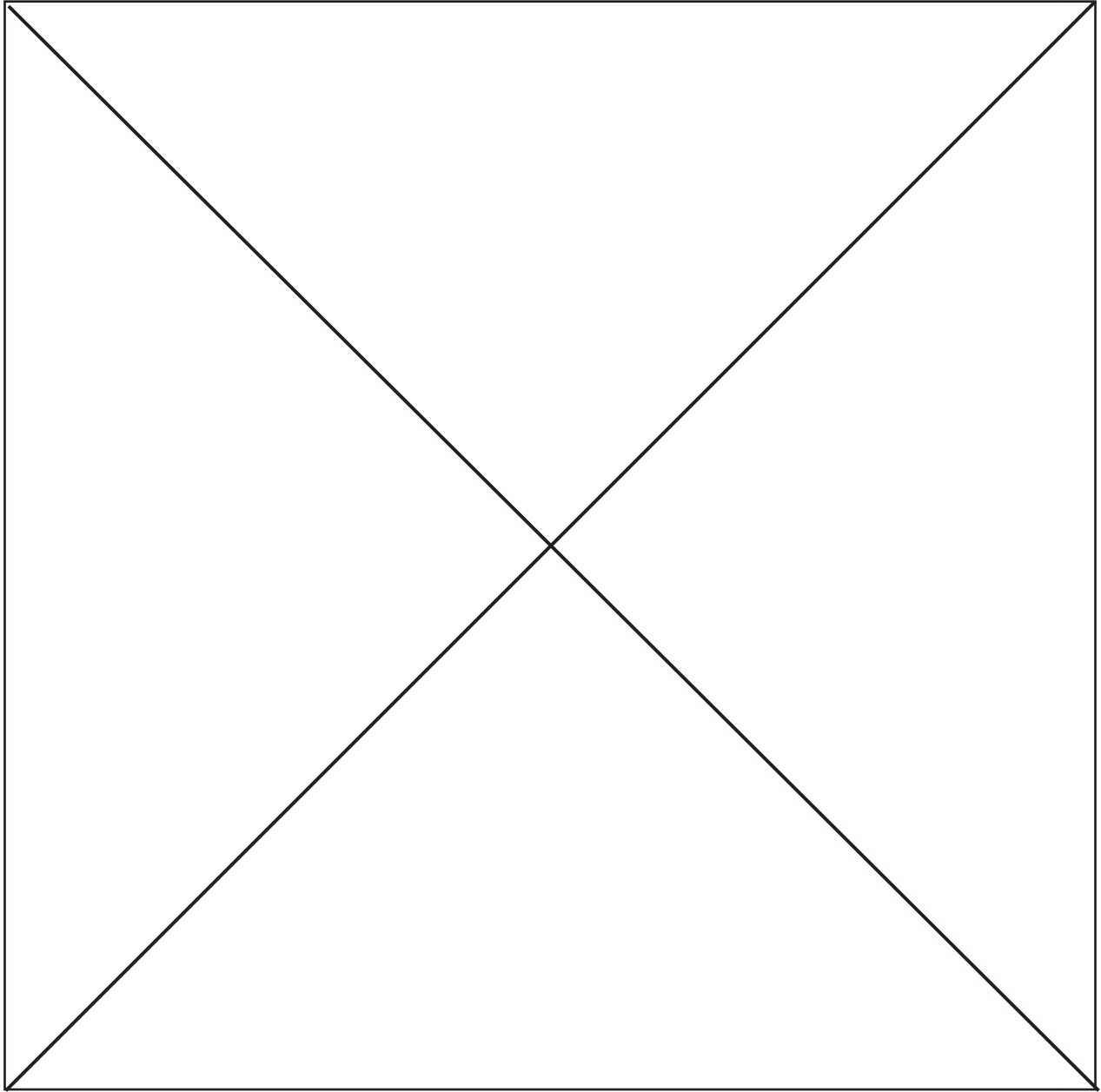
그림 10A-3 (42 중 29)



한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

그림 10A-3 (42 중 30)

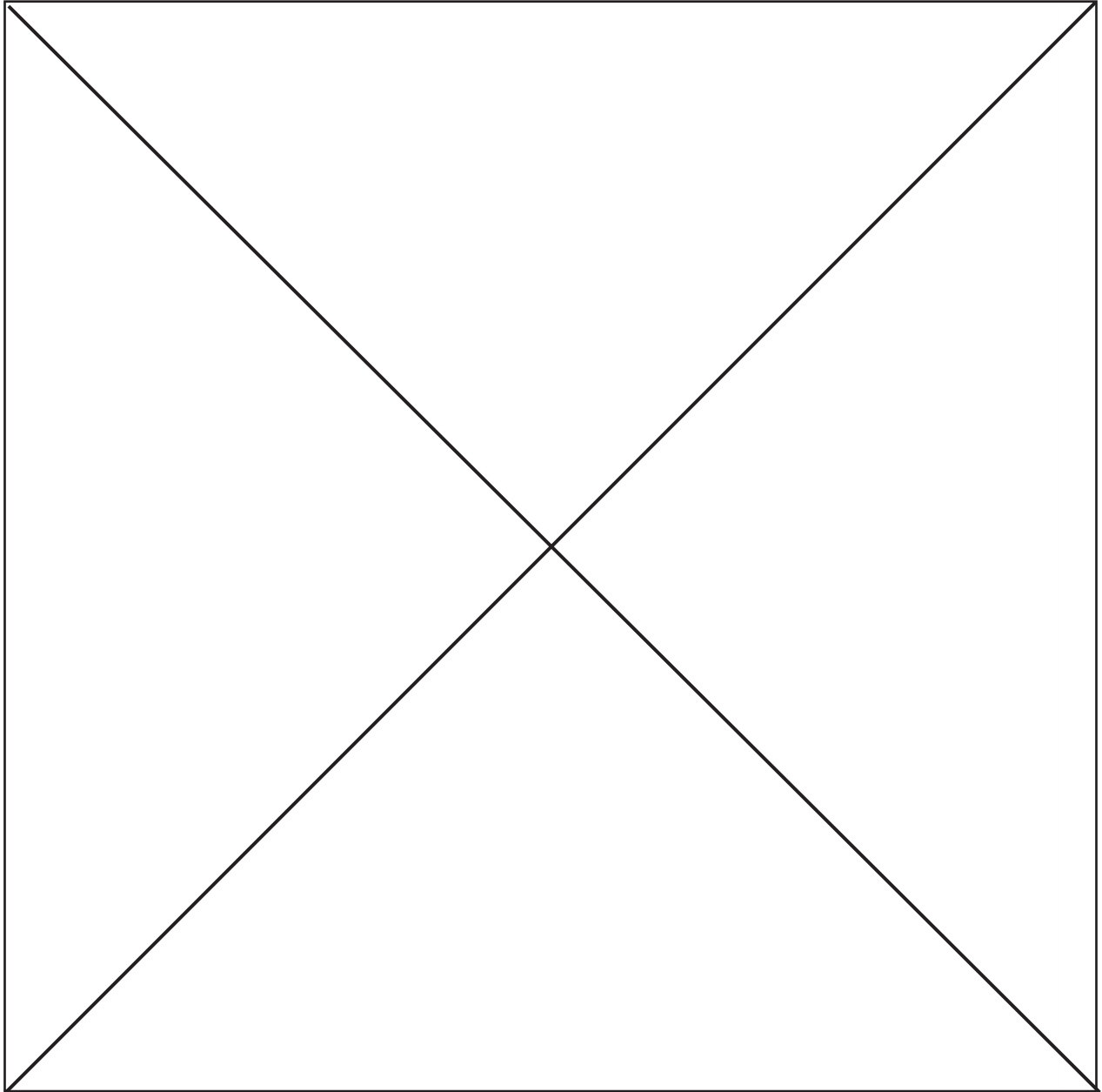


한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

그림 10A-3 (42 중 31)

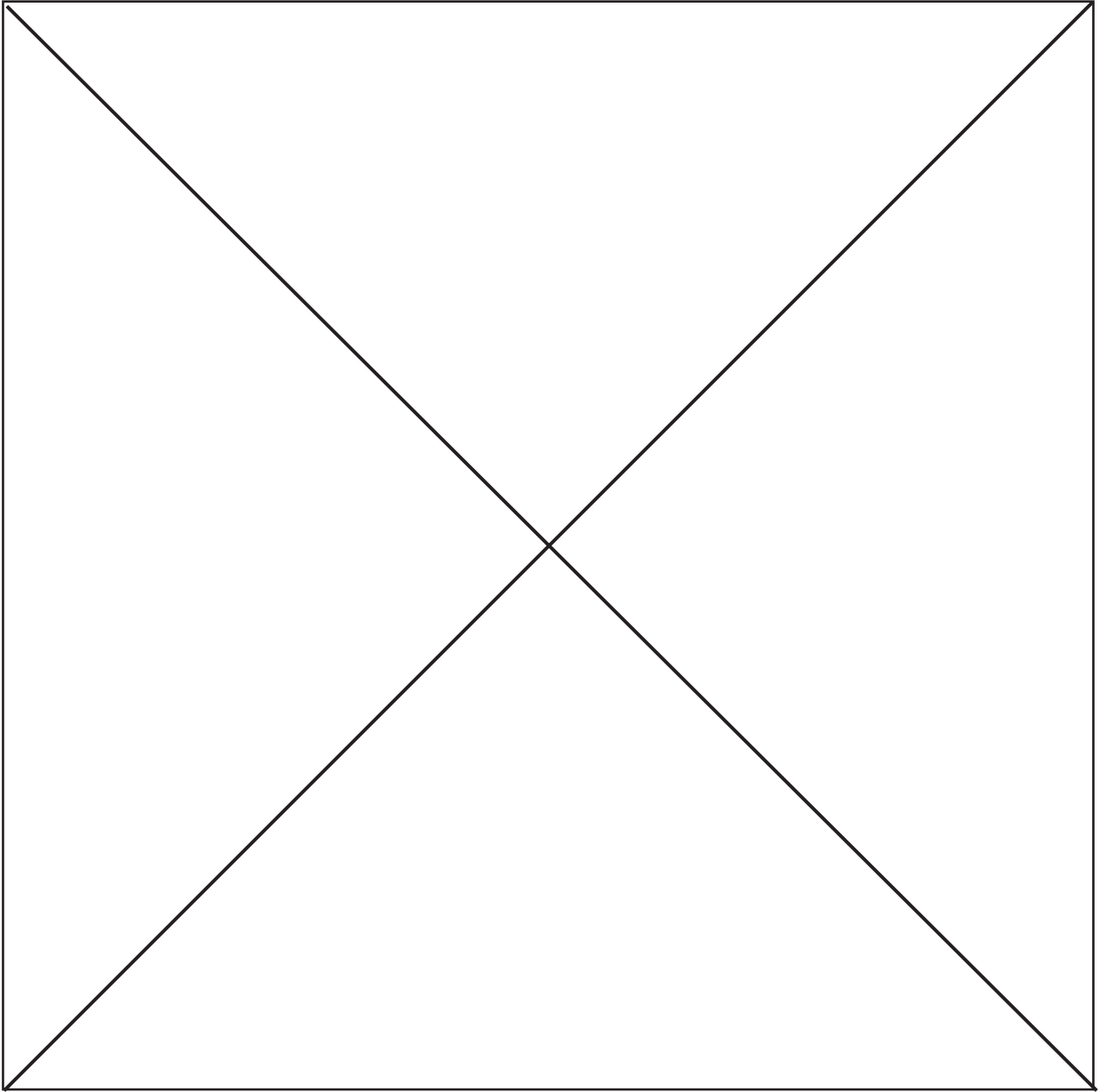




한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

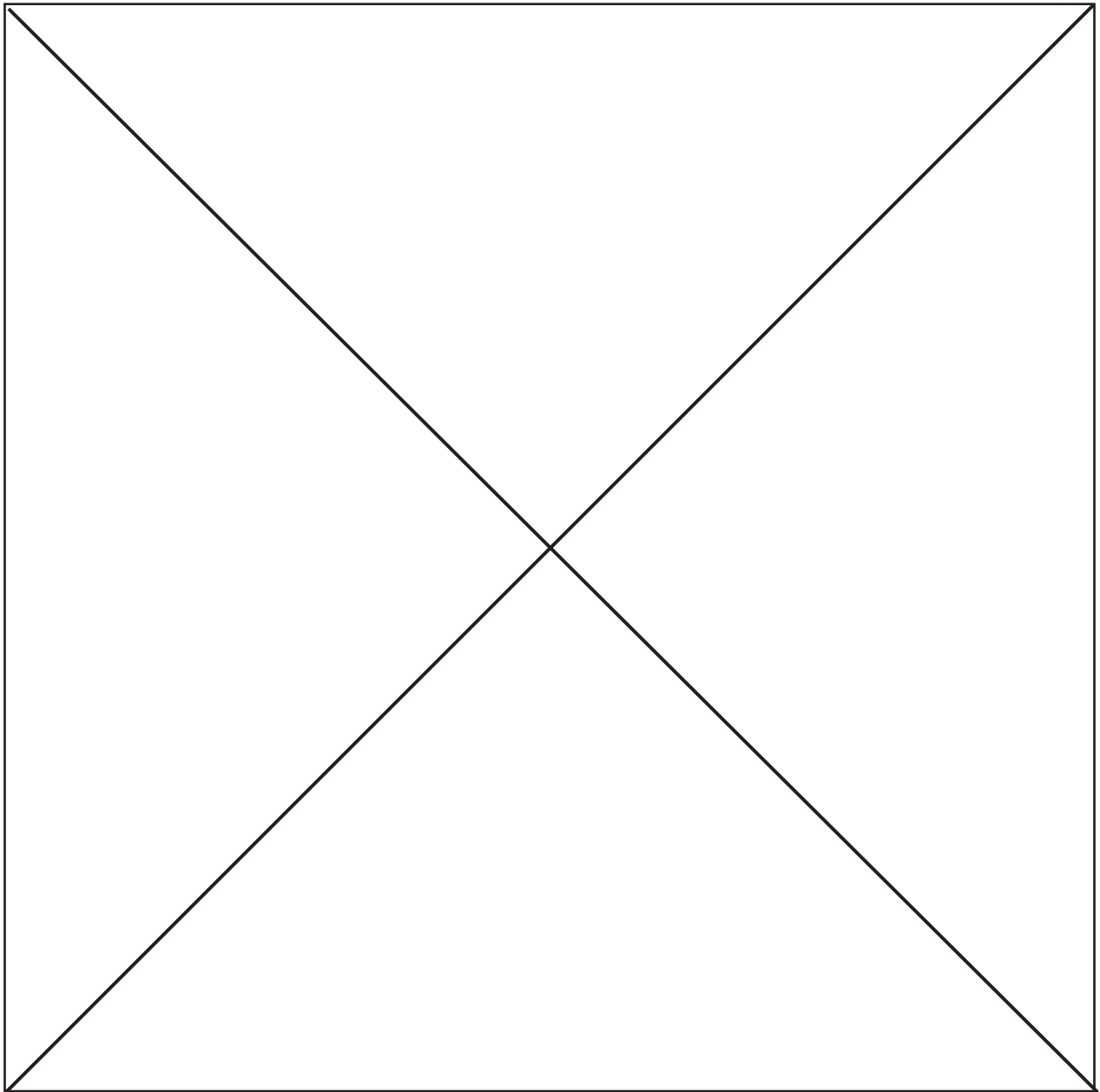
그림 10A-3 (42 중 32)



한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

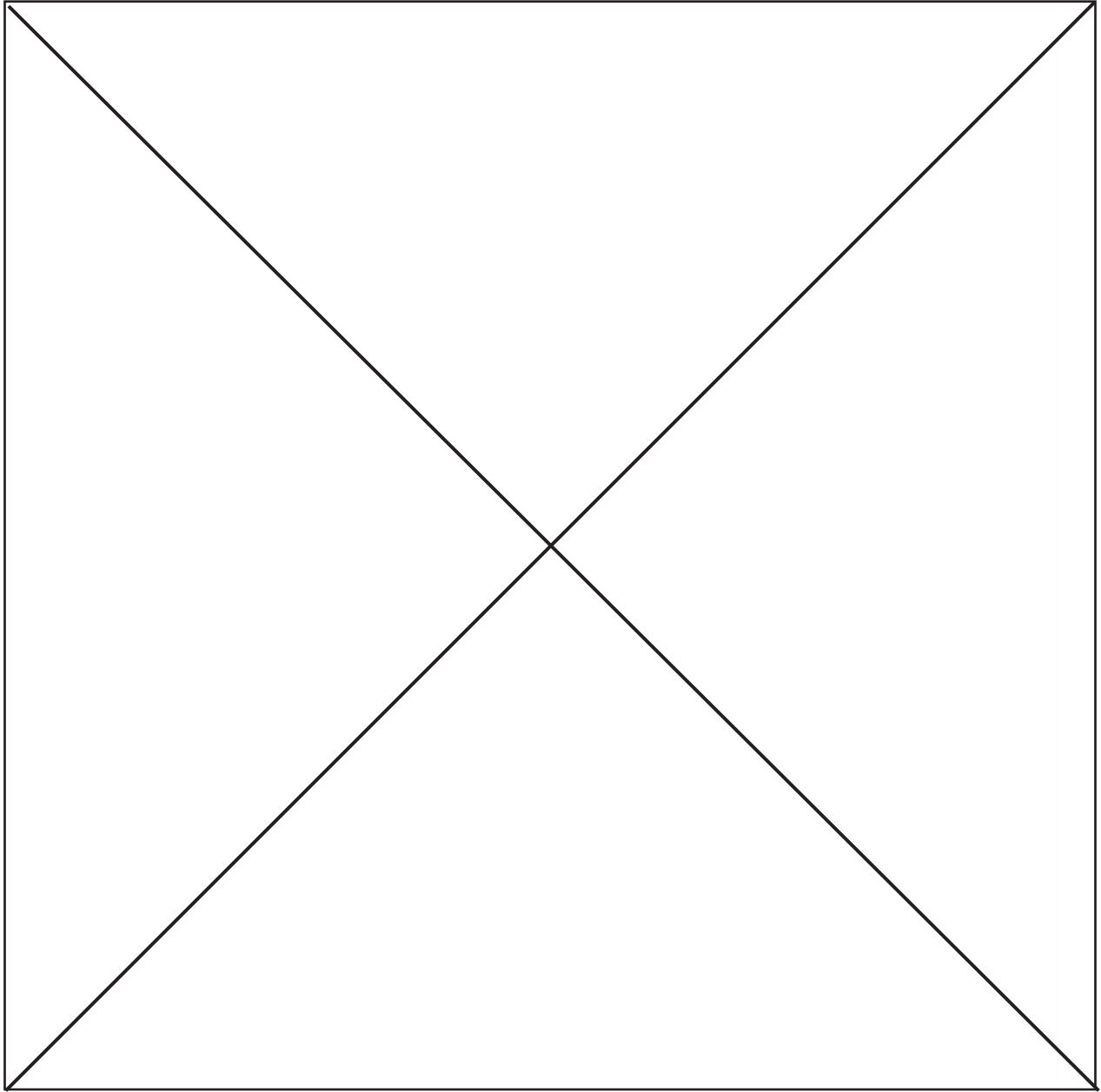
그림 10A-3 (42 중 33)



한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

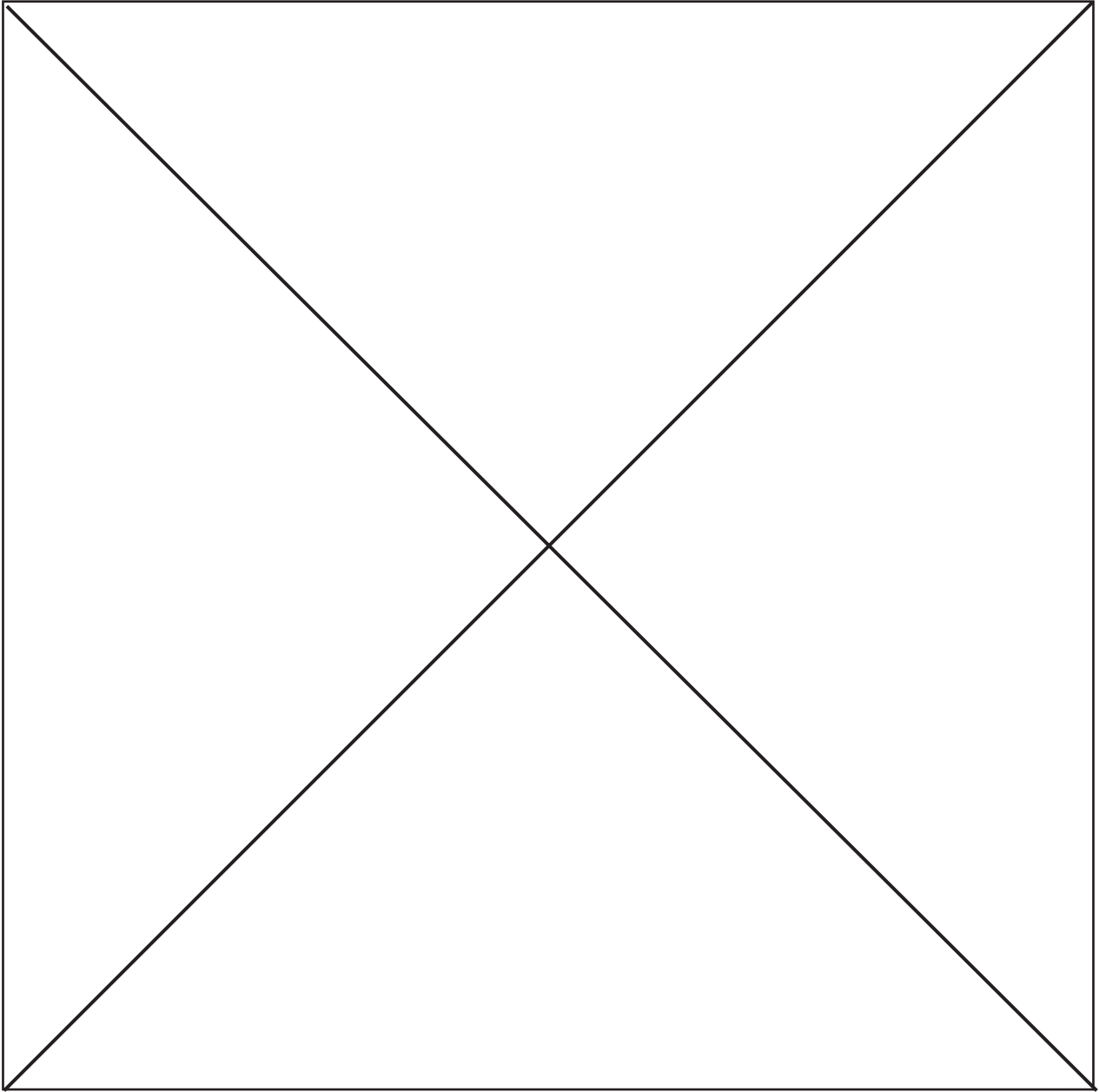
그림 10A-3 (42 중 34)



한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

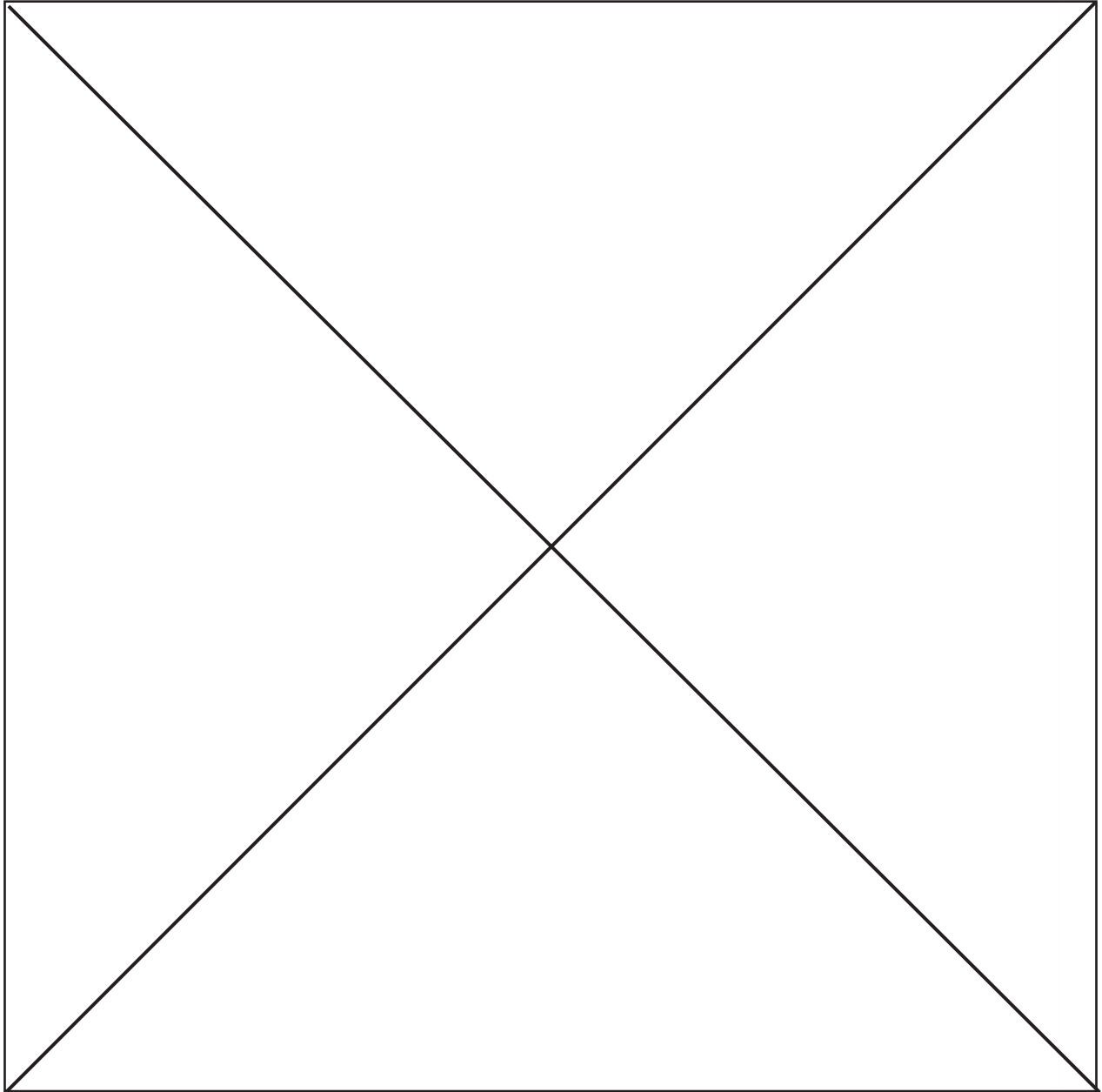
그림 10A-3 (42 중 35)



한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

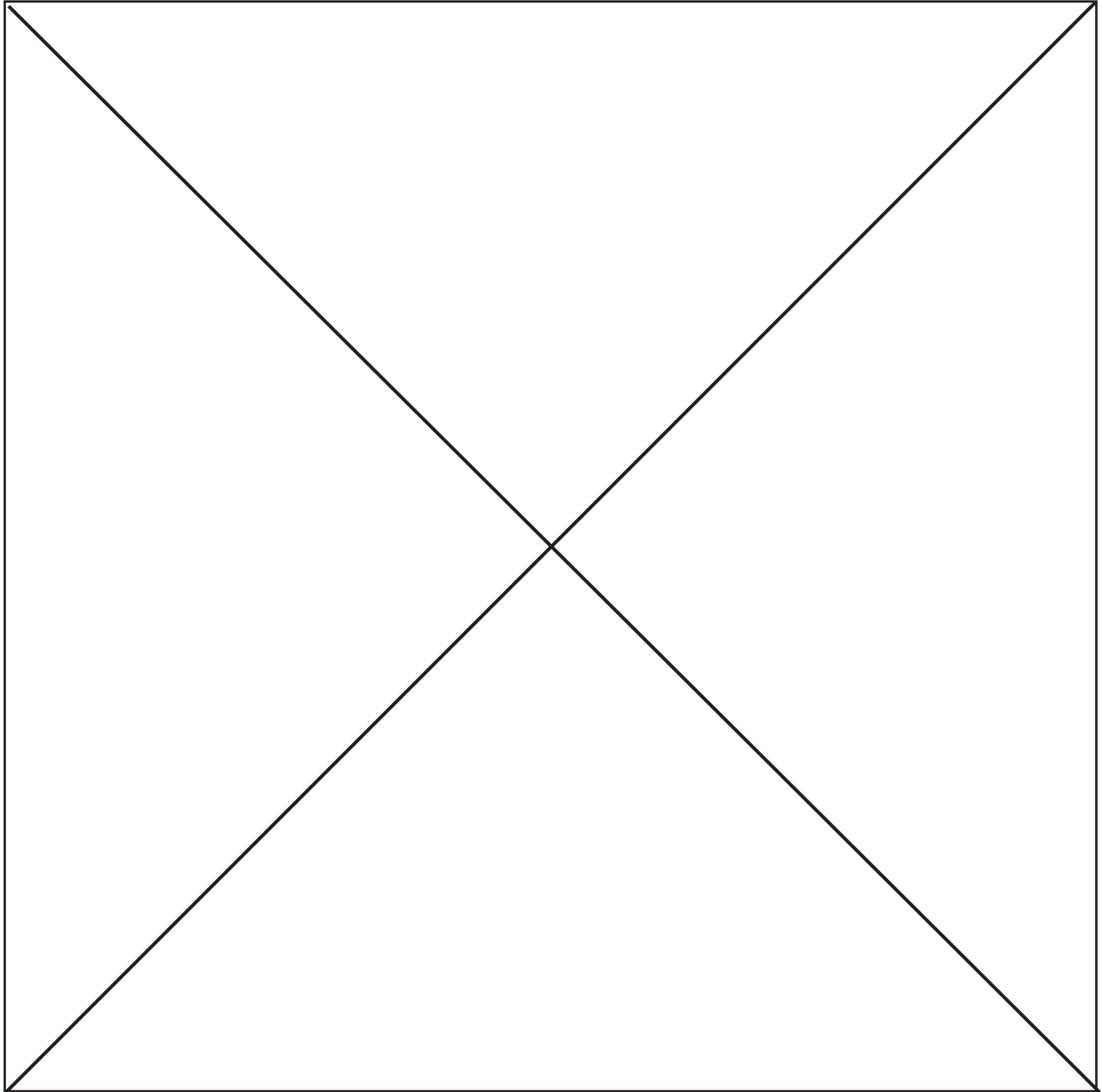
그림 10A-3 (42 중 36)



한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

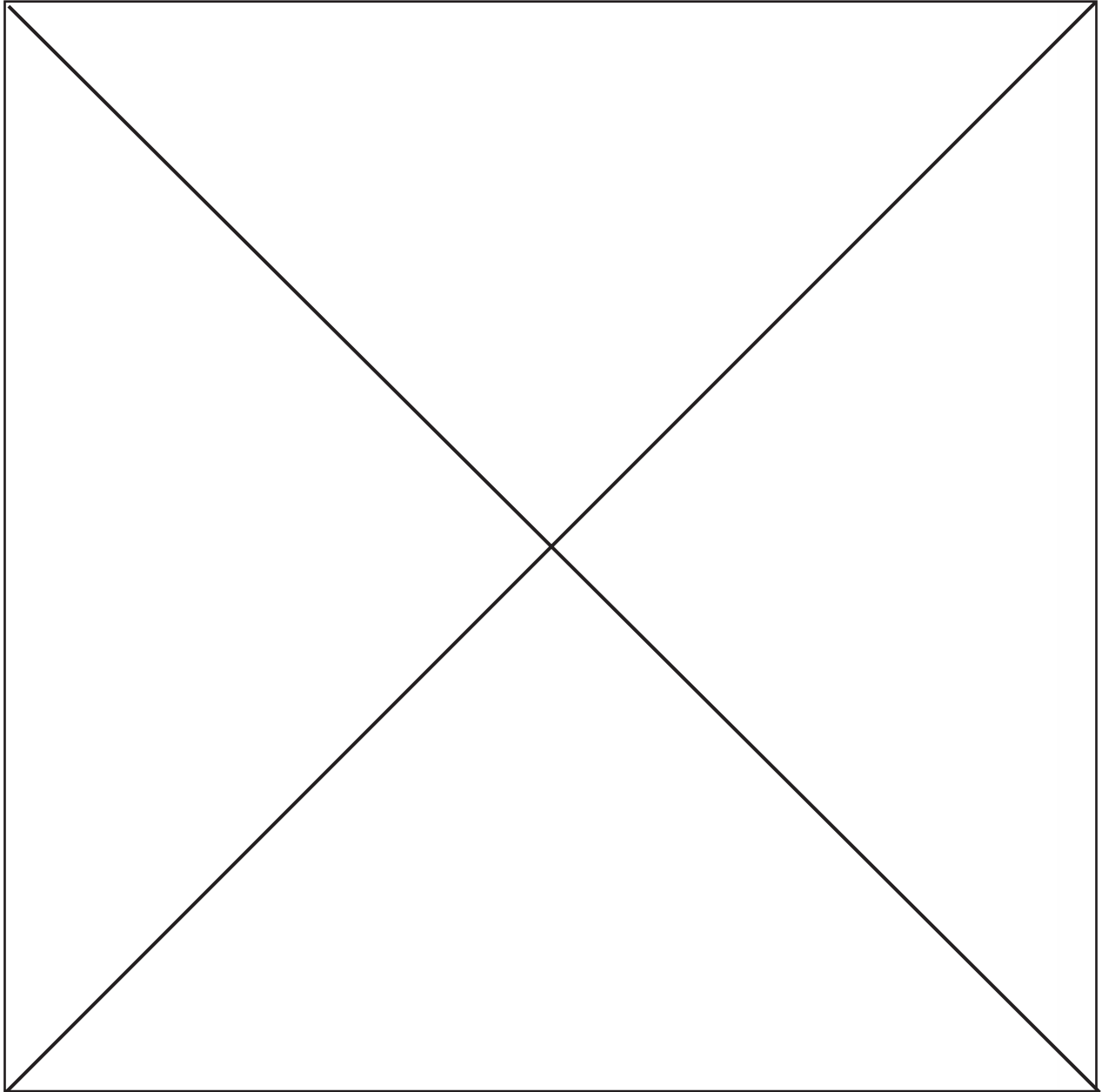
그림 10A-3 (42 중 37)



한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

그림 10A-3 (42 중 38)

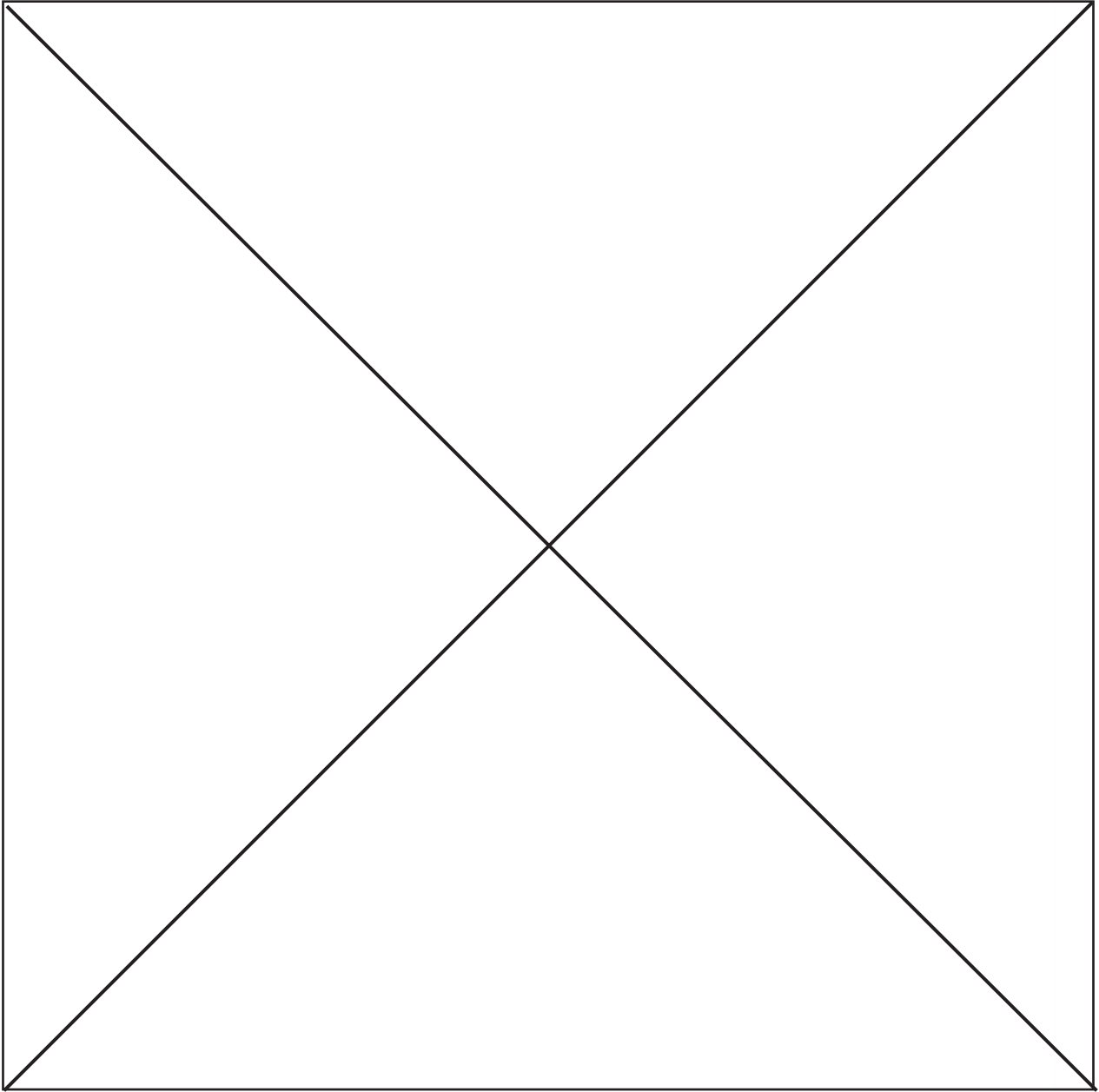


한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

그림 10A-3 (42 중 39)

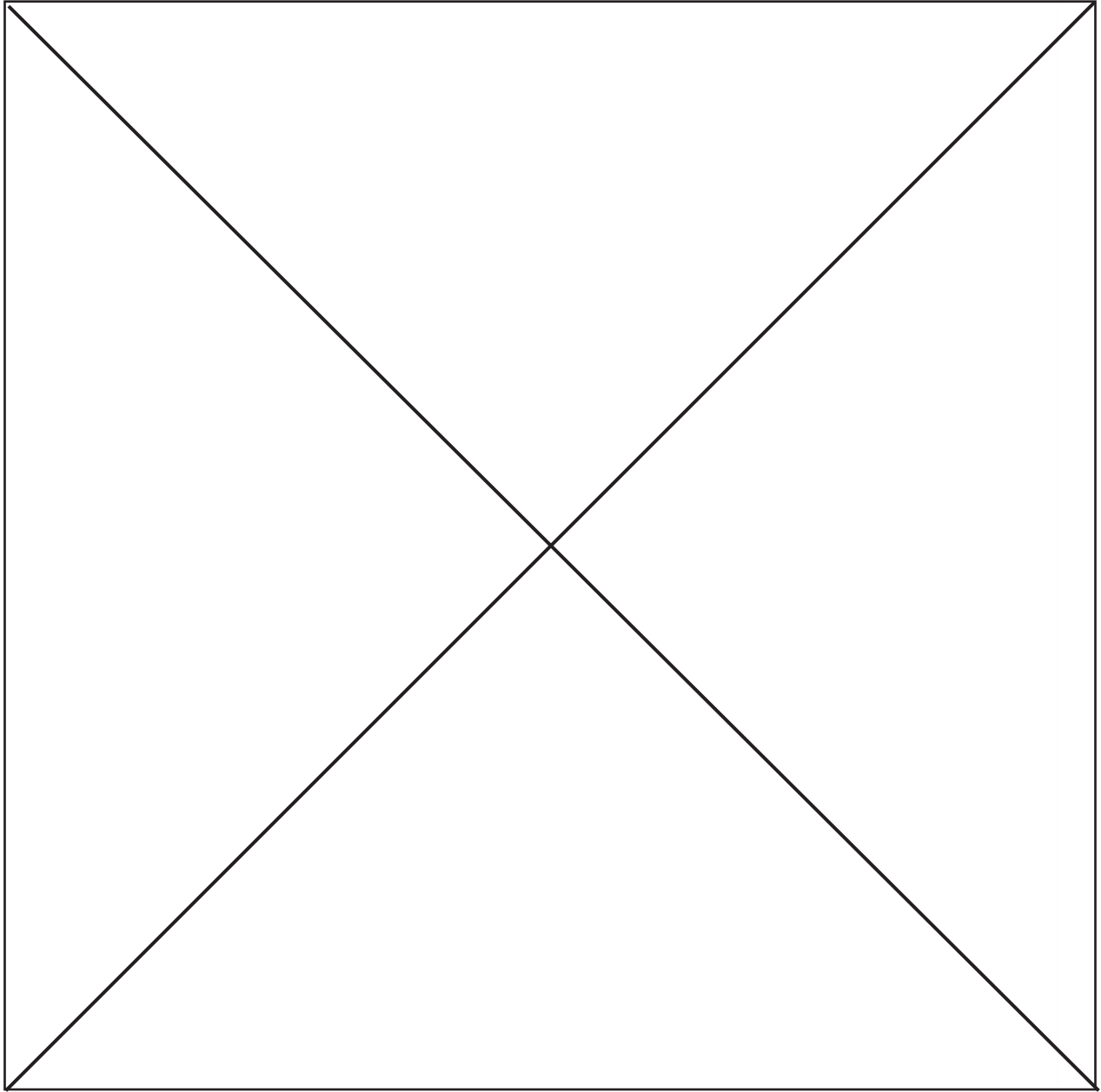




한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

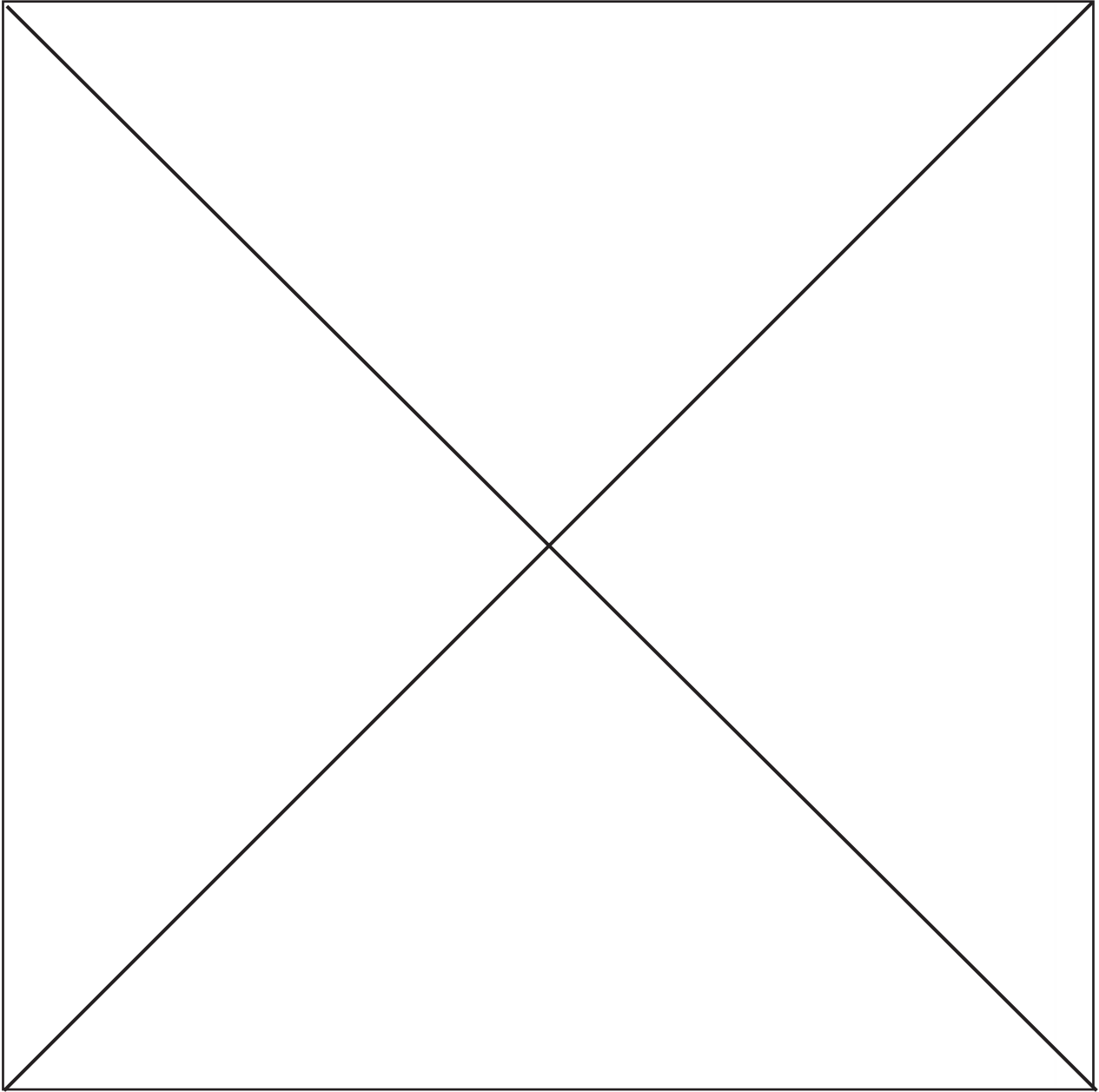
그림 10A-3 (42 중 40)



한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

그림 10A-3 (42 중 41)



한국수력원자력주식회사  
신고리 5,6호기  
예비안전성분석보고서

보조급수계통 고장수목

그림 10A-3 (42 중 42)