KEPIC

전력설비기술기준

KEPIC 가이드

토목/구조분야-일반구조 및 구조총칙

1. 품질보증
2. 원자력 기계
3. 일반기계
4. 재료
5. 비파괴검사 및 용접
6. 원전가동중검사
7. 원자력 전기
8. 계측 및 제어기기
9. 전기기기 및 전선용품
10. 원자력구조
11. 일반구조 및 구조총칙
12. 화재예방

손 성 원
전기협회 기술기준실 차장

5. 기술기준 내용

나. 일반구조 기술기준

일반구조 기술기준(KPC-SG)은 원자력발전소의 내진 II급 구조물에 적용하는 기준으로서 일반요건(SGA), 철근콘크리트구조(SGB), 강구조-허용응력설계법(SGC), 강구조-하중저항계수설계법(SGD)으로 구성되어 있으며, 참조 기술기준은 다음과 같다.

KEPIC-SGA 일반요건 : KEPIC-SNA 일반요건
KEPIC-SGB 철근콘크리트구조 : ACI 318
KEPIC-SGC 강구조-허용응력설계법 : AISC-ASD
KEPIC-SGD 강구조-하중저항계수설계법 : AISC-LRFD

일반요건 기술기준은 일반구조 기술기준(KPC-SG)을 적용하여 설계 및 시공되는 구조물에 공통으로 적용되는 제도적 요건을 규정한 것으로서 원자력구조 일반요건을 근거로 하여 국내실정을 검토한 후, 일반 구조물에 적용해야 될 규정만을 발췌하여 작성하였다.

(1) 일반요건(SGA)

(가) 적용범위

원전산업 기술기준 개발 II단계의 업무범위는 원자력발전소의 전력생산에 직결되는 구조물의 기술기준을 개발하는 것으로 되어 있다. 전력생산에 직결되는 구조물이란 Power Block 안의 구조물을 의미하여 내진I급 및 내진II급 구조물로 분류된다. 이중 기술기준 분류 목적상 내진I급은 원자력구조라 하고, 내진II급은 일반구조로 규정한다. 일반구조의 참조 기술기준 중 ACI 318 및 AISC-ASD는 원자력발전소의 내진II급 및 화력발전소의 구조물에도 적용되기 때문에 이것을 근거로 작성된 철근콘크리트구조 기술기준(SGB) 및 강구조 기술기준(SGC, SGD)도 이러한 구조물에 적용할

KEPIC

수 있다. 따라서 일반구조 기술기준은 내진Ⅱ급 구조물에 적용하는 것으로 개발되었으나 이것에 국한되어 다른 구조물에 사용을 제한하는 것은 아니다.

(나) 주요내용

일반구조 일반요건의 구성체계는 원자력구조 일반요건의 구성체계와 같도록 하였으나 원자력구조 일반요건 중 일반구조에 적용되지 않는 항목들은 삭제하였다. SNA와 SGA의 항목상 비교는 표 1과 같으며, 항목별 해설은 다음과 같다.

1 SGA 1000 적용범위

1) 적용범위 : 상기 (가) 참조

2) 조직

SNA의 조직 중 보조품목 제작자, 원자력 공인검사기관을 제외한 발전사업자, 설계자, 시공자, 재료업체로 규정한다. SNA의 보조 품목 제작자는 격납건물의 라이너 플레이트, 관통부 조립체, 장비 반입구 등 안전성 및 방사능 누출을 막는 기능을 하는 품목들을 제작하는 조직들로서 협회로부터 품질보증 인증서를 받도록 규정되어 있다. 그러나 일반구조물에는 격납건물처럼 원자력발전소의 안전성에 직결되는 품목과 그 영향이 적기 때문에 이들을 제작하는 업체를 별도 조직으로 구분하지 않고 시공자의 책임사항에 포함하였다.

3) 재 료

일반구조물에 사용되는 재료는 KS 규격을 사용하는 것을 원칙으로 하였다.

〈표 1〉 SNA와 SGA의 비교

항 목		SNA	SGA
1000	적용범위	격납구조 및 내진 Ⅰ급 철근콘크리트구조와 강구조	내진 Ⅱ급 철근콘크리트구조와 강구조, 화력발전소의 구조물
	조직	발전사업자, 설계자, 시공자, 보조품목 제작자, 원자력 공인검사기관, 재료업체	발전사업자, 설계자, 시공자, 재료업체
	용어정의	구조물, 구성품, 부속물	구조물, 구성품
	재료	ASME/ASTM	KS, 기타 기술기준에서 허용하는 재료
2000	등급분류	과기처고시 1994-10호에 의해 안전등급 2,3으로 구분	적용 안함.
3000	인증업체	설계자, 시공자, 보조품목 제작자, 재료업체	설계자, 시공자
	자격인증	협회	품질시스템 인증기관
	등록기술사 인증		적용 안함.
4000	인증업체의 품질보증	NQA-1	KS A 9000
	재료업체의 품질보증	QSC	적용 안함.
5000	공인검사	-	-
6000	문서	설계시방서, 설계보고서, 시공시방서, 시공절차서, 시공보고서, 자료보고서, 재료시험성적서 또는 재료확인서	설계시방서, 시공시방서, 시공절차서, 재료시험보고서 또는 재료확인서
8000	자격인증	-	-
9000	용어	-	-

2 SGA 3000 책임과 의무

인증업체란 품질시스템 인증기관으로부터 ISO 9000 또는 KS A 9000에 따라 품질시스템 인증서를 보유하고 있는 업체를 말한다. 일반구조물을 설계 또는 사용하고자 하는 설계자나 시공자는 인증업체이어야 한다. 시공자는 역무의 일부를 개인이나 다른 업체에게 하도급을 줄 수 있으나 이들 역무에 대한 책임은 시공자에게 있다. 또한 하도급 업체는 품질시스템 인증서를 보유하고 있지 않아도 되나 이 경우 시공자는 하도급 업체를 평가하고 그 자격을 인정해야 한다.

3 SGA 4000 품질보증

발전소의 설계자 또는 시공자는 KS A 9000 시리즈의 요구사항 및 계약

KEPIC

상의 일반구조물을 건설하고자 하는 요건에 적합한 품질시스템계획을 수립하고 이행해야 한다. ISO 9000과 KS A 9000은 동일한 것으로 간주하며, ISO 9000에 의한 품질시스템 인증서를 보유하고 있는 업체는 KS A 9000에 의한 별도의 계획을 보유할 필요는 없다.

4 SGA 6000 문서

문서의 종류와 포함하여야 할 최소 요건을 규정하고 있으며, 문서의 종류는 다음과 같다.

- 설계문서 : 설계시방서, 시공시방서, 설계도면
- 시공문서 : 시공절차서, 공장제작도면, 현장도면
- 재료문서 : 재료시험보고서, 재료확인서
- 품질보증계획서

(2) 철근콘크리트 구조(SGB)

(가) 제정방향

원자력발전소의 내진II급 철근콘크리트구조의 설계 및 시공에 적용되는 기술기준은 미국의 ACI-318을 기본으로 하여 작성하였다. 이중 재료, 시험 및 시공요건에 관한 규정들은 현재 일반 산업계에서 사용되고 있는 콘크리트 표준시방서와 건축구조 설계기준을 참고로 KS 규격을 사용하도록 반영되었다.

(나) 적용범위

일반구조 일반요건 참조

(다) 인용 기술기준 내역

일반구조의 철근콘크리트구조 기술기준(SGB)의 항목별 인용기술기준은 붙임 1과 같다.

〈붙임 1〉 기술기준 개발 인용기술기준 내역

기술기준 번호	기술기준 제목	인 용 기 술 기 준	기술기준 번호	기술기준 제목	인 용 기 술 기 준
SGB 1000	일반사항	ACI 318, 콘크리트 표준시방서, 건축구조설계기준, 건설기술법시행령,건축법규	SGB2210 SGB2210(3)	재료의 시험	건설기술법 시행령(시험기록보관)
			SGB 2220	콘크리트 시험	건축구조 설계기준 2.2.9
SGB 1100	일반요건	ACI 318 Chapter 1.	SGB 2230	철근의 시험	KS D 3504
SGB 1110(5)		건축법규 1-354	SGB 2240	PS 강재의 시험	콘크리트 표준시방서 시공편 25.2.2
SGB 1130(4)		건설기술법 시행령(감리기록보관)			
SGB 1200	용어의 정의	ACI 318 Chapter 2. 콘크리트 표준시방서 1.2 건축구조 설계기준 1.2	SGB 3000	시공요건	ACI 318, 건축구조 설계기준, 콘크리트 표준시방서
			SGB 3100	내구성요건	건축구조 설계기준 2.2.5
			SGB 3200	콘크리트의 품질	ACI 318 Chapter 5
SGB 2000	재료 및 시험	ACI 318, 콘크리트 표준시방서, 건축구조설계기준, KS	SGB 3220	콘크리트 배합의 선정	건축구조 설계기준 2.2.2
			SGB 3230	현장경험 및 시험배합을 기준으로 하는 배합	건축구조 설계기준 2.2.3
SGB 2100	재료	ACI 318 Chapter 3.			
SGB 2110	이 기준에서 인용되고 있는 규격	KS D 0001 등 KS 50종, 건축구조 설계기준 2.4	SGB 3240	물-시멘트비에 의한 배합	건축구조 설계기준 2.2.4
SGB 2120	콘크리트	건축구조 설계기준 2.1.2	SGB 3250	평균 강도 감소	건축구조 설계기준 2.2.6
SGB 2130	시멘트	콘크리트 표준시방서 시공편 3.2, 건축구조 설계기준 2.1.1.1	SGB 3260	콘크리트의 평가와 사용승인	건축구조 설계기준 2.2.7
SGB 2140	골재	건축구조 설계기준 2.1.1.2	SGB3300	콘크리트의 비비기 및 타설	건축구조 설계기준 부록 B1.1
SGB 2150	물	건축구조 설계기준 2.1.1.4			
SGB 2160	철근	콘크리트 표준시방서 시공편 3.7, 건축구조 설계기준 2.1.4	SGB 3310	타설장비와 장소의 준비	건축구조 설계기준 부록 B1.1.1
SGB 2170	혼화재료	콘크리트 표준시방서 시공편 3.6	SGB 3320	비비기	건축구조 설계기준 부록 B1.1.2
SGB 2180	재료의 보관	콘크리트 표준시방서 시공편 3.8	SGB 3330	운반	건축구조 설계기준 부록 B1.1.3
SGB 2200	시험	ACI 318 3.1	SGB 3340	타설	건축구조 설계기준 부록 B1.1.4

KEPIC

〈붙임 1〉 기술기준 개발 인용기술기준 내역(계속)

기술기준 번호	기술기준 제목	인 용 기 술 기 준	기술기준번호	기술기준 항목	인용기술기준
SGB 3350	양생	건축구조 설계기준 부록 B1.1.6			
SGB 3360	한중콘크리트요건	콘크리트 표준시방서 시공편 15.1.2	SGB 4340	철근의 설계강도	ACI 318 9.4
SGB 3370	서중콘크리트요건	콘크리트 표준시방서 시공편 16.1.2	SGB 4350	처짐의 조절	ACI 318 9.5
SGB 3400	거푸집	ACI 318 6장	SGB 4400	휨과 축하중	ACI 318 10.0
SGB 3410	거푸집 설계	ACI 318 6.1	SGB 4410	적용범위	ACI 318 10.1
SGB 3420	거푸집 및 동바리 해체	ACI 318 6.2	SGB 4420	설계가정 및 일반원칙과 요건	
SGB 3430	콘크리트에 매설된 도관과 파이프	ACI 318 6.3	SGB 4421	설계가정	ACI 318 10.2
			SGB 4422	일반원칙과 요건	ACI 318 10.3
SGB 3440	시공이음	ACI 318 6.4	SGB 4430	휨부재의 설계	
SGB 3500	철근가공	ACI 318 7장	SGB 4431	휨부재의 횡지지부간 거리	ACI 318 10.4
SGB 3510	표준 갈고리	ACI 318 7.1	SGB 4432	휨부재의 최소 철근량	ACI 318 10.5
SGB 3520	최소 구부림 지름	ACI 318 7.2	SGB 4433	보와 1방향 슬래브의 휨철근 배근	ACI 318 10.6
SGB 3530	철근 구부림	ACI 318 7.3	SGB 4434	높이가 큰 휨부재	ACI 318 10.7
SGB 3540	철근의 표면조건	ACI 318 7.4	SGB 4440	압축부재의 설계	
SGB 3600	철근 배근		SGB 4441	압축부재의 설계단면	ACI 318 10.8
SGB 3610	철근 배근	ACI 318 7.5	SGB 4442	압축부재의 철근제한	ACI 318 10.9
SGB 3620	철근의 간격	ACI 318 7.6	SGB 4443	압축부재의 세장효과	ACI 318 10.9
SGB 3630	철근 덮개	ACI 318 7.7	SGB 4444	세장효과의 근사해법	ACI 318 10.11
SGB 3640	기둥배근에 관한 철근 상세	ACI 318 7.8	SGB 4445	슬래브구조를 지지하는 축하중을 받는 부재	ACI 318 10.12
SGB 3650	접합부	ACI 318 7.9	SGB 4446	바닥구조를 통한 기둥하중의 전달	ACI 318 10.13
SGB 3660	압축부재의 횡방향철근	ACI 318 7.10	SGB 4450	합성 압축부재	ACI 318 10.14
SGB 3670	휨부재의 횡방향철근	ACI 318 7.11	SGB 4460	지압강도	ACI 318 10.15
SGB 3680	건조수축과 온도철근	ACI 318 7.12	SGB 4500	전단과 비틀림	ACI 318 11.0
SGB 3690	구조물의 일체성에 대한 요건	ACI 318 7.13	SGB 4510	전단강도	
			SGB 4511	일반요건	ACI 318 11.1
SGB 4000	설계 일반사항	ACI 318 8장	SGB 4512	경량콘크리트가 부담하는 전단강도	ACI 318 11.2
SGB 4100	해석	ACI 318 8.0	SGB 4513	철근콘크리트 부재에서 콘크리트가 부담하는 전단강도	ACI 318 11.3
SGB 4110	설계방법	ACI 318 8.1			
SGB 4120	하중	ACI 318 8.2	SGB 4514	PS 콘크리트 부재에서 콘크리트가 부담하는 전단강도	ACI 318 11.4
SGB 4130	해석방법	ACI 318 8.3			ACI 318 11.5
SGB 4140	연속 휨부재에서 부모멘트의 재분배	ACI 318 8.4	SGB 4515	전단철근이 부담하는 전단강도	
			SGB 4520	사각형 또는 플랜지를 갖는 단면의 전단과 비틀림의 조합강도	ACI 318 11.6
SGB 4150	탄성계수	ACI 318 8.5			
SGB 4160	강성	ACI 318 8.6	SGB 4530	전단마찰	ACI 318 11.7
SGB 4170	지간	ACI 318 8.7	SGB 4540	높이가 큰 휨부재에 대한 특별규정	ACI 318 11.8
SGB 4200	설계요건		SGB 4550	브래킷과 코벨에 대한 특별규정	ACI 318 11.9
SGB 4210	기둥	ACI 318 8.8	SGB 4560	벽체에 대한 특별규정	ACI 318 11.10
SGB 4220	활하중의 배치	ACI 318 8.9	SGB 4570	기둥으로 전달되는 모멘트	ACI 318 11.11
SGB 4230	T형보 구조	ACI 318 8.10	SGB 4580	슬래브와 확대 기초에 대한 특별규정	ACI 318 11.12
SGB 4240	장선구조	ACI 318 8.11			
SGB 4250	분리된 바닥마감	ACI 318 8.12	SGB 4600	철근의 정착과 이음	ACI 318 12.0
SGB 4300	강도 및 사용성 요건	ACI 318 9.0	SGB 4610	철근의 정착	
SGB 4310	일반사항	ACI 318 9.1	SGB 4611	일반사항	ACI 318 12.1
SGB 4320	소요강도	ACI 318 9.2	SGB 4612	인장을 받는 이형철근 및 이형철선의 정착	ACI 318 12.2
SGB 4330	설계강도	ACI 318 9.3			

KEPIC

〈붙임 1〉 기술기준 개발 인용기술기준 내역(계속)

기술기준 번호	기술기준 제목	인용기술기준	기술기준 번호	기술기준 제목	인용기술기준
SGB 4613	압축을 받는 이형철근의 정착	ACI 318 12.3	SGB 5380	경사 또는 계단식 확대기초	ACI 318 15. 9
SGB 4614	다발철근의 정착	ACI 318 12.4	SGB 5390	연결기초와 전면기초	ACI 318 15.10
SGB 4615	인장을 받는 표준 갈고리의 정착	ACI 318 12.5	SGB 5400	프리캐스트 콘크리트	ACI 318 16.0
SGB 4616	기계식 정착장치	ACI 318 12.6	SGB 5410	적용범위	ACI 318 16.1
SGB 4620	용접철망의 정착		SGB 5420	설계	ACI 318 16.2
SGB 4621	인장을 받는 이형 용접 철망의 정착	ACI 318 12.7	SGB 5430	프리캐스트 벽패널	ACI 318 16.3
SGB 4622	인장을 받는 원형 용접 철망의 정착	ACI 318 12.8	SGB 5440	상세 설계	ACI 318 16.4
SGB 4630	PS 스트랜드의 정착	ACI 318 12.9	SGB 5450	구분과 표시	ACI 318 16.5
SGB 4640	휨철근의 정착	ACI 318 12.10	SGB 5460	운반, 저장 및 설치	ACI 318 16.6
SGB 4641	일반사항		SGB 5500	합성 휨부재	ACI 318 17.0
SGB 4642	정모멘트 철근의 정착	ACI 318 12.11	SGB 5510	적용범위	ACI 318 17.1
SGB 4643	부모멘트 철근의 정착	ACI 318 12.12	SGB 5520	일반사항	ACI 318 17.2
SGB 4650	복부철근의 정착	ACI 318 12.13	SGB 5530	동바리 설치	ACI 318 17.3
SGB 4660	철근의 이음		SGB 5540	수직 전단강도	ACI 318 17.4
SGB 4661	일반사항	ACI 318 12.14	SGB 5550	수평 전단강도	ACI 318 17.5
SGB 4662	인장을 받는 이형철근 및 이형철선의 이음	ACI 318 12.15	SGB 5560	수평 전단보강	ACI 318 17.6
			SGB 5600	프리스트레스트 콘크리트	ACI 318 18.0
SGB 4663	압축을 받는 이형철근의 이음	ACI 318 12.16	SGB 5610	일반사항	
SGB 4664	기둥철근의 이음	ACI 318 12.17	SGB 5611	적용범위	ACI 318 18.1
SGB 4670	용접철망의 이음		SGB 5612	일반요건	ACI 318 18.2
SGB 4671	인장을 받는 이형 용접 철망의 이음	ACI 318 12.18	SGB 5613	설계 기본 가정	ACI 318 18.3
SGB 4672	인장을 받는 원형 용접 철망의 이음	ACI 318 12.19	SGB 5620	허용응력	
SGB 5000	구조시스템 및 부재설계		SGB 5621	콘크리트의 허용휨응력	ACI 318 18.4
SGB 5100	2방향 슬래브	ACI 318 13.0	SGB 5622	PS 강재의 허용응력	ACI 318 18.5
SGB 5110	적용범위	ACI 318 13.1	SGB 5623	프리스트레스의 손실	ACI 318 18.6
SGB 5120	정의	ACI 318 13.2	SGB 5624	휨강도	ACI 318 18.7
SGB 5130	설계과정	ACI 318 13.3	SGB 5630	휨부재의 보강	
SGB 5140	슬래브의 철근	ACI 318 13.4	SGB 5631	휨부재의 철근에 관한 제한	ACI 318 18.8
SGB 5150	슬래브 구조의 개구부	ACI 318 13.5	SGB 5632	최소 부착철근	ACI 318 18.9
SGB 5160	직접 설계법	ACI 318 13.6	SGB 5640	부정정 구조물	ACI 318 18.10
SGB 5170	등가 뼈대법	ACI 318 13.7	SGB 5650	휨과 축하중을 받는 압축부재	ACI 318 18.11
SGB 5180	모멘트 계수법	추가	SGB 5660	슬래브구조	ACI 318 18.12
SGB 5200	벽체	ACI 318 14.0	SGB 5670	텐던의 보호	
SGB 5210	적용범위	ACI 318 14.1	SGB 5671	텐던 정착구역	ACI 318 18.13
SGB 5220	일반사항	ACI 318 14.2	SGB 5672	비부착 PS 텐던의 부식방지	ACI 318 18.14
SGB 5230	최소 철근량	ACI 318 14.3	SGB 5673	포스트텐션 덕트	ACI 318 18.15
SGB 5240	압축부재로 설계하는 벽체	ACI 318 14.4	SGB 5674	부착 PS 텐던의 그라우트	ACI 318 18.16
SGB 5250	실용 설계법	ACI 318 14.5	SGB 5675	PS 텐던의 보호	ACI 318 18.17
SGB 5260	비내력법	ACI 318 14.6	SGB 5680	프리스트레스힘의 도입과 측정	ACI 318 18.18
SGB 5270	지중보로서의 벽체	ACI 318 14.7	SGB 5690	포스트텐션 정착장치와 연결장치	ACI 318 18.19
SGB 5300	확대기초	ACI 318 15.0	SGB 5700	쉘	ACI 318 19.0
SGB 5310	적용범위	ACI 318 15.1	SGB 5710	적용범위와 정의	ACI 318 19.1
SGB 5320	하중과 반력	ACI 318 15.2	SGB 5720	해석과 설계	ACI 318 19.2
SGB 5330	원형이나 정다각형 기둥 또는 페데스탈을 지지하는 확대기초	ACI 318 15.3	SGB 5730	재료의 설계강도	ACI 318 19.3
			SGB 5740	철근	ACI 318 19.4
SGB 5340	확대기초의 휨모멘트	ACI 318 15.4	SGB 5750	시공	ACI 318 19.5
SGB 5350	확대기초의 전단	ACI 318 15.5	SGB 6000	특별사항	ACI 318 20.0
SGB 5360	확대기초 철근의 정착과 최소 두께		SGB 6100	기존 구조물의 강도평가	
SGB 5361	확대기초 철근의 정착	ACI 318 15.6	SGB 6110	강도평가-일반사항	ACI 318 20.1
SGB 5362	확대기초의 최소두께	ACI 318 15.7	SGB 6120	해석적 검토-일반사항	ACI 318 20.2
SGB 5370	기둥, 벽체 또는 페데스탈과 확대기초 사이의 힘의 전달	ACI 318 15.8	SGB 6130	재하시험-일반사항	ACI 318 20.3
			SGB 6140	휨부재의 재하시험	ACI 318 20.4
			SGB 6150	휨부재 이외의 부재	ACI 318 20.5
			SGB 6160	낮은 하중에 대한 평가규정	ACI 318 20.6

KEPIC

〈붙임 1〉 기술기준 개발 인용기술기준 내역(계속)

기술기준 번호	기술기준 제목	인 용 기 술 기 준	기술기준 번호	기술기준 제목	인 용 기 술 기 준
SGB 6170	안전성	ACI 318 20.7	SGB 6280	지진력에 저항하지 않는 골조부재	ACI 318 21.8
SGB 6200	내진설계를 위한 특별규정	ACI 318 21.0	SGB 6290	중지진 지역에서의 골조 요구사항	ACI 318 21.9
SGB 6210	정의	ACI 318 21.1	SGB 6300	허용응력 설계법	ACI 318 Appen.A.0
SGB 6220	일반사항	ACI 318 21.2	SGB 6310	적용범위	ACI 318 Appen.A.1
SGB 6230	골조의 휨부재	ACI 318 21.3	SGB 6320	일반사항	ACI 318 Appen.A.2
SGB 6240	휨과 축하중을 받는 골조부재	ACI 318 21.4	SGB 6330	허용응력	ACI 318 Appen.A.3
SGB 6250	구조벽, 격벽 및 트러스	ACI 318 21.5	SGB 6340	철근의 정착과 이음	ACI 318 Appen.A.4
SGB 6260	골조의 접합부	ACI 318 21.6	SGB 6350	휨	ACI 318 Appen.A.5
SGB 6270	전단강도 요구사항	ACI 318 21.7	SGB 6360	휨과 압축 또는 순수 압축만을 받는 부재	ACI 318 Appen.A.6
			SGB 6370	전담 및 비틀림	ACI 318 Appen.A.7

* 주) ACI318을 근간으로 국내의 유사기준, 규격 등을 반영하려 작성

(3) 강구조 - 허용응력 설계법(SGC)

(가) 제정방향

원자력발전소의 내진Ⅱ급 구조 중 강구조물의 설계 및 시공에 적용되는 기술기준은 미국의 AISC-ASD를 기본으로 하여 우리나라의 일반산업계에서도 사용될 수 있는 범용 기술기준으로 개발하였다. 기술적 사항은 AISC-ASD의 규정들을 준용하였으며, 단위는 MKS로 환산하였고, 사용재료는 KS 규격을 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

(나) 적용범위

일반구조 일반요건 참조

(다) 주요내용

1 SGC 1300 재료

일반구조 기술기준에서 사용하는 재료는 KS 규격을 원칙으로 하며, KS 규격과 동등하거나 국내에서 생산되지 않을 경우, 외국규격의 사용을 허용하였다. 사용된 KS 규격은 강구조 계산규준 및 도로교 표준시방서를 참고하여 결정하였다.

2 SGC 4400 전단 연결재

AISC에 명기된 전단 연결재의 허용 전단력은 ASTM C33 골재로 만든 콘크리트에 의한 값으로 국내 생산되는 KS 규격에 의한 콘크리트와 스터드 치수로 대치할 경우 실험이 뒷받침되어야 한다.

그러나 이 기술기준의 제정시에는 실험에 의한 전단강도의 결정이 사정상 어려웠기 때문에 다음 방법에 의하여 허용 수평 전단력을 결정하였다.

1) AISC의 해설에 제시된 허용 수평 전단력에 관한 식인 $q=A_s\sqrt{f_c' E_c}/4$로 계산한 값과 AISC의 Table I 4.1 표시한 값과의 비를 계산하여 안전율을 결정한다.

2) 1)에서 계산한 안전율은 1.8~2.0의 분포를 가지나 SGC에 인용할 허용 수평 전단력 계산시에는 보수적인 값으로 2.0을 채택하도록 한다. 전단연결재의 치수는 강구조 계산규준에서 제시한 치수와 동일한 것을 사용하였다.

3) SGC 표 4400-1의 규정

2)항의 계산결과는 SGC 표 4400-1의 규정으로 채택하였다. 스터드의 길이는 AISC Table I4.1과 같이 스터드 지름의 4배로 하였다.

3 SGC 5300 볼트

SGC 기술기준의 참조기준으로 사용된 AISC의 볼트에 관한 규정들을 오랜기간에 걸친 많은 실험자료를 근거로 결정된 것이다. 이런 실험 결과들은 "GUIDE TO DESIGN CRITERIA FOR BOLTED AND RIVETED JOINT"에 수록되었고 이 책은 AISC 규정의 배경이 되었다.

국내 사용되는 볼트의 강도나 크기는 미국의 그것들과 다르기 때문에 AISC의 규정들을 그대로 사용하기 어렵다. 또한 AISC의 규정들과 국내 사용되는 도로교 표준 시방서 및 강구조 계산 규준의 규정들이 차이가 있다.

따라서 AISC와 국내 시방서의 차이점을 먼저 조사하고

KEPIC

AISC에서 사용된 규정을 각 항목별로 검토하여 이에 대응되는 기준을 제정하였다.

4 SGC 5311 고력 볼트

AISC 에서 사용되는 고력 볼트는 A325와 A490이며, 건물 구조에서 가장 일반적으로 사용되는 고력볼트의 직경은 ¾ ″ 와 ⅞″ 이며 교량에서 사용되는 볼트의 직경은 ⅞″ 와 1″ 이다.

국내에서 생산되는 고력 볼트는 KS B1010의 F8T, F10T, F11T이며, 볼트의 직경은 M10, M12, M16, M20, M22, M24, M27, M30이 있다. 이중 도로교 표준시방서에서는 고력 볼트로 F8T와 F10T를 사용하며 볼트의 치수도 M20, M22, M24로 제한하고 있으며, 국내 화력발전소의 건설시에도 F8T와 F10T를 주로 사용하고 있다.

ASTM과 KS 볼트의 기계적 특성을 비교해 보면, F8T와 A325가 F10T와 A490이 강도면에서 비슷한 특성을 갖고 있기 때문에 이러한 대응관계를 이용하여 볼트의 허용응력에 관한 규정들을 유도하였다.

5 SGC 5312 구멍의 크기

AISC J3.2에서는 볼트 구멍의 크기를 표준구멍, 과대구멍, 슬로트 구멍으로 분류하고, 각각에 대한 구멍 크기를 규정하고 있다. 반면 국내 기준은 표준구멍에 대한 구멍크기만을 규정하고 있다.

그러나 현재 발전소 설계시 과대구멍이나 슬로트 구멍을 사용하고 있으므로 이에 대한 규정이 필요하다.

볼트 구멍에 대한 SGC 기준을 제정하기 위하여 AISC Table J3.1에서 사용한 볼트 크기별 Clearance를 구하였다.

캐나다 강구조 설계 기준 (CISC)에서는 볼트의 재료를 ASTM A325M 및 ASTM A490M을 사용하며 단위는 SI를 사용한다. CISC의 볼트 크기가 국내 KS의 볼트 크기와 같기 때문에 AISC Table J3.1와 비교하여 SGC의 기준을 제정하였다.

6 SGC 5322 최소 연단거리

볼트의 최소 연단 거리는 구멍을 펀칭할때 연단이 손상되지 않을 최소 길이를 규한 것이다.

연단거리는 사용한 볼트의 지름과 관계가 있기 때문에 볼트의 지름이 국내 볼트와 다른 AISC 규정을 그대로 사용하기는 어렵다. 따라서 국내 볼트와 같은 규격을 사용하는 캐나다 강구조 설계 기준(CISC) 및 국내 강구조 계산 규준을 비교하여 더 보수적인 값을 채택하였다(표 2 참조).

〈표 2〉 CISC 및 강구조 계산 규준 값 비교값

볼트 지름 (mm)	CISC		강구조 계산 규준		SGC	
	전단연	판재 형강	전단연	판재 형강	전단연	판재 형강
12	-	-	22	18	22	18
16	28	22	28	22	28	22
20	34	26	34	26	34	26
22	38	28	38	28	38	28
24	42	30	44	32	44	32
27	48	34	50	38	50	38
30	52	38	54	40	54	40
36	64	46	-	-	1.75d	1.25d
38	1¾ d	1¼ d	-	-	1.75d	1.25d

7 SGC 5316 볼트 최소 인장력(Pretension)

AISC에서는 A325 및 A490의 최소인장력 값으로 인장응력에 유효면적을 곱한 값의 70%의 값을 사용하고 있다. F8T 및 F10T의 최소인장력을 결정하기 위하여 KS 및 강구조 계산규준에서 허용하고 있는 최소인장력과 인장강도와의 비를 구하였다. 인장강도비는 KS의 경우 0.56 ~ 0.76 이며, 강구조 계산규준인 경우 0.676을 나타내었다. 이 값들은 AISC에서 사용한 0.7과 근사한 값을 보여준다. 따라서 SGC의 기준에서도 인장강도비로 0.7을 사용하여 볼트의 최소인장력을 구한다.

※ 부록 III. 인장피로

피로하중을 받는 F8T, F10T의 허용인장응력을 구하기 위하여 AISC-ASD에 정해진 A325 및 A490 볼트의 인장

반복 회수	AISC (ksi)				SGC (t/cm²)	
	A325		A490		F8T	F10T
	허용응력	응력비	허용응력	응력비	허용응력	허용응력
20,000 이하	44	1	54	1	2.5	3.1
20,000 에서 500,000 까지	40	40÷44 = 0.91	49	49÷54 = 0.91	2.5×0.91 = 2.3	3.1×0.91 = 2.8
500,000 초과	31	31÷44 = 0.70	38	38÷54 = 0.70	2.5×0.7 = 1.8	3.1×0.7 = 2.2

KEPIC

응력을 기준으로 각 반복횟수에 따른 응력비를 구한 후, 같은 비율로 F8T 및 F10T의 응력을 구한다.

※ 부록 Ⅳ.

AISC-ASD의 Commentary는 AISC의 규정이 만들어진 기술적 배경에 대하여 이론과 실험결과를 근거로 사용자의 이해를 돕기 위하여 작성된 것이다. SGC 기술기준의 기술적 사항은 AISC에 근거하여 작성되었기 때문에 AISC의 Commentary를 부록 Ⅳ로 번안하여 작성하였다. 이중 실험적인 결과에 대한 설명은 원문을 그대로 번안하였다.

(4) 강구조 - 하중저항계수 설계법(SGD)

(가) 제정방향

원자력발전소의 내진Ⅱ급구조 중 강구조물의 설계 및 시공에 적용되는 기술기준은 미국의 AISC-ASD를 적용하여 왔다. 그러나 유럽이나 캐나다 등에서는 허용응력설계법 대신 하중저항계수설계법 또는 한계상태설계법을 적용하고 있으며, 미국도 1986년 AISC-LRFD 하중저항계수설계법을 처음 발간한 이래 이 설계법을 계속 연구 발전시켜 오고 있다. 세계적으로 강구조의 설계법이 허용응력설계법 대신 하중저항계수설계법으로 발전되는 추세이기 때문에 허용응력설계법(SGC)의 대안으로 강구조-하중저항계수설계법(SGD)을 제정하게 되었다.

SGD 기술기준은 일반산업계에서도 사용될 수 있는 범용 기술기준으로 개발하였다. 따라서 기술적 사항은 미국의 AISC-LRFD의 규정들을 준용하였으며, 단위는 MKS로 환산하였고 사용재료는 KS 규격을 적용하는 것을 원칙으로 하였다.

(나) 적용범위

일반구조 일반요건 참조

(다) 주요내용

1 SGD 1300 재료

일반구조 기술기준에서 사용하는 재료는 KS 규격을 원칙으로 하며, KS 규격과 동등하거나 국내에서 생산되지 않을 경우, 외국규격의 사용을 허용하였다. 사용된 KS 규격은 강구조 계산규준 및 도로교 표준시방서를 참고하여 결정하였다.

2 SGD 5300 볼트

AISC에 사용되는 규정들은 오랜 기간에 걸친 많은 실험자료를 근거로 제정되었다. 이런 실험 결과들은 "GUIDE TO DESIGN CRITERIA FOR BOLTED AND RIVETED JOINT"에 수록되었고 이 책은 AISC 규정의 배경이 되었다.

국내 사용되는 볼트의 강도나 크기는 미국의 그것들과 다르기 때문에 AISC의 규정들을 그대로 사용하기 어렵다. 또한 국내기준은 허용응력 설계법을 사용하는 반면 SGD기준은 하중저항계수 설계법을 사용하고 있다. 따라서, SGD 기술기준은 KS재료를 사용하고 설계방법은 AISC-LRFD를 따른다. 해설서에서는 AISC 기준들을 SGD 기준으로 바꾸는데 사용된 방법들을 설명하였다.

3 SGD 5314 지압형 접합의 인장과 전단조합

인장과 전단을 받는 F8T, F10T 볼트의 접합에 대한 규정은 AISC-LRFD Table J3.3의 작성 근거를 기준으로 제정되었다.

※ 부록 Ⅶ. 해설

AISC-ASD의 Commentary는 AISC의 규정이 만들어진 기술적 배경에 대하여 이론과 실험결과를 근거로 사용자의 이해를 돕기 위하여 작성된 것이다. SGD 기술기준의 기술적 사항은 AISC에 근거하여 작성되었기 때문에 AISC의 Commentary를 부록 Ⅷ로 번안하여 작성하였다. 이중 실험적인 결과에 대한 설명은 원문을 그대로 번안하였다.

다. 구조총칙 (KEPIC-ST)

구조총칙은 원자력구조 및 일반구조의 설계에 공통으로 적용되는 설계하중(STA)과 지진해석(STB)에 관한 기술기준을 대상으로 한다.

설계하중 기술기준은 구조물의 설계시 고려해야 할 최소 설계하중을 규정한 것으로 미국의 ASCE 7-88과 국내 건축법규를 참조하여 제정하였다.

지진해석 기술기준은 원자력발전소의 동역학적 지진해석시 고려해야 할 인공지진 이력, 설계응답 스펙트럼 등 지진특성과 구조물의 모델링에 관한 요건을 규정한 것으로 미국의

KEPIC

ASCE 4-86을 준용하여 작성되었다.

(1) 설계하중(STA)

(가) 일반사항

1 STA 1300 일반 구조건전성

1) 구조물 파손이 확대될 위험성 요인

가) 붕괴에 대비한 구조 건전성을 설계에 고려해야 한다는 인식이 부족하다.

나) 건설중 구조 시스템은 요소간의 연속성과 연결부 강성이 최소인 상태이며

다) 하나가 붕괴하면, 추가하중을 전달할 충분한 강도가 부족하거나 혹은 횡적 안전성을 유지할 격막의 작용이 불충분하다.

라) 과다한 안전 계수를 제거함으로써, 안전도의 여유가 축소되었고

마) 고강도의 자재 사용으로 단면이 작아져서 하중 변화에 민감하고 유연하게 되어 시공상의 실수에 더욱 민감해졌다.

2) 연속붕괴 방지를 위한 설계에서의 대안

가) 직접설계법 :

설계과정에서 연속적 붕괴에 대한 저항 고려

① 대체 경로법

국부적 붕괴가 발생하는 것은 허용하지만 대체 하중 경로를 제공함으로써 그 손상이 흡수되고 전체적인 붕괴를 막는 방법

② 특정 국부 저항법

사고나 오용으로부터 발생하는 붕괴에 저항하도록 충분한 강도를 부여하는 방법

나) 간접 설계법

설계시 최소 수준의 강도, 연속성 및 연성을 부여하여 잠재적으로 연속 붕괴에 대한 저항을 고려하는 방법이다.

다) 일반 구조건전성의 규정에 대한 지침

구조물 구성품간의 연결부는 연성을 가져야 하며 비정상적 조건의 영향하에서 비교적 커다란 변형과 에너지를 흡수하는 능력을 가져야 한다.

2 STA 1600 하중시험

재하기간 동안과 하중을 제거한 후의 최대 처짐의 제한하고 일반적으로 하중이 제거된 후 24시간 이내에, 최대 처짐의 최소한 $\frac{3}{4}$ 이상을 회복하면 정상으로 간주한다.

(나) 하중조합

1) 허용응력설계법

탄성이론으로 계산한 응력이 규정된 제한 응력값을 초과하지 않도록 구조 부재를 설계하는 방법으로서 해당 기술기준은 비계수하중으로 인한 하중 효과가 허용응력을 초과하지 않도록 규정하며 이 허용응력에는 안전 계수가 포함된다.

2) 강도설계법

하중계수와 저항계수를 사용하여 구조부재가 한계상태에 도달하지 않도록 설계하는 방법(하중저항계수설계법)으로서 하중계수와 저항계수를 함께 제시한다. 하중계수는 강도설계법 원리를 각 개별재료의 기술기준 제정위원회가 개발한 공칭저항 및 저항계수와 사용하며 확률론적 해석법과 설계 관행에 내재한 신뢰성에 기초하여 개발하였다.

1 STA 2300 허용응력설계법의 하중조합

1) 기본조합

설계는 가장 불리한 결과를 발생하는 하중조합을 기초로 해야 하며 풍하중과 지진하중은 동시에 작용하는 것으로 가정할 필요가 없다.

2) 직교성

지진하중은 구조물의 2축 방향으로 동시에 작용하므로 수직 부재와 기초설계에는 연직하중에 어느 한 방향성분의 100%의 지진하중과 직각방향의 30%의 지진하중을 조합하여 구한 응력을 사용한다.

3) 하중조합계수

사하중을 제외한 대부분의 하중은 시간에 따라 가변이다.

가변하중이 모두 동시에 최대값을 가질 확률은 거의 없으므로, 전체 조합하중의 효과에 대한 감소는 하중조합 계수를 통해 이루어진다.

KEPIC

2 STA 2400 강도설계법의 하중조합

1) 기본조합

사하중에 추가하여 어떤 가변 하중은 설계 수명기간 중의 최대 하중을 택하는 반면에 가변하중은 어느 임의의 시간에 측정된 하중을 택하며 설계강도가 하중조합의 계수하중 효과를 초과하도록 설계한다.

(다) 일반하중

1 STA 3100 사하중

설계시에 고려하지 않으면 건물의 장래 유용성 또는 안전도 여유 감소의 조건이 된다.

1) 사하중 : 시공 재료의 실제 중량이 설계에서 사용된 값을 초과하거나 슬래브의 실제 두께가 공칭두께와 다른 점을 감안하여 여유가 필요

2) 장래의 설치 : 장래에 마모용 표면 또는 보호 표면을 설치할 가능성이 있는 경우 그 중량을 고려하고 간막이의 위치와 형태에 대해 고려

3) 점유의 변화 : 원래 예상보다 더 하중에 재하되는 점유의 변화가 장래에 발생할 가능성 고려

2 STA 3200 활하중

등분포 하중, 집중하중, 난간 및 보호난간의 하중, 부분하중, 충격하중이 이에 속하며 설정된 기간(대개 59년) 동안에 예상되는 최대 하중에 저항하도록 설계한다.

3 STA 3300 토압과 수압

지하실 벽의 압력, 바닥의 상승작용

4 STA 3400 풍하중

1초에서 10초의 시간 동안 구성품 및 외장재의 지속적으로 작용이 예상되는 압력을 제시한다.

속도압력, 돌풍 응답계수, 풍압 또는 풍력계수에 상응하는 평균 풍속

5 STA 3500 설하중

설계 설하중을 결정하는 절차서로서

1) 지리적 위치에 따른 지표면 설하중을 결정(STA 3520, 해설 I 3520 및 표 STA 3500-1~2 참조)하고

2) 다음의 조건을 고려하여 지표면 하중으로부터 평지붕 설하중 산정한다.

가) 지붕의 노풍도 C_e(STA 3531, 해설 I 3530, I 3520 및 표 STA 3500-3 참조)

나) 지붕의 온도 조건 C_t(STA 3532. 해설 I 3530, I 3532 및 표 STA 3500-4 참조)

다) 구조물의 중요도 계수 I와 기능(STA 3533, 해설 I 3533 및 표 STA 3500-5 참조)

3) 지붕 경사 고려(STA 3540, 해설 I 3540 및 표 STA 3500-1~2 참조)

4) 하중이 제거된 부분 고려(STA 3571, 해설 I 3571)

5) 불균형 하중 고려(STA 3550, 해설 I 3553 및 그림 STA 3500-3~4 참조)

6) 눈의 무너져 내림 고려

가) 하단 지붕으로(STA 3560, 해설 I 3560 및 그림 STA 3500-6 참조)

나) 돌출부로부터(STA 3564와 해설 I 3564 및 그림 STA 3500-6 참조)

7) 눈의 미끄러짐 고려(STA 3572, 해설 I 3572 및 그림 STA 3500-1 참조)

8). 눈온 후에 내린 비에 의한 추가 하중 고려(STA 3573, 해설 I 3573)

9) 물고임 하중 고려(STA 3574, 해설 I 3574)

10) 설계값을 초과한 하중의 (즉시 계속되는) 결과 고려

6 STA 3600 강우하중

지붕배수 설비는 집중호우에 의한 물의 흐름을 다루기 위해 설계하는 것으로 일시적 초과하중은 물고임하중(STA 3620 참조)과 배수설비가 막힌 경우 (STA 3630 참조)를 고려하여 설계에 포함시킨다.

설하중의 처짐에 대한 고려의 필요성은 STA 3574 참조하기 바라며 일차적으로 배수 시설이 막혔을 경우 발생되는 물고임을 계산, 지붕은 발생할 물고임하중에다 2차 배수시설로 흘러 나가는데 필요한 수위를 고려한다.

(라) 지진하중

○ 원자력법 및 동 시행령 51조(지질 및 지진), 제 61조

KEPIC

(내진성), 과기처 고시 제 83-5호

○ 건축법 제 10조 및 동 시행령 건축물의 구조기준에 관한 규칙 제 14조(6층 이상 고층건물에 적용)

1 STA 4100 일반사항

ASCE 7-88(ANSI A58.1-1982판과 동일)의 개정판을 준용하며 동시에 발생하는 힘에 대한 규정은 1988년도 UBC에 근거하여, 등가정적 해석을 적용하였다.

모드해석(응답스펙트럼 해석), 시간-이력해석(모드중첩법, 직접적분법) 해석의 순으로 점차 적용방법 이전하는 추세이다.

2 STA 4400 최소 지진력

모든 구조물은 다음 식에 따라 구조물의 주축의 각 방향으로 작용한다고 가정하는 최소의 전체 횡방향 지진력에 견디도록 설계한다.

$$V = ZIKCSW$$

여기서

① 지진구역계수 Z 및 점유 중요도계수 I : 표 STA 4400-1 참조

② 점유 중요도 계수 I : 표 STA 4400-2 참조

③ 수치계수(수평력) K : 표 STA 4400-3 참조

④ 수치계수(구조물 동적특성) C :

$$C = \frac{1}{15\sqrt{T}}$$

여기서, 주기 $T = 2\pi\sqrt{\frac{\left(\sum_{i=1}^{N} W_i \cdot \delta^2{}_i\right)}{\left(g\sum_{i=1}^{N} f_i \cdot \delta_i\right)}}$

상기 식에 따라 주기 T를 구할 수 없는 경우에, 건물에 대한 T 값 :

㉠ 높이는 큰 보, 넓은 교각 또는 둘 모두를 사용한 전단벽 혹은 외부 콘크리트 골조

$$T = \frac{0.05\,h_n}{\sqrt{D}}$$

㉡ 골조에 의해서 상호 연결되지 않은 분리된 전단벽 혹은 가새 골조

$$T = \frac{0.05\,h_n}{\sqrt{D_s}}$$

㉢ 내횡력 시스템이 요구되는 횡력에 견딜 수 있는 저항모멘트 입체 골조로 구성되어 있고, 내횡력 시스템이 횡력에 저항하는 것을 방지하는 강성 요소에 속해 있거나 인접되어 있지 않은 건물

$$T = C_T\, h_n^{\frac{3}{4}}$$

여기서, 강구조는 $C_T = 0.035$,

철근콘크리트구조는 $C_T = 0.030$

⑤ 지반계수 S : 표 STA 4400-4 참조

㉠ 지반 S_1 : 암석층, 혈암류, 결정질(전단파 속도가 2500ft/sec 이상)

㉡ 지반 S_2 : 비점착성 최적물 또는 단단한 점토층으로 구성

㉢ 지반 S_3 : 연성(軟性)내지 중간 굳기의 점토와 모래층으로 구성

3 STA 4500 횡력의 분배

1) 규칙적인 형상이나 골조 시스템을 가진 구조물

가) 전체 횡력 V는 아래 식을 사용하여 구조물의 높이에 따라 분배

$$V = F_t + \sum_{i=1}^{N} F_i$$

나) 최상부에 작용하는 집중하중은 다음 식에 따라 결정

$$F_t = 0.07\,TV$$

다) 전체 밑면 전단력 V의 나머지 부분은 구조물 높이에 따라 분배하며 N층도 포함하여 다음 식에 따라 집중하중 F_x를 계산

$$F_x = (V - F_t)\frac{W_x h_x}{\sum_{i=1}^{N} W_i h_i}$$

2) 불규칙한 형상이나 구조 시스템을 가진 구조물

횡력분포는 구조물의 동적특성을 고려하여 결정한다.

KEPIC

3) 수평 전단력의 분배

수평 평면의 전체 전단력은 강성에 따라 횡력 저항 시스템의 여러 요소에 분배한다.

4) 수평 비틀림 모멘트

건물질량의 위치에 기인하는 비틀림 모멘트와 작용하는 수평력에 직각인 방향의 건물 치수의 5%로 가정한 우발 편심에 의해 발생되는 각 방향의 비틀림 모멘트를 가산한 값을 고려한다.

5) 격막

다음 식에 따라 결정된 힘에 저항할 수 있도록 설계한다.

$$F_{fx} = \frac{\sum_{i=x}^{N} F_i}{\sum_{i=x}^{N} W_i} W_{px}$$

4 STA 4600 설계요건

1) 전도 :각 층에서의 전도모멘트

$$M_x = F_t(h_n - h_x) + \sum_{i=x}^{N} F_i(h_i - h_x)$$

2) 층간변위와 건물간의 간격 : 인접층과의 상대적인 횡변형이나 층간변위는 층 높이의 0.005배

3) 지진력의 결정과 분배에 대한 대체 방법

가) 기초바닥의 전단력은 주기 공식으로 계산한 값의 90% 이상임.

나) K = 0.67~2.5에 해당되는 밑면전단력의 값은 구조물이 STA 4640의 요건과 일치되게 설계되고 상세 시공되었을 때만 적용. 그 외의 경우, 비탄성 반복 변형으로 에너지를 소산하는 능력에 따라 K = 2.5~4.0 또는 그 이상의 값을 적용

다) 동적 해석의 입력 자료로서 평활화한 응답스펙트럼 또는 지반 운동 시간 이력 사용 가능

4) 구조 시스템

가) 내력벽 시스템

계수 K는 표 STA 4400-3과 같이 벽의 종류에 따라 달라진다.

나) 건물 - 골조시스템

계수 K = 1.0을 사용하여 설계한다.

다) 저항 모멘트 골조 시스템

① 강재 골조의 접합부

접합부를 구성하는 부재의 강도를 의한 접합 강도

② 보통 강재 골조

계수 K = 1.0을 사용하여 설계. KEPIC-SGC에 의한 골조 구성

③ 특수 골조

계수 K = 0.67을 사용하여 설계.

④ 중간 콘크리트 골조

K = 1.25에 기초하여 설계

라) 이중 시스템

계수 K = 0.8 혹은 1.0을 사용하여 설계한다.

마) 가새 골조

강부재는 STA 4643.3, 철근콘크리트 부재는 STA 4643.3 참조

바) 하부 구조

K = 0.67 혹은 0.80, STA 4643.3에 연성 요건 규정

K = 1.25, STA 4643.4에 연성 요건 규정

5) 구조 요소와 비구조 기기에 대한 횡력

정착부는 다음 식에 따르는 횡력에 대비하여 설계한다.

$$F_p = ZI C_p W_p$$

Cp의 값은 표 STA 4700 참조, I의 값은 표 STA 4400-2 참조

6) 연결부

가) 콘크리트나 조적벽의 정착

벽을 횡방향으로 지지해 주는 층마루나 지붕에 정착하 수평력에 저항할 수 있도록 직접 접합한다.

나) 하중 경로

지진력을 전달하는 건물이나 구조물의 모든 부분은 연속적인 경로를 통해서 저항요소에 연결하는데 저항 요소까지 이르는 연결부와 요소는 최소한 0.15 ZI와 0.05중 큰값에 연결되는 부분의 중량을 곱한 힘을 지탱하여야 한다.

다) 외부 패널

외부벽에 접착되어 있거나 외부를 둘러싸고 있는 요소는 5항의 횡력이나 온도 변화에 적응할 수 있도록 설계한다.

KEPIC

① 접합부와 패널 이음부는 층변위의 3.0/K배 혹은 1/2 in중 큰 값의 층간 상대 이동을 허용할 수 있도록 slot hole을 사용
② 접합체의 몸체는 충분한 연성과 회전 능력을 갖고 있어야 함
③ 접합체의 몸체는 5항의 횡력의 4/3배에 대하여 설계하고 파스너는 4배에 대하여 설계
④ 콘크리트에 매입된 파스너는 철근에 힘을 효과적으로 전달하도록 처리
⑤ 5항의 계수 I는 모든 접합체에 대하여 1.0

라) 기초 타이

지진구역 2, 3, 4에서는 모든 건물이나 구조물의 말뚝 캡이나 케이슨을 직각을 이루는 타이로서 연결시켜야 하며 말뚝이나 타이는 말뚝 캡이나 케이슨에 대한 수직 하중의 0.10 ZI배에 해당하는 최소 수평력으로 설계한다.

마) 가새 골조

가새 골조의 접합부는 부재의 전체 저항능력을 사용할 수 있도록 설계 또는 지진력에 의한 응력에 대해 허용하는 1/3의 증가없이 설계한다.

(2) 지진해석(STB)

(가) 일반사항

1) 개 요

강한 지진을 받는 구조물의 신뢰성 확보를 위한 설계 및 시공의 과정을 말한다.

가) 지진환경의 정의
나) 설계자료를 얻기 위한 해석
다) 여러 가지 구조요소의 설계
라) 설계를 실제구조물에 반영하기 위해 채택하는 시공절차

2) 목 적

원자력발전소 구조물중 안전관련 구조물의 지진해석에 대한 최소요건을 규정하는 것으로 이들을 수용할 수 있는 해석방법을의 제시한다.

구조물 내의 지진응답을 계산하는 방법을 규정하고 전기 및 기계 계통 또는 기기 및 부품의 내진검증에 적용할 입력운동을 규정한다.

3) 적용범위

지상 구조물, 지하 구조물, 매설된 배관 및 비압력탱크 등을 포함한 모든 안전관련 구조물의 지진해석에 적용하며 케이슨과 말뚝지지기초, 라이닝 하지 않은 터널 및 부유식 구조물들에 대한 사용을 배제하지 않는다.

4) 일반요건

해석대상의 구조물 지반 또는 암반의 파괴가 발생하지 않는다고 가정하고 이 기준에서 규정하는 해석방법 대신에 과거의 지진에서 얻은 경험과 특수해석 및 시험을 포함하는 기타의 방법을 사용할 수 있다

이때 대체방법은 적절히 입증되어야 하고 이 기준의 취지에 부합해야 한다.

(나) 지진입력

1) 입력운동의 정의

- 지진입력운동은 가속도응답스펙트럼으로 규정
- 직교하는 3방향에 대하여 규정(일반적으로)
- 부지의 지반조건을 고려하여 작성하여야 함
- 통제운동은 자유장 마감면에서 정의

2) 응답 스펙트럼

가) 일반요건

입력지진 탁월진동수의 불확실성을 고려하여 광폭 응답스펙트럼을 사용하거나, 중심주파수영역이 입력지진 탁월진동수의 변화구간을 포함하는 협폭 응답스펙트럼을 사용할 수 있다.

감쇠비에 대응된 응답스펙트럼이 없을 경우 정의된 응답스펙트럼을 선형보간하여 사용 가능하며 그림 STB 2221 및 STB 2222의 부지독립 응답스펙트럼도 사용 가능하다.

나) 부지독립 응답스펙트럼의 사용(NUREG - 0098)

- 수평성분 : 그림 2200-1에 표 2200-1의 동적확대계수를 적용함.
- 수직성분 : 수평성분 스펙트럼의 2/3

3) 입력 운동의 시간이력

내진범주 1급 구조물의 동적응답해석에 가속도시간이력 사용 가능하고 설계응답스펙트럼에 부합하도록 결정하여야 함 한며 강진지속시간을 충분히 표현하도록 결정하여야 한다.

KEPIC

계산된 스펙트럼의 ZPA(zero-period acc.)의 평균값 ≥ 설계지반가속도이며 계산된 평균스펙트럼 / 설계스펙트럼 ≥ 1이고 평균스펙트럼의 어느 한 점도 설계스펙트럼 밑으로 10% 이상 떨어지지 않는다..

운동의 세 방향성분에 의한 응답이 시간이력 해석방법에 의해 동시에 계산될 때, 세 직교방향의 입력운동은 통계적으로 서로 독립임을 입증할 수 있으며 다중시간이력을 사용할 경우 사용개수에 대한 명시적 규정이 없다.

(다) 해석방법

1) 구조물의 모델링

가) 일반요건

구조물에 작용하는 유체동력학적 영향을 시스템 모델링에 포함하여 지반-구조물 상호작용을 적절히 모델링해야 한다.

질량중심과 강성중심 사이의 편심에 의한 비틀림의 영향과 우발편심의 영향이 고려되어야 하며 구조물의 수평 및 수직 응답 사이에 중요한 연계현상이 존재할 경우에는 하나의 조합된 해석모델(3차원 모델) 사용한다.

나) 지진응답해석의 단일단계법과 다단계법

다단계법에 있어서의 첫 단계에서는 전체인 구조시스템과 기초 및 지반의 전체적인 지진응답(주로 변위, 가속도 및 전체적인 관성력)들이 결정한다.

첫 단계에서 구한 응답은 구조물의 여러 부분에 대한 그 다음 단계의 해석 모델에 입력으로 사용된다.

다단계 해석의 첫 단계에 요구되는 모델은 구조시스템의 전체적인 동적 거동을 나타낼 수 있어야 하지만 건물 요소의 응력을 예측할 수 있을 정도로 상세하게 할 필요는 없다.

응력의 결정을 위해서는 구조물의 형상을 나타낼 수 있는 상세 모델을 사용하는데 이 상세 모델은 반드시 큰 개구부(격납건물에 있는 장비나 인원의 출입구 같은)와 그 밖의 심한 불연속 부분들을 포함해야 된다.

다) 감쇠의 모델링

구조물 시스템이 동적하중을 받을 때 전달되는 운동에너지를 소실시켜 응답을 감소시키는 요소로서 실제로는 복잡한 형태를 갖는 감쇠를 일반적으로 속도에 관계되는 점성감쇠로 이상화시킨다.

재료의 특성, 응력 및 변형률, 변위의 크기, 연결부의 형태 등에 의한 함수이며 시험 및 경험을 통하여 결정하나 실제 적용시에는 평균치보다는 하한치를 선택하고 한계감쇠값(출력운동의 진동을 방지하기 위한 최소 감쇠값)의 백분율로 표시한다.

라) 유체 동력학적인 효과의 모델링

구조물 내,외부에 포함된 유체의 영향을 고려한다.

- 용기의 벽체와 바닥에 충격(Impulse)과 대류(Convection)의 동수력학적 압력작용(유체 자중에 의한 수직압력도 고려)
- 충격압 : 용기벽체의 가속도에 의하여 발생하는 관성력
- 대류압 : 유체 자체의 요동에 의한 압력

마) 동적연계기준

벽체나 바닥슬래브와 같이 상대적으로 유연하고 기계설비를 지지하고 있는 부구조물은 주구조물과 연계해서 해석한다.

주구조물 질량의 1% 이하인 부구조물의 경우에는 연계해석이 요구되지 않으며 부구조물의 질량이 1% 이상되는 경우에도 항상 연계해석이 요구되는 것은 아니다.

- 1점지지 : 그림 3100-2
- 다지점지지 : 질량비, 상대강성 고려

모드질량의 계산시에는 총 질량의 20% 이상 기여하는 우세모드만 고려하며 연계해석이 요구될 때 두 부분의 상호작용을 적절히 나타낼 수 있다면 2차 시스템에 대한 단순모델도 사용 가능(입력 사용)하다.

부구조물의 강성이 상대적으로 큰 경우에는 단지 강결된 부가질량으로 처리하고 유연성이 큰 연결부로 이루어진 경우에는 주구조물에 포함시킬 필요가 없다.

※ 예외 : 원자로 냉각계통은 항상 주구조물과 결합된 시스템으로 간주하여 해석한다.

바) 특정 구조물의 모델링

- 강체층을 갖는 구조물
- 유연층을 갖는 구조물
- 집중질량 모델의 요건
- Frame 구조물의 요건
- 전단벽 구조물에 대한 요건
- 평판과 쉘 구조물에 대한 요건
- 인접 구조물에 대한 요건

KEPIC

2) 구조해석

가) 일반요건

다음의 4가지 해석법 중 하나를 사용한다.

① 시간이력해석법

② 응답스펙트럼법

③ 복소진동수응답법(진동수영역에서의 전달함수 사용)

④ 등가정적해석법

- 지진운동의 직교하는 세 방향 성분에 대하여 수행
- 직교방향 축은 구조물의 주축들과 일렬로 정렬
- 비선형해석은 시간영역에서 수행 가능함.

나) 시간이력 해석법

선형 또는 비선형방법 사용 가능하며 여러 개의 시간이력에 대하여 해석할 경우, 최종응답은 평균값으로 산출한다.

시간간격 △T는 ½△T를 사용하여 해석한 응답결과가 서로 10% 이하의 오차를 갖도록 선정하고 모드중첩법 또는 직접적분법 사용한다.

모드형상과 고유진동수를 결정하기 위해 사용된 기법들은 해석결과의 정확성을 보장하기 위해 수렴에 대한 검토를 반드시 수행한다.

다) 응답스펙트럼 해석법

응답스펙트럼법에서 운동방정식은 선형좌표변환을 통하여 각 모드별 비연계(uncoupled) 방정식으로 치환될 수 있어야 한다.

해석에 고려되는 모드 수는 통상 잔여모드를 모두 포함한 해석결과의 응답이 10% 이상 증가하지 않도록 충분한 개수를 고려하고 사용된 진동 모드에서 고려되지 않는 나머지 질량은 가장 높은 진동수의 가속도 스펙트럼값과 곱해져서 구조물에 강체의 힘으로 간주하여 적용한다.

라) 복소주파수 응답 해석법

선형 시스템을 특성화하고 연속파의 진동수 특성을 판별하기 위한 Fourier 변환절차에 이용하는 것으로 연속파를 유한 개의 불연속 Data로 가정하고 파형이 주기적으로 반복한다고 가정하는 고속 Fourier변환(FFT) 알고리즘을 사용한다.

복소주파수응답법이 지진해석을 위해서 사용될 경우에는 FFT해석의 부정확성을 최소화하여야 한다.

마) 등가정적 해석법

등가정적해석법은 균일한 질량분포를 갖는 캔틸레버모델이나 단순 다자유도모델에 사용할 수 있으며 모든 지점의 상대변위를 고려해야 한다.

① 캔틸레버 모델

밑면전단력 계산시 입력응답스펙트럼이 최대가속도를 작용시키고 전도모멘트 계산시에는 위의 값에 1.1배한 가속도를 사용한다.

② 단순 다자유도 모델

구조물, 장비, 기기의 질량에 해당 응답스펙트럼의 첨두값에 1.5를 곱한 값 사용(입증 가증하면 더 작은값도 사용 가능)

바) 다중지지시스템

다중지지시스템의 해석은 시간이력해석법 또는 응답스펙트럼 해석법에 의하여 수행될 수 있다.

① 시간이력해석법

지지된 모든점의 시간이력이 고려되어야 한다.

다른 방향의 입력에 대해서 각각 해석하고 SRSS법에 의해서 이들을 조합하여 최대값을 계산한다. 구조물의 입력시간이력이 통계적으로 서로 독립적인 경우에는 매 시간단계별로 산술적으로 더한다.

② 응답스펙트럼 해석법

다중지지된 구조물의 관성력과 상대변위에 의한 응답은 SRSS법에 의해서 조합한다.

- 포괄 응답스펙트럼법 : 입력스펙트럼은 모든 지점에서의 응답스펙트럼을 포괄하는 스펙트럼 이용
- 다중 응답스펙트럼법 : 지지점 입력들을 구별하여 적용할 수 있는 응답스펙트럼해석법을 이용하여 해석

사) 모드응답과 방향성분응답의 조합

① 수직, 수평 지진응답의 조합

◆ 응답스펙트럼해석법

- SRSS 방법
- 한 지진성분에 의해서 최대응답이 발생할 때, 나머지 2 직교성분원 최대값의 40%의 응답이 일어난다는 가정하에서 직접적으로 조합하는 방법이 있다. 이 방법에서는 모든 가능한 조합이 고려되어야 한다(Factored Method).

KEPIC

◈ 시간이력해석법

- 3직교방향의 지반운동에 의한 최대 응답을 구하는 것은 위의 응답스펙트럼법에 사용된 것과 같이 SRSS법에 의해서 구해진다. 단지 각 방향의 최대응답이 시간이력법에 의해서 구해진다.
- 3직교방향의 응답시간이력을 구하고, 각 시간단계별로 더하여서 이 조합된 해로부터 최대 응답을 얻는다. 이 방법은 3직교 성분의 지반운동이 통계적으로 서로 독립인 경우에 적용할 수 있다.

② 모드별 응답의 조합

i번째 방향성분의 지진입력에 대한 모든 모드들의 응답조합 방법으로서

$$R_i = \pm\sqrt{\sum_m \sum_n \in_{mn} R_{im} R_{\in}}$$

여기서,

R_i : 운동의 i번째 방향성분에 대한 응답

R_{im}, $R_{\in}$:STB 3230(6)에서 정의한 잔여모드를 포함하는 m번째(n번째) (부호가 있는) 관심 모드 응답

$$\in_{mn} = [1 + (\frac{f_m' - f_n'}{\lambda_m f_m + \lambda_n f_n})^2]^{-1}$$

: f_m 또는 f_n이 $\frac{1}{2} f_r$ 미만인 경우

$= 1.0$: f_m 과 f_n이 모두 $\frac{1}{2} f_r$ 이상인 경우이며

여기서, $\lambda_m' = \lambda_m + \frac{1}{\pi f_m t_d}$

$f_m' = f_m\sqrt{1 - \lambda^2_m}$ 이고

여기서 f_m : m번째 모드의 진동수(cps)

f_r : 영주기 가속도 진동수(cps)

λ_m : m번째 모드의 모드감쇠비

t_d : 지진의 지속시간(초)이다.

이때 한쌍의 진동수 f_m과 f_n 에 대한 $\in_{mn}$ 값이 0.2보다 적거나 진동수 차이가 10% 이상이고 두 진동수 모두가 $\frac{1}{2} f_r$을 넘지 않을 때는 $\in_{mn}$ 값을 영으로 취할 수 있다.

또한 대안으로서 ZPA 진동수의 1/2 이상의 모드성분을 강체응답성분으로 간주하여 산술적으로 더하고, 1.2 이하의 나머지 성분은 감쇠주기응답(damped periodic responses)으로 간주하여 Grouping Method, Ten-percent method, Double-Sum Method 등의 방법으로 조합할 수 있다. 강체응답성분과 감쇠주기응답성분은 SRSS법에 의해서 조합된다.

3) 지반-구조물 상호작용의 모델링과 해석

설계시 기본이 되는 설계입력운동 즉 통제운동(Control Motion)은 기존의 구조물과 상호작용이 없는 자유지표면상의 일정한 점에서 정의된다. 이러한 자유장운동은 일반적으로 설계 대상건물 기초슬래브에서의 운동과는 같지 않다. 그것은 지진운동에 의한 진동파가 기초슬래브에서 분산될 뿐만 아니라 기초슬래브 자체가 강체운동을 통하여 지반변위에 대한 저항체로서 작용하기 때문이다. 이러한 현상을 지반-구조물 상호작용(Soil-Structure Interaction : SSI)이라고 하며, 특히 지반특성이 유연할수록 또한 구조물의 강성이 클수록 그 영향이 커지게 된다.

일반적으로 유연한 지반상의 위치하는 구조물은 견고한 지반상 구조물의 경우보다 최대동적응답 및 최대동적응답이 발생하는 진동수의 크기가 감소하게 된다. 이와 같은 현상은 유연한 지반 속에서는 견고한 지반에서 나타나지 않는 추가적인 에너지 손실효과가 발생하기 때문이다.

지반-구조물 상호작용은 크게 다음의 2단계로 구분되는데, 첫번째는 공간에 따른 자유장운동의 변화를 정의하고 해석하는 부지응답해석(site response analysis)단계이며, 두번째는 지반과 구조물이 연계된 지반-구조물 시스템에 대한 구조응답을 계산하는 과정이다.

지반-구조물 상호작용의 해석을 위해서는 크게 두가지의 방법이 사용된다. 즉, 직접법과 임피던스 함수 또는 부분구조법이다.

가) 일반요건

암반 또는 암반류에 건설되지 않은 모든 구조물에 대해서 지반-구조물 상호 작용해석을 수행한다.

지반-구조물 상호작용해석에는 직접법과 부분구조법의 두가지 방법을 사용하는데 인접한 구조물사이의 상호작용은 일반적으로 무시한다.

KEPIC

설계상수들의 불확실성을 고려한다.

나) 고정기초해석

암반 또는 암반류 지반에 구조물이 건설되는 경우에는 지반-구조물 상호작용을 고려하지 않는다. 암반류 지반은 구조물의 상재하중에 의한 전단변형률 10^{-3}% 이하에서 V_s가 3500ft/sec (1,100m/sec)이상인 지질을 말한다.

지반-구조물 상호작용을 고려하지 않는 경우 지반과 접하는 부분을 고정하여 구조물의 동적응답을 구한다.

다) 자유장해석

비수직 전달파에 의한 비틀림 효과가 고려된다면 지반-구조물 상호작용해석을 위해서 수직으로 전달되는 전단 및 압축파를 가정할 수 있다.

기초의 깊이에서의 가속도응답스펙트럼의 값은 지표면에서의 설계응답스펙트럼의 60% 이상이어야 한다.

라) 구조물의 모델

매트기초(Mat Foundation)와 묻힌 벽체부분의 유연성을 고려하지 않아도 되며 적절한 강성과 질량이 포함된 경우 단순화한 구조모델도 가능하다(고정 기초인 경우와 동특성이 대체로 일치하도록 구조모델을 작성하여야 한다).

마) 지반의 모델링

① 일반사항

방사감쇠 및 층상지반의 3차원효과가 고려되어야 한다.

지반의 비선형성을 고려하여 일반적으로 등가선형으로 근사화하고 묻힘의 영향이 고려되어야 한다.

② 지반거동의 비선형성

1차적 비선형성은 구조물의 영향을 무시한 지반의 운동자체에서 발생하는 비선형성을 말한다.

2차적 비선형성은 지반-구조물 상호작용의 결과로서 발생되는 구조물의 응답으로 인한 지반재료의 비선형성을 말한다(묻힘효과를 제외하곤 2차적 비선형성은 고려하지 않음).

③ 지반의 물성치 결정

지반의 재료적 특성은 현장시험 및 실내시험에 의해서 얻은 값들로서 결정된다(전단계수, 감쇠비, 포아송비, 총단위중량 등).

④ 지반강정의 불확실성

지반의 전단탄성계수가 $(1+Cs)\ \overline{G}_{mn}$와 $\overline{G}_{mn}/(1+Cs)$ 사이에 있다고 가정하고 지반-구조물 상호작용해석을 수행한다. 여기서 Cs는 지반-구조물 상호작용해석과 지반상수의 불확실성을 나타내는 상수이며,그 최소값은 0.5이다.

⑤ 이력감쇠비

그림 STB 3300-1과 같이 정의된 재료 감쇠비는 전단변형률의 함수로 결정하며 매우 작은 변형률($\leq 10^{-4}$%)에서 2%를 넘으면 안된다.

⑥ 포아송비

포화지반인 경우 간극수의 영향이 탄성계수나 ν값 계산에 포함되어야 한다.

바) 직접법

① 일반사항

직접법에 의한 지반-구조물 상호작용 해석은 다음과 같은 과정으로 수행된다.

- 하부와 측면 경계면의 선정
- 경계면에 작용되는 입력운동 결정
- 지반 모델, 물성치, 층상 경계(layer boundaries)를 결정
- 지반-구조물 상호작용 해석 수행

② 지진하중입력법

자유장문제를 해석하여 구한 지표면에서의 동적응답이 설계지진입력과 동일하여야 한다.

③ 측면경계모델

측면경계의 위치와 형태는 관심위치에서의 구조응답에 크게 영향을 미치지 않아야 하며 기본경계(elementary boundary), 점성경계(viscous boundary), 전달경계(transmitting boundary) 사용이 가능하다.

④ 측면경계의 위치

구조물의 응답에 영향을 주지 않도록 정하여야 한다.

⑤ 하부경계의 위치

구조물의 응답에 영향을 주지 않도록 충분히 멀리 잡는다.

Vs가 3500 ft/sec(1,100m/sec) 이상이거나 기초 바로 밑의 지층보다 지반계수가 10배 이상 큰 지층으로 하부 경계의 위치가 기초 최대치수의 3배 이상될 필요는 없다.

하부경계면은 고정상태로 가정할 수 있다.

⑥ 유한요소 체눈의 크기

- 기초 하부의 정적응력의 분포를 적절히 표현할 수 있도록 구성한다(단순 4각형요소의 경우 : 기초 밑에 최소한 8의 요소).

KEPIC

· 회전운동이 크다면 인접한 면에 조밀한 요소
· 최소한 25Hz의 주파수 전달특성(요소의 수직크기를 가장 작은 파장의 1/5 이하로 한다.)

⑦ 시간간격 및 진동수 간격

시간영역 : 정확성과 수치적 안정성 확보되도록 정함.

진동수영역 : 최소한 25Hz까지는 포함. 전달함수는 정확성이 보장되도록 충분한 개수를 사용

사) 부분구조법

① 일반사항

수평 및 회전요소를 포함하여, 무질량 기초의 운동, 진동수 종속인 임피던스 함수를 결정하고 지반-구조물 상호작용 해석을 수행한다.

② 입력운동

자유장에서 정의된 통제운동이 질량없는 기초의 입력운동이 된다.

만일 통제운동이 부분구조법의 입력운동이 된다면 입력운동의 회전성분은 고려되지 않으며 무질량 기초의 운동이 입력운동이 된다면 계산된 회전운동이 입력으로 고려되어야 한다.

③ 지반 임피던스

임피던스 함수를 결정하기 위하여 모든 매트 기초는 근사적으로 등가의 사각형이나 원형으로 치환해야 한다.

· 균일한 지반조건 : 진동수 독립인 강성과 감쇠계수가 표 3300-1(원형기초) & 표 3300-2(사각형기초)에 나타나 있다.
· 층상 지반조건 : 진동수종속의 임피던스함수 결정 (경계적분법, 유한요소법, 유한차분법)
· 매입된 기초 : 얕은 기초의 경우 매입의 영향 무시하고 정확한 값을 얻으려면 경계적분법, 유한요소법이나 유한차분법을 사용

4) 부계통의 지진해석을 위한 입력

가) 부계통에 대한 입력형태

부계통의 해석을 위한 지진운동은 다음 중의 하나 또는 그 이상으로 이루어질 수 있다.

① 다중지지 부계통을 위해서는 층응답스펙트럼, 그리고 최소 및 최대변위, 또는 층가속도시간이력 그리고 변위시간이력

② 주구조물과 연계된 부계통의 해석을 위해서는 주구조물 모델과 이에 대한 입력운동

나) 층응답스펙트럼과 시간이력에 대한 방향 및 위치

① 안전관련 부계통에 대한 입력운동이 요구되는 층에는 두 직교 수평방향 및 수직방향 각각에 대해 하나의 병진방향 스펙트럼 또는 시간이력을 각 층의 기준점에서 규정해야 한다.

이러한 스펙트럼 또는 시간이력들은 STB 3423에서 설명한 불확실성 그리고 전체적인 층의 회전운동이나 비틀림운동에 의해 유발되는 모든 중요 효과들을 고려해야 한다. 어떤 경우에는 시간이력 및 층응답스펙트럼을 동시에 요구할 수도 있다.

② 세 좌표축의 어떠한 방향에 대한 구조물내 회전운동이 심하게 나타날 때는 이에 대응하는 스펙트럼 및 시간이력을 층의 기준점에서 규정해야 한다.

다) 층의 기준점으로부터 멀리 떨어져 있는 부계통의 입력

① 통계적으로 독립적인 한 지진의 세 방향성분을 각각 독립적으로 받거나 또는 동시에 받는 구조물에 대한 시간이력 해석법의 경우, 어떤 층의 기준점으로부터 멀리 떨어져 있는 부계통 지지점에서의 병진방향 응답스펙트럼 또는 시간이력은 기준점과 지지점위치 사이가 강체로 연결 되었다면 기준점에서의 병진방향 가속도시간이력과 구조물의 회전운동 및 비틀림운동에 의한 영향으로부터 부계통의 위치에 발생하는 시간이력을 대수적으로 합하여 구할 수 있다.

② 만약 시간이력을 사용할 수 없으면, 기준점에서 멀리 떨어진 부계통 지지점에서의 병진방향 응답스펙트럼은 기준점과 지지점위치 사이가 강체로 연결되었다면 기준점에서의 병진방향 응답스펙트럼과 구조물의 회전운동 및 비틀림 운동에 의한 영향으로부터 발생되는 결과의 절대값을 합하여 구할 수 있다. 층과 층사이의 여러 중간 위치에서의 병진방향 응답스펙트럼은 만약 층의 여러 중간 위치사이의 구조가 강체라면 직선보간에 의해 구할 수 있다.

③ 주구조물과 부구조물을 연결하는 연결 구조물이 평면내 또는 횡방향으로의 유연성이 큰 경우에는, 이 연결 구조물을 부계통모델에 포함하여야 한다. 대안으로는 만약 STB 3170의 비연계기준을 만족한다면 중간위치에서의 스펙트럼 및 시간이력은 규정된 부계통의 지진입력을 산정하는데 이용될 수 있을 수준의 상세구조모델을 이용하여 만들 수 있다.

라) 구조물내 변위 및 회전

구조물내 변위와 회전의 최대 및 최소값 또는 변위와 회전

KEPIC

의 시간이력이 중요하다면, 이들은 다중지지시스템에 대한 상대 지진변위의 효과를 결정하기 위해 규정되어야 한다. 이러한 변위와 회전에 대한 위치 및 방향은 구조물내 응답스펙트럼 또는 시간이력에 대한 것과 동일하다.

5) 층응답스펙트럼

가) 일반사항

① 시간이력해석법에 의한 방법

㉠ 통계적으로 독립된 3직교방향의 지반운동이 동시에 가해질 때는 층응답스펙트럼이 직접적으로 계산된다.

㉡ 통계적으로 독립된 3직교방향의 지반운동이 개별적으로 가해질 때는 층응답스펙트럼은 각각의 응답의 산술적인 합이다.

㉢ 3 방향의 지반운동이 개별적으로 가해질 때는 층응답스펙트럼은 각각의 응답의 SRSS에 의해서 얻어진다.

② 스펙트럼으로부터 직접법을 이용하여 만드는 응답스펙트럼

스펙트럼으로부터 직접 작성하는 방법은 적용성이 확립된 범위 내에서 사용할 수 있다. 지지구조물내의 주어진 위치에서 주어진 방향으로의 응답스펙트럼이 하나 이상의 지진운동 방향성분으로부터 응답스펙트럼 값을 가지게 되면 이러한 응답스펙트럼 값들은 SRSS 방법에 의해 조합해야 한다.

③ 구조물내 응답스펙트럼의 작성을 위한 진동수 간격

구조물내 응답스펙트럼을 개발하는데 있어서 보다 정확한 응답스펙트럼을 개발하기 위하여 스펙트럼의 세로축 값은 충분히 작은 진동수간격들에서 계산하고 부계통상에 부착되어 있는 또다른 부계통이 관련되는 경우에는, 모든 지지 구조물의 고유진동수에 대해서도 계산한다.

표 STB 3400-1의 진동수를 구조물내 응답스펙트럼을 계산하기 위해 사용하고 또 다른 적용가능한 방법은 각 진동수들이 바로 전 진동수의 10% 이내가 되도록 진동수들을 선택한다.

이 진동수들에 지지구조물의 고유진동수들을 추가. 대체방법으로는 각 진동수가 바로전 진동수의 5% 이내가 되도록 진동수들을 선택하여 사용한다.

④ 구조물내 원상태 응답스펙트럼의 평활화 및 저감화

구조물내 응답스펙트럼은 지지구조물의 진동수 및 지반-구조물 상호작용해석의 불확실성에 의하여 응답에 내재되어 있는 불확실성을 고려하기 위해 평활화시켜야 하는데 평활화는 적어도 증폭된 응답구역의 모든 진동수에서 ±15% 이상되도록 하여야 한다. 응답스펙트럼의 첨두값 평활화와 관련하여 첨두값의 15% 저감이 허용된다.

만약 저감하여 계산된 스펙트럼에 대한 비초과 확률이 90% 보다 작지 않다는 것을 입증할 수 있다면 보다 큰 폭의 감소도 허용할 수 있다

⑤ 중간감쇠값에 대한 구조물내 응답스펙트럼의 보간

중간감쇠값 $\overline{\xi}$에 대한 응답스펙트럼은 부등식 $\xi_1 \leq \overline{\xi} \leq \xi_2$ 그리고 $\xi_2 \leq 2\xi_1$를 만족하면 두 인접감쇠값 ξ_1 및 ξ_2에 대한 스펙트럼의 직선보간에 의해 개발할 수 있다.

⑥ 층 시간이력운동의 작성방법

지지구조물의 시간이력해석으로부터 구해진 층의 기준점 위치 또는 부구조물의 지지점 위치에서의 층 시간이력응답은 단일 또는 다중 지지된 부계통의 입력운동으로서 사용할 수 있고 층 응답스펙트럼을 만족시키는 인공시간이력운동이 STB 2310과 STB 3422에 명시한 요건에 부합한다면 이를 사용할 수 있다.

또한 다중지지 부계통의 해석을 위해서 만약 서로 다른 지지점 입력들의 상대적인 위상특성을 적절히 반영할 수 있다면 여러개의 다른 인공시간이력을 사용할 수 있다.

6) 특수구조물

가) 일반요건(적용대상)

- 지중 파이프, 암거
- 옹벽
- Above-ground 수직 유체저장탱크

나) 내진범주 I급 지중 파이프, 암거, 터널

○ 다음과 같은 사항이 고려된다.

- 지지점, 분기점, 굴곡부 등에서 멀리 떨어진 직선부
- 굴곡부, 분기점, 지지점 등에 가해지는 하중 : 축력, 모멘트, 전단력
- 지지점의 운동

○ 내진범주 I급 콘크리트 댐의 지진해석법

내진범주 I급 콘크리트 댐의 해석을 위해서, 다음과 같은 사항을 고려한 적절한 해석법을 사용하여야 한다.

① 수평, 수직방향의 지진하중에 의해 발생하는 하중들의

KEPIC

동적특성

② 지진하중하에서 콘크리트의 거동

③ 지반-구조물 상호작용 해석의 효과

④ 지반의 응력-변형률 관계

다) 유체저장탱크

① 일반사항(고려해야할 최소의 모드수)

이 항에서 제시한 요건은 유체의 상부표면이 근본적으로 구속되지 않는(자유로이 움직이는) 유체를 함유하는 지상 수직탱크에 적용한다.

유체-탱크의 조합된 진동의 최소한 두 수평모드와 유체진동의 최소한 한 수직모드를 해석에 포함해야 한다.

수평응답해석은 쉘과 함께 움직이는 유체 부분을 탱크의 쉘 및 천정의 응답과 연계하는 최소한 하나의 충격모드와 기본 출렁임(대류)모드를 포함해야 한다.

② 수평충격모드

유체 유체중량을 결정하여 총 유체중량 대신에 사용(탱크는 강체로 가정할 수 있음)한다.

충격모드의 스펙트럼 가속도를 산출하기 위한 감쇠값은 탱크쉘 재료에 대해 STB 3122의 규정을 이용하여 산출하며 탱크쉘의 감쇠값에 대한 첨두 수평 스펙트럼가속도를 사용할 수 있다. 전도모멘트는 충격모드 유효 유체중량에 의한 효과와 같은 위상으로 움직이는 탱크쉘의 중량에 의한 효과를 포함한다.

유동압의 계산시 탱크쉘의 유연성을 고려하여야 한다.

③ 수평출렁임(대류) 모드

유효 유체중량은 탱크를 강체로 가정하여 산정한다.

수평출렁임모드에 관련된 스펙트럼 가속도의 산출시 유체감쇠는 0.5%(실증시에는 큰값 사용 가능)이며 탱크 기초에서의 전도모멘트 산출해야 한다.

유동압은 탱크쉘을 강체로 가정하여 산출하고 출렁임 높이는 쉘을 강체로 가정하여 산출한다.

④ 유체의 수직응답모드

수직모드에 있어서 유체응답에 의해 유체수면으로부터 깊이 y에 있는 탱크쉘에 작용하는 유동압 P_ν는 다음 식에 의해 구할 수 있다.

$$P_\nu = (S_{a\nu})\rho y$$

여기서 ρ : 유체의 질량밀도

$S_{a\nu}$: 탱크 기초의 유체 수직응답모드 고유진동수에 대한 수직 스펙트럼가속도

수직스펙트럼가속도를 결정할 때에 유체의 감쇠값은 보다 큰 값이 실증되지 않는 한 임계감쇠의 0.5%를 취해야 한다.

유체 수직응답 고유진동수를 결정할 때에 탱크 쉘의 방사방향 유연성효과를 고려해야 한다.

6. 기술기준의 적용 및 관리 계획

II단계에서 개발된 기술기준은 앞으로 건설될 신규 발전소에 단계적으로 적용할 계획이다. 적용시 문제점을 해소하기 위하여 제정된 기술기준과 적용된 외국 기술기준과의 상이점을 명시한 해설서를 발행하였다.

발행된 기술기준의 Addenda를 필요시 발행하며 매 5년마다 개정판을 발행할 계획이다.

이러한 개정작업뿐만 아니라 기술기준의 추가개발 및 지속적인 유지관리를 담당하기 위하여 전기협회 내에 기술기준실을 설치하여 준비작업을 수행하고 있다.

7. 맺음말

그동안 국내 원자력 산업계는 한국형 원자로를 북한에 지원하고 해외 시장에 수출을 계획할 정도로 많은 성장을 하였다.

미국의 경우 학계나 산업계의 자발적인 참여와 연구로 기술기준이 꾸준히 발전되어 오고 있으며, ACI-318의 경우는 매 3년마다 수정판이 나오고 6년마다 개정판이 발행되며, AISC-LRFD의 경우는 15년간의 연구결과의 산물이다. 그러나 우리나라의 경우 원전산업 기술기준은 그동안 사용된 미국의 기준을 준용한 단계에 지나지 않으며, 진정한 국내기준이 되기 위해서는 KS 재료 특성과 국내 현장여건 등을 반영한 시험을 통한 기술내용들이 반영되어야 할 것이다.

이제 부족하나마 원전산업 기술기준이 제정되어 원자력발전소의 건설에 사용될 예정이며, 적용과정에서 다소 미비한 점을 반영하여 꾸준히 보완작업을 계속해 나갈 예정이다. 학계나 산업계에서도 그 동안의 축적된 기술을 반영할 수 있도록 많은 관심을 가져주기를 부탁한다.