UNIVERSITÀ DI PISA

# STRUCTURAL MECHANICS AND NUCLEAR CONSTRUCTIONS

## ROSA LO FRANO

| | |
|---|---|
| Academic year | 2023/24 |
| Course | INGEGNERIA NUCLEARE |
| Code | 1096I |
| Credits | 12 |

| Modules | Area | Type | Hours | Teacher(s) |
|---|---|---|---|---|
| NUCLEAR CONSTRUCTIONS | ING-IND/19 | LEZIONI | 60 | ROSA LO FRANO |
| STRUCTURAL MECHANICS | ING-IND/19 | LEZIONI | 60 | ROSA LO FRANO |

### Obiettivi di apprendimento

*Conoscenze*

Lo studente che completa il corso con successo avrà la capacità di eseguire calcoli strutturali di componenti complessi di un impianto nucleare di potenza come recipienti in pressione, generatori di vapore, tubazioni, pompe e valvole. Lo studente sarà in grado di applicare i criteri di crisi per collasso plastico, deformazione plastica incrementale e thermal ratcheting. Sarà inoltre in grado di dimostrare una conoscenza avanzata degli standard normativi di riferimento come ASME III e ASME XI.

*Modalità di verifica delle conoscenze*

- Lo studente sarà valutato sulla sua capacità di illustrare i principali contenuti del corso utilizzando la terminologia appropriata. - Nella relazione scritta lo studente deve dimostrare la capacità di mettere in pratica ed eseguire, con consapevolezza critica, le attività illustrate o svolte sotto la guida dell'insegnante durante il corso.
Metodi:
prove in itinere
Prova orale finale
Rapporto di calcolo scritto

Ulteriori informazioni:
Criteri specifici di valutazione: lo studente sarà valutato ponderando il rapporto scritto elaborato individualmente (30%) e l'esame orale (70%)

*Capacità*

Lo studente

- sarà inoltre in grado di dimostrare una conoscenza avanzata degli standard normativi di design di riferimento come ASME III e ASME XI.
- sarà in grado di presentare in una relazione scritta i risultati dell'attività progettuale svolta su un tema di progettazione strutturale assegnato

### Indicazioni metodologiche

Consulenza individuale
Frequenza: obbligatoria
Attività didattiche:
frequentando le lezioni
preparazione del rapporto orale / scritto
studio individuale

Metodi di insegnamento:
.lezioni
.Apprendimento basato sulle attività / apprendimento basato sui problemi / apprendimento basato sull'indagine
.lavoro di progetto

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

**MECCANICA STRUTTURALE**
**1)- Richiami dei principi della teoria delle travi**

- (tensioni, deformazioni in strutture monodimensionali; criteri di resistenza dei materiali duttili; Geometria delle masse e momenti statici; Travi staticamente indeterminate: metodi risolutivi ed esempi).

**2)-Teoria delle piastre inflesse:**

- superficie elastica di una piastra circolare caricata da una distribuzione uniforme di momenti sul contorno, determinata a partire dalle equazioni costitutive;
- piastre circolari inflesse: determinazione e soluzione dell'equazione differenziale della superficie elastica per alcuni casi notevoli
- stato di sollecitazione e deformazione in piastre circolari inflesse incastrate o appoggiate al contorno e sottoposte a carico uniforme. Dimensionamento a fronte dei criteri di resistenza
- calcolo dello stato di sollecitazione e deformazione di piastre anulari variamente vincolate e caricate

-equazione differenziale della superficie elastica di piastre di forma qualsiasi: - piastre rettangolari variamente vincolate e caricate; determinazione della soluzione con l'utilizzo di serie doppie e semplici. applicazioni a casi notevoli.

**3)- Teoria dei gusci:**

determinazione delle equazioni di equilibrio, congruenza e costitutive di gusci in regime membranale

- stato di sollecitazione in gusci assialsimmetrici sottoposti al peso proprio. Verifiche di resistenza

determinazione dello stato di sollecitazione in recipienti contenenti liquidi; equazioni di equilibrio di gusci cilindrici in regime membranale

- Applicazione della teoria membranale a gusci cilindrici pieni di liquido con asse variamente inclinato sull'orizzontale
- Equazioni costitutive di un guscio di rivoluzione in regime membranale e determinazione degli spostamenti.

- teoria flessionale dei gusci cilindrici: determinazione dell'equazioni di equilibrio. Deformazioni e spostamenti di un guscio cilindrico in regime flessionale: interpretazione ed approssimazione delle equazioni costitutive; determinazione delle equazioni differenziali degli spostamenti della superficie media
- applicazione della teoria flessionale dei gusci cilindrici e confronto con i risultati della teoria membranale; serbatoi cilindrici contenenti liquido; analisi di discontinuità e condizioni di congruenza per cilindri variamente vincolati
- tensioni flessionali all'intersezione fra un guscio cilindrico ed un guscio sferico

**4)- Tensioni di origine termica:**

- condizione di esistenza delle tensioni termiche in un continuo non vincolato
- tensioni di origine termica in strutture con vincoli esterni (travi e piastre)
- tensioni di origine termica in dischi sottili, in una sfera ed in una lastra. Estensione dei risultati della lastra a cilindri sottili
- Tensioni di origine termica in slab e cilindri sottili
- Tensioni di origine termica in cilindri sottili con bordo libero e gradiente di temperatura nello spessore
- determinazione numerica di tensioni termiche in gusci e piastre

**5)- Analisi Limite di travi, piastre e gusci**

- teoria dell'analisi limite di strutture; equazioni di equilibrio e geometriche di gusci sferici; principio dei lavori virtuali; postulati del comportamento rigido-plastico dei materiali
- teoremi dell'analisi limite; condizioni di snervamento di gusci; condizioni di snervamento approssimate ad interazione limitata. Legge di scorrimento (legame fra velocità di deformazione e condizione di snervamento).
- carico di collasso di piastre circolari variamente vincolate
- analisi limite di gusci cilindrici: applicazione a gusci cilindrici in pressione con estremità variamente vincolate
- analisi limite di gusci sferici: applicazione ad un settore di guscio sferico con estremità variamente vincolate

**6)- Meccanica Della Frattura Lineare Elastica**

- Principi e criteri della meccanica della frattura; temperatura di transizione; prove per la determinazione della NDT e della resilienza
- Prove standard per la determinazione del KIC. Verifica di meccanica della frattura secondo le norme ASME III e XI

**COSTRUZIONI NUCLEARI**

**7)- Analisi sismica**

-progetto e verifica sismica di un impianto nucleare e dei suoi componenti;
-schematizzazione a parametri concentrati di una struttura e determinazione delle equazioni del moto.
-risoluzione delle equazioni del moto con l'analisi modale; metodo degli spettri di risposta

**8)- Norme ASME**

- Norme ASME per la verifica dei componenti di un impianto nucleare. Limiti e condizioni di carico
- tensioni primarie, secondarie e di picco. Verifica ai modi di rottura tipici dei recipienti in pressione
- analisi dei transitori operazionali a cui è soggetto un pressure vessel di un reattore nucleare
- categorizzazione delle tensioni di un recipente in pressione secondo le norme ASME III
- condizione di shakedown in recipienti in pressione
- Thermal Ratcheting in recipienti in pressione

**9) Componenti di un impianto nucleare con reattori ad acqua leggera**

- tecnologia e dimensionamento dei recipienti in pressione di reattori ad acqua leggera - applicazione delle Norme ASME alla progettazione del Pressure Vessel di un PWR.
- Generatore di vapore: problematiche dei materiali e di progettazione
- dimensionamento e tecnologia di fabbricazione di generatori di vapore per reattori nucleari ad acqua in pressione;
-dimensionamento e tecnologia di fabbricazione di pompe
- dimensionamento e tecnologia di fabbricazione valvole del circuito primario di un impianto nucleare.
-progettazione delle tubazioni del circuito primario di un reattore ad acqua leggera e tecnologia di costruzione

*Ultimo aggiornamento 12/10/2023 10:19*