



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE

—————
FACOLTÀ DI INGEGNERIA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE e AMBIENTALE
Sezione di Scienza delle Costruzioni

CORSO DI

PROGETTO DI STRUTTURE

a.a. 2009 / 10

Docente: dott. ing. Isaia Clemente

DISPENSE DEL CORSO

Settembre 2009 - v. 4.0

Indice generale

0. INTRODUZIONE AL CORSO	0.1
0.1. Organizzazione del Corso	0.1
0.2. Contenuti dei Corsi	0.2
0.3. Principali riferimenti bibliografici e normativi	0.4
1. PROGETTAZIONE STRUTTURALE	1.1
1.1. La terminologia	1.2
1.2. Finalità e requisiti	1.3
1.3. Processo progettuale	1.5
1.4. Definizione dei modelli di calcolo	1.7
1.5. Analisi strutturale	1.9
1.6. Applicazione	1.11
1.7. Riferimenti bibliografici essenziali	1.12
2. SICUREZZA STRUTTURALE E METODI DI CALCOLO	2.1
2.1. Evoluzione del concetto di sicurezza	2.2
2.2. La sicurezza	2.4
2.3. Il concetto di “Vita Nominale di progetto V_N ”	2.6
2.4. Metodi di verifica della sicurezza	2.11
2.5. Metodo di verifica alle Tensioni Ammissibili	2.12
2.6. Calcolo a Rottura	2.23
2.7. Cenni di teoria delle probabilità	2.24
2.8. Approccio probabilistico	2.27
2.8.1. Esempio	2.29
2.8.2. Margine di sicurezza e coefficiente di sicurezza	2.32
2.9. Metodi probabilistici e semiprobabilistici	2.33
2.9.1. Metodo di livello 3 e 4 (metodo esatto)	2.33
2.9.2. Metodo di livello 2 (metodo dei funzionali estremi)	2.35
2.9.3. Metodo di livello 1 (metodo dei valori estremi)	2.36
2.9.4. Rappresentazione unitaria dei metodi	2.38
2.10. Metodo Semiprobabilistico agli Stati Limite	2.39
2.10.1. Coefficienti parziali di sicurezza	2.43
2.10.2. Verifiche allo Stato Limite Ultimo	2.45
2.10.3. Verifiche allo Stato Limite di Esercizio o Servizio	2.49
2.11. Considerazioni conclusive	2.50
2.12. Riferimenti bibliografici essenziali	2.53

3. AZIONI SULLE STRUTTURE	3.1
3.1. Normative di riferimento	3.2
3.2. Le azioni sulle costruzioni	3.3
3.3. Classificazione delle azioni	3.4
3.4. Valori di progetto delle azioni	3.7
3.5. Combinazioni delle azioni e scenari di carico	3.10
3.5.1. <i>Combinazioni agli Stati Limite Ultimi (S.L.U.)</i>	3.10
3.5.2. <i>Combinazioni agli Stati Limite di Esercizio (S.L.E.)</i>	3.11
3.5.3. <i>Scenari di carico</i>	3.12
3.5.4. <i>Esempio</i>	3.13
3.6. Azioni Antropiche	3.18
3.6.1. <i>Carichi Permanenti o Quasi Permanenti</i>	3.19
3.6.2. <i>Carichi Variabili</i>	3.21
3.7. Azioni della Neve	3.27
3.7.1. <i>Procedura di calcolo</i>	3.28
3.7.2. <i>Carico da neve</i>	3.30
3.7.3. <i>Valore caratteristico del carico neve al suolo q_{sk} (Macrozonazione)</i>	3.31
3.7.4. <i>Densità della neve</i>	3.33
3.7.5. <i>Coefficiente di esposizione C_E (Microzonazione)</i>	3.33
3.7.6. <i>Coefficiente termico C_t</i>	3.34
3.7.7. <i>Coefficiente di forma per le coperture μ_i</i>	3.35
3.7.8. <i>Effetti locali</i>	3.38
3.7.9. <i>Confronto il D.M. 16/01/1996</i>	3.41
3.8. Esempi di analisi dei carichi	3.42
3.8.1. <i>Solai in latero-cemento</i>	3.42
3.8.2. <i>Solai di copertura in legno</i>	3.44
3.9. Azioni della Temperatura	3.46
3.10. Azioni Accidentali	3.51
3.10.1. <i>Incendio</i>	3.52
3.10.2. <i>Esplosioni</i>	3.53
3.10.3. <i>Urti</i>	3.54
3.11. Azione del vento	3.56
3.11.1. <i>Premessa</i>	3.56
3.11.2. <i>Il vento e la sua misura</i>	3.59
3.11.3. <i>Modellazione del vento</i>	3.61
3.11.4. <i>Vento turbolento</i>	3.66
3.11.5. <i>Effetto del vento sulle strutture</i>	3.75
3.11.6. <i>Cenno ai fenomeni aeroelastici</i>	3.99
3.11.7. <i>L'azione del vento secondo la NORMATIVA (D.M. 14/01/2008)</i>	3.107
3.11.7.1. <i>Procedura di calcolo</i>	3.110
3.11.7.2. <i>Azioni Statiche Equivalenti del vento</i>	3.112
3.11.7.3. <i>Pressione cinetica di riferimento q_b</i>	3.113
3.11.7.4. <i>La Velocità di Riferimento del vento v_b (Macrozonazione)</i>	3.114
3.11.7.5. <i>Velocità media $v_m(z)$ e velocità di picco $v_p(z)$ del vento</i>	3.117
3.11.7.6. <i>Coefficienti di esposizione c_e (Microzonazione)</i>	3.118
3.11.7.7. <i>Coefficienti di topografia c_t</i>	3.122

3.11.7.8.	<i>Coefficienti di pressione interna c_{pi} e esterna c_{pe}</i>	3.123
3.11.7.9.	<i>Coefficienti di forma</i>	3.128
3.11.7.10.	<i>Coefficienti di attrito</i>	3.129
3.11.7.11.	<i>Azioni non simmetriche</i>	3.130
3.11.7.12.	<i>Coefficiente dinamico</i>	3.131
3.11.7.13.	<i>Verifiche locali</i>	3.133
3.11.7.14.	<i>Fenomeni aeroelastici</i>	3.133
3.11.8.	<i>Esempio 1</i>	3.134
3.11.9.	<i>Esempio 2</i>	3.139
3.12.	Riferimenti bibliografici essenziali	3.142

4. STRUTTURE IN MURATURA

4.1

4.1.	Normative di riferimento	4.2
4.2.	La muratura	4.3
4.3.	La muratura portante	4.6
4.3.1.	<i>Tecniche realizzative</i>	4.7
4.3.2.	<i>Gli elementi resistenti</i>	4.12
4.3.3.	<i>Le malte</i>	4.25
4.3.4.	<i>Organizzazione di un edificio in muratura portante</i>	4.27
4.3.5.	<i>Esempi di edifici in muratura</i>	4.30
4.4.	La resistenza della muratura	4.31
4.4.1.	<i>Le equazioni costitutive</i>	4.31
4.4.2.	<i>Le prove sperimentali</i>	4.42
4.4.3.	<i>I meccanismi di collasso</i>	4.43
4.4.4.	<i>I Criteri di Resistenza</i>	4.46
4.4.5.	<i>Meccanismi Resistenti di una struttura in muratura</i>	4.57
4.4.6.	<i>Meccanismo Resistente di una parete di taglio (o di controvento)</i>	4.58
4.5.	Il Metodo POR	4.60
4.5.1.	<i>Esempio 1 (tratto dall'Appendice alla Circolare Ministeriale 30.07.1981)</i>	4.63
4.6.	Il Metodo a TELAIO EQUIVALENTE	4.71
4.7.	La progettazione in zona NON sismica (D.M. 14/01/2008 - D.M. 20/11/1987)	4.75
4.7.1.	<i>Azioni di calcolo</i>	4.75
4.7.2.	<i>Resistenza di calcolo e moduli di elasticità</i>	4.76
4.7.3.	<i>Le verifiche agli Stati Limite Ultimi (D.M. 14/01/2008)</i>	4.81
4.7.4.	<i>Eccentricità dei carichi</i>	4.82
4.7.5.	<i>Pressoflessione per carichi laterali (fuori dal piano del muro) – coefficiente di riduzione ϕ</i>	4.87
4.7.6.	<i>Pressoflessione per azioni nel piano del muro</i>	4.92
4.7.7.	<i>Taglio per azioni nel piano</i>	4.95
4.7.8.	<i>Carichi concentrati</i>	4.101
4.7.9.	<i>Verifica delle Fasce di piano - Travi in muratura</i>	4.103
4.7.10.	<i>Le verifiche agli Stati Limite di Esercizio (D.M. 14/01/2008)</i>	4.111
4.7.11.	<i>Le verifiche alle Tensioni Ammissibili (D.M. 14/01/2008 - D.M. 20/11/1987)</i>	4.112
4.7.12.	<i>Prescrizioni normative</i>	4.116

4.8. La muratura armata	4.119
4.8.1. Generalità	4.119
4.8.2. Esempi di muratura armata (tratto da EC6 – rivista MuratureOggi)	4.122
4.8.3. Verifica a pressoflessione	4.128
4.8.4. Verifica a flessione semplice	4.130
4.8.5. Verifica a taglio (O.P.C.M. 3474/2003)	4.131
4.8.6. Prescrizioni normative (O.P.C.M. 3474/2003)	4.133
4.9. Gli edifici esistenti in muratura	4.135
4.9.1. Generalità	4.135
4.9.2. Livello di conoscenza	4.136
4.9.3. Tecniche d'indagine	4.140
4.9.4. Tecniche d'intervento	4.146
4.9.5. Procedura di verifica strutturale	4.169
4.10. Riferimenti bibliografici essenziali	4.172
4.11. Siti internet	4.173

5. STRUTTURE IN LEGNO **5.1**

5.1. Normative di riferimento	5.2
5.2. Il legno nelle costruzioni	5.4
5.2.1. Applicazione del legno nelle costruzioni del passato	5.5
5.2.2. Applicazione del legno nelle costruzioni attuali	5.13
5.3. Caratteristiche fisico-meccaniche del materiale legno	5.18
5.3.1. L'anisotropia del legno	5.19
5.3.2. I difetti del legno	5.22
5.3.3. La variabilità del legno	5.27
5.3.4. Le alterazioni biologiche del legno	5.29
5.4. Comportamento igroscopico	5.32
5.4.1. La densità o massa volumetrica del legno	5.33
5.4.2. L'umidità del legno	5.34
5.4.3. Le variazioni dimensionali del legno: ritiro e rigonfiamento	5.38
5.4.4. La stagionatura ed essiccazione del legno	5.48
5.5. Proprietà meccaniche del legno	5.50
5.5.1. Il legame costitutivo σ - ε	5.50
5.5.2. La variazione del modulo elastico con l'umidità	5.58
5.5.3. La viscosità del legno	5.59
5.5.4. Classi di servizio della struttura	5.63
5.5.5. Classi di durata del carico	5.64
5.5.6. Il coefficiente K_{def}	5.65
5.5.7. Il coefficiente K_{mod}	5.67
5.5.8. Il valore della resistenza di calcolo	5.70
5.6. Il legno e suoi derivati per uso strutturale	5.72
5.6.1. I prodotti di tipo lineare di legno massiccio	5.75
5.6.2. I prodotti di tipo piano	5.93
5.7. La classificazione del legno	5.113
5.7.1. Classificazione secondo "categorie di qualità" (Procedura Italiana)	5.115
5.7.2. Classificazione secondo Classi di resistenza (Eurocodice)	5.124

5.8.	Verifiche strutturali	5.126
5.8.1.	<i>Azioni di calcolo</i>	5.126
5.8.2.	<i>Resistenza di calcolo</i>	5.128
5.8.3.	<i>Verifiche agli Stati Limite Ultimi</i>	5.130
5.8.4.	<i>Verifiche agli Stati Limite di Esercizio</i>	5.137
5.8.5.	<i>Esempio 1</i>	5.142
5.8.6.	<i>Esempio 2</i>	5.152
5.8.7.	<i>Elementi snelli caricati assialmente – carico di punta</i>	5.155
5.8.8.	<i>Instabilità laterale o flessione torsionale</i>	5.162
5.8.9.	<i>Esempio 3</i>	5.169
5.8.10.	<i>Esempio 4</i>	5.173
5.8.11.	<i>Casi speciali – dettagli costruttivi</i>	5.176
5.9.	Le Unioni	5.182
5.9.1.	<i>Generalità</i>	5.182
5.9.2.	<i>Tipologie di unione</i>	5.183
5.9.3.	<i>Progetto delle unioni (connettori metallici a gambo cilindrico)</i>	5.192
5.9.4.	<i>Dettagli costruttivi</i>	5.207
5.10.	Le strutture composte legno-legno e legno-calcestruzzo	5.213
5.10.1.	<i>Generalità</i>	5.213
5.10.2.	<i>Connessioni a taglio</i>	5.220
5.10.3.	<i>Teoria delle strutture composte con connessione deformabile</i>	5.223
5.10.4.	<i>Esempio 5</i>	5.238
5.10.5.	<i>Esempio 6</i>	5.240
5.11.	Riferimenti bibliografici essenziali	5.254
5.12.	Siti internet	5.255
	Allegato A - “IL MATERIALE LEGNO”	

6. STRUTTURE PREFABBRICATE **6.1**

6.1.	Normative di riferimento	6.2
6.2.	Generalità	6.3
6.3.	Strutture a grandi pannelli	6.4
6.3.1.	<i>I collegamenti</i>	6.5
6.3.2.	<i>Il pannello</i>	6.8
6.4.	Strutture ad ossatura portante in c.a. e c.a.p.	6.11
6.4.1.	<i>Il pilastro</i>	6.12
6.4.2.	<i>Il collegamento in fondazione</i>	6.20
6.4.3.	<i>Giunti di dilatazione</i>	6.24
6.4.4.	<i>Le travi</i>	6.25
6.4.5.	<i>I collegamenti fra le travi</i>	6.28
6.4.6.	<i>Gli orizzontamenti</i>	6.32
6.5.	Esempi di strutture prefabbricate	6.33
6.6.	Riferimenti bibliografici essenziali	6.34
6.7.	Siti internet	6.34

7. PROGETTAZIONE ANTINCENDIO	7.1
7.1. Caratteristiche di un incendio	
7.2. Prevenzione e protezione passiva	
7.3. Protezione passiva_Trasmissione del calore	
7.4. Resistenza al fuoco_ACCIAIO	
7.5. Resistenza al fuoco_CLS+LEGNO	
7.6. Performance Based Building Codes	
7.7. Fire Safety Design	
7.8. Procedure per la progettazione antincendio	
7.9. Esempio 1: trave in legno	7.2
7.10. Esempio 2: trave in acciaio	7.6
8. PROGETTO D'ANNO	8.1
8.1. Disegni Architettonici	8.2
8.2. Istruzioni	8.10
8.2.1. <i>Opere da progettare</i>	8.10
8.2.2. <i>Dati</i>	8.11
8.2.3. <i>Elaborati da produrre</i>	8.12
8.3. Indicazioni per la stesura delle tavole grafiche	8.14

0. INTRODUZIONE AL CORSO

0.1. Organizzazione del Corso

- ORARIO DELLE LEZIONI
- ORARIO DI RICEVIMENTO
- ESERCITAZIONE – PROGETTO D’ANNO
- MODALITÀ D’ESAME
- APPUNTI – DISPENSA
- TESTI DI RIFERIMENTO
- *PROGETTO DI STRUTTURE 2 (prof. AMADIO - 2° semestre)*

0.2. Contenuti dei Corsi

1. PROGETTAZIONE STRUTTURALE
2. SICUREZZA STRUTTURALE E METODI DI CALCOLO
3. AZIONI SULLE STRUTTURE
 - 3.1. AZIONI ANTROPICHE
 - 3.2. NEVE
 - 3.3. VENTO
 - 3.4. INCENDIO
 - 3.5. *SISMA (Progetto di Strutture 2 - prof. Amadio)*
4. STRUTTURE IN MURATURA

5. STRUTTURE IN LEGNO

5.1. LEGNO MASSICCIO / LAMELLARE

5.2. COMPOSTE LEGNO-LEGNO E LEGNO-CLS

6. STRUTTURE PREFABBRICATE

7. PROGETTAZIONE ANTINCENDIO

8. PROGETTO D'ANNO

9. CRITERI PROGETTUALI IN ZONA SISMICA (*Progetto di Strutture 2 - prof. Amadio*)

10. PROGETTO DI STRUTTURE IN ZONA SISMICA (*Progetto di Strutture 2 - prof. Amadio*)

10.1. STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO

10.2. STRUTTURE IN ACCIAIO

10.3. STRUTTURE IN MURATURA

11. CENNI DI CALCOLO DELLE STRUTTURE COMPOSTE (*Prog. Strutture 2 - prof. Amadio*)

0.3. Principali riferimenti bibliografici e normativi

- “Progetto di strutture” – A. Migliacci (2 volumi) - Tamburini Edizioni
- “Ingegneria delle strutture” – E. Giangreco (3 volumi) - UTET
- “Manuale di ingegneria civile – vol 2” (3^a edizione) – AA.VV. – Zanichelli / Esac
- “Strutture in legno” – M. Piazza, R. Tomasi e R. Modena – Hoepli
- “Progettazione di strutture antisismiche” – M. Wakabayashi, Mc Graw – Hill

- D.M. 14/01/2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni – NTC2008”
- Circolare 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008
- D.M. LL.PP. 1996
- OPCM 3274 del 20/03/2003 e succ. “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.”
- CNR-DT 206/2007 “Istruzioni per il Progetto, l’Esecuzione e il Controllo delle Strutture in Legno”
- EUROCODICI