

Università di Trieste
Dipartimento di Ingegneria e Architettura

Corso di
Progettazione e riabilitazione
sismica delle strutture

INTRODUZIONE AL CORSO

Prof. Ing. Natalino Gattesco

PROGETTAZIONE E RIABILITAZIONE SISMICA DELLE STRUTTURE – A.A. 2024/2025

Moduli didattici

Modulo 1: Progetto strutturale in zona sismica (6 CFU)

Modulo 2: Riabilitazione strutturale in zona sismica (3 CFU)

Modulo 1 – Per tutti i curricula di Ingegneria Civile

**Modulo 2 – Solo per curriculum Strutture, Progettazione e
Riqualificazione Edilizia.**

OBIETTIVI

- **Fornire gli strumenti di base per la progettazione ed il calcolo delle strutture civili in zona sismica**
- **Illustrare le metodologie per la valutazione dell'azione sismica, i fondamenti del comportamento sismico degli edifici e la filosofia di progettazione delle strutture sismo-resistenti**
- **Illustrare le caratteristiche del moto sismico a partire dalla genesi del terremoto e dalla propagazione delle onde sismiche fino alla rappresentazione dell'azione sismica**
- **Illustrare i metodi di analisi strutturale per la determinazione della risposta sismica delle strutture, il calcolo delle sollecitazioni, i relativi meccanismi di collasso**
- **Illustrare i criteri di progettazione e dimensionamento degli elementi strutturali per le nuove costruzioni**
- **Illustrare le diverse tecniche di progettazione moderne basate sulla dissipazione di energia o sull'isolamento alla base.**

OBIETTIVI

Nel Modulo 2 si tratta la riabilitazione strutturale delle costruzioni esistenti situate in zone sismiche e precisamente si intende:

- Fornire gli strumenti per valutare la vulnerabilità sismica delle costruzioni esistenti con la comprensione delle criticità locali o globali che ne caratterizzano la risposta**
- Illustrare le strategie di intervento per migliorare le prestazioni sismiche delle costruzioni esistenti, con l'impiego di diversi materiali moderni (FRP, CRM, FRCM)**
- Fornire le conoscenze per consentire la progettazione degli interventi su costruzioni realizzate con diversi materiali (c.a., muratura)**

METODO DIDATTICO

L'insegnamento contempla: lezioni teoriche, esercitazioni in aula ed attività progettuali sviluppate in autonomia dagli studenti.

Nelle esercitazioni in aula vengono forniti agli studenti, divisi per gruppi di lavoro, gli elementi necessari per lo sviluppo di un progetto da completare durante lo svolgimento del corso.

Il progetto comprende unitariamente tutti i contenuti dell'insegnamento ed è strumentale all'acquisizione della capacità di progettare un edificio in calcestruzzo armato in zona sismica.

Gli studenti che hanno il modulo 2 svilupperanno un intervento di riabilitazione strutturale su un edificio esistente in muratura.

CRITERI DI VALUTAZIONE

La valutazione del raggiungimento degli obiettivi prefissati avverrà mediante:

- **La discussione del progetto di edificio multipiano in calcestruzzo armato sviluppato (e del progetto di riabilitazione strutturale di edificio in muratura, per coloro che hanno anche il Modulo 2), quale esempio applicativo che consenta allo studente di dimostrare di aver acquisito gli strumenti della progettazione strutturale in zona sismica operando nel rispetto della normativa vigente.**
- **Un esame orale per la verifica della conoscenza degli aspetti teorici trattati nel corso e della comprensione degli aspetti salienti della progettazione in zona sismica.**

TESTI PER CONSULTAZIONE

Paulay T., Priestley N.: Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings - J. Wiley & S.,1990

Dowrick D.: Earthquake Resistant Design - J. Wiley & S.,1990

Chopra A.: Dynamic of structures: Theory and application to Earthquake Engineering - Prentice Hall, 1995

Clough W, Penzien J.: Dynamic of structures - Mc Graw Hill, 1993

Tomazevic M. (2001) “Earthquake-Resistant Design of Masonry Buildings”, Series on Innovation in Structures and Construction – Vol. 1, Imperial College Press, London.

Eurocodice 8 – “Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 1.3: Regole generali. Regole specifiche per i diversi materiali ed elementi”, UNI ENV 1998-1-3

ELABORATO PROGETTUALE

Il corso si prefigge di far esplorare agli studenti la progettazione di una costruzione in calcestruzzo armato che prenda in esame:

- **La concezione strutturale di un edificio multipiano in calcestruzzo armato in grado di garantire un'adeguata efficacia anche per sollecitazioni derivanti da eccitazione sismica**
- **La progettazione e la verifica degli elementi che compongono la struttura tenendo conto anche delle sollecitazioni di origine sismica**
- **La definizione dei dettagli costruttivi caratterizzanti la risposta sismica della struttura comprensiva delle verifiche specifiche**
- **La stesura delle tavole grafiche che illustrano chiaramente il progetto delle strutture**

ESERCITAZIONE

Progetto di una palazzina di cinque piani fuori terra ed uno interrato con destinazione d'uso: residenziale ai piani superiori e direzionale o commerciale al piano terra.

Localizzazione:

L'edificio è situato in località Gemona del Friuli

Caratteristiche plano-volumetriche:

L'edificio ha uno sviluppo in altezza di 5 piani fuori terra e uno interrato. La dimensione in pianta è di 20.00 m x 21.00 m. L'altezza utile dei locali residenziali è di 2.70 m mentre i locali del piano terra hanno un'altezza utile di 3.20 m.

ESERCITAZIONE

Caratteristiche della struttura:

- La struttura portante dell'edificio dovrà essere costituita da una maglia regolare di pilastri e travi principali.
- Nel piano interrato dovranno essere previste pareti perimetrali in c.a., per garantire la resistenza alla spinta del terreno.
- Le fondazioni della maglia di pilastri dovrà essere realizzata con travi rovesce organizzate a graticcio, per contrastare spostamenti orizzontali relativi fra i vari pilastri conseguenti all'eccitazione sismica.
- I solai di piano e di copertura dovranno essere realizzati in latero-cemento con nervature parallele.

ESERCITAZIONE

Caratteristiche della struttura:

- Per resistere alle azioni orizzontali dovute al vento o al sisma, è necessario prevedere elementi di controvento costituiti da setti o nuclei in calcestruzzo armato. I nuclei in c.a. possono essere realizzati in corrispondenza dei vani scala/ascensore.
- Gli elementi verticali di controvento dovranno essere disposti in maniera da evitare torsioni significative dell'edificio in seguito ad eccitazione sismica.

ELABORATI RICHIESTI

- **Relazione di progetto, riguardante:**
 - **Relazione descrittiva, con descrizione motivata della concezione strutturale, della scelta degli elementi della struttura (fondazioni, pilastri, travi, solai) e degli elementi di controvento.**
 - **Relazione di calcolo, contenente:**
 - **l'analisi dei carichi, sia gravitazionali che sismici, e le resistenze dei materiali;**
 - **la descrizione dettagliata delle operazioni di calcolo necessarie per il dimensionamento e le verifiche agli stati limite ultimi e di esercizio delle fondazioni, dei pilastri, delle travi, dei solai e degli elementi di controvento;**
 - **descrizione dettagliata sulla modellazione della struttura e sul tipo di analisi condotta;**
 - **evidenza di tutti i risultati dell'analisi numerica anche in forma grafica;**
 - **progetto e verifica dei vari elementi che compongono la struttura**

ELABORATI RICHIESTI

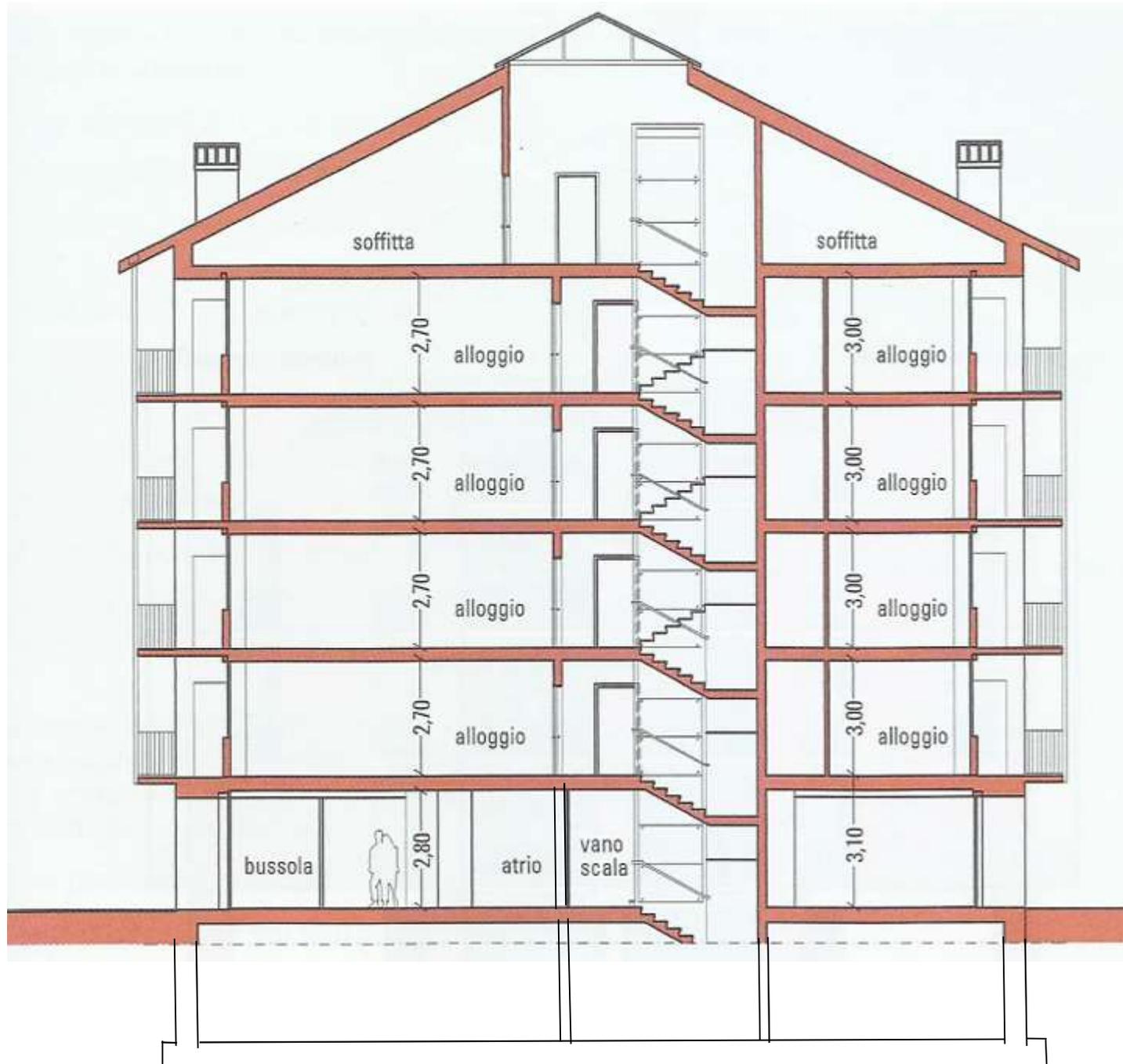
- **Tavole in formato A1 (o A0) orizzontale che illustrino le scelte riferite agli aspetti strutturali. Gli elaborati di progetto riguardanti la parte strutturale dovranno essere quotati e dovranno comprendere:**
 - **pianta delle fondazioni (1:50) con particolari costruttivi delle travi di fondazione (1:20 o 1:10)**
 - **Particolari costruttivi di almeno tre pilastri (di spina, di riva, d'angolo) e degli elementi di controvento (1:50, 1:20 o 1:10)**
 - **pianta di un solaio di piano e del solaio di copertura con chiara indicazione dell'orditura delle strutture (1:50/1:100)**
 - **particolari costruttivi dei solai e delle travi (1:50-1:20-1:10)**
 - **Particolari costruttivi dei nodi trave-pilastro e trave-setto.**

CONSEGNA ELABORATI RICHIESTI

Cartella contenente tutti i materiali di cui sopra (tavole + relazioni)

- **disegni del progetto in duplice copia come file con estensione “pdf” e “dwg”**
- **testi relazioni come file con estensione “doc o docx”**
- **materiali ordinati all'interno di una cartella denominata PDF, DWG, DOC.**

Questi elaborati, in copia cartacea e in formato digitale, costituiscono un altro requisito per l'ammissione all'esame.



ESERCITAZIONE EDIFICIO ESISTENTE

Per quelli che hanno anche il Modulo 2

Si considera un secondo edificio esistente multipiano in muratura di pietrame con tessitura irregolare e solai di piano in legno situato a Gemona del Friuli. E si eseguiranno le seguenti attività:

- Valutazione della vulnerabilità sismica della costruzione esistente mediante analisi numerica**
- Progettazione delle strategie di intervento necessarie per migliorare le prestazioni sismiche fino al raggiungimento dell'adeguamento**
- Verifica delle prestazioni sismiche globali e locali della costruzione post-intervento**
- Verifica efficacia dei diaframmi orizzontali per le prestazioni sismiche**
- Dimensionamento dei dettagli costruttivi per garantire l'efficacia richiesta del sistema**
- Stesura delle tavole grafiche che illustrano chiaramente il progetto degli interventi**

ELABORATI RICHIESTI

- **Relazione di progetto, riguardante:**
 - **Relazione descrittiva, con descrizione dello stato della costruzione, della geometria e degli elementi strutturali che la compongono.**
 - **Relazione di calcolo, contenente:**
 - **l'analisi dei carichi, sia gravitazionali che sismici, e le resistenze dei materiali;**
 - **la valutazione della vulnerabilità sismica della costruzione**
 - **dimensionamento dei sistemi di rinforzo per le murature ed i solai**
 - **descrizione dettagliata sulla modellazione della struttura e sul tipo di analisi condotta (Push-Over);**
 - **evidenza dei risultati dell'analisi numerica anche in forma grafica;**
 - **valutazione dei meccanismi locali**
 - **progetto e verifica dei vari elementi che compongono la struttura**

ELABORATI RICHIESTI

Elaborati grafici che riportano chiaramente gli interventi di rinforzo e dettagli costruttivi che chiariscono le peculiarità di esecuzione.

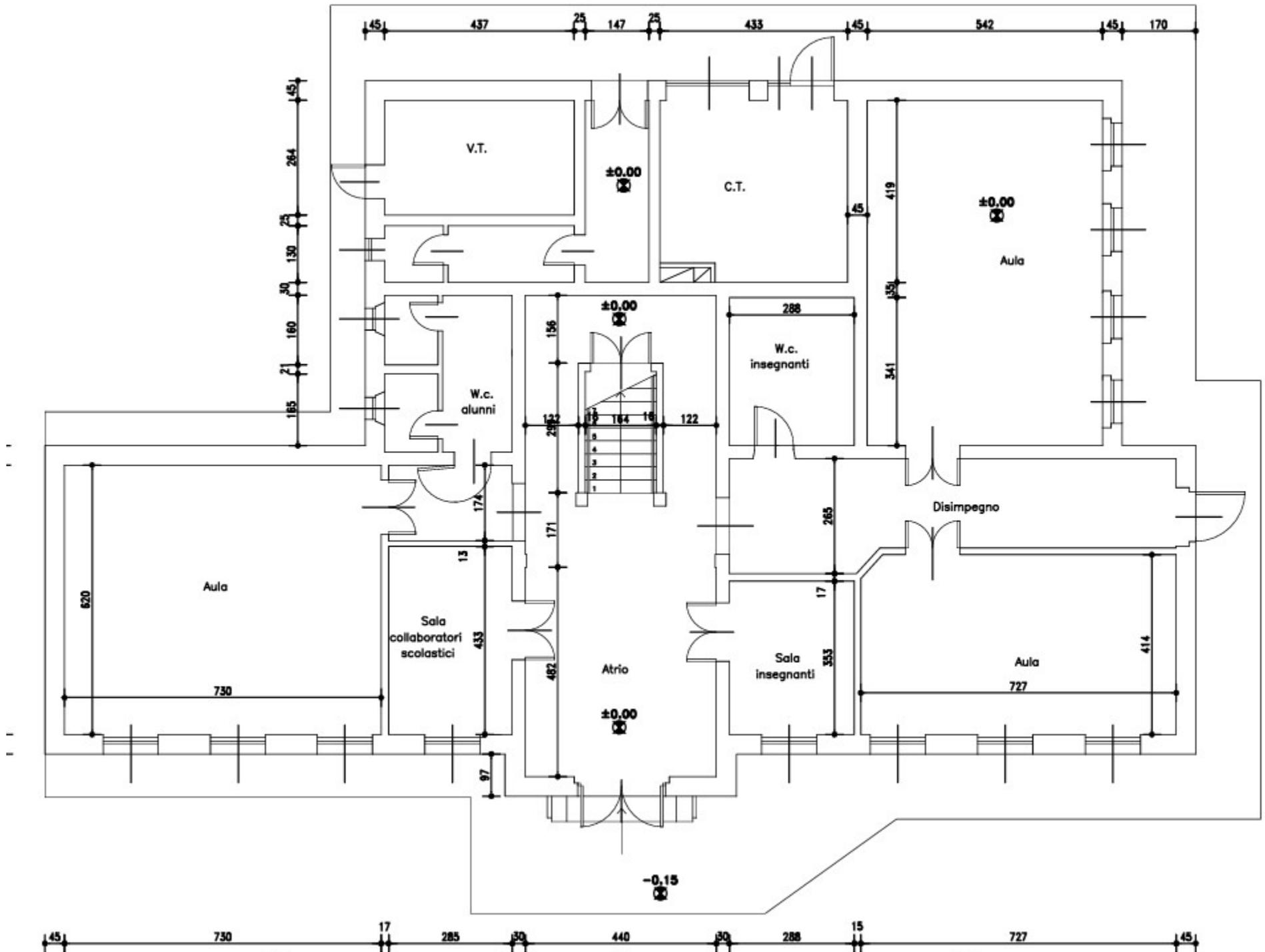
- **Tavole in formato A1 (o A0) orizzontale che illustrino gli interventi di rinforzo progettati. Gli elaborati di progetto dovranno essere quotati e dovranno comprendere:**
 - **pianta delle fondazioni (1:50) con particolari costruttivi dei collegamenti con le murature (1:20 o 1:10)**
 - **Particolari costruttivi del sistema di rinforzo delle murature (di spina, perimetrali) (1:50, 1:20 o 1:10)**
 - **pianta di un solaio di piano e del solaio di copertura con chiara indicazione dell'orditura delle strutture (1:50/1:100)**
 - **particolari costruttivi dei solai e delle travi (1:50-1:20-1:10) con particolare rilievo ai dettagli di connessione tra elementi e tra elementi e pareti portanti.**

CONSEGNA ELABORATI RICHIESTI

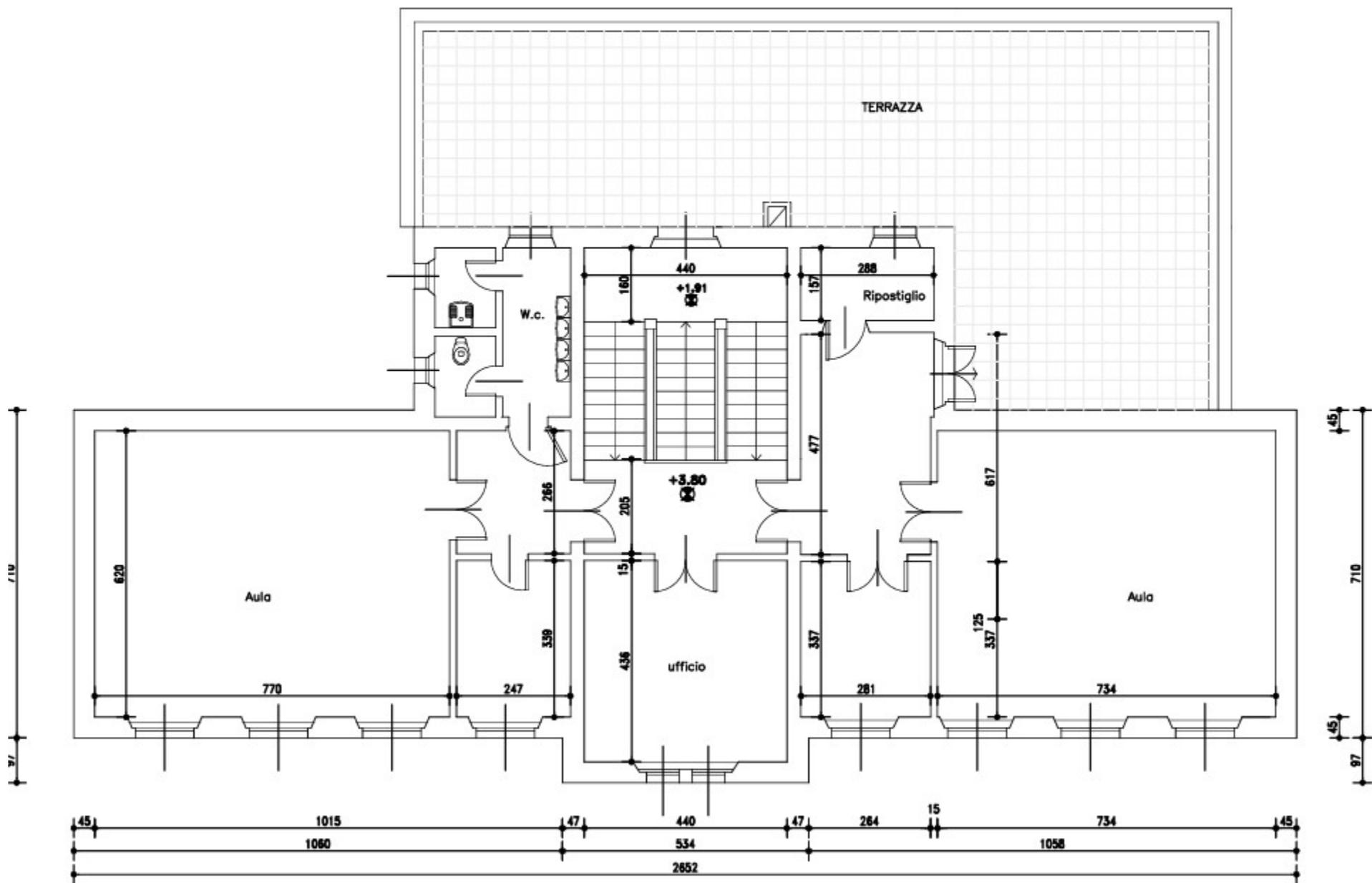
Cartella contenente tutti i materiali di cui sopra (tavole + relazioni)

- **disegni del progetto in duplice copia come file con estensione “pdf” e “dwg”**
- **testi relazioni come file con estensione “doc o docx”**
- **materiali ordinati all'interno di una cartella denominata PDF, DWG, DOC.**

Questi elaborati, in copia cartacea e in formato digitale, costituiscono un altro requisito per l'ammissione all'esame.

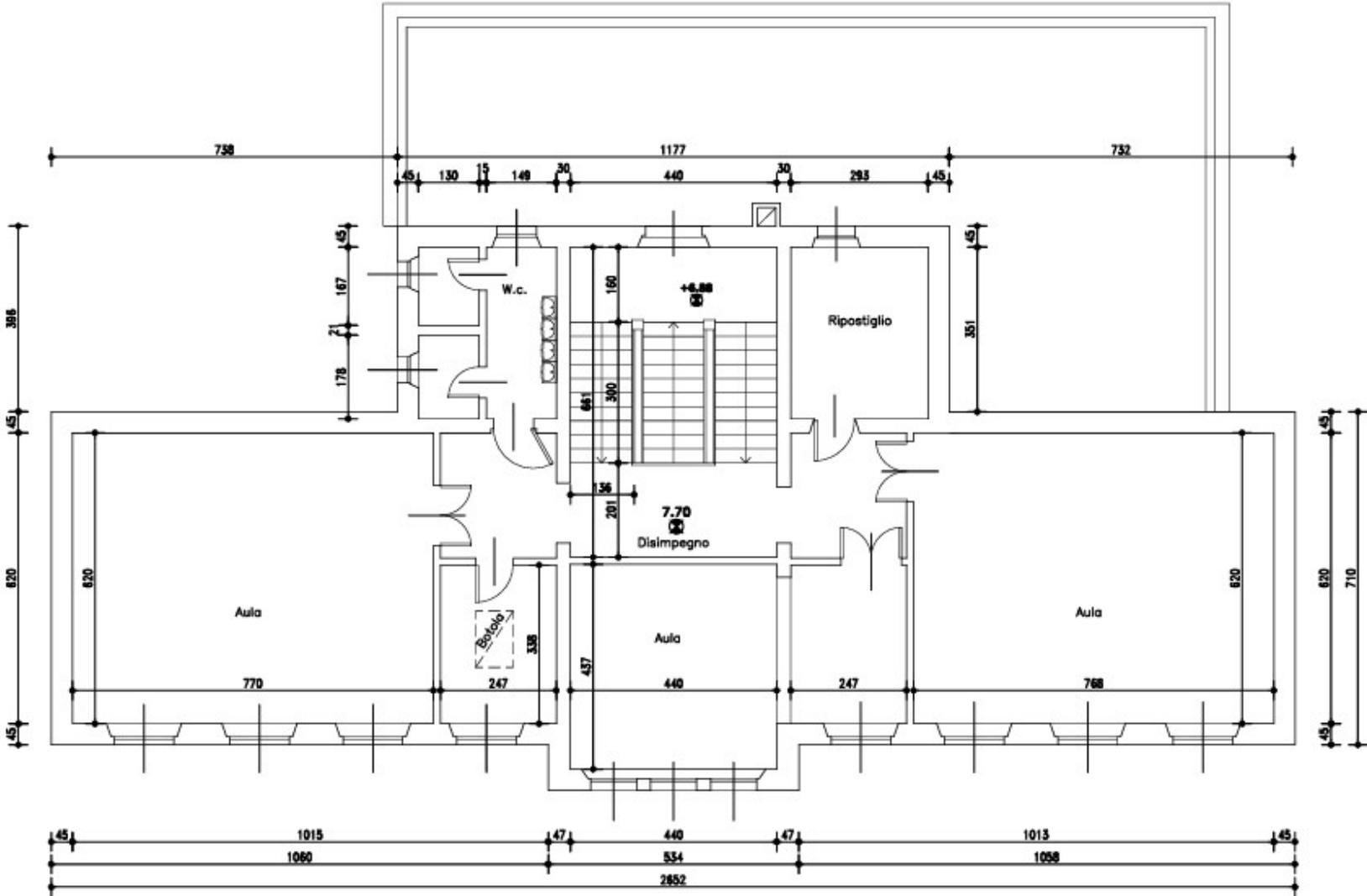


↖ A



PIANTA PIANO SECONDO

↖ A



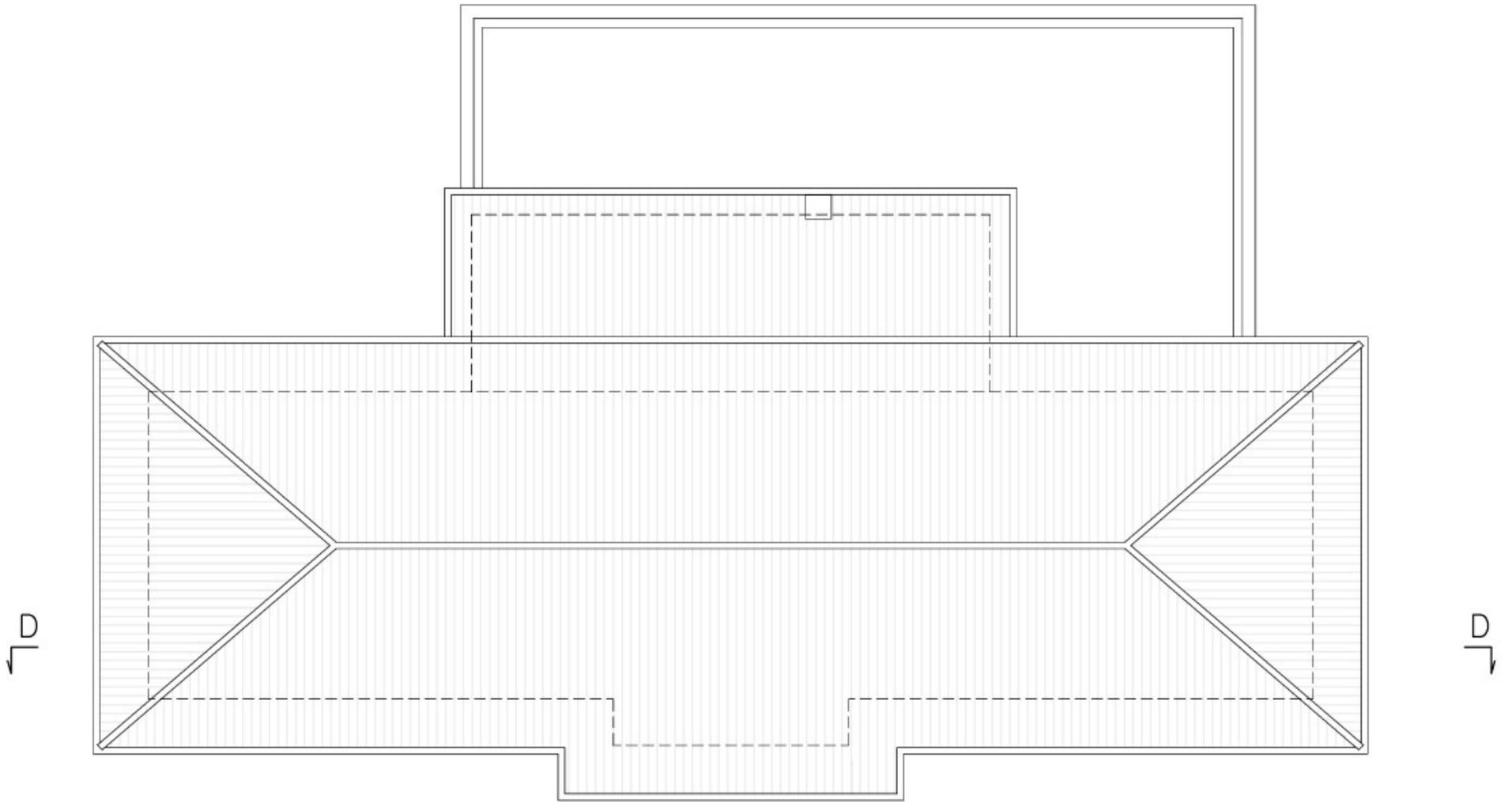
↘ A

↖ D

↘ D

PIANTA COPERTURA

↙A

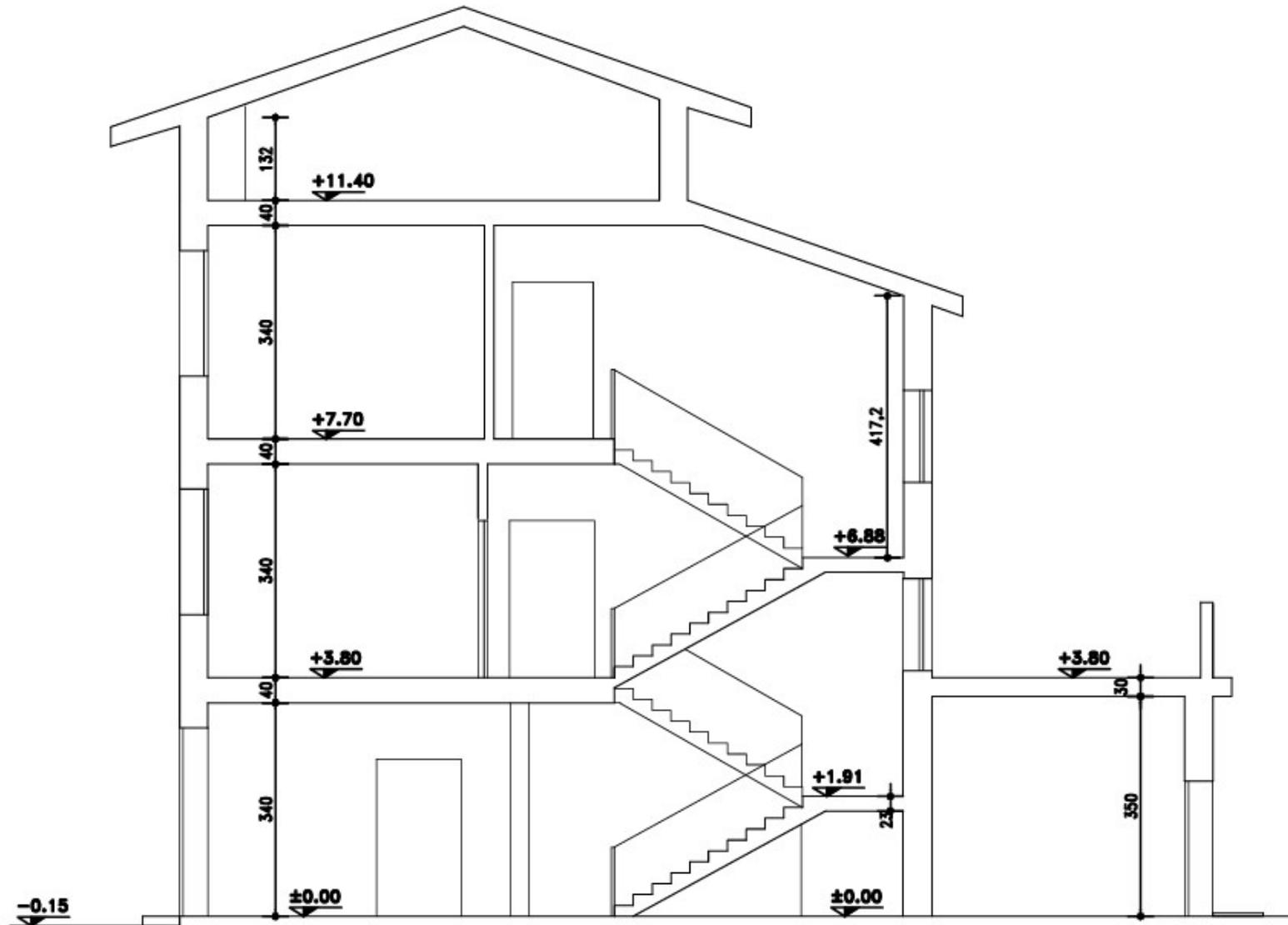


↙D

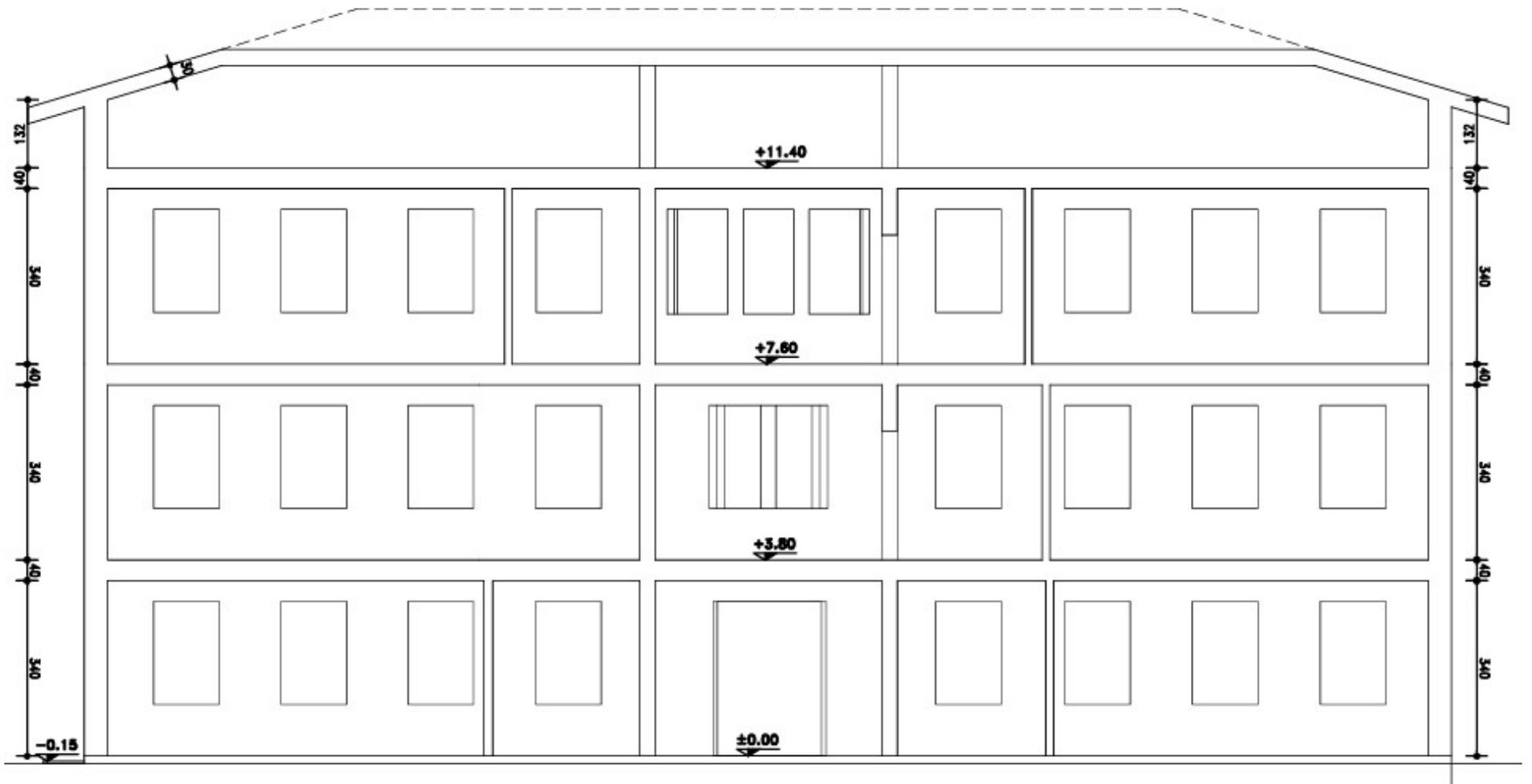
↙D

↘A

SEZIONE A-A



SEZIONE D-D



INGEGNERIA CIVILE

CALENDARIO DELL'ATTIVITA' DIDATTICA

A.A. 2024/2025

INIZIO LEZIONI 2° SEMESTRE	Lunedì 3 marzo 2025
INTERRUZIONE PASQUALE	venerdì 18 aprile 2025 – martedì 22 aprile 2025
RIPRESA DELLE LEZIONI	mercoledì 23 aprile 2025
CONCLUSIONE LEZIONI 2° SEMESTRE	venerdì 30 maggio 2025
SESSIONE ESTIVA D'ESAMI	Martedì 3 giugno 2025 – Giovedì 31 luglio 2025
SESSIONE AUTUNNALE D'ESAMI	lunedì 25 agosto 2025 – venerdì 19 settembre 2025

ORARIO LEZIONI

Dal 3 al 7 marzo 2025

Ora	Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì
09:00				PROGETTAZIONE E RIABILITAZIONE SISMICA DELLE STRUTTURE Aula B Edificio C8	
10:00					
11:00					
12:00					
13:00					
14:00		PROGETTAZIONE E RIABILITAZIONE SISMICA DELLE STRUTTURE Aula V Edificio G			
15:00					PROGETTAZIONE E RIABILITAZIONE SISMICA DELLE STRUTTURE Aula C Edificio B
16:00					
17:00					
18:00					

ORARIO LEZIONI

Dal 10 al 28 marzo 2025

Mutuazione con Costruzioni in zona sismica

Ora	Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì
09:00			PROGETTAZIONE E RIABILITAZIONE SISMICA DELLE STRUTTURE Aula 5A Edificio H2BIS		
10:00					
11:00		PROGETTAZIONE E RIABILITAZIONE SISMICA DELLE STRUTTURE Aula A Edificio C8			
12:00					
13:00					
14:00				PROGETTAZIONE E RIABILITAZIONE SISMICA DELLE STRUTTURE Aula B Edificio C9	
15:00					PROGETTAZIONE E RIABILITAZIONE SISMICA DELLE STRUTTURE Aula C Edificio B
16:00					
17:00					
18:00					

ORARIO LEZIONI

Dal 31 marzo al 30 maggio 2025

Ora	Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì
09:00			PROGETTAZIONE E RIABILITAZIONE SISMICA DELLE STRUTTURE Aula E Edificio B	PROGETTAZIONE E RIABILITAZIONE SISMICA DELLE STRUTTURE Aula B Edificio C8	
10:00					
11:00					
12:00					
13:00					
14:00		PROGETTAZIONE E RIABILITAZIONE SISMICA DELLE STRUTTURE Aula V Edificio G			
15:00					
16:00					
17:00					
18:00					