

COMUNE DI BOLOGNA

UNITA' SANITARIA LOCALE N. 28 - BOLOGNA NORD
OSPEDALE POLICLINICO S. ORSOLA - MALPIGHI

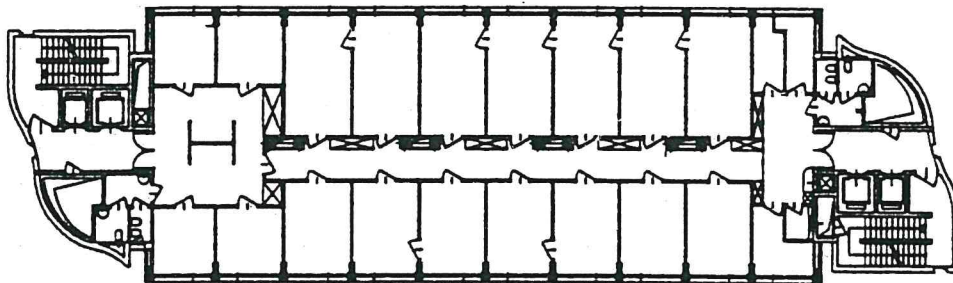
PROGETTO DI UN FABBRICATO DESTINATO A
NUOVO LABORATORIO CENTRALIZZATO

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO IMPRESE (art. 22 e seg. D.L.g. 406/91)



EDILCOOP S.C.r.l. - VIA DELLA GUISA, 24 - CREVALCORE (BO)
CAPOGRUPPO

CIAB S.C.r.l. - CAM S.C.r.l. - BUSI IMPIANTI S.p.A.
MANDANTI



PROGETTO ARCHITETTONICO

ARCH. PATRIZIA BELLÌ

PROGETTO DELLE STRUTTURE
E GEOTECNICA

ING. DANIELE BIONDI

PROGETTO IMPIANTI TECNOLOGICI

ING. PAOLO PALLONE

CONSULENZA IGIENICO-SANITARIA
E ORGANIZZAZIONE OSPEDALIERA

DOTT. PAOLO CACCIARI

Dr. Ing. DANIELE BIONDI
Via Bellombra n. 13 - BOLOGNA
Iscritto all'Albo Ingegneri di Bologna
N. 4617

| | | |
|-------------|--------------------------------------|------------------|
| PROGETTO | STRUTTURALE | DATA: 26/10/1992 |
| DESCRIZIONE | RELAZIONE DI CALCOLO PRG ESEUTIVO | STR.01 |
| | | SCALA: |

Controllo delle sollecitazioni sui pilastri e sugli sbalzi del piano primo.

1. Richiamo ai carichi di progetto

Come scritto nella "Relazione di calcolo delle strutture", alla pag. 5:

"sono stati presi in conto i più propri delle strutture, i sonnerichij fermamenti e quelli accidentali. In particolare, con riferimento a questi ultimi, il dimensionamento di tutti i solai è stato condotto assumendo un sonnerichio accidentale di 500 kg/m^2 , quello delle travi, delle colonne e delle fondazioni assumendo un sonnerichio accidentale pari a $350,00 \text{ kg/m}^2$ esteso a tutto il piano, per tutti i piani."

2. Andolini dei carichi (valore per tutti i solai)

| | |
|-----------------------------|--------------------------|
| Per proprio del soletto: | $350,00 \text{ kg/m}^2$ |
| pavimento e sottopavimento: | $200,00 \text{ "}$ |
| tramezzi: | $50,00 \text{ "}$ |
| controsoffitto ed impianti: | $50,00 \text{ "}$ |
| sonnerichij accidentali: | $500,00 \text{ "}$ |
| Totale | $1150,00 \text{ kg/m}^2$ |

Per la individuazione dello stato di sollecitazione di travi, pilastri e fondazioni:

| | |
|-----------------------------|--------------------------|
| per proprio del soletto: | $350,00 \text{ kg/m}^2$ |
| pavimento e sottopavimento: | $200,00 \text{ "}$ |
| tramezzi: | $50,00 \text{ "}$ |
| controsoffitto ed impianti: | $50,00 \text{ "}$ |
| sonnerichij accidentali: | $350,00 \text{ "}$ |
| Totale: | $1000,00 \text{ kg/m}^2$ |

I calcoli che seguono vengono, dunque, condotti con riferimento alle seguenti andolini dei carichi:

| | |
|----------------------------|-------------------------|
| Per proprio del soletto: | $350,00 \text{ kg/m}^2$ |
| sonnerichij ferm. ed acc.: | $650,00 \text{ "}$ |
| Totale | $1000,00 \text{ "}$ |

3. Riepilogo del calcolo delle sollecitazioni nelle travi e nei pilastri.

3.1. Calcolo del carico che influenza le travi di bordo del piano tipico.

Il carico che influenza le travi di bordo viene calcolato come indicato nel riquadro

1. Premessa

La presente relazione riporta i principali calcoli svolti dallo scrivente al fine di dimensionare le strutture dell' edificio in oggetto; prima, comunque, che tali calcoli vengano riportati nel dettaglio, appare opportuno descrivere in via preliminare le caratteristiche generali dell' edificio ed i criteri informativi che sono stati seguiti per il progetto delle strutture.

1.1. Descrizione dell' edificio

L' edificio in oggetto, destinato ad ospitare il nuovo laboratorio centralizzato dell' Ospedale S. Orsola - Malpighi, si compone, nella sostanza, di due corpi di fabbrica:

- un corpo principale, a pianta rettangolare, avente dimensioni in pianta di 50x14 m² circa. L' edificio presenta, oltre al piano interrato, cinque piani utili ed un piano di copertura; sull' impalcato di copertura e limitatamente ad una porzione di questo, viene infine realizzata una struttura metallica di copertura degli impianti;
- un corpo accessorio, completamente interrato, volto ad ospitare locali tecnologici e/o di servizio alle attività svolte nell' edificio principale (magazzini, depositi, centrale tecnologica, etc).

Come si potrà più chiaramente evincere da quanto esposto nel seguito e dall' esame degli elaborati grafici di progetto, le strutture in elevazione del corpo principale e di quello accessorio sono rese fra di loro indipendenti

tramite l'adozione di opportuni giunti strutturali.

A tali giunti si affida il duplice compito di preservare la struttura dei due corpi di fabbrica dagli effetti di eventuali cedimenti differenziali delle opere di fondazione e da quelli del "martellamento" a seguito di eventuali sollecitazioni di natura sismica.

1.2. Descrizione della struttura

Entrambi gli edifici sono realizzati in conglomerato cementizio armato gettato interamente in opera, fatta eccezione per il solaio, costruiti con la ormai tradizionale tecnica delle predalles parzialmente prefabbricate e completate in opera con getto integrativo delle nervature e della soletta di estradosso.

Il corpo principale, ai piani tipici, è costituito da "telai" longitudinali e solai trasversali, le travi sono in spessore di solaio e lo spessore degli impalcati è pari a 32 cm.

Le travi di bordo presentano una luce di 3.60 m mentre la trave di spina, attesa la particolare disposizione dei pilastri centrali, presenta una luce pressochè doppia.

Come si può evincere dall'esame degli allegati elaborati grafici di progetto, a tutti i piani il solaio presenta delle "asole" disposte trasversalmente rispetto all'edificio; tali asole, unitamente ai cavedi realizzati in corrispondenza delle coppie di pilastri della stilata centrale, consentono un agevole passaggio degli impianti.

Si segnala sin d'ora che sono stati condotti opportuni controlli numerici al fine di verificare che l'impalcato, benchè interrotto dalle citate asole,

conservi la sua funzione di controvento di piano e sia comunque in grado di riportare le azioni orizzontali (vento e/o sisma) ai nuclei di controventamento di estremità.

In corrispondenza del piano primo, invece, attesa la particolare configurazione dell' edificio, le travi principali sono ordinate trasversalmente, esse sono ricalate di 0.58 m rispetto all' intradosso del solaio, presentando, quindi, una altezza complessiva di 0.90 m.

La ragione di tale circostanza risiede nel fatto che, lungo i fronti lunghi dell' edificio, le strutture verticali che sorreggono il piano primo risultano arretrate rispetto a quelle che, provenendo dall' alto, gravano sul piano primo medesimo.

Per tale ragione, alle travi trasversali "a sbalzo" si affida il compito di riportare alle colonne i carichi provenienti dall' alto.

Come risulterà più chiaro nel seguito, particolare attenzione è stata posta nel dimensionamento di tali sbalzi, sia dal punto di vista della resistenza (tenendo conto del convenzionale incremento delle sollecitazioni da applicare in previsione dell' evento sismico) sia dal punto di vista delle deformazioni istantanee e differite.

La fondazione del corpo principale è costituita da una platea di spessore costante pari a 0.80 m; per quanto riguarda gli aspetti geotecnici, la scelta ed il dimensionamento delle opere di fondazione, si rimanda al capitolo della presente relazione dedicato alle fondazioni ed alla relazione geotecnica.

Le strutture del corpo accessorio, anch' esse gettate in opera, sono costituite da pareti e/o pilastri in c.a. (alle pareti perimetrali si affida anche il compito di contenere le spinte del terreno) e solai del tipo "predalle".

Le opere di fondazione sono prevalentemente costituite da travi continue al di sotto delle pareti o in corrispondenza dell' allineamento dei pilastri.

In corrispondenza del lato comune fra il corpo principale e quello accessorio, i pilastri vengono raddoppiati, realizzando, in tal modo, un giunto a completa separazione delle strutture in elevazione.

La porzione di solaio del corpo basso di copertura della centrale tecnologica e dei magazzini risulta quindi appoggiata da una parte su pilastri che spiccano dalla fondazione del corpo principale e dall' altra su pilastri che spiccano dalla fondazione del corpo basso. Per tale ragione, e sulla scorta delle considerazioni dianzi esposte, a tale solaio è stata attribuita la classica configurazione "a biella" semplicemente appoggiata alle due travi longitudinali che ne sostengono le estremità.

Completano l' insieme delle strutture le opere di contenimento del terreno in corrispondenza della rampa di accesso agli interrati e quelle realizzate in prossimità dell' angolo dell' edificio di cardiologia.

Queste ultime sono costituite da una cortina di diaframmi bentonitici aventi spessore pari a 0.60 m e profondità pari a 11.00 m, collegati fra di loro da una trave di correa superiore. A tali diaframmi si assegna il compito di assorbire le spinte del terreno e quelle conseguenti ai carichi trasmessi dalle fondazioni dell' edificio esistente.

1.3. Azioni di progetto

Il dimensionamento delle strutture è stato condotto con riferimento alle seguenti azioni di progetto:

a- azioni di esercizio:

sono stati messi in conto i pesi propri delle strutture, i sovraccarichi permanenti e quelli accidentali. In particolare, con riferimento a questi ultimi, il dimensionamento di tutti i solai è stato condotto assumendo un sovraccarico accidentale di 500 kg/m^2 , quello delle travi, delle colonne e delle fondazioni assumendo un sovraccarico accidentale pari a 350 kg/m^2 esteso a tutto il piano, per tutti i piani.

b- azioni sismiche:

la valutazione degli effetti delle azioni sismiche è stata condotta con riferimento ai seguenti parametri:

- | | |
|--|-----------------|
| - coefficiente di intensità sismica: | $s = 6,$ |
| - coefficiente di protezione o importanza: | $I = 1.20,$ |
| - coefficiente di fondazione: | $\epsilon = 1,$ |
| - coefficiente di struttura: | $\beta = 1.20.$ |

Coerentemente con le indicazioni della Norma vigente, la valutazione degli effetti della azione sismica è stata condotta considerando agenti sulla struttura sovraccarichi accidentali pari al 50% di quelli massimi (quindi pari a 250 kg/m^2 a tutti i piani).

c- azione del fuoco:

al fine di garantire alle strutture buone caratteristiche di resistenza al fuoco, si è adottato questo accorgimento: in corrispondenza dell'intradosso di tutte le strutture di impalcato è stata disposta una armatura secondaria (di "sacrificio"). Tutte le armature principali

disposte all' intradosso dai travi e solai sono sempre state protette con un copriferro minimo di 40 mm.

A seguito di ciò, tutte le armature principali di travi e solai risultano adeguatamente e naturalmente protette nei confronti dell' azione del fuoco da parte del calcestruzzo stesso che costituisce la "corteccia di intradosso.

d- azione del vento

essendo tale azione di gran lunga inferiore a quella convenzionalmente applicata per tenere conto dell' evento sismico, le sollecitazioni conseguenti al vento non sono state prese in esame.

1.4. Deformabilità delle opere strutturali

Atteso il particolare tipo di attività svolta all' interno degli edifici citati (con particolare esplicito riferimento al corpo principale), si è ritenuto indispensabile dotare le strutture di impalcato di elevate caratteristiche di rigidezza. Come mostrano i calcoli che verranno esposti nel seguito, in virtù degli spessori adottati e delle caratteristiche geometriche e statiche delle sezioni trasversali degli elementi di impalcato, le massime frecce elastiche dovute ai sovraccarichi accidentali per il solaio e per le travi risultano rispettivamente pari a $1 / 5400$ e $1 / 2500$ delle rispettive luci.

2. Valutazione delle azioni che impegnano gli elementi strutturali in condizioni di esercizio

2.1. Premesse generali e carichi adottati

Come segnalato nella premessa alla presente relazione, il dimensionamento delle strutture dell' edificio in oggetto viene condotto, con riferimento sia alla condizione di normale esercizio (quindi considerando agenti i carichi verticali di progetto) sia con riferimento agli effetti di una eventuale azione di natura sismica.

Nel presente capitolo vengono presi in esame gli effetti delle sollecitazioni di esercizio, si considerano quindi agenti i massimi carichi verticali.

Il dimensionamento delle strutture è stato condotto con riferimento alla seguente analisi dei carichi:

- per il solaio del piano tipo, del piano primo e del piano terra:

peso proprio del solaio: 350 kg/m²,

pavimento e sottofondo: 200 kg/m²,

tramezzi: 50 kg/m²,

controsoffitto ed impianti appesi: 50 kg/m²,

sovraccarichi accidentali: 500 kg/m²,

totale: 1150 kg/m².

- per il solaio del piano di copertura:

| | |
|---|-------------------------|
| peso proprio del solaio: | 350 kg/m ² , |
| pavimentazione, impermeabilizzazione, pendenze: | 250 kg/m ² , |
| controsoffitto ed impianti appesi: | 50 kg/m ² , |
| sovraccarichi accidentali: | 500 kg/m ² , |

totale: 1150 kg/m²

Si osserva sin d' ora che, per quanto riguarda il solaio e le travi della copertura, il dimensionamento è stato condotto tenendo naturalmente conto anche delle azioni trasmesse dai pilastri della copertura metallica dei locali tecnici.

Come si può evincere dalle analisi dei carichi dianzi riportate, per tutti i solai si è adottato un sovraccarico accidentale massimo pari a 500 kg/m²; per quanto riguarda, invece, il dimensionamento di travi, pilastri ed opere di fondazione, si è fatto riferimento ad un sovraccarico accidentale massimo, a tutti i piani, di 350 kg/m².

2.2. Individuazione dei carichi agenti sulle travi

Al fine del dimensionamento delle travi, con riferimento al solaio del piano tipico si è adottata la seguente analisi dei carichi:

| | |
|--------------------------|-------------------------|
| peso proprio del solaio: | 350 kg/m ² , |
| pavimento e sottofondo: | 200 kg/m ² , |
| tramezzi: | 50 kg/m ² , |

| | |
|------------------------------------|--------------------------|
| controsoffitto ed impianti appesi: | 50 kg/m ² , |
| sovraccarichi accidentali: | 350 kg/m ² , |
| | <hr/> |
| totale: | 1000 kg/m ² . |

Con riferimento a questi valori dei carichi specifici, i carichi distribuiti sulle travi possono essere valutati come segue:

- *Trave di bordo del piano tipico*

- carico trasmesso dal solaio:

$$1000 \times 5.60 / 2 = 2800 \text{ kg/m,}$$

- peso proprio della trave di bordo:

$$0.80 \times 0.32 \times 2500 = 640 \text{ kg/m,}$$

- tamponamento:

$$1200 \text{ kg/m,}$$

- sovraccarichi permanenti ed accidentali sulla trave:

$$650 \times 0.60 = 390.00 \text{ kg/m.}$$

Quindi, il carico totale che impegna la trave vale:

$$q_{tot} = 2800 + 640 + 1200 + 390 = 5030 \text{ kg/m.}$$

Svolgendo calcoli analoghi a quelli dianzi esposti si ottengono i valori dei carichi che impegnano, in condizioni di esercizio, tutte le travi di tutti i piani; quindi:

- Trave interna al piano tipico:

$$q_{tot} = 7630 \text{ kg/m,}$$

- Trave longitudinale di bordo del piano primo:

$$q_{tot} = 2950 \text{ kg/m,}$$

- Travi trasversali interne del piano primo:

$$q_{tot} = 6210 \text{ kg/m,}$$

- Trave longitudinale interna del piano terreno:

$$q_{tot} = 6430 \text{ kg/m,}$$

- Trave longitudinale di bordo del piano terreno:

$$q_{tot} = 4940 \text{ kg/m.}$$

2.3. Il calcolo delle sollecitazioni nelle condizioni di esercizio

La valutazione degli effetti dei carichi verticali di esercizio è condotta con riferimento al modello numerico riportato nella seguente fig. 2.3.1.

Come si può evincere dall'esame della citata figura, l'intero edificio (ad esclusione dei vani scala) è stato "modellato" utilizzando elementi finiti del tipo "beam" (per la modellazione di travi e colonne) e del tipo "lastra" per la modellazione dei setti che, partendo dalla fondazione, sostengono le travi trasversali esterne del piano primo.

Nelle figure allegate si riportano, sinteticamente, i risultati ottenuti attraverso la adozione del modello numerico dianzi descritto; nel dettaglio,