

Messa in sicurezza di scuole, strade,
edifici pubblici e patrimonio comunale

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

COMMITTENTE

Comune di Osini

PROGETTISTA

DOTT. ING. VALTER BORTOLIN

DOTT. ING. ANNA COSSU

COLLABORATORI

Geom. Daniela Ligas

PROGETTO STRUTTURALE ESECUTIVO

Progetto del Marciapiede

CONTENUTO ELABORATI:

- ☐ Relazione Generale
- ☐ Relazione Esecutiva
- ☐ Relazione Materiali
- ☐ Relazione di Calcolo
- ☐ Elaborati Grafici
- ☐ Particolari Costruttivi
- ☐ Piano di Manutenzione



MATERIALI IMPIEGATI: Calcestruzzo Classe C25/30 - Acciaio Tipo B450C

COMMITTENTE: Comune di Osini

PROGETTISTA
Ing. Valter Bortolin

STRUTTURISTA
Ing. Valter Bortolin

DIRETTORE DEI LAVORI
Ing. Valter Bortolin

IMPRESA

COLLAUDATORE IN C.O.

Floor

Floor 2018 - Calcolo e Verifica Solai, Scale e Sbalzi
© S.I.S. - SOFTWARE INGEGNERIA STRUTTURALE s.r.l.
C.P.4 (CT15) - 95127 CATANIA - Tel. 095.7122189 - Fax 095.7122188
<http://www.sis.ingegneria.it> - email: info@sis.ingegneria.it





Relazione Generale

La seguente Relazione Generale riporta i dati generali che caratterizzano gli elementi strutturali del progetto in esame, la collocazione in ambito nazionale e le caratteristiche generali del sito ove esso è ubicato. Essa contiene, inoltre, le indicazioni riguardo la tipologia e le caratteristiche dei materiali con cui le opere sono realizzate e tutte le azioni agenti sulle stesse.

Descrizione Generale del Progetto

Il seguente progetto prevede il calcolo ed il disegno delle armature dei travetti di un solaio, poggianti su travi ortogonali all'orditura dei solai stessi.

I solai alleggeriti rappresentano la quasi totalità dei solai progettati nel territorio nazionale. Essi, prevedendo il ricorso ad una soletta collaborante in calcestruzzo armato ordinario, sono realizzati accostando, gli uni agli altri, in file parallele, blocchi di materiale (es. laterizio, polistirolo, elementi modulari in plastica, etc.) con funzione prevalente di alleggerimento; ed interponendo tra due file un travetto in calcestruzzo armato (in opera o prefabbricato) con funzione resistente-strutturale.

Livelli di sicurezza e prestazioni attese dall'opera

Le strutture e gli elementi strutturali devono essere progettati, eseguiti, collaudati e soggetti a manutenzione in modo da consentire la prevista utilizzazione, per tutta la vita utile di progetto ed in forma economicamente sostenibile in base al livello di sicurezza previsto dalle Norme.

La sicurezza di un'opera e le sue prestazioni devono essere valutate in relazione agli Stati Limite che si possono verificare durante la vita di progetto, detta Vita Nominale. Per Stato Limite si intende, in generale, quella determinata situazione, superata la quale, l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata. Si parla, dunque, di condizioni che dovranno essere soddisfatte per scongiurare la crisi ultima (sicurezza nei confronti degli **Stati Limite Ultimi**), ed anche di condizioni, legate all'uso quotidiano della struttura stessa, per "rimanere adatta all'uso" (sicurezza nei confronti degli **Stati Limite di Esercizio**).

Caratteristiche del Sito

Il sito ove sono ubicati le opere da realizzare, viene caratterizzato sulla base di una macrozonazione del territorio nazionale, in funzione della tipologia delle azioni che impegnano le strutture nella loro vita utile. Per ulteriori approfondimenti sulla caratterizzazione del sito, si rimanda alla successiva Relazione di Calcolo.

Tipologia dei Materiali

Le opere del presente progetto sono realizzate con **Calcestruzzo di Classe C25/30 ed Acciaio tipo B450C**.

Tipologia delle Azioni

Per ciascun elemento strutturale (solaio, scala, sbalzo) verrà eseguita una analisi dei carichi, considerando le seguenti azioni di tipo antropico, legate alla destinazione d'uso dell'opera:

- **Pesi propri dei materiali strutturali**
- **Carichi permanenti non strutturali**
- **Sovraccarichi variabili**

Per la schematizzazione delle azioni nonché le condizioni e combinazioni di carico considerate, si rimanda ai capitoli della successiva Relazione di Calcolo.

Il Tecnico
Ing. Valter Bortolin



Relazione Esecutiva

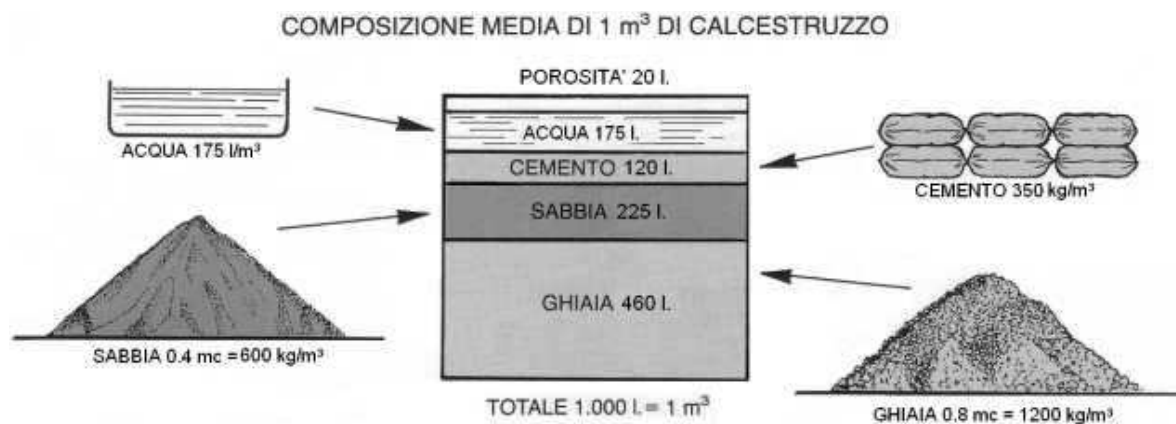
Scopo della presente relazione è fornire le informazioni utili al corretto stoccaggio e alla messa in opera dei materiali strutturali, nonché le procedure di accettazione e controllo dei materiali in cantiere. Vengono altresì forniti i particolari esecutivi necessari alla corretta realizzazione degli elementi strutturali e non strutturali dell'opera in esame.

Per poter garantire un buon comportamento meccanico del prodotto finito, che possa essere mantenuto nel tempo, è necessario assicurare una buona qualità dei materiali componenti, che deve essere costante durante tutte le fasi di produzione.

In particolare tutti gli elementi costituenti il calcestruzzo devono essere opportunamente dosati, secondo precisi rapporti di miscelazione e rispettare i criteri di conformità fissati per legge, già indicati nella relazione sui materiali.

Calcestruzzo

Il conglomerato cementizio da impiegarsi dovrà essere dosato rispettando i seguenti rapporti di miscelazione, con le quantità riferite ad un m^3 di conglomerato.



Nella formazione degli impasti, i vari componenti dovranno risultare intimamente mescolati ed uniformemente distribuiti nella massa e durante il getto si dovrà procedere ad idonea azione di vibratura.

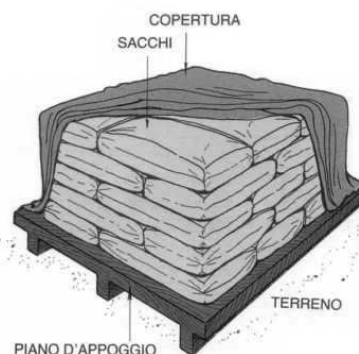
Cemento

La fornitura del cemento sarà effettuata con l'osservanza delle condizioni e modalità di cui all'art.3 della legge 26/5/1965 n.595. Deve essere impiegato cemento rispondente al R.D. 16/11/1939 n.2229.

Il cemento dovrà essere conservato esclusivamente in locali coperti, asciutti e privi di correnti d'aria.

Se fornito in sacchi, questi non vanno mai tenuti all'aperto, ma conservati in ambienti asciutti e chiusi, lasciando sempre delle intercapedini fra piano di appoggio e terreno.

E' escluso l'impiego di cementi alluminosi. Qualora il calcestruzzo risulti esposto a condizioni ambientali chimicamente aggressive si devono utilizzare cementi per i quali siano prescritte adeguate proprietà di resistenza ai solfati e/o al dilavamento o ad altre azioni aggressive.



Sabbia

La sabbia dovrà essere prelevata esclusivamente da fiumi e da fossi; dovrà essere costituita da elementi prevalentemente silicei, di forma angolosa e di grossezza assortita; dovrà essere aspra al tatto e senza lasciare traccia di sporco; dovrà essere esente da cloruri e scevra di materie terrose, argillose, limacciose e polvulenti; non dovrà contenere fibre organiche.

Ghiaia e Pietrisco

La ghiaia dovrà essere formata da materiali resistenti, inalterabili all'aria, all'acqua ed al gelo, gli elementi dovranno essere pulitissimi ed esenti da cloruri e da materiali polverulenti; dovranno essere esclusi elementi a forma di ago e di piastrelle.

Il pietrisco e la graniglia dovranno provenire dalla spezzatura di rocce silicee, basaltiche, porfiriche, granitiche e calcaree, rispondenti in genere ai requisiti prescritti per pietre naturali nonché a quelli prescritti per la ghiaia al precedente punto. Dovrà essere escluso il pietrisco proveniente dalla frantumazione di scaglie di residui di cave.

E' consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo, secondo i limiti previsti dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, a condizione che la miscela di calcestruzzo confezionata con aggregati riciclati, venga preliminarmente qualificata e documentata attraverso idonee prove di laboratorio.

Acqua

L'acqua dovrà essere dolce, limpida non aggressiva e priva di terre. Non dovranno essere impiegate acque eccessivamente dure o ricche di solfati o cloruri; acque di rifiuto, anche se limpide, se provenienti da fabbriche di qualsiasi genere; acque contenenti argilla, humus, limo; acque contenenti residui grassi, oleosi o zuccherini; acque piovane.

Inoltre, dato che l'eccesso di acqua costituisce causa fondamentale della riduzione di resistenza del conglomerato, nella determinazione della qualità dell'acqua, per l'impasto si dovrà tenere conto anche di quella contenuta negli inerti.

Aggiunte e Additivi

Oltre ai componenti normali (cemento, acqua, sabbia e ghiaia) è ammesso l'utilizzo di prodotti chimici come additivi al calcestruzzo. Essi, aggiunti solitamente in piccole quantità, hanno lo scopo di migliorare una o più prestazioni. A seconda della loro specifica funzione, gli additivi possono essere classificati in varie tipologie: acceleranti, ritardanti, aeranti, inibitori di corrosione, battericidi, idrofobizzanti, anti-ritiro, fluidificanti e superfluidificanti. In particolare, i fluidificanti, ad esempio, migliorano la lavorabilità dell'impasto, evitando di dover aumentare la quantità d'acqua; gli acceleranti e i ritardanti, rispettivamente, accelerano e ritardano la presa del calcestruzzo in opera; gli aeranti introducono aria, migliorando la resistenza al gelo.

L'uso degli additivi deve essere fatto con attenzione, seguendo le indicazioni del fornitore. E' importante precisare che un uso scorretto, specie con riferimento alle quantità, può comportare effetti secondari negativi.

Modalità di accettazione del conglomerato cementizio

Prelievo dei campioni

Il prelievo consiste nel prelevare dagli impasti, al momento della posa in opera, il calcestruzzo necessario per la confezione di un gruppo di due provini.

La media delle resistenze a compressione dei due provini di un prelievo rappresenta la "Resistenza di prelievo", che rappresenta il valore mediante il quale vengono eseguiti i controlli del calcestruzzo.

Per la preparazione, la forma, le dimensioni e la stagionatura dei provini di calcestruzzo vale quanto indicato nelle norme UNI EN 12390-1:2002 e UNI EN 12390-2:2002.

Modalità del controllo

Il controllo di tipo A è riferito ad un quantitativo di miscela omogenea non maggiore di 300 m³. Ogni controllo di accettazione di tipo A è rappresentato da tre prelievi, ciascuno dei quali eseguito su un massimo di 100 m³ di getto di miscela omogenea. Risulta quindi un controllo di accettazione ogni 300 m³ massimo di getto. Per ogni giorno di getto va comunque effettuato almeno un prelievo.

Nelle costruzioni con meno di 100 m³ di getto di miscela omogenea, fermo restando l'obbligo di almeno 3 prelievi e del rispetto delle limitazioni di cui sopra, è consentito derogare dall'obbligo di prelievo giornaliero.

Acciaio

L'Acciaio per strutture in c.a. deve essere prodotto con un sistema permanente di controllo interno della produzione in stabilimento. Le prove di qualifica dell'acciaio prodotto devono essere effettuate sia internamente all'impianto di produzione, sotto controllo di un laboratorio ufficiale, sia presso il laboratorio ufficiale stesso. Tali prove devono essere qualificate con revisione semestrale da parte del Servizio Tecnico Centrale, mediante emissione di attestato di qualificazione, in cui vengono dichiarati i valori caratteristici dei vari requisiti geometrici e prestazionali, richiesti dalle Norme.

Le armature devono essere protette, durante la permanenza in deposito, contro tutte le azioni esterne che ne possano compromettere le caratteristiche geometriche o meccaniche. E' necessario, prima della messa in opera controllare lo stato superficiale delle armature.

Tutte le barre di acciaio dovranno essere poste in opera prive di tracce di ruggine e praticando all'estremità gli opportuni ancoraggi ed in ogni caso dovranno rispondere a tutti i requisiti riportati nella Circolare del Ministero LL.PP. n.37406 del 24/06/1993, relativamente agli acciai ad aderenza migliorata.

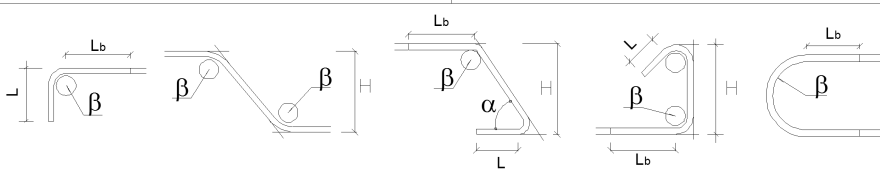
Tutti gli acciai per calcestruzzo armato devono essere ad aderenza migliorata, aventi cioè una superficie dotata di nervature o indentature trasversali, uniformemente distribuite sull'intera lunghezza, atte ad aumentare l'aderenza al conglomerato cementizio.

Le barre sono caratterizzate dal diametro della barra tonda liscia equipesante, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a $7,85 \text{ kg/dm}^3$.

Per il presente progetto, si è scelto di usare l'acciaio tipo B450C che risulta più duttile e può essere impiegato in barre del diametro compreso tra 6 e 40 mm. Nel caso si utilizzino diametri fino a 16 mm, è ammesso l'uso di acciai forniti in rotoli.

La lunghezza di ancoraggio L_b delle barre deve essere almeno pari a venti volte il diametro, mentre la piegatura del ferro deve essere almeno cinque volte il diametro.

Le dimensioni del mandrino, con cui effettuare la piegatura dei ferri, dipende dal diametro della barra e dal tipo di acciaio impiegato come prescritto dalle norme UNI-EN 206, e come di seguito riportato in tabella:

Diametro della barra \varnothing	Diametro del mandrino β
$\varnothing < 12 \text{ mm}$	$4\varnothing$
$12 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$	$5\varnothing$
$16 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 25 \text{ mm}$	$8\varnothing$
$25 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 40 \text{ mm}$	$10\varnothing$
	
Lunghezza di ancoraggio $L_b \geq 20 \varnothing$	Lunghezza della piega $L \geq 5 \varnothing$

Modalità di accettazione dell'acciaio

La documentazione di qualifica, attestante i valori caratteristici dei vari requisiti geometrici e prestazionali richiesti dalle Norme, deve essere verificata ad ogni fornitura di materiale in cantiere.

L'acciaio deve essere riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche qualitative e riconducibile allo stabilimento di produzione, tramite marchiatura indelebile, depositata presso il Servizio Tecnico Centrale. Dalla marchiatura deve risultare, in modo inequivocabile, il riferimento all'azienda produttrice, allo stabilimento, al tipo di acciaio e alla sua eventuale saldabilità. La mancata marchiatura, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rendono il prodotto non impiegabile.

Laterizi

Durante l'attività di cantiere, i laterizi non dovranno essere posati a contatto con il terreno per evitare che assorbino sostanze che, una volta in opera, possano causare efflorescenze o scarsa adesione con il calcestruzzo. Durante la stagione invernale bisogna evitare che i blocchi si impregnino d'acqua, con rischio di danneggiamento da gelo. È buona norma di prudenza non sovrapporre un numero elevato di pacchi (comunque mai più di quattro), ma anzi, compatibilmente con la disponibilità di spazio, rendere minima la sovrapposizione. Il sollevamento al piano sarà fatto mediante forche e cassoni metallici in modo da evitare qualunque rischio di caduta dall'alto di elementi o di parte di elementi in laterizio (D.P.R. 7 gennaio 1956 n. 164 e D.L. 19 settembre 1994 n. 626).

Nel caso siano presenti elementi difettosi, essi vanno eliminati prima della posa in opera.

Particolari Esecutivi Solai

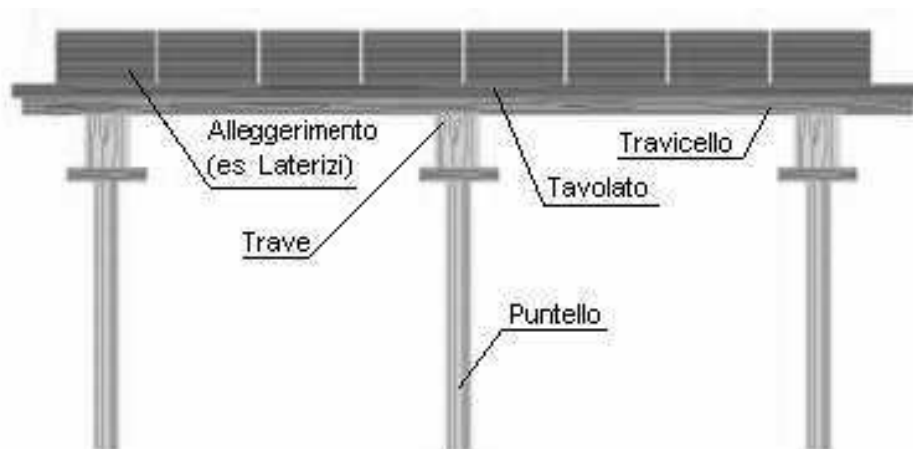
Particolari Esecutivi Solai alleggeriti

L'esecuzione di solai alleggeriti, siano essi con travetti gettati in opera che prefabbricati, dovrà avvenire nel seguente ordine:

Preparazione delle Casseformi
Posa in opera dei blocchi di alleggerimento
Posa in opera delle armature
Getto del conglomerato
Disarmo Casseformi

Preparazione delle Casseformi

Se il solaio è realizzato interamente in opera, si dovranno prevedere casseformi continue, costituite da una serie di tavole di legno spesse almeno 2,5 cm che, opportunamente puntellate, possano sostenere i blocchi di alleggerimento. Per ridurre il più possibile la freccia in fase di disarmo, si dovrà realizzare la superficie dell'impalcato non perfettamente in piano ma leggermente curvata verso l'alto con il massimo della curvatura in mezz'aria.



Posa in opera dei blocchi di alleggerimento

In un solaio realizzato interamente in opera, durante la posa dei blocchi di alleggerimento, è necessario garantire la pedonabilità dell'impalcato provvisorio, predisponendo dei percorsi pedonali costituiti da tavole poste al di sopra dei blocchi in modo da evitare accumuli di carico che possano portare a fessurazioni indesiderate.

Nel caso di blocchi in laterizio, pur non dovendo essi avere particolari caratteristiche di resistenza a flessione e punzonamento, devono comunque avere una resistenza sufficiente per sopportare il peso sviluppato durante queste operazioni, garantendo di poter operare in condizioni di sicurezza, contro le cadute dall'alto.



Durante la posa dei blocchi di alleggerimento, in prossimità delle travi di appoggio, può essere necessario aumentare la porzione di calcestruzzo per una fascia parallela alla trave, creando dunque una fascia piena. La fascia semipiena si ottiene, invece, eliminando a partire dalla fascia piena i blocchi di alleggerimento alternativamente, come si evince dagli elaborati grafici della carpenteria dei solai.

Posa in opera delle armature

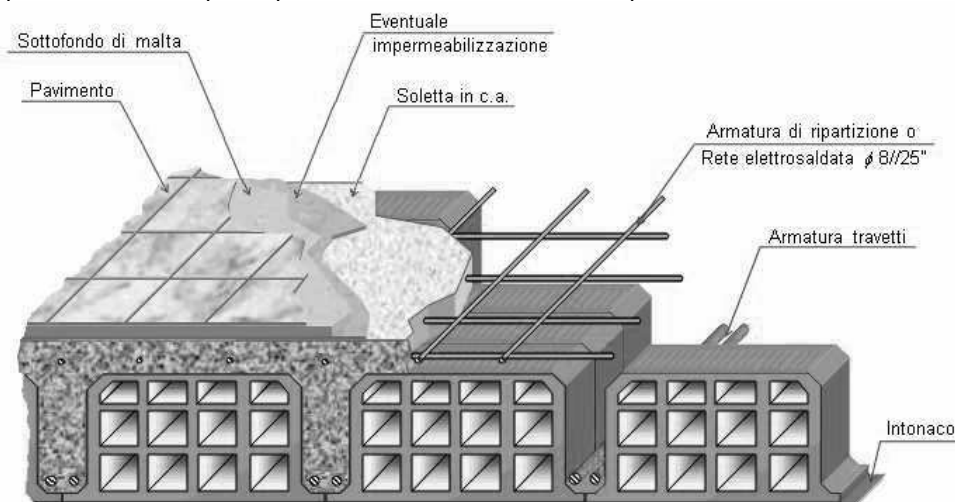
Nei solai con nervature interamente gettate in opera, sia l'armatura superiore che inferiore, va posizionata prima del getto del calcestruzzo di completamento.

Per posizionare le armature si dovrà ricorrere all'uso di distanziatori o di sistemi equivalenti in modo da assicurare che, nella successiva fase di getto, le armature rimangano ferme il più possibile per garantire l'adeguato copriferro. La superficie di ferro resistente comprese le staffe, nel caso di solette piene, deve essere posta ad una distanza dalle facce esterne del conglomerato di almeno 2.0 cm.

Il numero delle barre, per ciascuna nervatura, è stato limitato a 2 o 3 come si può vedere dagli elaborati grafici della carpenteria, di deguito allegati. All'estradosso dei blocchi, dovrà essere posta un'armatura di

ripartizione, o rete elettrosaldata, che verrà successivamente inglobata nella soletta in calcestruzzo (caldana).

Prima della realizzazione del sottofondo di malta, per la posa in opera del pavimento, sarà opportuno, specie per solai di copertura o esterni, predisporre uno strato di materiale impermeabilizzante.



Per luci di calcolo superiori a 4.50 m e comunque nel caso in cui siano presenti carichi concentrati, è prevista in mezzeria la disposizione di una nervatura trasversale, comunemente detta "travetto rompitratta".

L'armatura longitudinale adottata per il travetto (di norma 4 ferri da 12mm) è simmetrica e costante per tutta la sua lunghezza, mentre le staffe hanno un diametro minimo di 6 mm e passo maggiore o uguale a 25 cm, come mostrano le stampe dei disegni.

Nei solai interamente gettati in opera, questo travetto viene realizzato disponendo, tra due file trasversali di blocchi, un fondello in laterizio atto a delimitare inferiormente il getto di calcestruzzo che formerà il travetto stesso.

Getto del conglomerato

Si dovrà studiare la composizione del getto in modo da evitare rischi di segregazione o la formazione di nidi di ghiaia e per ridurre l'entità delle deformazioni differite. Il diametro massimo degli inerti impiegati non dovrà superare 1/5 dello spessore minimo delle nervature, né la distanza netta minima tra le armature.

Nel caso di alleggerimento realizzato con laterizi, prima di procedere al getto, i suddetti devono essere convenientemente bagnati con acqua, per evitare che assorbano l'acqua di impasto del getto, in questo modo è garantita l'aderenza tra calcestruzzo e laterizio.

Il getto di calcestruzzo deve essere eseguito cominciando dal cordolo, ed è buona norma eseguire la fase di getto in contemporanea per travi e pilastri, procedendo nel senso normale alle nervature.

Il getto deve essere costipato effettuando una accurata vibrazione dei ferri e delle casseformi in modo da garantire l'avvolgimento delle armature e l'aderenza con i blocchi di alleggerimento.

Nel caso non fosse possibile eseguire un getto contemporaneo e continuo, le interruzioni devono avvenire in aree sottoposte a sollecitazioni minime (momento flettente minore) e dovranno essere effettuate su disposizione della Direzione Lavori.

Qualora si effettui il getto in situazioni climatiche particolari, si dovranno seguire i seguenti accorgimenti:

- **Con temperature piuttosto elevate bisogna coprire i solai con teli umidi e bagnarli ripetutamente, anche nei giorni successivi al getto, per evitare un essiccamento troppo repentino della parte superiore;**
- **Con temperature rigide è consigliabile sostituire parte dell'acqua d'impasto con additivi fluidificanti, in modo da ridurre i rischi di possibile gelate.**

Per una buona esecuzione della soletta, si metteranno dei regoli di legno dello spessore pari alla soletta, sui quali si fa scorrere un altro regolo per distendere uniformemente il calcestruzzo ed ottenere una superficie abbastanza piana ed orizzontale.

Infine si richiama l'attenzione dell'impresa e della direzione dei lavori che, prima di procedere al getto, si dovrà eseguire la controventatura di tutti i ponteggi verificando frequentemente, durante il getto, che nessuno di essi possa subire spostamenti.

Disarmo Casseformi

La fase di disarmo dovrà essere effettuata a 28 giorni dal getto, in cui il calcestruzzo ha raggiunto una resistenza tale da assorbire efficacemente le sollecitazioni ed i carichi prodotti dalle successive attività di cantiere. Tale procedura dovrà essere avviata dalla Direzione Lavori che controllerà la corretta esecuzione.

Nel caso in cui il solaio è realizzato con travetti interamente gettati in opera, il disarmo costituisce un'operazione da farsi con estrema cura e deve avvenire gradualmente, evitando che eccessive azioni

dinamiche causino lesioni alla struttura. E' buona norma procedere con ordine eliminando i ritzi intermedi, poi quelli posti alle testate, ed infine le strutture provvisorie.

Nel caso in cui il solaio, invece, è realizzato con travetti prefabbricati, il disarmo costituisce un'operazione abbastanza veloce. Si tratta infatti di eliminare solo i rompitratta provvisori e i relativi puntelli. E' buona norma procedere all'eliminazione dei puntelli partendo da quelli di estremità, adiacenti alle strutture portanti, fino ad arrivare a quelli che si trovano in mezzeria.

Risulta necessario garantire l'integrità dei materiali adoperati per la carpenteria (quasi sempre legname), al fine di assicurarne il riutilizzo.

Accorgimenti di completamento

Per una buona esecuzione è sempre possibile inserire le canalizzazioni degli impianti tecnologici, all'interno dei fori dei blocchi, in modo da avere direzione parallela a quella delle nervature. In presenza di nervature trasversali, invece, bisogna prevedere dei fori orizzontali per il loro attraversamento (predisponendo appositi tubi capaci di resistere al peso del calcestruzzo sovrastante).

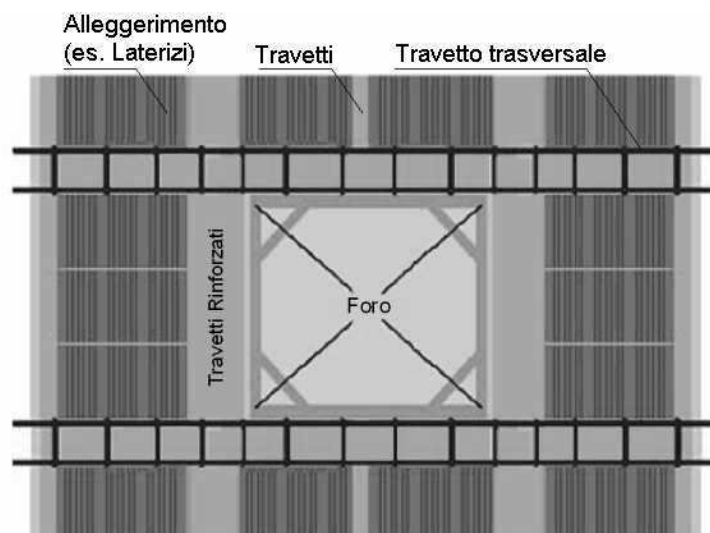
Altrettanto possibile dovrà essere il percorso, all'interno dei blocchi, dei tubi per la distribuzione idrica, anche quelli che necessitano di una pendenza per il naturale deflusso. Si dispone, infatti, di parte dello spessore del blocco per tale necessità.

Anche questi tubi possono avere direzione parallela alle nervature, mentre sono da prevedersi attraversamenti in caso di presenza di nervature trasversali.

Per impianti che prevedono la canalizzazione poggiata all'estradosso del solaio (piano di calpestio del livello superiore) non esiste problema di direzione di percorso ed è possibile in ogni caso, mediante foratura del solaio, portare i cavi all'intradosso per il previsto collegamento.

In presenza di carichi concentrati (tamponature), bisognerà incrementare la rigidità aumentando lo spessore della soletta e distribuendo il carico su nervature trasversali. In caso di previsione di grossi pesi da disporre all'intradosso, è opportuno predisporre dei ganci che siano ancorati nella soletta o che interessino le nervature.

E' inoltre opportuno predisporre, in caso di presenza di fori ed aperture, un rinforzo ai bordi del foro o dell'apertura, aumentando la larghezza dei travetti di bordo.



Per quanto riguarda invece le modalità di rifinitura all'intradosso dei solai basta realizzare un intonaco a base di malte naturali. La qualità di una buona rifinitura dipende dal raggiungimento delle seguenti finalità:

- **Mancanza di sviluppo di emissioni dannose di gas, a seguito dell'invecchiamento del materiale;**
- **Possibilità di assorbire l'eccesso di umidità eventualmente presente nell'aria per poi cederla in momenti di necessità (regolazione dell'umidità dell'aria);**
- **Possibilità di avere buone caratteristiche di smaltimento dell'umidità stessa attraverso adeguate caratteristiche di permeabilità del materiale.**

Conclusioni

Per le altre prescrizioni in fase di esecuzione dei lavori si richiamano le disposizioni di cui alle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni.

Il Tecnico
Ing. Valter Bortolin



Relazione sui Materiali

La presente relazione riporta i dati necessari all'identificazione e alla qualificazione dei materiali strutturali adoperati nell'opera in oggetto, nonché le procedure di accettazione previste dalle vigenti Norme Tecniche.

I solai possono realizzarsi con differenti materiali di alleggerimento, accoppiando travetti di diversa natura (calcestruzzo armato ordinario o prefabbricato, legno) ad una lasta collaborante, generalmente, in calcestruzzo armato. Tale materiale è ottenuto inglobando all'interno di un conglomerato di cemento ed inerti (definito Calcestruzzo) degli elementi in acciaio sotto forma di barre opportunamente modellate, che hanno l'importante compito di assorbire gli sforzi di trazione.

Per ottenere un calcestruzzo armato con buone caratteristiche meccaniche, è necessario che i materiali che lo costituiscono rispettino i criteri di conformità fissati dalla normativa.

In particolare, verranno dapprima riportati i requisiti che i componenti devono possedere per realizzare un calcestruzzo di buona qualità e, in seguito, analizzate le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo armato adoperato, illustrando le prescrizioni relative al conglomerato cementizio e quelle relative all'acciaio. Tali prescrizioni conterranno anche le indicazioni atte a garantire la lavorabilità dell'impasto e la durabilità dell'opera, in relazione alle condizioni ambientali del sito di costruzione. Ciò comporta determinate scelte progettuali, come assegnare un valore adeguato di copriferro minimo (inteso come lo spessore minimo di calcestruzzo che ricopre le armature) ai fini della protezione del calcestruzzo armato contro la corrosione delle armature metalliche.

Componenti del calcestruzzo

Come già accennato, il calcestruzzo è costituito da un aggregato di inerti (sabbia e ghiaia o pietrisco) legati da una pasta cementizia, composta da acqua e cemento. Oltre ai componenti normali, è consentito l'uso di aggiunte (ceneri volanti, loppe granulate d'altoforno e fumi di silice) e di additivi chimici (acceleranti, ritardanti, aeranti, ecc.), in conformità a quanto previsto nelle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni.

Cemento

La fornitura del cemento sarà effettuata con l'osservanza delle condizioni e modalità di cui all'art.3 della legge 26/5/1965 n.595. Verrà impiegato cemento conforme alla norma armonizzata UNI EN 197.

Aggregati

Sono idonei alla produzione del calcestruzzo per uso strutturale gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali, ovvero provenienti da processi di riciclo, conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 12620 e, per gli aggregati leggeri, alla norma europea armonizzata UNI EN 13055-1.

L'attestazione della conformità di tali aggregati deve essere effettuata ai sensi del DPR n. 246/93. Inoltre, gli aggregati riciclati devono rispettare, in funzione della destinazione finale del calcestruzzo e delle sue proprietà prestazionali, dei requisiti chimico-fisici aggiuntivi, rispetto a quelli fissati per gli aggregati naturali, secondo quanto prescritto dalle norme UNI 8520-1:2005 e UNI 8520-2:2005. Ad ogni modo, la dimensione massima dell'inerte sarà commisurata, per l'assestamento del getto, ai vuoti tra le armature e tra i casseri tenendo presente che il diametro massimo dell'inerte non dovrà superare: la distanza minima tra due ferri contigui ridotta di 5 mm, 1/4 della dimensione minima della struttura e 1/3 del copriferro.

Acqua di impasto

L'acqua di impasto, compresa quella di riciclo, dovrà essere conforme alla norma UNI EN 1008:2003.

Additivi

Gli additivi chimici, utilizzati per migliorare una o più prestazioni del calcestruzzo, devono essere conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 934-2.

Aggiunte

Nei calcestruzzi è ammesso l'impiego di aggiunte, in particolare di ceneri volanti, loppe granulate d'altoforno e fumi di silice, purché non ne vengano modificate negativamente le caratteristiche prestazionali.

Le ceneri volanti devono soddisfare i requisiti della norma europea UNI EN 450-1. Per quanto riguarda invece l'impiego bisogna fare riferimento alle norme UNI EN 206-1:2006 e UNI 11104:2004.

I fumi di silice, infine, devono soddisfare i requisiti della norma europea UNI EN 13263-1.

Per ulteriori approfondimenti sullo stoccaggio in cantiere e la messa in opera dei materiali utilizzati, si rimanda alla Relazione Esecutiva.

Calcestruzzo

Per il calcestruzzo preconfezionato o confezionato in opera per strutture armate, così come stabilito successivamente nella relazione di calcolo e in conformità alle seguenti norme:

- NTC 2018
- Linee Guida per il calcestruzzo strutturale
- UNI-EN 206-1
- UNI-EN 12620
- UNI 197/1

si richiedono le seguenti caratteristiche:

Classe di calcestruzzo	C25/30
Resistenza a compressione sui cubetti R_{ck} [daN/cm ²]	300
Classe di consistenza	S1
Classe di esposizione	XC1
Copriferro minimo [mm]	25
Massimo rapporto acqua/cemento	0.6
Dosaggio di cemento minimo [kg/m ³]	300
Impiego di additivi	No
Controllo di accettazione di tipo	A

Definita la classe di calcestruzzo adoperata, è possibile calcolare tutti i parametri di resistenza che ne caratterizzano il comportamento, sia a compressione che a trazione, come riportato nelle seguenti espressioni:

$$\begin{aligned}
 R_{ck} &= \text{Valore caratteristico della resistenza cubica a compressione} \\
 f_{ck} &= 0.83 R_{ck} = \text{Valore caratteristico della resistenza cilindrica a compressione} \\
 f_{cm} &= f_{ck} + 8 = \text{Valore medio della resistenza cilindrica} \\
 E_c &= 220000 [f_{cm} / 10]^{0.3} = \text{Modulo Elastico secante tra la tensione nulla e } 0.40 f_{cm} \\
 f_{cd} &= f_{ck} / \gamma_c = \text{Resistenza di progetto a compressione, con } \gamma_c \text{ pari a } 1.50 \\
 \alpha f_{cd} &= 0.85 f_{cd} = \text{Resistenza di progetto a compressione ridotta, per i carichi di lunga durata} \\
 f_{ctm} &= 0.30 f_{cm} = \text{Resistenza media a trazione} \\
 f_{ctk} &= 0.7 f_{ctm} = \text{Resistenza caratteristica a trazione} \\
 f_{ctk} &= 1.2 f_{ctm} = \text{Resistenza caratteristica a trazione per flessione} \\
 f_{ctd} &= f_{ctk} / \gamma_c = \text{Resistenza di progetto a trazione} \\
 f_{ctd} &= f_{ctk} / \gamma_c = \text{Resistenza di progetto a trazione per flessione}
 \end{aligned}$$

I valori così calcolati vengono riportati nella seguente tabella:

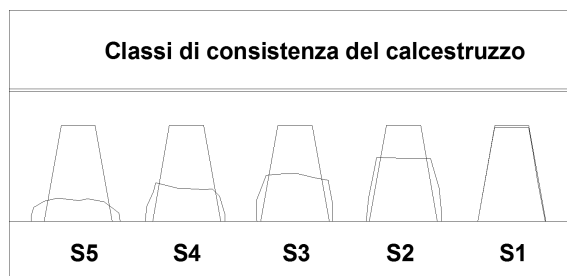
Classe Cls	R_{ck}	f_{ck}	f_{cm}	E_c	f_{cd}	αf_{cd}	f_{ctm}	f_{ctk}	f_{ctk}	f_{ctd}	f_{ctd}
	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²
C25/30	300	249	328	314471	166	141	25.6	17.9	21.5	11.9	14.3

Lavorabilità dell'impasto

La lavorabilità, ovvero la facilità con cui viene mescolato l'impasto, varia in funzione del tipo di calcestruzzo impiegato, dipende dalla granulometria degli inerti, dalla presenza o meno di additivi e aumenta in relazione al quantitativo di acqua aggiunta. Inoltre, la lavorabilità aumenta al diminuire della consistenza, che rappresenta il grado di compattezza dell'impasto fresco.

La classe di consistenza del calcestruzzo da utilizzare viene fissata in base all'esigenza che l'impasto rimanga fluido per il tempo necessario a raggiungere tutte le parti interessate dal getto, senza che perda di omogeneità ed in modo che, a compattazione avvenuta, non rimangano dei vuoti. Il calcestruzzo viene quindi classificato, a seconda della sua consistenza, sulla base dell'abbassamento al cono, definito **Slump** ed identificato da un codice (da S1 a S5), che corrisponde ad un determinato intervallo di lavorabilità, espresso mediante la misura dello Slump, in mm. La lavorabilità cresce all'aumentare del numero che accompagna la classe.

Considerare, ad esempio, un calcestruzzo con classe di consistenza S3, caratterizzato da uno slump compreso tra 100 e 150 mm, significa che, se sottoposto alla prova di abbassamento del cono (slump test), il provino troncoconico di calcestruzzo fresco, appena sformato, subisce un abbassamento compreso in quell'intervallo.



La scelta della classe di consistenza del calcestruzzo è legata alla lavorabilità che ci si aspetta dall'impasto per il tipo di opera che si deve andare a realizzare.

Classe di Consistenza	Slump (mm)	Applicazioni
S1 (Terra umida)	10 - 40	pavimenti messi in opera con vibro finiture
S2 (Terra plastica)	50 - 90	strutture circolari (silos, ciminieri)
S3 (semi fluida)	100 - 150	strutture non armate o poco armate
S4 (fluida)	160 - 210	strutture mediamente armate
S5 (super fluida)	oltre 210	strutture fortemente armate con ridotta sezione e/o complessa geometria

Per la quasi totalità delle opere in calcestruzzo armato gettato in casseforme, ci si aspetta una lavorabilità che ricada tra la classe di consistenza semi-fluida (S3) e quella super-fluida (S5).

*Per l'opera in esame, in base ai criteri esposti, si è scelto di utilizzare un calcestruzzo appartenente alla Classe di consistenza **S4**.*

Durabilità

La durabilità di un'opera in calcestruzzo armato dipende fortemente dalle condizioni ambientali del sito, di edificazione dell'opera stessa. Inoltre, per resistere alle azioni ambientali, il calcestruzzo deve possedere dei requisiti che tengano conto della vita di esercizio prevista per l'opera da realizzare.

E' possibile suddividere le diverse parti di una struttura, a seconda della loro esposizione all'ambiente esterno, in modo da individuare le corrispondenti classi di esposizione.

A seconda delle situazioni esterne ambientali, più o meno aggressive, è possibile, definire più classi di esposizione, come prescritto dalle UNI-EN 206-1:2006 e come riportato nella seguente tabella:

Classe	Ambiente
X0	Assenza di corrosione
XC	Corrosione da carbonatazione
XD	Corrosione da cloruri non marini
XS	Corrosione da cloruri marini
XF	Degrado per cicli gelo - disgelo
XA	Attacchi chimici

Le Norme Tecniche per le Costruzioni, invece, distinguono le condizioni ambientali in ordinarie, aggressive e molto aggressive, e definiscono, per ciascuna condizione, le corrispondenti classi di esposizione, come di seguito indicato in tabella:

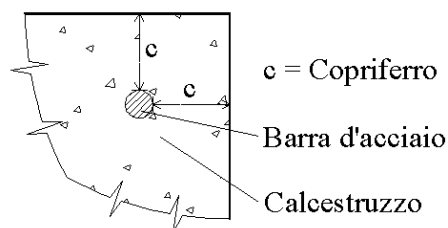
Condizioni ambientali	Classi di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3,
Aggressive	XC4, XD1, XS1
Molto Aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3

Per ciascuna delle suddette classi di esposizione è richiesto il rispetto di alcuni vincoli, espressi sotto forma di rapporto acqua cemento (a/c), dosaggio di cemento e spessore minimo del copriferro.

Nel seguente prospetto, in funzione della classe di esposizione scelta, vengono riportati il valore massimo del rapporto acqua cemento, il dosaggio minimo del cemento e la classe di resistenza minima del calcestruzzo che occorre rispettare.

Classe Esposizione	XC1
a/c max	0.6
Dosaggio di cemento minimo [kg/m³]	300
Rck min [daN/cm²]	300

Come già detto, all'accentuarsi dell'intensità dell'attacco dell'ambiente esterno, oltre ad incrementare il quantitativo di cemento nell'impasto (riducendo quindi il rapporto acqua-cemento), è necessario aumentare lo spessore di calcestruzzo che ricopre le armature. Tale ricoprimento di calcestruzzo, generalmente definito "Copriferro", è necessario per proteggere sia le barre di acciaio dai fenomeni di corrosione e dagli attacchi degli agenti esterni e, soprattutto, per assicurare una adeguata trasmissione delle forze di aderenza.



Lo spessore del copriferro viene dimensionato in funzione della aggressività dell'ambiente esterno, della classe di resistenza del calcestruzzo e della vita nominale della struttura.

Nella tabella seguente, vengono indicati, espressi in mm, i copriferri minimi da adottare prescritti dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, sia per elementi a piastra che per altri elementi costruttivi:

Classe di resistenza	C25/30
Ambiente	XC1
Copriferro minimo [mm]	25

Controllo di accettazione del calcestruzzo

Le Norme tecniche per le Costruzioni fissano l'obbligo di eseguire controlli sistematici in corso d'opera per verificare la conformità delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera rispetto a quello stabilito dal progetto e sperimentalmente verificato in sede di valutazione preliminare.

Il prelievo dei campioni per il controllo di accettazione verrà eseguito secondo le modalità prescritte nelle Norme Tecniche per le Costruzioni.

Il controllo da eseguire, per l'opera in oggetto, in funzione del quantitativo di calcestruzzo in accettazione è quello di tipo A.

Il controllo di accettazione è positivo ed il quantitativo di calcestruzzo accettato se risultano verificate le disuguaglianze di cui alla tabella seguente:

Controllo di tipo A
$R_1 > R_{ck} - 3.5$
$R_m > R_{ck} + 3.5$
Numero Prelievi = 3

dove:

R_m = Resistenza media dei prelievi, espressa in N/mm²

R_1 = Minore valore di resistenza dei prelievi, espresso in N/mm²

Acciaio

L'acciaio dolce da carpenteria utilizzato è del tipo B450C, qualificato in conformità alle seguenti norme:

- NTC 2018
- UNI-EN 7438
- UNI 10080

si richiedono, per l'acciaio, le seguenti caratteristiche meccaniche:

Tensione caratteristica di snervamento f_{yk} [daN/cm ²]	≥ 4500
Tensione caratteristica di rottura f_{tk} [daN/cm ²]	≥ 5400
Allungamento (Agt) _k [%]	≥ 7.5
Rapporto di sovrarresistenza f_{tk}/f_{yk} [%]	$1.15 \leq f_{tk}/f_{yk} < 1.35$
Rapporto tens. effettiva/nominale (f_y/f_{ynom}) _k	≤ 1.25
Tensione di calcolo di snervamento [daN/cm ²]	3913
Modulo Elastico Normale [daN/cm ²]	2100000

Si è scelto di utilizzare barre d'acciaio aventi i diametri, espressi in mm, riportati nel seguente prospetto:

Tondino [cm]
16
14
16

Il campionamento e le prove saranno condotte secondo quanto previsto nelle Norme Tecniche per le Costruzioni.

Laterizi

I blocchi in laterizio dovranno avere le caratteristiche fissate dalla normativa NTC 2018, e dalla norma UNI 9730 del 1990 "Blocchi in laterizio per solai", in particolare: le pareti orizzontali e perimetrali dei laterizi devono avere uno spessore non inferiore a 8 mm, mentre i setti non devono avere spessore minore di 7 mm.

Il Tecnico
Ing. Valter Bortolin



Relazione di Calcolo

Introduzione

La presente Relazione di Calcolo è suddivisa nei seguenti capitoli:

- **Metodo di Calcolo**
- **Dati Input**
- **Azioni**
- **Sollecitazioni**
- **Verifiche Stato Limite Ultimo**
- **Verifiche Stato Limite di Esercizio**

All'inizio di ogni singola stampa, vengono riportati commenti ed ulteriori integrazioni della relazione di calcolo, riferiti specificatamente ai singoli argomenti in questione e che costituiscono parte integrante della presente relazione. Il significato delle quantità e delle unità di misura, sono riportate in legende esplicative, che precedono le singole tabelle di dati.

Preliminarmente vengono riportati tutti quei contenuti di carattere generale, utili per identificare la tipologia di approccio al calcolo delle strutture in esame, quali l'origine e le caratteristiche del codice di calcolo utilizzato e l'informativa sull'affidabilità del software, nonché le indicazioni sulle normative di riferimento e sulle unità di misura utilizzate.

Nel capitolo Metodo di Calcolo, invece, vengono indicate le basi teoriche del metodo di calcolo adottato per la risoluzione del problema strutturale e le metodologie seguite per la verifica ed il progetto delle sezioni.

I dati di Input degli elementi strutturali, componenti il progetto in esame, vengono riportati in tabelle, per consentire una sufficiente leggibilità di tutte le sezioni del progetto. Inoltre viene definita la geometria ed i carichi per la superficie unitaria del progetto utilizzata, al fine di poter effettuare l'analisi dei carichi gravanti su ciascun elemento.

Nei successivi capitoli, invece, vengono presentati i risultati del calcolo, riportando oltre alle azioni e alle sollecitazioni, anche l'esito del calcolo e delle verifiche di resistenza effettuate per ciascun elemento strutturale del progetto, sia allo Stato Limite Ultimo che di Esercizio.

Origine e Caratteristiche del Codice di Calcolo

La seguente Relazione di Calcolo riporta il dettaglio dei dati d'input e le relative elaborazioni numeriche, ottenuti con il programma **Floor 2018**, specifico per la progettazione, analisi, verifiche e disegni di solai, a nervature parallele, con eventuali sbalzi alle estremità, realizzati con pignatte di alleggerimento o a getto pieno, oppure in legno-cemento, e soggetti a carichi distribuiti permanenti e sovraccarichi variabili.

I tipi di travetti previsti per i solai comprendono sia quelli gettati in opera, che quelli prefabbricati, precompressi o tralicciati, singoli o accoppiati.

Il software, sviluppato e distribuito dalla società **S.I.S. Software Ingegneria Strutturale s.r.l.**, è concesso in licenza d'uso a **studio associato ingg bortolin-cossu**.

L'input, l'output, le tecniche di risoluzione e la validazione del programma **Floor**, sono stati specificatamente progettati per prendere in considerazione le particolari caratteristiche proprie per queste tipologie di strutture. Pertanto, il risultato che ne consegue si manifesta in un supporto alla progettazione dei solai con un significativo risparmio di tempo nella preparazione dei dati, nell'interpretazione delle stampe numeriche e dell'esito delle verifiche e nel volume dei dati immessi.

Informativa sull'Affidabilità del Software

La progettazione e lo sviluppo del software **Floor** e, in particolare, di tutte le procedure di calcolo e degli elaborati restituiti in output, sono effettuati direttamente dal settore di ricerca e sviluppo della società **S.I.S. Software Ingegneria Strutturale s.r.l.**

Il servizio di assistenza software e tecnica, viene attuato sia su internet, dall'area Supporto sul sito della S.I.S. valido per i clienti registrati o mediante fax, al numero **095 7122188**.

La fase di sviluppo del codice di calcolo è stata preceduta da una accurata fase di ricerca, mirata allo studio di numerosi casi teorici e tale da ottenere dei metodi e delle procedure di progettazione, analisi e verifica, finalizzate alla sicurezza strutturale.

La dichiarazione di affidabilità e robustezza del codice di calcolo, fornita dal produttore del software, è riportata in allegato alla presente relazione ed è supportata, in fase di output, da una dettagliata ed esauriente rappresentazione dei risultati ottenuti dal calcolo, che ne consente un rapido controllo, in perfetta conformità con quanto disposto dalla normativa NTC 2018.

Inoltre sono stati forniti al progettista degli esempi di calcolo, atti a validare e verificare l'attendibilità delle procedure di calcolo effettuate, i cui risultati possono essere utilizzati per eventuali controlli con test specialistici e altri strumenti di calcolo e confrontati con l'allegata documentazione di affidabilità, in cui i risultati da confrontare vengono ottenuti mediante elaborazioni teoriche indipendenti.

Nel software sono presenti degli strumenti di autodiagnostica, atti a controllare ed evidenziare, in fase di input e di elaborazione, eventuali valori non coerenti dei dati, il cui utilizzo potrebbe compromettere la corretta elaborazione dei risultati.

Le informazioni relative al codice di calcolo utilizzato, con riferimento al tipo di modellazione strutturale adottata, ai vincoli, alle azioni e alle loro combinazioni nonché ai materiali utilizzati sono, più specificatamente, riportate nei successivi capitoli della Relazione di Calcolo.

Normative di Riferimento

Le normative cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e di progettazione sono le seguenti :

- **Norme Tecniche per le Costruzioni NTC 2018;**
- **Eurocodice 2 - "Progettazione delle strutture di calcestruzzo" con le integrazioni e modifiche riportate nel Documento di Applicazione Nazionale (NAD);**
- **Legge n.317 del 21/06/1986 in ottemperanza alla Direttiva CEE n.83/1983;**
- **Legge n.1086 del 05/11/1971 e successivi Decreti Ministeriali del 14/02/1992 e del 09/01/1996 recanti "Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo di strutture in cemento armato, normale e precompresso, e per le strutture metalliche" e Circolare Ministeriale n.252/AA.GG del 15/10/1996.**

Unità di Misura

Le unità di misura sono riferite al Sistema Internazionale e precisamente:

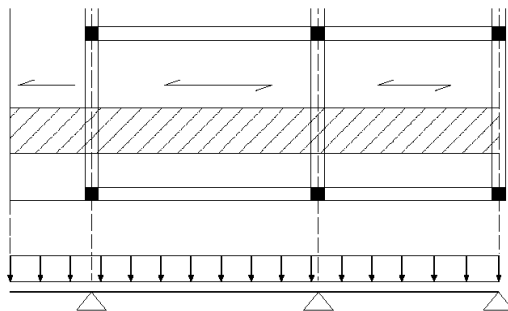
- **Forze in [N] Newton, [daN] DecaNewton o [kN] kiloNewton (1 kg=9.81 Newton)**
- **Lunghezze in [m] metri, [cm] centimetri o [mm] millimetri**
- **Angoli in [g°] Gradi sessadecimali o [rad] Radianti**

Metodo di Calcolo

Modellazione Strutturale

Per modellazione strutturale si intende la fase progettuale in cui le azioni e la struttura reale, vengono sostituiti con un modello di calcolo, immediatamente traducibile in termini matematici, da utilizzare per le valutazioni degli spostamenti e, quindi, delle sollecitazioni.

Per la risoluzione del generico solaio, il modello di calcolo utilizzato, è quello della trave continua su più appoggi, con eventuali sbalzi alle estremità; gli appoggi, che rappresentano le travi portanti del solaio, vengono trattate come cerniere esterne, permettendo così alle campate della travata di mantenere la loro continuità strutturale, trasferendo all'appoggio esclusivamente i carichi verticali.



Il calcolo dei solai viene effettuato con riferimento ai carichi permanenti e variabili, gravanti su una striscia di larghezza unitaria, trascurando la rigidezza torsionale e flessionale delle travi di appoggio e tenendo conto della dimensione "effettiva" dei nodi.

Algoritmo di Calcolo

Al fine di rappresentare convenientemente il comportamento del modello prescelto, si è utilizzato il noto "**Metodo degli Elementi Finiti**". In questo caso l'elemento finito utilizzato è monodimensionale, di tipo BEAM, con due nodi e soli due gradi di libertà per nodo, ovvero, spostamento verticale e rotazione attorno l'asse orizzontale e perpendicolare all'asse dell'elemento.

La scelta dei gradi di libertà è direttamente legata all'ipotesi di indeformabilità del solaio nel proprio piano.

Ogni campata è definita tramite la matrice di rigidezza del relativo elemento finito. Dall'assemblaggio delle matrici elementari di ogni campata si ricava la matrice di rigidezza dell'intero solaio.

Collocando nel vettore $\{f\}$ le azioni della struttura, si ottiene la legge fondamentale che sintetizza il metodo degli Elementi Finiti $\{f\} = [K]\{u\}$. Il vettore $\{u\}$ rappresenta gli spostamenti incogniti dei nodi.

Dalla risoluzione del sistema, si calcolano gli spostamenti nodali e, da questi, si risale, successivamente, alle sollecitazioni che agiscono internamente ad ogni elemento tramite la propria matrice di rigidezza e specifiche funzioni di forma. L'analisi è condotta in regime elastico lineare con linearità geometrica del legame carichi-spostamenti.

Metodo di Verifica agli Stati Limite

La combinazione delle azioni agenti ed il relativo dimensionamento e verifica delle armature dei vari elementi strutturali sono stati eseguiti nel pieno rispetto delle indicazioni contenute nella normativa NTC 2018.

L'analisi della struttura viene condotta utilizzando il **Metodo agli Stati Limite**: tale approccio semiprobabilistico, basato sull'impiego dei coefficienti parziali, consiste nel verificare che gli effetti delle azioni di progetto non superino quelli compatibili con lo stato limite considerato.

In generale si definisce come stato limite uno stato oltre il quale l'opera, o parte di essa, non soddisfa più le esigenze di comportamento per le quali è stato progettato.

Si distinguono varie situazioni limite, completamente differenti, denominate **Stato Limite di Esercizio (SLE)** e **Stato Limite Ultimo (SLU)**.

Lo **Stato Limite Ultimo** corrisponde al valore estremo della capacità portante o forme di cedimento strutturale che possono mettere in pericolo la sicurezza delle persone.

La sicurezza strutturale nei confronti degli stati limite ultimi è garantita verificando che la capacità di progetto R_d in termini di resistenza, duttilità e/o spostamento della struttura sia maggiore del corrispondente valore di progetto della domanda E_d .

Il valore di progetto della generica azione F è ottenuto moltiplicando il suo valore caratteristico F_k per il coefficiente parziale γ_F ($F_d = F_k \gamma_F$), mentre il valore di progetto della generica proprietà f del materiale è ottenuto dividendo il valore caratteristico f_k per il coefficiente parziale del materiale γ_M ($f_d = f_k / \gamma_M$).

Nel caso di concomitanza di più sovraccarichi di origine diversa si definisce un valore di combinazione $F_k \psi_0$, ove $\psi_0 < 1$ è un opportuno coefficiente di combinazione che tiene conto della ridotta probabilità che più azioni di diversa origine si realizzino simultaneamente con il loro valore caratteristico.

Per il calcolo delle sollecitazioni limite nelle sezioni di verifica vengono utilizzati legami costitutivi σ - ϵ dei materiali di tipo non lineare.

Lo **Stato Limite di Esercizio** è uno stato superato il quale non risultano più soddisfatti i requisiti di esercizio prescritti e comprende tutte le situazioni che comportano un rapido deterioramento della struttura, (tensioni di compressione eccessive o fessurazione del calcestruzzo) o la perdita di funzionalità (deformazioni o vibrazioni eccessive). Per la verifica viene effettuata un'analisi strutturale di tipo elastica-lineare.

La capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio deve essere controllata

verificando che il valore limite di progetto associato a ciascun aspetto di funzionalità esaminato C_d sia maggiore del corrispondente valore di progetto dell'effetto delle azioni E_d .

Si definiscono tre diverse combinazioni di carico (**Rara, Frequente e Quasi-Permanente**), corrispondenti a probabilità di superamento crescenti e valori del carico progressivamente decrescenti.

Per il calcolo delle azioni e delle proprietà dei materiali si utilizzano sempre i valori caratteristici.

Per il calcolo delle tensioni nelle sezioni di verifica degli elementi, considerato che lo stato tensionale è lontano dai valori di rottura, vengono utilizzati legami costitutivi σ - ϵ dei materiali di tipo elastico lineare.

Dichiarazione di Attendibilità e Affidabilità dei risultati

Avendo esaminato preliminarmente le basi teoriche e i campi di impiego del software utilizzato, nonché i casi prova ed i prototipi, forniti dal distributore, si ritiene che il modello adottato per rappresentare le strutture in oggetto e le ipotesi di base su cui il codice di calcolo si basa, siano adeguati al caso reale e che i risultati siano attendibili e conformi a quelli ottenuti su modelli semplificati.

Per quanto non specificatamente riportato, si rimanda ai successivi capitoli della Relazione di Calcolo.

Il Tecnico
Ing. Valter Bortolin

Dati Input

Geometria e Carichi Unitari

Definite le caratteristiche geometriche degli elementi e la loro destinazione d'uso, si valutano l'entità dei carichi che agiscono su di essi, considerati uniformemente ripartiti e agenti staticamente. I carichi vanno determinati sulle "sezioni unitarie", ovvero sezioni di larghezza pari a un metro. Ad ognuna delle sezioni viene associato un codice, che ne permette l'identificazione durante tutto il corso del progetto. I carichi unitari utilizzati sono i seguenti:

Materiale	Peso Sp. [daN/m ³]
Calcestruzzo Ordinario	2399
Calcestruzzo Armato	2500
Acciaio	7849
Malta di Cemento	2099
Guaina impermeabilizzante	2000
Pavimento in Ceramica o Grés	2000

Pesi Propri

Il Peso Proprio di una sezione, viene calcolato come somma dei pesi di tutti gli elementi che lo compongono. Se la sezione è interamente in calcestruzzo, il suo peso coincide col peso del calcestruzzo che lo costituisce; altrimenti, si terrà conto non solo del peso della soletta, ma anche di quello dei travetti (siano essi gettati in opera, prefabbricati, oppure in legno) e del materiale di alleggerimento (sia esso laterizio, polistirolo).

Carichi Permanenti

I Carichi Permanenti vengono calcolati come somma dei pesi di tutti gli strati che risultano sovrapposti sulla soletta. Sono considerati carichi permanenti quelli non rimovibili durante il normale esercizio della costruzione, come tamponature esterne, tramezzi interni, massetti, isolamenti, pavimenti, intonaci, controsoffitti, etc. Essi sono valutati sulla base delle dimensioni e dei pesi specifici dei materiali.

Solai alleggeriti

Per il calcolo dei pesi propri e dei carichi permanenti, le quantità utilizzate sono le seguenti:

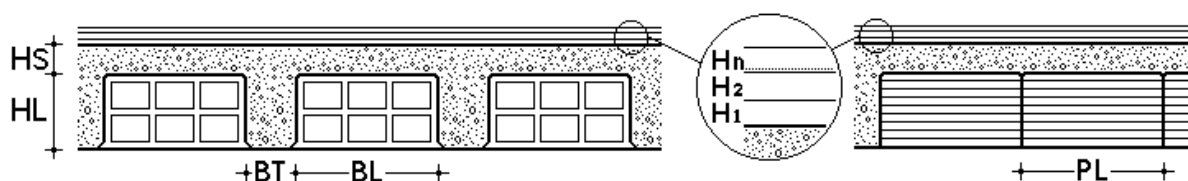
HS = Altezza della soletta

HL = Altezza dell'alleggerimento

BT = Larghezza della nervatura

BL = Larghezza dell'alleggerimento

H1,..., Hn = Spessori degli strati sovrapposti ordinati dal basso verso l'alto.



Di seguito vengono analizzati, per ciascuna sezione utilizzata, i carichi per unità di superficie dovuti al **Peso Proprio** e **Permanente**.

Sezione H12+8

Peso Soletta c.a. $8 \text{ cm (HS)} \times 100 \text{ cm (BS)} \times 2500 \text{ daN/mc} = 200 \text{ daN/mq}$

Peso Travetti c.a. $1.6 \times 12 \text{ cm (HL)} \times 24 \text{ cm (BT)} \times 2500 \text{ daN/mc} = 112 \text{ daN/mq}$

** Print ArchivioSezioniCA: EAccessViolation **

Sovraccarichi

I Sovraccarichi sono definiti in ambito normativo, in base alla destinazione d'uso del solaio, per la loro individuazione, occorre quindi fare riferimento alle specifiche tabelle delle Norme vigenti.

Le intensità minime assunte per i sovraccarichi variabili verticali ed orizzontali sono definite, per i vari tipi di ambiente, come dal prospetto seguente.

Inoltre vengono indicati i coefficienti di combinazione ψ_0, ψ_1, ψ_2 , necessari per ottenere rispettivamente i valori raro, frequente e quasi permanente dell'azione variabile corrispondente.

Codice Carico	Vert.Distrib [daN/m²]	Vert.Concent [daN]	Oriz.Lineare [daN/m]	Descrizione Carico	ψ_0	ψ_1	ψ_2
A	200	200	100	Ambienti uso residenziale	0.7	0.5	0.3
B1	200	200	100	Uffici non aperti al pubblico	0.7	0.5	0.3
B2	300	200	100	Uffici aperti al pubblico	0.7	0.5	0.3
C1	300	300	100	Aree con tavoli: Scuole, Caffè, Ristoranti	0.7	0.7	0.6
C2	400	400	200	Aree con posti a sedere fissi: Chiese, Aule	0.7	0.7	0.6
C3	500	500	300	Ambienti privi di ostacoli: Musei, Sale	0.7	0.7	0.6
C4	500	500	300	Aree quali Palestre, Sale da ballo	0.7	0.7	0.6
C5	500	500	300	Aree di affollamento: Palazzetti, Sale da co>	0.7	0.7	0.6
D1	400	400	200	Ambienti uso commerciale: Negozi	0.7	0.7	0.6
D2	500	500	200	Ambienti uso commerciale: Centri comm., Merc>	0.7	0.7	0.6
E1	600	700	100	Aree immagazzinamento: Biblioteche, Depositi,	1.0	0.9	0.8
E2	600	700	100	Ambienti uso industriale	1.0	0.9	0.8
F	250	1000	100	Rimesse veicoli leggeri, aree per traffico e>	0.7	0.7	0.6
G	500	5000	100	Rimesse veicoli medi, aree per traffico e so>	0.7	0.5	0.3
H	50	120	100	Coperture accessibili: manutenzione e ripara>	0.0	0.0	0.0
I	200	200	100	Coperture praticabili categoria A	0.0	0.0	0.0
K	500	500	300	Coperture speciali: Impianti, Eliporti	0.0	0.0	0.0
As	400	400	200	Scale comuni, Balconi, Ballatoi categoria A	0.7	0.5	0.3

Dati Solai

I Solai vengono definiti mediante le caratteristiche geometriche di Nodi e Campate, di seguito riportate:

Dati Nodi Solai

I nodi di ogni Solaio, identificano il punto medio superiore delle travi su cui poggiano le campate. Ogni nodo viene identificato attraverso una coppia di coordinate cartesiane (XN,YN) rispetto al quadrante positivo di un sistema di riferimento assoluto. Oltre le coordinate, vengono riportate la Larghezza e l'Altezza della Trave inferiore, che risultano essere nulli nel caso di estremità a sbalzo.

Nella tabella seguente vengono, dunque, riportati per ogni Solaio:

XN, YN = **Ascissa ed Ordinata del nodo**
 BTr, HTr = **Larghezza ed Altezza Trave inferiore**
 Nome = **Nome del nodo**

Solaio 1

Nodo N.	XN [cm]	YN [cm]	BTr [cm]	HTr [cm]	Nome
1	0	60	30	99	
2	400	60	30	99	
3	800	60	30	99	

Dati Campate Solai

Le campate di un Solaio sono elementi compresi tra due nodi, generalmente orizzontali, su cui gravano carichi e sovraccarichi, uniformemente distribuiti e con direzione normale alla campata stessa. Ogni campata è individuata da un nodo iniziale e da un nodo finale.

Generalmente, per lunghezze della campata superiori a 4 m, risulta definita anche una nervatura trasversale, comunemente detto "travetto rompitratta".

Dati Campate Solai alleggeriti

Ciascuna campata è caratterizzata da una propria altezza, ottenuta sommando l'altezza dell'alleggerimento e lo spessore della soletta.

Nella tabella seguente vengono, dunque, riportati, per ciascuna campata di ogni Solaio:

Camp. = **Indice del Nodo Iniziale e Finale**
 Lung = **Lunghezza di calcolo**
 HTot, HL = **Altezza Totale e Altezza Alleggerimento**
 PProS, PPropT, PPropL = **Carico dovuto, rispettivamente, al Peso Proprio della Soletta in CIs, dei Travetti e dell'Alleggerimento**
 PPro = **Carico Totale dovuto ai pesi propri**
 SPer, SVar = **Sovraccarico Permanente e Variabile**
 BTR = **Larghezza eventuale Travetto Rompitratta**

Solaio 1

Camp.	Lung [cm]	HTot [cm]	HL [cm]	PPropS [daN/m ²]	PPropT [daN/m ²]	PPropL [daN/m ²]	PPro [daN/m ²]	SPer [daN/m ²]	SVar [daN/m ²]	BTR [cm]
1-2	400	20	12	200	112	60	372	165	400	12
2-3	400	20	12	200	112	60	372	165	400	12

Azioni

Il programma, ai fini del calcolo delle sollecitazioni degli elementi, considera esclusivamente le azioni dovute ai vari carichi verticali, Peso Proprio, Carico Permanente e Sovraccarico Variabile.

Condizioni Elementari e Combinazioni dei Carichi

In accordo alle disposizioni contenute nella normativa NTC 2018, partendo dal valore caratteristico dei carichi risulta definito il "valore di progetto", così come previsto dal Metodo degli Stati Limite.

Nella fase di definizione del valore di progetto, ai carichi vengono applicati dei coefficienti detti "coefficienti parziali di sicurezza" che tengono conto di una sfavorevole deviazione del carico dal suo valore caratteristico e della ridotta probabilità che tutti i carichi agenti raggiungono il loro valore massimo simultaneamente.

Noti i valori dei carichi e sovraccarichi, per ogni campata del generico solaio, occorre determinare i valori dei massimi momenti positivi in campata e negativi agli "appoggi", ovvero i nodi in corrispondenza delle travi.

Quindi risulta necessario generare varie "Condizioni Elementari di Carico", e precisamente:

- **Condizione per Carichi Fissi (Peso Proprio + Carico Permanente)**
- **Condizioni per Sovraccarichi Variabili**

I Carichi Fissi agiscono permanentemente sul solaio, mentre i variabili si disporranno in modo tale da ottenere i valori massimi delle caratteristiche della sollecitazione flessionale sia in campata che agli appoggi.

Per ottenere i massimi momenti positivi nelle campate, basta definire due condizioni di carico: la prima che considera applicati i sovraccarichi solo sulle campate dispari e la seconda che considera applicati i carichi solo sulle campate pari. Per ottenere, invece, i massimi momenti negativi, in corrispondenza dei nodi intermedi, è necessario applicare il sovraccarico nelle due campate "convergenti" sull'appoggio e nelle altre, in modo alternativo, a scacchiera. Quindi, per solai a più campate, le predette condizioni sono pari a $2 \cdot (N_{Campate} - 1)$, mentre per solai con una sola campata (senza sbalzi), la condizione di carico prevista è unica.

Le condizioni vengono poi cumulate in modo da determinare combinazioni di carico tali da risultare più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, tenendo conto della durata prevista per ciascuna azione, della sua frequenza di verifica e della probabilità ridotta d'intervento simultaneo di tutte le azioni sfavorevoli.

Il programma, in accordo alle disposizioni della normativa NTC 2018, considera varie combinazioni di carico, nei riguardi degli **Stati Limite Ultimi (SLU)**, degli **Stati Limite d'Esercizio (SLE)**. Più precisamente sono considerate quattro combinazioni di carico (a cui corrispondono quattro stati limite con le rispettive verifiche): una allo Stato Limite Ultimo e tre agli Stati Limite d'Esercizio (Rara, Frequente, Quasi-permanente).

Le **combinazioni allo Stato Limite Ultimo** corrispondono a condizioni con carichi opportunamente amplificati, con verifiche di resistenza rispetto al collasso strutturale.

Le **combinazioni Rara, Frequente e Quasi-permanente** corrispondono a possibili condizioni d'esercizio con verifiche tensionali e di fessurazione, svolte in funzione dell'aggressività ambientale e della sensibilità delle armature, e verifiche di deformazione per garantire la funzionalità della struttura o l'aspetto estetico.

Per lo **Stato Limite Ultimo** si adottano le combinazioni del tipo:

$$F_d = \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_Q \cdot [Q_{k1} + \sum_{j=2}^N (\psi_{0j} \cdot Q_{kj})]$$

essendo:

- G_1 = Valore Caratteristico delle azioni permanenti strutturali
- G_2 = Valore Caratteristico delle azioni permanenti non strutturali
- Q_{k1} = Valore Caratteristico del sovraccarico di base di ogni combinazione
- Q_{kj} = Valori Caratteristici dei sovraccarichi tra loro indipendenti
- γ_{G1} = Coeff. di sicurezza azione permanente pari a 1.3
- γ_{G2} = Coeff. di sicurezza azione permanente pari a 1.5
- γ_Q = Coeff. di sicurezza azione variabile pari a 1.5
- ψ_{0j} = Coefficiente di Combinazione dei sovraccarichi

Per gli **Stati Limite di Esercizio** sono state prese in esame le seguenti combinazioni di carico:

Combinazione Rara $F_d = G_k + Q_{k1} + \sum_{j=2}^N (\psi_{0j} \cdot Q_{kj})$

Combinazione Frequente $F_d = G_k + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{j=2}^N (\psi_{2j} \cdot Q_{kj})$

Comb. Quasi-Permanente $F_d = G_k + \sum_{i=j}^N (\psi_{2j} \cdot Q_{kj})$

Le suddette combinazioni corrispondono ad una probabilità di superamento via via maggiore e valori del carico progressivamente minori applicando, ai valori caratteristici dei sovraccarichi, opportuni coefficienti di combinazione ψ_{0j} , ψ_{1j} , ψ_{2j} corrispondenti ad una probabilità crescente di superamento.

Sollecitazioni

Sollecitazioni Nodali Elementi

Nelle stampe successive, vengono riportate le Sollecitazioni Nodali, di ogni campata, per le varie Combinazioni di Carico, relativamente allo Stato Limite Ultimo.

Per il calcolo dei solai, le sollecitazioni sono state calcolate facendo riferimento ad una striscia di solaio avente larghezza pari a un metro.

Nelle tabelle seguenti vengono riportati, per ogni solaio e ogni campata, indicata con l'indice del nodo iniziale e finale:

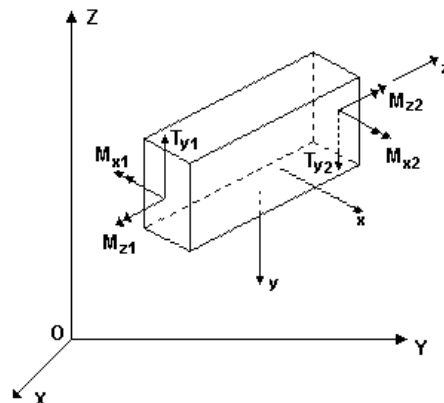
Comb.Carico = **Numero delle Combinazione di Carico**

M1 = **Momento Flettente Nodo Iniziale**

T1 = **Sforzo Tagliante Nodo Iniziale**

M2 = **Momento Flettente Nodo Finale**

T2 = **Sforzo Tagliante Nodo Finale**



Sollecitazioni Nodali Solai

Solaio 1 - marciapiede

Camp.	Comb. Carico	Estremo Iniziale		Estremo Finale	
		M1 [daNm]	T1 [daN]	M2 [daNm]	T2 [daN]
1-2	Comb.1	0	2147	-2062	-3178
	Comb.2	0	947	-2062	-1978
	Comb.3	0	1997	-2662	-3328
2-3	Comb.1	-2062	1978	0	-947
	Comb.2	-2062	3178	0	-2147
	Comb.3	-2662	3328	0	-1997

Sollecitazioni Inviluppo Elementi

I valori delle Caratteristiche della Sollecitazione, che si ottengono dalle varie combinazioni, vengono sovrapposti creando un diagramma "inviluppo", che comprende tutte le minime e massime sollecitazioni in cinque sezioni di verifica, ognuna identificata con un'ascissa z avente origine nel nodo iniziale.

Per ogni solaio e per ciascuna campata, nella sezione ad ascissa z, vengono riportati solo due valori delle sollecitazioni, massime e minime, flessionali e taglianti, riferiti a un metro di larghezza di solaio:

M Max, M Min = **Momento Flettente max e min**

T Max, T Min = **Sforzo Tagliante max e min**

Sollecitazioni Inviluppo Solai

Solaio 1 - marciapiede

Camp.	Comb.	z [cm]	M Max [daNm]	M Min [daNm]	T Max [daN]	T Min [daN]
1-2	SLU	15	307	0	1947	0
		44	816	0	1561	0
		200	1631	0	0	-666
		356	0	-1327	0	-2742
		385	0	-2178	0	-3128
1-2	Rara	15	215	0	1365	0
		44	572	0	1093	0
		200	1137	0	0	-469
		356	0	-934	0	-1930
		385	0	-1533	0	-2202
1-2	Freq.	15	165	0	1045	0
		44	437	0	831	0
		200	837	0	0	-368
		356	0	-735	0	-1518
		385	0	-1206	0	-1732

Camp.	Comb.	z [cm]	M Max [daNm]	M Min [daNm]	T Max [daN]	T Min [daN]
1-2	Q.Perm	15	145	0	917	0
		44	383	0	726	0
		200	717	0	0	-329
		356	0	-655	0	-1353
		385	0	-1075	0	-1544
2-3	SLU	15	0	-2178	3128	0
		44	0	-1327	2742	0
		200	1631	0	666	0
		356	816	0	0	-1561
		385	307	0	0	-1947
2-3	Rara	15	0	-1533	2202	0
		44	0	-934	1930	0
		200	1137	0	469	0
		356	572	0	0	-1093
		385	215	0	0	-1365
2-3	Freq.	15	0	-1206	1732	0
		44	0	-735	1518	0
		200	837	0	368	0
		356	437	0	0	-831
		385	165	0	0	-1045
2-3	Q.Perm	15	0	-1075	1544	0
		44	0	-655	1353	0
		200	717	0	328	0
		356	383	0	0	-726
		385	145	0	0	-917

Verifiche allo Stato Limite Ultimo

Generalità

Nelle stampe che seguono, vengono riportati i dati relativi al dimensionamento e la verifica delle armature dei solai, nelle sezioni di verifica, sollecitate con l'involuppo delle varie combinazioni di carico. Come già detto precedentemente, i solai sono elementi strutturali soggetti a flessione e taglio, ed è quindi necessario effettuare le verifiche di resistenza per queste sollecitazioni.

Il valore di progetto della generica proprietà f del materiale è ottenuto dividendo il valore caratteristico f_k per il coefficiente parziale del materiale γ_M : $f_d = f_k / \gamma_M$. I fattori di sicurezza parziali γ_M dei materiali valgono:

$$\gamma_c = 1.5 \text{ (per il calcestruzzo)}$$

$$\gamma_s = 1.15 \text{ (per l'acciaio)}$$

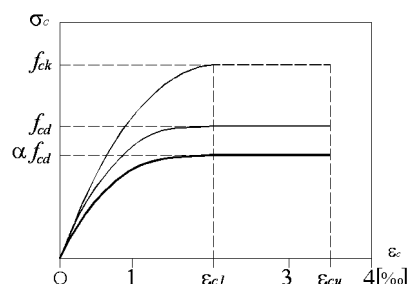
Il metodo di calcolo utilizzato, per il progetto delle armature e la verifica di resistenza dei travetti in calcestruzzo armato, è quello semiprobabilistico allo stato limite ultimo, con le ipotesi fondamentali di planarità della sezione, con resistenza nulla del calcestruzzo teso e con moduli elastici dei materiali costanti.

Diagrammi costitutivi di calcolo

Come legami costitutivi σ - ϵ dei materiali vengono utilizzati legami di tipo non lineare, così come indicato dalle Normative nazionali e dagli Eurocodici.

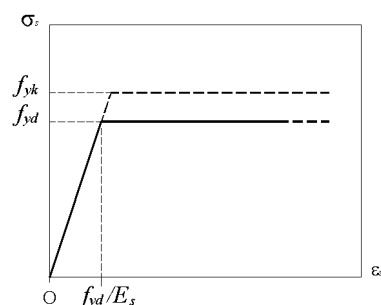
Calcestruzzo

Per il calcestruzzo, si è adottato il diagramma tensioni-deformazioni denominato parabola-rettangolo, costituito da un tratto parabolico, con asse parallelo a quello delle tensioni, ed un tratto costante. Il vertice della parabola, di tale diagramma costitutivo, ha ascissa $\epsilon_{c1} = 0.2\%$, mentre l'estremità del segmento di retta ha ascissa $\epsilon_{cu} = 0.35\%$, a cui corrisponde la deformazione limite massima; l'ordinata massima del diagramma è pari alla resistenza a compressione di progetto αf_{cd} ottenuta mediante una riduzione della resistenza caratteristica f_{ck} secondo il fattore α/γ_c con $\alpha = 0.85$ per tener conto dell'effetto dei carichi di lunga durata.



Acciaio

Per l'acciaio, invece, come legame costitutivo, si è adottato il diagramma di tipo elastico perfettamente plastico indefinito, denominato triangolo-rettangolo, ottenuto a partire dal diagramma caratteristico idealizzato, dividendo la tensione caratteristica f_{yk} per il coefficiente parziale di sicurezza dell'acciaio γ_s . Il limite di proporzionalità lineare è dato dalla tensione di snervamento di progetto f_{yd} che dipende dall'acciaio utilizzato e alla quale corrisponde la deformazione ϵ_{yd} . Il legame costitutivo dell'acciaio risulta essere simmetrico, in quanto il materiale presenta lo stesso comportamento sia a trazione che a compressione.



Criteri di Verifica

Flessione

Il raggiungimento dello stato limite ultimo per la sezione soggetta a flessione avviene, in generale, quando il calcestruzzo raggiunge il valore limite di deformazione, in corrispondenza della rottura a compressione. Particolare rilievo assume, inoltre, il raggiungimento del limite di snervamento per l'acciaio, oltre il quale non è possibile contare più su ulteriori riserve di resistenza del materiale, ma solo di deformazione.

Taglio

Per le strutture piane come i solai, dove non è prevista armatura a taglio, occorre effettuare la verifica della sezione solo nei confronti della resistenza a taglio del calcestruzzo in assenza di armatura, ovvero V_{Rd} .

Una volta individuate le armature necessarie che soddisfano la verifica a flessione, nelle sezioni in prossimità degli appoggi, il programma procede con il dimensionamento delle fasce piene in funzione del valore del taglio. In particolare, la fascia piena viene prolungata dal filo della trave inferiore, oltre il minimo imposto dal progettista, sino a quando il taglio resistente della sezione risulti superiore al valore di progetto del taglio sollecitante.

Per gli elementi sprovvisti di armature trasversali a taglio, la resistenza a taglio V_{Rd} viene valutata, secondo quanto previsto dalla normativa vigente, sulla base della resistenza a compressione del calcestruzzo, tenendo conto anche di alcuni fattori, come la forma della sezione, la presenza dell'armatura longitudinale tesa e la presenza di un eventuale sforzo normale, che ne incrementano il valore.

$$V_{Rd} = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

dove:

$$\begin{aligned} k &= 1 + (200/d)^{1/2} = \text{Fattore che tiene conto dell'altezza utile } d \text{ della sezione } (\leq 2) \\ \rho_1 &= A_{sl} / (b_w \cdot d) = \text{Rapporto geometrico di armatura longitudinale } (\leq 0,02) \\ \sigma_{cp} &= N_{Ed} / A_c = \text{Tensione media di compressione nella sezione } (\leq 0,2f_{cd}) \\ b_w &= \text{Larghezza minima della sezione, espressa in mm} \\ d &= \text{Altezza utile della sezione, espressa in mm} \\ f_{ck} &= \text{Resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo} \end{aligned}$$

In questo caso il modello di calcolo utilizzato è il "modello a pettine" che schematizza la sezione come l'insieme di mensole in calcestruzzo (come fossero i denti di un pettine), comprese tra due fessure di taglio consecutive, connesse tra loro mediante il corrente superiore di calcestruzzo compresso (il dorso del pettine). La resistenza a taglio in assenza di armatura trasversale è legata al collasso di tale modello.

Criteri di Dimensionamento delle Armature

Il progetto delle armature dei solai viene eseguito per ciascuna campata nelle sezioni più significative, ovvero, in cinque sezioni di verifica così definite:

- Sezione filo trave inferiore a sinistra
- Sezione fine fascia piena a sinistra
- Sezione momento massimo positivo
- Sezione fine fascia piena a destra
- Sezione filo trave inferiore a destra

In generale, ognuna delle sezioni di verifica è univocamente identificata da una coordinata locale, avente l'origine nel primo nodo di estremo dell'elemento considerato.

Nelle sezioni esaminate, in funzione dei massimi momenti positivi e negativi, ricavati dall'involuppo delle sollecitazioni, che derivano dalle varie ipotesi di carico, vengono calcolate le aree necessarie di ferro, mediante formule dirette di semiprogetto, con il metodo degli stati limite.

Vengono, quindi, disposte le armature utilizzando le aree commerciali relative ai tondini scelti, soddisfacendo sia i minimi imposti dalle normative che quelli imposti dalle specifiche di progetto. Le verifiche dei vari elementi, vengono, quindi, effettuate considerando l'effettiva armatura reale.

Nella distinta delle armature longitudinali vengono riportate le armature da inserire nel singolo travetto, mentre, per le solette piene, viene riportata l'armatura riferita ad un metro di larghezza.

Verifiche di Resistenza

Le verifiche di resistenza vengono condotte secondo i principi teorici e normativi enunciati in precedenza. L'effettiva verifica della sezione si attua controllando che le caratteristiche di resistenza siano superiori ai valori di sollecitazione agenti.

Verifiche di Resistenza Solai alleggeriti

Per ogni elemento del presente progetto, sia esso realizzato con travetti gettati in opera o prefabbricati, per le sezioni di verifica più significative e per le travi di contrappeso degli sbalzi d'angolo, vengono riportati nelle tabelle i valori seguenti:

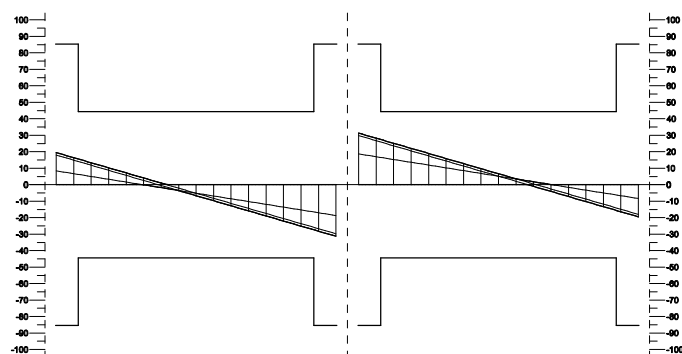
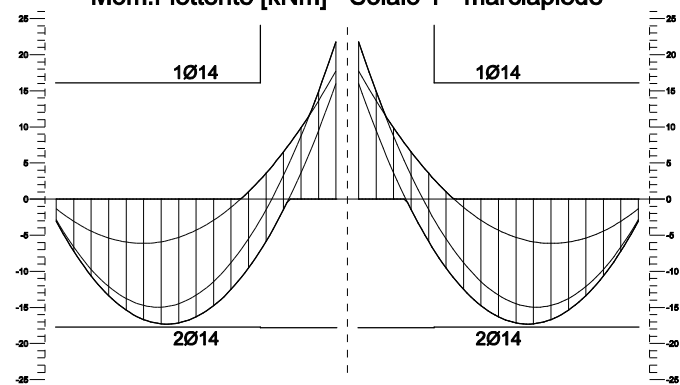
- z = **Ascissa Sezione considerata**
 A_{fs}, A_{fi} = **Area Effettiva Armatura Ferri Superiori e Inferiori, considerati per ciascun travetto nel caso di solai alleggeriti**
 M_{rs}, M_{ri} = **Momento Flettente Resistente Superiore e Inferiore**
 M_s, M_i = **Momento Flettente Massimo Superiore e Inferiore**
 T_r = **Taglio Resistente**
 T = **Taglio Massimo**
 $\lambda M_s, \lambda M_i, \lambda T$ = **Coefficienti di sicurezza**
 E = **Esito della verifica, pari a "V" se risulta verificato e "X" se non verificato**

La verifica è riportata, altresì, graficamente mediante illustrazione dei diagrammi delle sollecitazioni di progetto e resistenti per ogni solaio oggetto di verifica.

Verifica delle Armature Solai con travetti gettati in opera

Solaio 1 - marciapiede

Camp.	z [cm]	A_{fs} [cm ²]	A_{fi} [cm ²]	M_{rs} [daNm]	M_s [daNm]	λM_s	M_{ri} [daNm]	M_i [daNm]	λM_i	T_r [daN]	T [daN]	λT	E
1-2	15	2.3	3.1	---	0	---	1772	307	5.8	8533	1947	4.4	V
	44	2.3	3.1	---	0	---	1772	816	2.2	4437	1561	2.8	V
	200	2.3	3.1	---	0	---	1772	1631	1.1	4437	-666	6.7	V
	356	4.3	3.1	-3668	-1327	2.8	---	0	---	4437	-2742	1.6	V
	385	4.3	3.1	-3820	-2178	1.8	---	0	---	8533	-3128	2.7	V
2-3	15	4.3	3.1	-3820	-2178	1.8	---	0	---	8533	3128	2.7	V
	44	4.3	3.1	-3668	-1327	2.8	---	0	---	4437	2742	1.6	V
	200	2.3	3.1	---	0	---	1772	1631	1.1	4437	666	6.7	V
	356	2.3	3.1	---	0	---	1772	816	2.2	4437	-1561	2.8	V
	385	2.3	3.1	---	0	---	1772	307	5.8	8533	-1947	4.4	V

*Diagrammi delle Sollecitazioni di Calcolo e Resistenti Solai con travetti gettati in opera***Sforzo Tagliante [kN] - Solaio 1 - marciapiede****Mom.Flettente [kNm] - Solaio 1 - marciapiede**

Verifiche allo Stato Limite di Esercizio

Le verifiche allo Stato Limite di Esercizio servono a garantire che la struttura, durante la sua vita utile, resista alle azioni a cui è sottoposta, mantenendo integra la sua funzionalità ed il suo aspetto estetico. Bisogna pertanto considerare tutte quelle situazioni di normale impiego, che possono comportare un rapido deterioramento della struttura, limitando tensioni e deformazioni e controllando lo stato fessurativo del calcestruzzo.

Verifiche di Esercizio Solai alleggeriti

Si individuano tre diversi stati limite di esercizio per l'opera, a cui corrispondono le rispettive verifiche:

Verifiche di Tensione
Verifiche di Deformazione
Verifiche di Fessurazione

Verifiche di Tensione

La verifica delle tensioni di esercizio consente di limitare le tensioni di lavoro massime nel calcestruzzo e nell'acciaio, in modo da evitare i fenomeni fessurativi nel calcestruzzo e lo snervamento dell'acciaio. E' necessario, pertanto, controllare che le tensioni di lavoro massime, σ_c nel calcestruzzo compresso e σ_s nell'acciaio teso, rispettino le seguenti condizioni:

$$\sigma_{c,max} \leq 0.60 f_{ck} \text{ per combinazione "Rara"}$$

$$\sigma_{c,max} \leq 0.45 f_{ck} \text{ per combinazione "Quasi - Permanente"}$$

$$\sigma_{s,max} \leq 0.80 f_{yk} \text{ per combinazione "Rara" e "Quasi - Permanente"}$$

Di seguito si riportano le verifiche di tensione, in corrispondenza dell'ascissa z , indicando i seguenti valori:

N_{z+}, N_{z-} = **Sforzo Normale Max di Compressione e di Trazione lungo l'asse z**

M_x, M_y = **Momenti Flettenti attorno all'asse x e y**

σ_c, σ_s = **Tensione massima di lavoro del Calcestruzzo e dell'Acciaio**

λ_c, λ_s = **Coefficiente di sicurezza, dato dal rapporto tra la tensione limite e la massima tensione di lavoro del Calcestruzzo e dell'Acciaio**

E = **Esito della verifica, pari a "V" se risulta verificato e "X" se non verificato**

Verifiche delle Tensioni di Esercizio Solai alleggeriti

Solaio 1 - marciapiede

			Verifiche di Tensione												E
Campata	Sezione	z [cm]	Combinazione Rara						Combinazione Quasi - Permanente						
			Mx+ [daNm]	Mx- [daNm]	σC [daN/cm²]	σS [daN/cm²]	λC	λS	Mx+ [daNm]	Mx- [daNm]	σC [daN/cm²]	σS [daN/cm²]	λC	λS	
1-2	H12+8	15	215	0	7	491	20.8	7.3	145	0	5	330	23.1	10.9	V
		44	572	0	19	1303	7.8	2.8	383	0	13	874	8.7	4.1	V
		200	1137	0	38	2592	3.9	1.4	717	0	24	1634	4.7	2.2	V
		356	0	-934	40	1019	3.8	3.5	0	-655	28	715	4.0	5.0	V
		385	0	-1533	37	1614	4.0	2.2	0	-1075	26	1132	4.3	3.2	V
2-3	H12+8	15	0	-1533	37	1614	4.0	2.2	0	-1075	26	1132	4.3	3.2	V
		44	0	-934	40	1019	3.8	3.5	0	-655	28	715	4.0	5.0	V
		200	1137	0	38	2592	3.9	1.4	717	0	24	1634	4.7	2.2	V
		356	572	0	19	1303	7.8	2.8	383	0	13	874	8.7	4.1	V
		385	215	0	7	491	20.8	7.3	145	0	5	330	23.1	10.9	V

Verifiche di Deformazione

Per limitare le deformazioni eccessive degli elementi strutturali inflessi è necessario controllare che il rapporto tra la luce della campata e l'altezza della sezione L/h sia inferiore al corrispondente valore limite, che può essere calcolato mediante la seguente espressione:

$$(L/h)_{lim} = K \cdot [11 + (0.0015 \cdot f_{ck}) / (\rho_1 + \rho_2)] \cdot [(500 \cdot A_{s,eff}) / f_{yk} \cdot A_{s,calc}]$$

dove:

K = **Coefficiente correttivo funzione dello schema strutturale adottato, come riportato in tabella:**

Sistema Strutturale	K
Travi o piastre semplicemente appoggiate	1.0
Travi o piastre continue (campate terminali)	1.3
Travi o piastre continue (campate intermedie)	1.5
Mensole	0.4

Resistenza caratteristica a compressione del calcestruzzo, espressa in N/mm^2

Tensione di snervamento caratteristica dell'armatura, espressa in N/mm^2

Rapporti geometrici di armatura, rispettivamente, tesa e compressa

Armatura tesa effettivamente disposta nella sezione considerata

Armatura di calcolo richiesta nella stessa sezione per ottenere il momento resistente ultimo

Il rapporto geometrico d'armatura tesa ρ_1 e compressa ρ_2 , è dato dalla seguente espressione generale:

$$\rho = A_s / b_w \cdot d$$

dove:

A_s = **Area Effettiva Armatura Tesa o Compressa**

b_w = **Larghezza Minima della sezione**

d = **Altezza Utile della sezione**

Ricordiamo inoltre che ρ_1 rappresenta un indicatore della sollecitazione del calcestruzzo ed assume valori inferiori allo 0.5% (se il calcestruzzo è poco sollecitato) e superiori all' 1.5% (se è molto sollecitato).

Verifiche di Fessurazione

Per le strutture in calcestruzzo armato soggette a flessione, taglio e torsione, il fenomeno della fessurazione è quasi inevitabile, ma può essere limitato assicurando un sufficiente ricoprimento delle armature in zona tesa con calcestruzzo di buona qualità e garantendo un'area minima d'armatura longitudinale, calcolata mediante la seguente espressione:

$$A_s = k_c \cdot k \cdot f_{ct, eff} \cdot (A_{ct} / \sigma_s)$$

dove:

k_c = **Coefficiente che tiene conto del tipo di distribuzione delle tensioni all'interno della sezione subito prima della fessurazione, pari a 0.4 per flessione senza forza di compressione assiale e 1.0 per trazione pura**

k = **Coefficiente che tiene conto degli effetti delle tensioni auto-equilibrate non uniformi, pari a 0.8, fatta eccezione per sezioni rettangolari di altezza superiore a 80 cm, per le quali assume invece valore pari a 0.5**

$f_{ct, eff}$ = **Resistenza efficace a trazione del calcestruzzo, all'apertura delle fessure, pari a 30 daN/cm²**

A_{ct} = **Area di calcestruzzo nella zona tesa, prima della fessurazione, in cm²**

σ_s = **Tensione massima nell'armatura all'apertura delle fessure, pari a 0.9 f_{yk} , in daN/cm²**

Le verifiche di fessurazione prevedono il controllo di successivi stati limite, definiti dalle norme come:

- **Stato limite di decompressione**, in cui la tensione normale è ovunque di compressione;
- **Stato limite di formazione delle fessure**, in cui il calcestruzzo raggiunge la massima tensione di fessurazione, in corrispondenza della quale, si ha la formazione della prima fessura;
- **Stato limite di apertura delle fessure**, in cui l'ampiezza della fessura raggiunge il valore nominale massimo, definito in base alle caratteristiche ambientali ed il grado di sollecitazione del calcestruzzo.

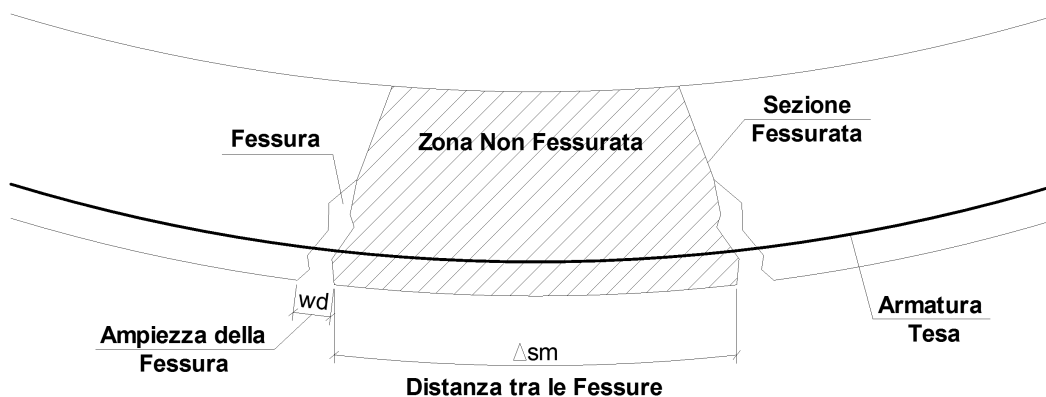
Per gli elementi strutturali costituenti l'edificio vengono verificati gli stati limite di fessurazione, in ordine di severità crescente, controllando, per ciascuna combinazione di carico considerata, gli stati limite di formazione e di apertura della fessura.

In base alle prescrizioni normative, si ha formazione delle fessure quando la tensione di trazione del calcestruzzo, nella fibra più sollecitata, (calcolata in base alle caratteristiche geometriche e meccaniche della sezione omogeneizzata non fessurata) raggiunge il valore limite:

$$\sigma_t = f_{ctm} / 1.2$$

essendo f_{ctm} la resistenza media a trazione, precedentemente definita al capitolo di pertinenza.

Una volta innescata la fessurazione è necessario valutare l'ampiezza delle fessure, in funzione delle deformazioni medie dell'armatura tesa e della distanza media tra le fessure stesse.



L'espressione che può essere utilizzata, per determinare l'ampiezza delle fessure, è la seguente:

$$w_k = 1.7 \cdot \Delta_{sm} \cdot \varepsilon_{sm}$$

essendo:

$$\Delta_{sm} = 3.4 \cdot c + 0.425 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \phi / \rho_r$$

$$\varepsilon_{sm} = (\sigma_s / E_s) \cdot [1 - (k_t \cdot f_{ctm}) \cdot (1 + (E_s / E_{cm}) \cdot \rho_r) / (\sigma_s \cdot \rho_r)]$$

dove:

Δ_{sm} = Distanza media tra le fessure, in mm

ε_{sm} = Deformazione media dell'armatura tesa, per la combinazione di carico considerata

c = Ricoprimento dell'armatura, in mm

k_1 = Coefficiente che tiene conto dell'aderenza delle armature, pari a 0.8 per barre ad aderenza migliorata e 1.6 per barre lisce

k_2 = Coefficiente che tiene conto della forma del diagramma delle deformazioni ed è pari a 0.5 per flessione e ad 1.0 per trazione pura

ϕ = Diametro delle barre d'armatura, in mm

ρ_r = Percentuale d'armatura tesa riferita all'area efficace di calcestruzzo, pari ad $A_s / A_{c,eff}$

σ_s = Tensione nell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata, in N/mm^2

E_s = Modulo di elasticità dell'acciaio, in N/mm^2

k_t = Fattore dipendente dalla durata del carico, pari a 0.4 per carichi di lunga durata e 0.6 per carichi di breve durata

f_{ctm} = Resistenza media a trazione del calcestruzzo, in N/mm^2

E_{cm} = Modulo di elasticità del calcestruzzo, in N/mm^2

La verifica di apertura delle fessure si ritiene soddisfatta se l'ampiezza della fessura risulta inferiore al corrispondente valore limite. La normativa NTC 2018 prevede tre diverse ampiezze limite, rispettivamente pari a:

$$w_1 = 0.2 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0.3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0.4 \text{ mm}$$

La scelta del valore limite deve essere fissato compatibilmente con le condizioni ambientali e con il grado di sensibilità delle armature alla corrosione ed in funzione della combinazione di carico considerata, come riportato nella seguente tabella:

Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
		Sensibile		Poco sensibile	
		Stato limite	w_k	Stato limite	w_k
Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
	quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
	quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
	quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Per comodità di stampa, si riportano nel seguito, in un'unica tabella, sia le verifiche di fessurazione che quelle di deformazione.

Per ogni solaio, campata per campata, nota l'area di armatura disposta in fase di progettazione, vengono riportati, nelle due sezioni di estremità ed in quella in campata, all'ascissa z , i seguenti valori:

ρ_s, ρ_i = Rapporto geometrico d'armatura superiore e inferiore

L/h = Rapporto tra la luce e l'altezza della sezione

L/h_{lim} = Valore limite del Rapporto Luce/Altezza

Momento Flettente Max Positivo e Negativo**Ampiezza della Fessura****Valore Limite dell'Ampiezza della Fessura****Coefficiente di sicurezza pari, in generale, al rapporto tra il corrispondente valore limite e quello di calcolo (se non si ha apertura della fessura, ovvero w_d risulta nullo, il valore di λ non viene riportato)****Esito della verifica, pari a "V" se risulta verificato e "X" se non verificato****Verifiche di Deformazione e Fessurazione Solai alleggeriti****Solaio 1 - marciapiede**

			Verifiche di Deformazione					Verifiche di Fessurazione										
Campata	Sezione	z [cm]	ρs [%]	ρi [%]	L/h	L/h lim.	λ	Combinazione Frequente					Combinazione Quasi - Permanente					E
								Mx+ [daNm]	Mx- [daNm]	wk [mm]	w lim. [mm]	λ	Mx+ [daNm]	Mx- [daNm]	wk [mm]	w lim. [mm]	λ	
1-2	H12+8	15	0.12	0.17	18.50	99.99	10.7	165	0	0.00	0.4	---	145	0	0.00	0.3	---	V
		44	0.52	0.71	18.50	44.07	2.4	437	0	0.04	0.4	9.6	383	0	0.03	0.3	9.4	V
		200	0.52	0.71	18.50	22.04	1.2	837	0	0.11	0.4	3.5	717	0	0.09	0.3	3.3	V
		356	0.97	0.70	18.50	52.83	2.9	0	-735	0.02	0.4	16.8	0	-655	0.02	0.3	15.5	V
		385	0.23	0.17	18.50	51.69	2.8	0	-1206	0.03	0.4	15.2	0	-1075	0.01	0.3	25.0	V
2-3	H12+8	15	0.23	0.17	18.50	51.69	2.8	0	-1206	0.03	0.4	15.2	0	-1075	0.01	0.3	25.0	V
		44	0.97	0.70	18.50	52.83	2.9	0	-735	0.02	0.4	16.8	0	-655	0.02	0.3	15.5	V
		200	0.52	0.71	18.50	22.04	1.2	837	0	0.11	0.4	3.5	717	0	0.09	0.3	3.3	V
		356	0.52	0.71	18.50	44.07	2.4	437	0	0.04	0.4	9.6	383	0	0.03	0.3	9.4	V
		385	0.12	0.17	18.50	99.99	10.7	165	0	0.00	0.4	---	145	0	0.00	0.3	---	V



Piano di Manutenzione

Generalità

Il presente **Piano di Manutenzione** prevede, pianifica e programma l'attività di manutenzione delle parti strutturali, al fine di mantenere nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico dell'opera. Esso si articola nei seguenti documenti operativi:

Manuale d'Uso
Manuale di Manutenzione
Programma di Manutenzione

Trattandosi, nel caso specifico, della progettazione di solai, scale e sbalzi, nel seguito si farà esplicito riferimento a questa particolare tipologia di strutture, fornendo le indicazioni necessarie per una corretta manutenzione edile.

Manuale d'Uso

Descrizione e collocazione nell'intervento

I solai costituiscono un sistema costruttivo, usato per la realizzazione di strutture orizzontali. Essi hanno la funzione di sostegno diretto dei carichi di esercizio (carichi fissi e variabili), agenti ortogonalmente al piano e uniformemente distribuiti su di esso, ed assicurano, un'adeguata resistenza e un buon livello di isolamento termico ed acustico.

I solai misti rappresentano una tipologia di solai caratterizzati dall'assemblaggio di elementi portanti, costituiti dal calcestruzzo opportunamente armato o da travi in legno, e da eventuali elementi di alleggerimento, costituiti generalmente da blocchi in laterizio.

Nel caso di solai alleggeriti, il calcestruzzo e l'armatura prendono posto all'interno delle nervature tra i blocchi di alleggerimento e possono essere assemblati direttamente in opera, oppure preconfezionati in un unico elemento detto "travetto", posto successivamente all'interno della nervature. I blocchi in laterizio hanno prevalentemente una funzione di alleggerimento e per questo vengono definiti "blocchi non collaboranti". Tuttavia esistono dei blocchi che possono collaborare alla funzione statica del calcestruzzo e per questo vengono definiti "blocchi collaboranti".

Talvolta tali blocchi d'alleggerimento possono essere in materiali con più spiccate caratteristiche di leggerezza e coibenza, come per esempio il polistirolo espanso.

Gli elementi portanti e i blocchi di alleggerimento vanno collegati mediante un getto di completamento di calcestruzzo, dando vita all'elemento solaio vero e proprio.

Le dimensioni finali del solaio, ovvero il suo spessore così come il tipo e il numero di armature disposte, dipendono dalle dimensioni delle caratteristiche degli elementi che lo costituiscono, nonché dai carichi agenti su di esso, dalla luce di calcolo e dallo schema strutturale adottato per l'analisi.

Per i dettagli tecnici e per la collocazione dei diversi elementi fare riferimento alle Tavole dei Disegni ed ai Particolari Costruttivi.

Modalità di uso corretto

E' importante tenere presente che i sovraccarichi variabili massimi sono stati definiti, in fase progettuale, in funzione della destinazione d'uso dell'opera. Pertanto, in caso di modifiche della destinazione d'uso o di una eventuale nuova ipotesi di sovraccarichi, occorrerà interpellare un tecnico qualificato.

Non è consentito apportare modifiche o comunque compromettere l'integrità delle strutture esistenti (fori, tagli o altro) per nessuna ragione, se non autorizzate da tecnici abilitati. Occorre controllare periodicamente il grado di usura delle parti a vista, al fine di riscontrare eventuali anomalie, come presenza di lesioni, rigonfiamenti, avallamenti, fessurazioni, disgregazioni, distacchi, riduzione del copriferro e relativa esposizione a processi di corrosione dei ferri d'armatura. In caso di accertata anomalia occorre consultare al più presto un tecnico abilitato.

Manuale di Manutenzione

Risorse necessarie per l'intervento manutentivo

Per eseguire le manutenzioni, contemplate nel presente piano di manutenzione dell'opera, occorre affidarsi ad idonea impresa edile.

Livello minimo delle prestazioni

In sede di collaudo deve essere verificato che la freccia massima risulti inferiore a quella teorica consentita. Il controllo della freccia massima avviene sullo strato portante o impalcato strutturale, sottoposto al peso proprio, a quello permanente dovuto agli altri strati ed elementi costituenti il solaio e ai carichi variabili, ipotizzati per l'utilizzo, in funzione della destinazione d'uso dei locali. Le deformazioni, così valutate, devono risultare compatibili con le condizioni di esercizio del solaio e degli elementi costruttivi ed impiantistici ad esso collegati, secondo i limiti imposti dalle norme vigenti.

I solai devono essere idonei a contrastare efficacemente il prodursi di rotture o deformazioni di una certa entità in conseguenza di azioni e sollecitazioni meccaniche, in modo da assicurare la durata e la funzionalità nel tempo, senza pregiudicare la sicurezza all'utenza. A tal fine si considerano le seguenti azioni: carichi dovuti al peso proprio e di esercizio, sollecitazioni sismiche, carichi dovuti a dilatazioni termiche, assestamenti e deformazioni di strutture portanti. Gli eventuali cedimenti e/o deformazioni devono essere compensati da sistemi di giunzione e connessione.

In ogni caso, in relazione alla funzione strutturale, le caratteristiche dei solai devono corrispondere a quelle prescritte dalle leggi e normative vigenti. Le prestazioni sono generalmente affidate allo strato o elementi portanti. I parametri di valutazione della prestazione possono essere il sovraccarico ammissibile espresso in daN/m^2 , oppure la luce limite di esercizio. Per i livelli minimi prestazionali si rimanda alle norme vigenti in materia al momento della progettazione.

Le superfici dei materiali costituenti i solai non devono presentare fessurazioni a vista, né screpolature o sbollature superficiali.

Anomalie riscontrabili

Avvallamenti o pendenze anomale dei pavimenti: presenza di zone della pavimentazione con avvallamenti e pendenze anomale, che ne pregiudicano la planarità. Nei casi più gravi sono indicatori di dissesti statici e di probabile collasso strutturale.

Deposito superficiale: accumulo di pulviscolo atmosferico o di altri materiali estranei, di spessore variabile, poco coerente e poco aderente alla superficie del rivestimento.

Disgregazione: decoesione caratterizzata da distacco di granuli o cristalli sotto minime sollecitazioni meccaniche.

Distacco: disgregazione e distacco di parti notevoli di materiale, che può manifestarsi anche mediante espulsione di elementi prefabbricati dalla loro sede.

Esposizione dei ferri di armatura: distacchi di parte di calcestruzzo superficiale (copriferro) ed esposizione dei relativi ferri di armatura a fenomeni di corrosione, per l'azione degli agenti atmosferici.

Erosione superficiale: asportazione di materiale dalla superficie, dovuta a processi di natura diversa. Quando siano note le cause del degrado, possono essere utilizzati anche termini come: erosione per abrasione o per corrosione (cause meccaniche), erosione per corrosione (cause chimiche e biologiche), erosione per usura (cause antropiche).

Fessurazioni: degradazione che si manifesta con la formazione di soluzioni di continuità del materiale, ovvero, presenza di rotture singole, ramificate, ortogonali o parallele all'armatura, che possono interessare l'intero spessore dell'elemento strutturale ed implicare lo spostamento reciproco delle parti.

Lesioni: si manifestano con l'interruzione del tessuto murario. Le caratteristiche e l'andamento ne caratterizzano l'importanza e il tipo. In particolare, le lesioni dei tramezzi possono essere causate da eccessive deformazioni dei solai sovrastanti e sottostanti.

Mancanza: caduta e perdita di parti di materiale del manufatto.

Patina biologica: strato sottile, morbido e omogeneo, aderente alla superficie e di evidente natura biologica, di colore variabile, per lo più verde. La patina biologica è costituita prevalentemente da microrganismi cui possono aderire polvere e terriccio.

Sfondellamento dei laterizi: si manifesta con la rottura della parte inferiore del laterizio, dovuta ad una cattiva realizzazione dell'elemento in corso d'opera, o all'impiego di intonaci troppo ricchi di cemento e di spessore elevato (circa 2 cm), che causa la fessurazione del travetto a causa del ritiro della malta cementizia.

Umidità: presenza di umidità dovuta spesso a risalita capillare, o comparsa di macchie dovute ad assorbimento di acqua.

Manutenzioni eseguibili direttamente dall'utente

Nessuna manutenzione può essere eseguita direttamente dall'utente, se non i controlli a vista dello stato di conservazione del manufatto, trattandosi di lavori da affidare a impresa edile. In particolare, potrà essere individuata la eventuale presenza di processi di corrosione con progressiva riduzione del copriferro, o la comparsa di lesioni, fessurazioni o avallamenti.

Manutenzioni eseguibili a cura di personale specializzato

Consolidamento solaio: a seguito di eventi straordinari (dissesti, cedimenti) o a cambiamenti architettonici di destinazione o dei sovraccarichi.

Ritinteggiatura del soffitto: ritinteggiature delle superfici del soffitto con nuove pitture, previa carteggiatura e sverniciatura, stuccatura di eventuali microfessurazione e/o imperfezioni e preparazione del fondo mediante applicazione, se necessario, di prevernici fissanti. Le modalità di ritinteggiatura, i prodotti, le attrezzature variano, comunque, in funzione delle superfici e dei materiali costituenti.

Interventi Strutturali: in seguito alla comparsa di segni di cedimenti strutturali (lesioni, fessurazioni, rotture), occorrerà consultare tecnici qualificati, per effettuare accurati accertamenti per la diagnosi e la verifica delle strutture. Una volta individuate la causa/effetto del dissesto, occorrerà procedere al consolidamento delle parti necessarie, a secondo del tipo di dissesto riscontrato.

Programma di Manutenzione

Sottoprogramma delle Prestazioni

Il sottoprogramma delle Prestazioni prende in considerazione, per ciascuna classe di requisito di seguito riportata, le prestazioni fornite dall'opera nel corso del suo ciclo di vita.

Stabilità

Le strutture orizzontali, sotto l'effetto di carichi permanenti e variabili devono assicurare stabilità e resistenza. La durabilità nel tempo deve essere garantita in funzione della classe di esposizione prevista in fase di progetto, in modo da garantire la giusta resistenza alle diverse sollecitazioni di esercizio.

Gli elementi strutturali non dovranno presentare fessurazioni o altre alterazioni superficiali. Per i livelli minimi prestazionali si rimanda alle norme vigenti in materia al momento della progettazione.

I solai devono contrastare in modo efficace la manifestazione di eventuali rotture, o deformazioni rilevanti, causate dall'azione di possibili sollecitazioni, in modo da assicurare la durata e la funzionalità nel tempo senza pregiudicare la sicurezza all'utenza.

La freccia di inflessione rappresenta il parametro attraverso il quale viene giudicata la deformazione sotto carico e la sua elasticità. Il controllo della freccia massima avviene sullo strato portante, o impalcato strutturale, che viene sottoposto al peso proprio, a quello degli altri strati ed elementi costituenti il solaio (sovraccarichi permanenti) e a quello delle persone e delle attrezzature ipotizzati per l'utilizzo (sovraccarichi variabili).

Estetici

I materiali costituenti i solai devono avere gli strati superficiali in vista privi di difetti, fessurazioni, distacchi, ecc. e/o comunque esenti da caratteri che possano rendere difficile la lettura formale.

Le superfici dei materiali costituenti i solai non devono presentare fessurazioni a vista, nè screpolature o sbollature superficiali. Le coloriture devono essere omogenee e non presentare tracce di ripresa di colore, che per altro saranno tollerate solamente su grandi superfici.

Isolamento Termico

La prestazione di isolamento termico è da richiedere quando il solaio separa due ambienti sovrapposti, nei quali possono essere presenti stati termici differenti. Si calcola, in fase di progetto, attraverso il calcolo della termotrasmittanza.

La valutazione delle prestazioni effettive può essere fatta in opera, con il metodo dei termoflussimetri. Il valore della termotrasmittanza è influenzato soprattutto dallo strato portante.

Sottoprogramma dei Controlli

Il sottoprogramma dei Controlli definisce il programma delle verifiche e dei controlli, al fine di rilevare il livello prestazionale (qualitativo e quantitativo) nei successivi momenti della vita dell'opera. Per i controlli di seguito riportati è previsto, esclusivamente, un tipo di controllo a vista.

Controllo della integrità delle strutture portanti

*Il controllo dell'integrità delle strutture portanti, va eseguito individuando la presenza di eventuali anomalie come: fessurazioni, disgregazioni, distacchi, riduzione del copriferro e relativa esposizione a processi di corrosione dei ferri d'armatura. **Frequenza del controllo: annuale.***

Controllo delle parti in vista dei solai

*Le parti in vista dei solai, vanno controllate al fine di ricercare eventuali anomalie che possano anticipare l'insorgenza di fenomeni di dissesto e/o cedimenti strutturali (fessurazioni, lesioni, avallamenti, ecc.). **Frequenza del controllo: annuale.***

Controlli strutturali dettagliati

*Controlli strutturali approfonditi vanno effettuati in occasione di manifestazioni e calamità naturali (sisma, nubifragi, ecc.) o manifestarsi di smottamenti circostanti. **Frequenza del controllo: all'occorrenza.***

Sottoprogramma degli Interventi di Manutenzione

Consolidamento solai

*Consolidamento di solai in seguito ad eventi straordinari (dissesti, cedimenti) o a cambiamenti architettonici, di destinazione o dei sovraccarichi. Anche tale intervento va progettato da tecnico abilitato ed eseguito da impresa idonea. **Frequenza dell'intervento: all'occorrenza.***

Interventi sulle strutture portanti

*Gli interventi riparativi devono effettuarsi a seconda del tipo di anomalia riscontrata e previa diagnosi delle cause del difetto accertato. La diagnosi deve essere resa dal tecnico abilitato, che riporterà, in elaborati esecutivi, gli interventi necessari. **Frequenza dell'intervento: all'occorrenza.***

Ripresa puntuale fessurazioni

*Ripresa puntuale delle fessurazioni e dei rigonfiamenti localizzati sulla superficie di rivestimento dei solai. **Frequenza dell'intervento: all'occorrenza.***

Ritinteggiatura del soffitto

*Ritinteggiature delle superfici del soffitto con nuove pitture previa carteggiatura e sverniciatura, stuccatura di eventuali microfessurazione e/o imperfezioni e preparazione del fondo mediante applicazione, se necessario, di prevernici fissanti. Le modalità di ritinteggiatura, i prodotti, le attrezzature variano comunque in funzione delle superfici e dei materiali costituenti. **Frequenza dell'intervento: all'occorrenza.***

***Il Tecnico
Ing. Valter Bortolin***