
1**SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE**

La presente norma definisce i criteri per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo dei pavimenti di calcestruzzo ad uso industriale, denominati anche "pavimenti industriali", costituiti da una piastra di calcestruzzo e da eventuali trattamenti superficiali atti a migliorare le prestazioni della superficie.

La presente norma non si applica a pavimentazioni di calcestruzzo per uso stradale o aeroportuale.

2**RIFERIMENTI NORMATIVI**

La presente norma rimanda, mediante riferimenti datati e non, a disposizioni contenute in altre pubblicazioni. Tali riferimenti normativi sono citati nei punti appropriati del testo e sono di seguito elencati. Per quanto riguarda i riferimenti datati, successive modifiche o revisioni apportate a dette pubblicazioni valgono unicamente se introdotte nella presente norma come aggiornamento o revisione. Per i riferimenti non datati vale l'ultima edizione della pubblicazione alla quale si fa riferimento (compresi gli aggiornamenti).

UNI 6131	Prelevamento campioni di calcestruzzo indurito
UNI 6393	Controllo della composizione del calcestruzzo fresco
UNI 7122	Calcestruzzo fresco - Determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata
UNI 7998	Edilizia - Pavimentazioni - Terminologia
UNI 8520-2	Aggregati per confezione di calcestruzzi - Parte 2: Requisiti
UNI 8520-8	Aggregati per confezione di calcestruzzi - Parte 8: Determinazione del contenuto di grumi di argilla e particelle friabili
UNI 8656	Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione - Classificazione e requisiti
UNI 8981-7	Durabilità delle opere e manufatti di calcestruzzo - Parte 7: Istruzioni per la progettazione, la confezione e messa in opera del calcestruzzo
UNI 9417	Calcestruzzo fresco - Classificazione della consistenza
UNI 10765	Additivi per impasti cementizi - Additivi multifunzionali per calcestruzzo - Definizioni, requisiti e criteri di conformità
UNI 11037	Fibre di acciaio da impiegare nel confezionamento di conglomerato cementizio rinforzato
UNI 11039-1	Calcestruzzo rinforzato con fibre di acciaio - Parte 1: Definizioni, classificazione e designazione
UNI 11039-2	Calcestruzzo rinforzato con fibre di acciaio - Parte 2: Metodo di prova per la determinazione della resistenza di prima fessurazione e degli indici di duttilità
UNI EN 197-1	Cemento - Parte 1: Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni
UNI EN 206-1	Calcestruzzo - Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità
UNI EN 450	Ceneri volanti per calcestruzzo - Definizioni, requisiti e controllo di qualità
UNI EN 934-2	Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Additivi per calcestruzzo - Parte 2: Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura
UNI EN 1008	Acqua d'impasto per il calcestruzzo - Specifiche di campionamento, di prova e di valutazione dell'idoneità dell'acqua, incluse le acque di recupero dei processi dell'industria del calcestruzzo, come acqua di impasto del calcestruzzo
UNI EN 1744-1	Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati - Parte 1: Analisi chimica

UNI EN 1990	Eurocodice - Criteri generali di progettazione strutturale
UNI EN 1991-1-1	Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-1: Azioni in generale - Pesì per unità di volume, pesì propri e sovraccarichi per gli edifici
UNI EN 1992-1-1	Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
UNI EN 12350-1	Prova sul calcestruzzo fresco - Parte 1: Campionamento
UNI EN 12350-2	Prova sul calcestruzzo fresco - Parte 2: Prova di abbassamento al cono
UNI EN 12350-5	Prova sul calcestruzzo fresco - Parte 5: Prova di spandimento alla tavola a scosse
UNI EN 12350-7	Prova sul calcestruzzo fresco - Contenuto d'aria - Parte 7: Metodo per pressione
UNI EN 12390-1	Prova sul calcestruzzo indurito - Parte 1: Forma, dimensioni ed altri requisiti per provini e per casseforme
UNI EN 12390-2	Prova sul calcestruzzo indurito - Parte 2: Confezione e stagionatura dei provini per prove di resistenza
UNI EN 12390-7	Prova sul calcestruzzo indurito - Parte 7: Massa volumica del calcestruzzo indurito
UNI EN 12620	Aggregati per calcestruzzo
UNI EN 13055-1	Aggregati leggeri - Parte 1: Aggregati leggeri per calcestruzzo, malta e malta per iniezione
UNI EN 13813	Massetti e materiali per massetti - Materiali per massetti - Proprietà e requisiti
UNI ENV 1997-3	Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Progettazione assistita con prove in sito
prEN 13791:1999	Assessment of concrete compressive strength in structures or in structural elements

3 TERMINI E DEFINIZIONI

Ai fini della presente norma si applicano i seguenti termini e definizioni:

3.1 supporto: Insieme integrato degli strati disposti sotto il pavimento¹⁾.

3.1.1 sottofondo: Strato o sistema di strati sottostanti la massicciata. Il sottofondo può essere costituito dal terreno naturale oppure da un sistema composto dal terreno naturale e da strati di terreno interposti tra il suolo e la massicciata con funzioni di bonifica o di riempimento.

3.1.2 massicciata: Mono o multistrato avente la funzione di trasmettere al suolo le sollecitazioni meccaniche impresse dai carichi alla pavimentazione²⁾.

3.2 Pavimento di calcestruzzo

Insieme di piastra di calcestruzzo e strato di usura.

3.2.1 Strato di separazione

Strato che separa il pavimento di calcestruzzo dal supporto. Può essere composto da:

- strato di scorrimento (vedere UNI 7998);
- strato impermeabilizzante (vedere UNI 7998);

1) Definizione tratta dalla UNI 7998:1979.

2) Definizione tratta dalla UNI 7998:1979.

-
- barriera al vapore;
 - ecc.

3.2.2 **Strato (o manto) di usura**

Strato superiore di un pavimento utilizzato come pavimentazione finita³⁾.

3.3 **Giunto**

Discontinuità nella piastra di calcestruzzo o in altri elementi costruttivi, che interessa tutto lo spessore o parte di esso⁴⁾.

3.3.1 **Giunto di isolamento**

Giunto che isola la pavimentazione da elementi fissi e/o singolari (muri, pilastri, travi di fondazione, pozzetti, ecc.), che serve a limitare l'insacco di fessure dovute alla impedita deformabilità della pavimentazione in prossimità di tali elementi.

3.3.2 **Giunto di costruzione**

Giunto che suddivide la pavimentazione in moduli di cui è prevista la realizzazione in tempi diversi. Estesi a tutto lo spessore, sono spesso organizzati in modo da trasmettere parte del carico presente su una piastra alla piastra adiacente. Si cerca in tal modo di ridurre il gradino di deformazione dovuto a un diverso schema di carico delle due piastre, che risulterebbe di ostacolo alla circolazione dei mezzi e oggetto di precoce deterioramento.

3.3.3 **Giunto di deformazione** (di dilatazione e di controllo o contrazione)

Giunto che ha lo scopo di assorbire i movimenti termoigrometrici della piastra di calcestruzzo: dilatazioni dovute a escursioni termiche (nel caso di pavimentazioni esterne), contrazioni dovute al ritiro igrometrico del calcestruzzo (sempre presente, ma di particolare rilievo per le pavimentazioni interne protette dall'escursione termica).

3.4 **Imbarcamento (curling)**

Deformazione delle piastre di calcestruzzo dovuta alle contrazioni differenziali tra le superfici superiore ed inferiore della piastra a causa della diversa velocità di evaporazione dell'acqua sulle due superfici. La deformazione si manifesta come un incurvamento concavo bidirezionale della piastra e sollevamento degli spigoli.

Nota Questo fenomeno si manifesta su tutti i pavimenti di calcestruzzo ed è una conseguenza dell'elevato rapporto tra superficie esposta all'aria e sezione della pavimentazione. La superficie superiore è infatti direttamente esposta all'evaporazione; quella inferiore è invece a contatto con il sottofondo e quindi meno interessata da tale fenomeno. Il calcestruzzo esposto all'aria è pertanto soggetto ad un'evaporazione più rapida, e quindi ad un maggior ritiro di quello a contatto con il sottofondo. Piastre sottili (cioè con un elevato rapporto superficie/sezione), così come piastre realizzate su supporti impermeabili (barriere al vapore, pavimenti vecchi, solette, ecc.) tendono a subire un maggior imbarcamento delle piastre realizzate su supporto drenante.

3.5 **Vita utile di progetto**⁵⁾

Periodo ipotizzato in cui una struttura deve essere usata per le sue finalità d'uso con manutenzioni anticipate ma senza che siano necessari sostanziali restauri.

3.6 **Caposaldo**

Punto fisso, non modificabile accidentalmente, rispetto al quale si imposta la quota di riferimento del pavimento da realizzare.

3) Definizione tratta dalla UNI 13318:2002.

4) Definizione tratta dalla UNI 13318:2002.

5) Definizione tratta dalla UNI ENV 1991-1.

3.7

Planarità

La planarità è lo stato di una superficie piana che non presenta irregolarità, sia convesse che concave. La planarità è indipendente dalla pendenza e dall'orizzontalità.

4

TIPOLOGIE COSTRUTTIVE

I pavimenti industriali di calcestruzzo sono suddivisi nelle seguenti tipologie.

4.1

Pavimento su terreno

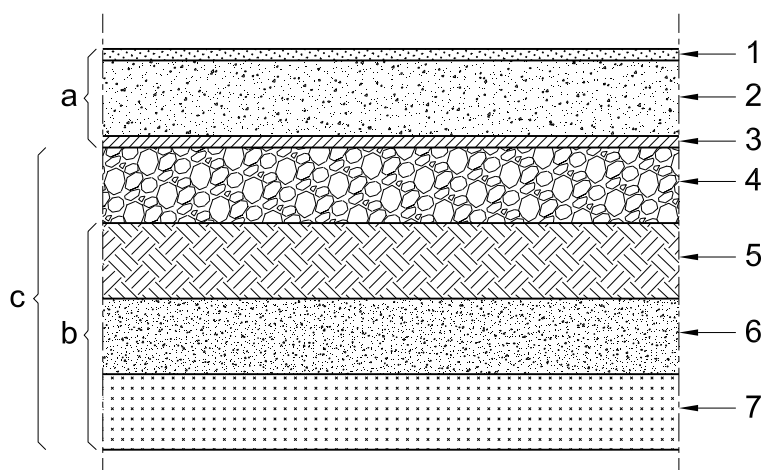
Nella figura 1 è illustrata la sequenza tipica di strati che caratterizza i pavimenti di calcestruzzo realizzati su terreno.

figura 1

Pavimento su terreno

Legenda

- 1 Strato di usura
 - 2 Piastra di calcestruzzo
 - 3 Strato di separazione^{*)}
 - 4 Massicciata
 - 5 Rilevato
 - 6 Strato di bonifica
 - 7 Suolo
- a Pavimento di calcestruzzo
b Sottofondo
c Supporto



*) Lo strato di separazione può essere composto da:

- barriere al vapore;
- barriere ai liquidi;
- barriere di scorrimento;
- ecc.

4.2

Pavimento su soletta

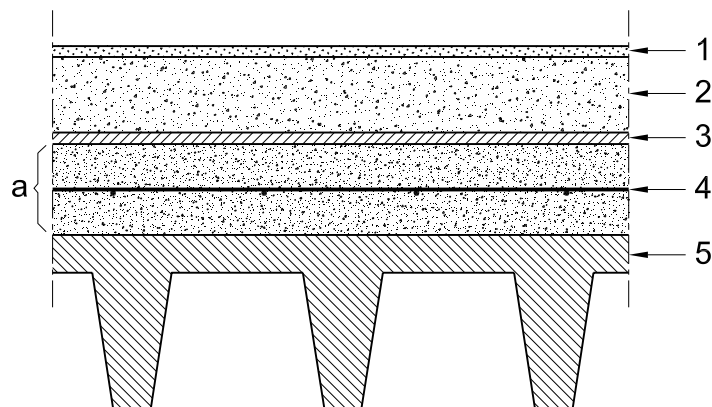
Nella figura 2 è illustrata la sequenza tipica di strati che caratterizza i pavimenti di calcestruzzo realizzati su soletta.

figura 2

Pavimento su soletta

Legenda

- 1 Strato di usura
- 2 Piastra di calcestruzzo
- 3 Strato di separazione
- 4 Armatura integrativa⁶⁾
- 5 Soletta
- a Getto integrativo



4.3

Pavimento collaborante con soletta

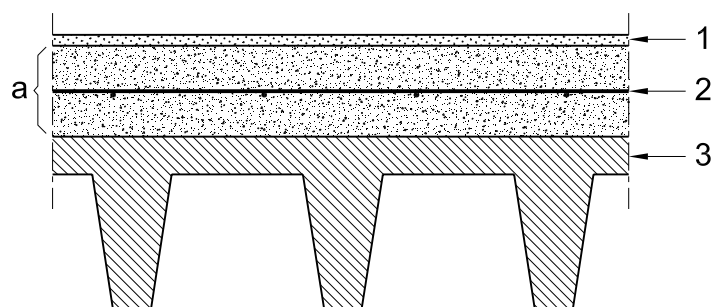
Nella figura 3 è illustrata la sequenza tipica di strati che caratterizza i pavimenti di calcestruzzo collaboranti realizzati su soletta.

figura 3

Pavimento collaborante con soletta

Legenda

- 1 Strato di usura
- 2 Armatura integrativa
- 3 Soletta
- a Getto calcestruzzo



4.4

Pavimento su pavimentazione preesistente

Nella figura 4 è illustrata la sequenza tipica di strati che caratterizza i pavimenti di calcestruzzo realizzati su pavimentazione preesistente.

6) Come previsto dalla legislazione vigente. Al momento della pubblicazione della norma, è in vigore la legge n° 1086 del 5 novembre 1971 "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica" (G.U. N° 321 del 21-12-1971).

figura 4 **Pavimento su pavimentazione preesistente**

figura 4a **(Collaborante)**

Legenda

- 1 Strato di usura
- 2 Pavimento nuovo di calcestruzzo
- 3 Pavimento preesistente
- 4 Supporto

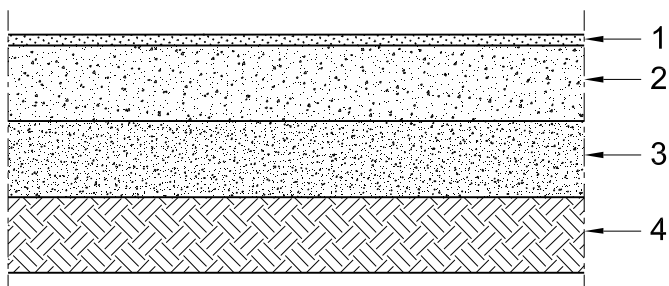
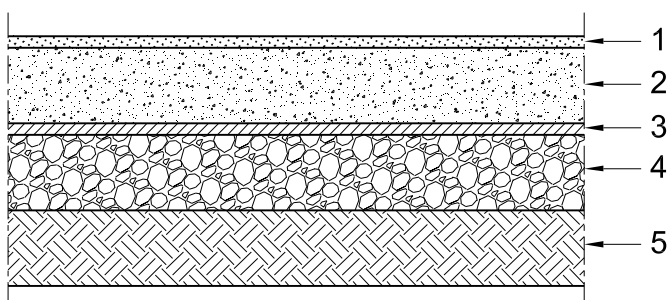


figura 4b **(Non collaborante)**

Legenda

- 1 Strato di usura
- 2 Pavimento nuovo di calcestruzzo
- 3 Strato di separazione
- 4 Pavimento preesistente
- 5 Supporto



4.5

Pavimento su strato coibente

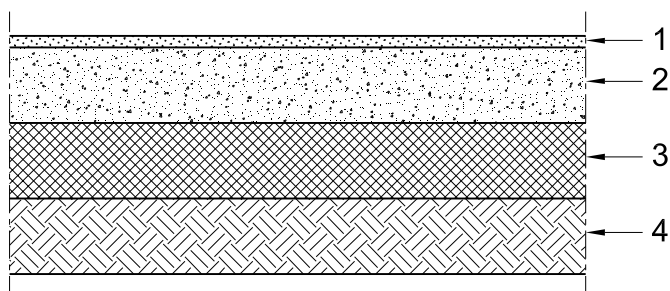
Nella figura 5 è illustrata la sequenza tipica di strati che caratterizza i pavimenti di calcestruzzo realizzati su strato coibente.

figura 5

Pavimento su strato coibente

Legenda

- 1 Strato di usura
- 2 Piastra di calcestruzzo
- 3 Strato isolante
- 4 Supporto



5

CLASSIFICAZIONE

I pavimenti di calcestruzzo ad uso industriale sono suddivisi nei tipi elencati nel prospetto 1, in base all'impiego previsto.

prospetto 1

Classificazione dei pavimenti industriali in base all'utilizzo

Tipo	Campi d'impiego prevalenti	Condizioni di carico più frequenti ⁷⁾
1	Uffici, marciapiedi, cantine, disimpegni	Statiche e dinamiche non comprese nei tipi successivi
2	Autorimesse, piazzali	Automezzi su pneumatici di massa totale $\leq 3,5$ t
3	- Magazzini e industria con uso occasionale di transpallets, presenza di scaffalature leggere - Piazzali autorimesse	- Carrelli elevatori con pneumatici di massa totale $\leq 2,5$ t - Scaffalature aventi carico massimo ≤ 0 kN/appoggio - Automezzi su pneumatici di massa totale ≤ 13 t
4	Magazzini grande distribuzione e industria con uso intensivo di carrelli elevatori, presenza di scaffalature	- Carrelli elevatori con pneumatici di massa totale $> 2,5$ t - Transpallet con massa totale ≤ 1 t - Carrelli elevatori con ruote piene di massa totale $\leq 4,5$ t - Scaffalature aventi carico massimo ≤ 30 kN/appoggio - Automezzi su pneumatici di massa totale ≤ 30 t
5	Industria, scaffalature, moli e banchine portuali e carichi speciali, piazzali	- Transpallets con massa totale > 1 t - Carrelli elevatori con ruote piene di massa totale $> 4,5$ t - Scaffalature aventi carico massimo > 30 kN/appoggio - Automezzi su pneumatici di massa totale > 30 t

6

REQUISITI

I pavimenti di calcestruzzo ad uso industriale devono soddisfare i seguenti principali requisiti.

7) Al momento della pubblicazione della norma, è in vigore il D.M. LL.PP. del 09-01-96 in applicazione della legge 1086 del 05-11-71.

6.1 Planarità

6.1.1 Generalità

Il grado di planarità di una pavimentazione deve essere definito progettualmente, anche ai fini della scelta del metodo costruttivo.

I limiti di accettazione della planarità sono definiti nel prospetto 2.

prospetto 2

Tolleranze sulla planarità*)

Distanze tra i punti di controllo	1 m	2 m	4 m
Tolleranza	±4 mm	±5 mm	±6 mm
*) Scostamento di concavità o convessità rispetto al piano nominale determinato dal regolo utilizzato per la misurazione.			

Nota Tolleranze più restrittive di quelle indicate, per esempio per magazzini destinati a stoccaggio con alte scaffalature ed impiego di carrelli elevatori a grande altezza, non sono contemplate nella presente norma e devono essere eventualmente specificate nel progetto.

6.1.2 Metodo di misurazione

La planarità deve essere verificata utilizzando o il metodo descritto nell'appendice A o altri metodi che consentano una precisione uguale o maggiore.

Allo scopo di verificare la corretta posa del pavimento industriale, le tolleranze richieste devono essere verificate entro e non oltre le 72 h successive al getto e lontano almeno 50 cm dai pozzetti, dai giunti di costruzione e dagli spiccati in elevazione.

6.1.3 Criteri di accettazione

La pavimentazione è accettata alla verifica di due condizioni:

- almeno il 90% delle misurazioni preventivamente concordate deve essere conforme ai valori di riferimento;
- il 10% delle misurazioni preventivamente concordate non può comunque superare il valore di riferimento aumentato del 25% in ogni singola rilevazione.

6.2 Orizzontalità

Quanto previsto nel presente punto è applicabile quando nel pavimento non siano previste pendenze per il deflusso dell'acqua. In tal caso si applica il punto 6.3.

Il pavimento industriale di calcestruzzo viene normalmente raccordato agli elementi circostanti già posizionati in quota e livello stabiliti (soglie, chiusini, basamenti, piani di scarico, ecc.) che costituiscono i raccordi del pavimento. In tali casi, l'orizzontalità non necessariamente risulta requisito applicabile.

I riferimenti dei piani quotati devono essere stabiliti progettualmente e marcati su pilastri e muri con tratti precisi ed indelebili a cura del committente. I riferimenti quotati devono essere verificati dalla direzione lavori.

In assenza di punti di raccordo, il progetto deve stabilire la quota di riferimento rispetto a caposaldi prefissati. (soglie, chiusini, basamenti, piani di scarico, ecc.). Le tolleranze riferite alla quota di riferimento devono essere quelle definite nel prospetto 3.

prospetto 3

Tolleranze sull'orizzontalità

Distanza tra i punti di controllo	≤10 m	≤25 m	≤50 m	≤100 m
Tolleranza	±15 mm	±20 mm	±25 mm	±35 mm

6.3 Pendenza

Quanto previsto nel presente punto è applicabile quando non sia richiesto il soddisfacimento del requisito di orizzontalità (vedere punto 6.2).

Per evitare ristagni d'acqua è necessario prevedere pendenze non minori di 15 mm/m. Le pendenze per il deflusso delle acque verso i punti di raccolta, devono essere espresse in millimetri al metro e devono essere indicate dal progettista. Per rispettare tali pendenze, la quota di colmo deve essere determinata misurando la distanza tra il punto più lontano e il punto di raccolta delle acque. Il grado di planarità dei pavimenti in pendenza deve essere misurato con il metodo di controllo riportato nell'appendice A.

6.4 Imbarcamento (Curling)

L'imbarcamento (vedere punto 3.4) reale del pavimento deve rispettare i valori prefissati nel progetto.

6.5 Resistenza all'abrasione, all'usura e all'urto

I pavimenti di calcestruzzo ad uso industriale possono essere suddivisi, in base al tipo di trattamento superficiale previsto, in tre classi, come illustrato nel prospetto 4.

prospetto 4

Classificazione dei pavimenti industriali di calcestruzzo in base alla resistenza all'abrasione

Classe	Condizioni di traffico più frequenti	Tipo di trattamento ¹⁾
A	<ul style="list-style-type: none"> - Pedonale - Automezzi su pneumatici di massa totale ≤30 T - Carrelli elevatori su pneumatici 	<ul style="list-style-type: none"> - Applicazione di strato di usura a basso spessore, di almeno 2 kg/m² con metodo "a spolvero" di prodotto premiscelato a base di cemento e di aggregati, aventi durezza non minore di 5^{*)}.
B	<ul style="list-style-type: none"> - Carrelli elevatori, con ruote piene, di massa totale ≤4,5 T - Transpallets con massa totale ≤0,5 T - Automezzi su pneumatici di massa totale >30 T 	<ul style="list-style-type: none"> - Applicazione di strato di usura a basso spessore, di almeno 3 kg/m², con metodo "a spolvero" di prodotto premiscelato a base di cemento e di aggregati, aventi durezza non minore di 6^{*)}. - Applicazione di strato di usura a basso spessore, di almeno 6 kg/m², con metodo "a spolvero" di prodotto premiscelato a base di cemento e di aggregati metallici.
C	<ul style="list-style-type: none"> - Carrelli elevatori, con ruote piene, di massa totale >4,5 T - Transpallets con massa totale >0,5 T 	<ul style="list-style-type: none"> - Applicazione di strato di usura ad alto spessore, di almeno 15 kg/m², con metodo "a pastina" di prodotto premiscelato a base di cemento e di aggregati, aventi durezza non minore di 6^{*)}.
D	<ul style="list-style-type: none"> - Usi speciali, diversi dai precedenti 	<ul style="list-style-type: none"> - Applicazione di strato di usura ad alto spessore, di almeno 15 kg/m², con metodo "a pastina" di prodotto premiscelato a base di cemento e di aggregati, aventi durezza non inferiore a 7,5^{*)}. - Applicazione di strato di usura ad alto spessore, di almeno 30 kg/m², con metodo "a pastina" di prodotto premiscelato a base di cemento e di aggregati metallici.
1)	Altri tipi di trattamento sono possibili, purché la durezza sia equivalente a quella ottenuta con i sistemi elencati nel prospetto.	
*)	Scala (Mohs).	
Nota	Nell'impossibilità di conoscere con certezza l'effettiva intensità di traffico, è consigliabile adottare la classe superiore a quella di riferimento.	

6.6 Requisiti aggiuntivi

Ulteriori requisiti dello strato di usura quali, per esempio, la resistenza all'aggressione chimica, all'assorbimento superficiale (attitudine alla formazione di macchie), alla produzione di polvere, agli urti, al punzonamento, ecc., devono essere prefissati in fase progettuale. Di conseguenza, qualità dei materiali, modalità di esecuzione e criteri di verifica e collaudo devono essere specificamente descritti nel progetto.

7 MATERIALI

7.1 Calcestruzzo

Il progettista della pavimentazione deve prescrivere il calcestruzzo secondo le indicazioni della UNI EN 206-1 e della UNI 8981, specificando in particolare:

- la classe di resistenza del calcestruzzo (vedere nota 1);
- la classe di esposizione ambientale (vedere nota 2);
- la classe di consistenza in funzione dei sistemi di messa in opera (vedere nota 3);
- la dimensione massima dell'aggregato (vedere nota 4);
- la classe di contenuto dei cloruri.

Nota 1 La resistenza caratteristica da assumere in fase di progetto non deve essere minore della resistenza minima richiesta dalla classe di esposizione.

Nota 2 La classe di esposizione deve essere indicata dal progettista.

Nota 3 Si consiglia la classe di consistenza più adeguata, S2 o S3, secondo il tipo di stesura meccanizzata, e S5 per quella manuale.

Nota 4 La dimensione massima dell'aggregato determinata in accordo alla UNI EN 12620, dovrebbe essere opportunamente scelta in base allo spessore previsto e non deve superare il valore di un quarto (1/4) dello spessore minimo della piastra. Inoltre si deve tenere conto della tipologia e dimensioni dell'armatura. La curva granulometrica del calcestruzzo deve essere composta da almeno tre classi granulometriche distinte e separate, preferibilmente di tipo "continuo".

Per quanto riguarda i metodi di verifica delle proprietà del calcestruzzo, si applica la UNI EN 206-1.

7.1.1 Cemento

Deve essere conforme alla UNI EN 197-1. Tale prescrizione si applica anche al cemento impiegato nello strato di usura.

7.1.2 Aggregati

Devono essere conformi alla UNI 8520-2, categoria A o B secondo la classe di esposizione del calcestruzzo. In particolare, limitatamente a quanto contemplato nelle UNI 8520-8 e UNI EN 1744-1, gli aggregati dovranno comunque rientrare nei limiti previsti per la categoria A.

Gli aggregati leggeri devono essere conformi alla UNI EN 13055-1.

7.1.3 Acqua d'impasto

Deve essere conforme alla UNI 8981-7 e/o alla UNI EN 1008.

7.1.4 Additivi

Devono essere conformi alla UNI EN 934-2 o alla UNI 10765.

7.1.5 Aggiunte

Possono essere utilizzate aggiunte di varia natura purché preventivamente dichiarate dal produttore del calcestruzzo. Le ceneri volanti per calcestruzzo devono essere conformi alla UNI EN 450.

7.1.6 Fibre

Possono essere utilizzate fibre di acciaio purché conformi alla UNI 11037. Fibre di altra natura possono essere usate se la loro validità è suffragata da idonea documentazione sperimentale.

-
- 7.2 Armature**
Devono essere conformi a quanto previsto dalla legislazione vigente⁸⁾.
- 7.3 Materiali per lo strato di usura**
I premiscelati pronti all'uso in commercio, utilizzabili per lo strato di usura applicato col metodo a spolvero o a pastina, sono classificabili in base al tipo di indurente che ne caratterizza il comportamento fisico-chimico (vedere EN 13813):
- indurenti minerali, ricavati da macinazione di rocce dure (silicee, quarzifere, basaltiche, corindone naturale, porfidi) o da loppe di altoforno;
 - indurenti metallici, ricavati da pezzi di materiale ferroso;
 - indurenti metallurgici, ricavati da pezzi di carburo e di silicio o corindone sintetico.
- 7.4 Protettivi di stagionatura**
Devono essere conformi alla UNI 8656.
- 7.5 Materiali per il riempimento e la sigillatura dei giunti**
Devono essere usati materiali la cui validità sia suffragata da idonea documentazione sperimentale.

8 PROGETTAZIONE/DIMENSIONAMENTO E VERIFICA

- 8.1 Generalità**
I pavimenti industriali sono soggetti ad azioni dovute a carichi imposti ed azioni ambientali; per essi devono essere soddisfatti gli stati limite ultimi e di servizio.
Il dimensionamento, l'esecuzione ed il collaudo dei pavimenti industriali devono essere effettuati secondo le norme tecniche attualmente in uso per le strutture, tenendo conto che condizioni particolari di esercizio del sistema pavimentazione richiedono studi particolari con riferimento a norme tecniche specifiche, se esistenti.
Generalmente essi sono schematizzabili come una piastra su supporto elastico.
- 8.2 Carichi e deformazioni**
- 8.2.1 Basi di calcolo**
Si fa riferimento alla UNI EN 1990.
In particolare il progettista del pavimento deve tenere in debito conto i requisiti "vita utile di progetto", "durabilità" e "garanzia di qualità". Generalmente, per quanto riguarda il requisito "vita utile di progetto", il sistema pavimentazione appartiene alla classe 2 (25 anni). Fanno eccezione lo strato di usura e i giunti, in quanto parti della pavimentazione soggette, per loro natura, a periodica manutenzione.
La combinazione delle azioni dipende dal tipo di verifica adottato in fase di progetto: Stati Limite di Servizio SLS (per esempio formazione di fessure o eccessiva deformabilità) o Stati Limite Ultimi SLU (per esempio formazione di meccanismi di collasso sotto carichi concentrati).
- 8.2.2 Azioni**
- 8.2.2.1** Massa volumica, pesi propri e carichi imposti
Si fa riferimento alla UNI EN 1991-1-1.
Per i carichi imposti si deve fare riferimento in particolare al punto 6.3.3 della UNI EN 1991-1-1 tenendo debito conto dei valori caratteristici dei carichi derivanti da:

8) Al momento della pubblicazione della norma, è in vigore il D.M. LL.PP. del 09/01/96 in applicazione della legge 1086 del 05/11/71.

- materiali sfusi;
- scaffalature;
- impianti;
- mezzi di movimentazione motorizzati e manuali (carrelli elevatori, trans-pallets).

In ogni caso, i carichi caratteristici minimi su una pavimentazione industriale sono:

$q_k = 20,0 \text{ kN/m}^2$ uniformemente distribuito;

$Q_k = 20,0 \text{ kN}$ con area di applicazione quadrata con lato di 100 mm.

8.2.2.2

Ritiro

Si rimanda, per la formulazione del ritiro, alla formulazione della UNI EN 1992-1-1.

La fessurazione da ritiro è particolarmente influenzata dalla composizione del calcestruzzo e dalla eventuale presenza di un opportuno quantitativo di fibre.

I valori del ritiro da assumere alla base del calcolo, in assenza di sperimentazione diretta, devono essere:

$\varepsilon_{sh} \geq 0,4 \cdot 10^{-3}$ per interno;

$\varepsilon_{sh} \geq 0,2 \cdot 10^{-3}$ per esterno.

8.2.2.3

Variazioni termiche

Con riferimento alla legislazione vigente⁹⁾, le variazioni di temperatura uniformi per strutture in c.a. e c.a.p. da assumersi alla base del calcolo sono:

$\Delta T = \pm 15 \text{ }^\circ\text{C}$ Strutture esposte

$\Delta T = \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$ Strutture non esposte

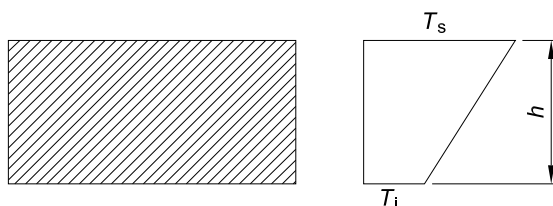
Tali variazioni di temperatura uniformi nello spessore del pavimento comportano dilatazioni e contrazioni uniformi della lastra di calcestruzzo, impedite in maggiore o minore misura dall'attrito col supporto. Mentre nel primo caso le dilatazioni impedito generano compressioni (nel caso dei pavimenti generalmente di entità non significativa), nel caso di contrazioni impedito possono sorgere sollecitazioni di trazione della stessa natura, ma di entità assai inferiore, di quelle indotte dal ritiro e pertanto possono essere trascurate.

Per esempio contrazione impedita per $\Delta T = -10 \text{ }^\circ\text{C}$ uniforme
 $\alpha \Delta T = 0,000 012 \cdot (-10) = -0,000 12$.

Le temperature variabili nello spessore della lastra (gradiente $T_s - T_i$, vedere figura 6) causate da variazioni della temperatura dell'aria ambientale inducono invece significative sollecitazioni negli angoli, lungo i bordi ed al centro della piastra a seconda del segno del gradiente.

figura 6

Distribuzione di temperatura variabile linearmente con lo spessore h della lastra



A causa dell'inerzia termica del calcestruzzo, tuttavia, il riscaldamento ed il raffreddamento della piastra sono molto più lenti di quelli dell'ambiente circostante. Pertanto, a meno di più accurata determinazione, per le verifiche delle tensioni dovute ai gradienti termici si possono assumere i valori cautelativi indicati nel prospetto 5.

9) Al momento della pubblicazione della norma, è in vigore il D.M. LL.PP. del 16/01/96 "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".

Gradienti di temperatura nello spessore h della lastra di pavimento ($10 < h < 25$ cm)

Ambiente	$T_s - T_i$ °C
interno	±5
esterno	+0,8 · h -0,2 · h

8.2.2.4

Fluage

Nel caso delle pavimentazioni, l'effetto del fluage tende a ridurre le sollecitazioni indotte dal ritiro e dalle variazioni termiche.

Per la determinazione del coefficiente di viscosità $\Phi(\infty, t_0)$ si deve fare riferimento alla UNI EN 1992-1-1.

In via semplificativa e tenuto conto che l'effetto del ritiro inizia prima che il calcestruzzo sia completamente maturato ($t_0 = 0$), si possono adottare i valori indicati nel prospetto 6.

Coefficiente di viscosità $\Phi(\infty, 0)$

Causa	$\Phi(\infty, 0)$
ritiro	5
gradiente termico	2

8.2.2.5

Imbarcamento (curling)

È possibile calcolare il sollevamento della piastra trascurando il peso proprio, immaginando che l'effetto della temperatura induca una curvatura costante sulla lastra. Salvo più precise determinazioni, il sollevamento di uno spigolo rispetto al centro della lastra può essere calcolato mediante la formula seguente:

$$f = \frac{1/\rho}{8} d^2$$

dove:

f è il sollevamento dello spigolo rispetto al centro della lastra;

d è la misura della diagonale della lastra;

$1/\rho$ è la curvatura della lastra.

La curvatura $1/\rho$ di una piastra di spessore h può essere calcolata con le seguenti formule:

- nel caso di variazione termica:

$$\left(\frac{1}{\rho}\right)_{\Delta t} = \frac{\alpha \Delta t_{si}}{h}$$

dove:

$\alpha = 10^{-5}$ 1/°C = coefficiente di dilatazione lineare;

$\Delta T_{si} = (T_{sup} - T_{inf})$ = differenza tra le temperature della superficie superiore (esposta) ed inferiore (protetta) della piastra.

- nel caso di ritiro:

$$\left(\frac{1}{\rho}\right)_{\Delta s} = \frac{\Delta \varepsilon_{si}}{h}$$

dove:

$\Delta \varepsilon_{si} = (\varepsilon_{s,sup} - \varepsilon_{s,inf})$ = differenza tra le deformazioni relative di ritiro della superficie superiore e inferiore della piastra.

8.3 Dimensionamento dei giunti

Definito lo spessore h della pavimentazione, per una corretta progettazione è necessario dimensionare i giunti di costruzione, di dilatazione e di contrazione.

8.3.1 Giunti di costruzione

Devono coincidere con uno degli altri tipi di giunto, in particolare con i giunti di dilatazione.

8.3.2 Giunti di dilatazione

L'ampiezza del giunto viene indicativamente calcolata con la seguente formula:

$$e = \Delta T \cdot L \cdot \alpha$$

dove:

e è l'ampiezza dei giunti, espressa in millimetri;

L è la distanza tra i giunti di dilatazione, espressa in millimetri;

ΔT è il gradiente termico, espresso in gradi Celsius (differenza di temperatura fra estradosso ed intradosso della piastra);

α è il coefficiente di dilatazione termica lineare del calcestruzzo, espressa in $1/^\circ\text{C}$.

Se l'ampiezza del giunto risulta maggiore di 6 mm, è consigliabile ridurre la distanza tra i giunti o ricorrere a giunti prefabbricati, in quanto risulta elevato il pericolo di sbrecciamento causato dall'impronta delle ruote.

8.3.3 Giunti di contrazione

La loro formazione è obbligatoria a meno che non si sia previsto progettualmente l'impiego di tecniche particolari che ne rendano superflua la funzione. I campi delimitati dai giunti devono essere il più possibile a forma quadrata ed in ogni caso il rapporto tra le dimensioni del lato maggiore e del lato minore non deve superare il valore 1,2. La profondità del giunto è subordinata alla rapidità di intervento dei tagli e, comunque, si raccomanda che non sia mai minore di $1/5$ dello spessore della piastra.

La distanza massima tra i giunti, se non previsto diversamente, in funzione dell'effettivo valore del ritiro igrometrico del calcestruzzo, può essere indicativamente correlata alla formula seguente:

$$L = (18 \cdot h) + 100$$

dove:

L è la distanza massima tra i giunti, espressa in centimetri;

h è lo spessore della piastra, espresso in centimetri.

La distanza fra i giunti, calcolata con la formula sopra indicata, deve essere ridotta del 20% per i pavimenti poggianti su barriera al vapore.

8.4 Modelli di calcolo

Il calcolo delle sollecitazioni e delle deformazioni può essere effettuato con la classica teoria delle piastre di medio spessore.

Scopo dell'analisi è la determinazione della distribuzione delle sollecitazioni interne, oppure delle tensioni, deformazioni e degli spostamenti, estesa al complesso o a una parte della piastra. Dove necessario devono essere svolte ulteriori analisi locali.

Le analisi vengono svolte sulla base di modelli ideali sia della geometria che del comportamento della struttura. I modelli utilizzati devono essere adeguati al problema in esame.

Alcune schematizzazioni comunemente utilizzate per l'analisi sono:

- comportamento elastico;
- comportamento rigido-plastico;
- comportamento non lineare.

Nell'appendice informativa B si riportano alcune formule di calcolo relative a situazioni di carico elementari, basate sui modelli sopra indicati.

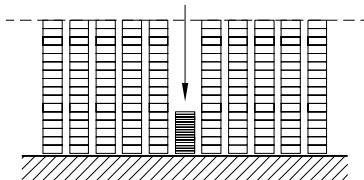
8.4.1 Tipi di sottofondo

8.4.1.1 Suolo alla Winkler

L'ipotesi di sottofondo alla Winkler presuppone che il terreno si comporti come un insieme di elementi elastici indipendenti tra loro e quindi il cedimento sia proporzionale allo sforzo applicato (vedere figura 7).

figura 7

Deformazioni per sottofondo alla Winkler, caratterizzato dalla costante k

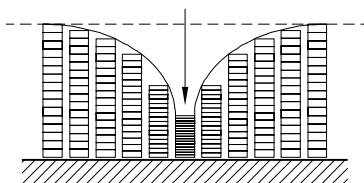


8.4.1.2 Suolo alla Boussinesq

Tale schema, più aderente alla realtà fisica, tiene conto dell'interazione fra elementi contigui di terreno (semispazio elastico alla Boussinesq, vedere figura 8); pertanto il cedimento in un generico punto dipende dalla posizione mutua fra detto punto e quello di applicazione del carico.

figura 8

Deformazioni per sottofondo alla Boussinesq, caratterizzato dal modulo elastico E_g e dal modulo di Poisson μ_g



Entrambi i modelli del sottofondo presuppongono la linearità del legame costitutivo $\sigma - \epsilon$ e la simmetria di comportamento a trazione e compressione, quindi la capacità del terreno di reagire anche in presenza di sollevamento della lastra.

Il valore della costante di sottofondo k o del modulo elastico E_g vengono desunti da prove specifiche sul terreno in situ (vedere anche UNI ENV 1997-3).

A titolo indicativo si rimanda al prospetto 7 per valori stimati dei moduli di sottofondo; il valore minimo di progetto per un pavimento industriale deve essere:

$$k_{\min} = 0,03 \text{ N/mm}^3$$

prospetto 7

Valori indicativi delle caratteristiche elastiche dei sottofondi in funzione del tipo di terreno

Tipo di terreno	k (N/mm ³)	E_g (N/mm ²)
Terreno di coltura	0,005 - 0,015	-
Riperto recente	0,010 - 0,020	-
Sabbia fine o leggermente costipata	0,015 - 0,03	6
Sabbia ben costipata	0,05 - 0,10	12
Sabbia molto ben costipata	0,10 - 0,15	24
Argilla (umida)	0,03 - 0,06	6
Argilla	0,08 - 0,10	12
Argilla mista a sabbia	0,08 - 0,10	12
Ghiaia frantumata e sabbia	0,10 - 0,15	12
Ghiaia frantumata grossolana	0,20 - 0,25	36

Tipo di terreno	k (N/mm ³)	E_g (N/mm ²)
Ghiaia frantumata ben compattata	0,20 - 0,30	48
Lastre di polistirene	0,1 × massa volumica	
Lana di roccia	0,003 × massa volumica	
N.B. I valori di modulo sono relativi a lungo termine (10 anni). I valori a breve termine possono essere da 3 a 10 volte maggiori di quelli indicati.		

8.4.1.3 Sottofondi stratificati

È possibile anche schematizzare sottofondi più complessi (per esempio terreni stratificati caratterizzati da diversi moduli E_{gi}).

8.4.1.4 Altri tipi di sottofondo

È possibile schematizzare terreni con caratteristiche non lineari, o che tengono conto della dissimmetria di comportamento a trazione e compressione del terreno stesso (problema di contatto unilatero e distacco della piastra).

In tali casi non esiste una soluzione in forma chiusa al problema dell'analisi numerica del sistema piastra terreno, ma si dovrà ricorrere ad algoritmi specifici (per esempio elementi finiti lineari e non), definendo il terreno sulla base di specifiche prove in situ e di laboratorio.

8.4.2 Pavimenti su soletta

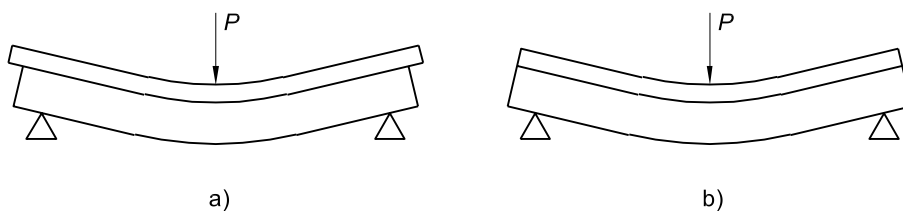
Contrariamente a quanto accade nel caso di piastra su terreno, il carico che agisce sulla piastra si trasmette al solaio che si inflette: ne consegue una deformazione flessionale indicata nella figura 9.

Le sollecitazioni dovute al carico sono quindi desumibili in base a considerazioni di conseguenza, tenendo adeguatamente in conto la possibilità di scorrimento o meno fra pavimento e sottofondo.

Le sollecitazioni dovute ad azioni indirette (ritiro, gradienti termici), ove significative, sono invece influenzate dalla deformabilità della soletta.

In via semplificativa ed a favore di sicurezza, la soletta può essere considerata infinitamente rigida.

figura 9 Deformate di una piastra su solaio: a) deformazione con scorrimento e b) deformazione senza scorrimento



8.4.3 Attrito pavimento-sottofondo

L'attrito svolge un ruolo determinante nel contrastare le deformazioni della piastra parallele al suo piano di giacitura (ritiro, variazioni di temperatura uniformi nello spessore). Nel prospetto 8 sono riportati alcuni valori del coefficiente di attrito, relativi ai tipi più frequenti di superfici di contatto.

Coefficiente di attrito in funzione delle diverse superfici di contatto

Superfici di contatto	Coefficiente di attrito [μ]
Sabbia pulita e ghiaia	1,6
Emulsione di asfalto	2
Sottofondo granulare	1,3
Terreno plastico (argilla)	1,7
Doppio foglio di polietilene	0,5
Singolo foglio di polietilene	0,7
Strato di sabbia	0,9
Manto di asfalto	3,2
Calcestruzzo	>2,0

8.5**Pavimentazioni industriali****8.5.1****Pavimentazioni di calcestruzzo**

Si conducono le verifiche secondo quanto previsto dalla UNI EN 1992-1-1 per gli Stati Limite di Esercizio (SLE) e per gli Stati Limite Ultimi (SLU).

Si adottano i coefficienti di sicurezza, sia per le azioni γ_f sia per i materiali γ_c .

In sede di progettazione si può assumere come resistenza media a trazione semplice (assiale) del conglomerato cementizio, in mancanza di sperimentazione diretta, il valore:

$$f_{ctm} = 0,27 \times \sqrt[3]{R_{ck}^2} \quad (N/mm^2)$$

I valori caratteristici corrispondenti ai frattali 5% e 95% possono assumersi rispettivamente pari a $0,7 f_{ctm}$ e $1,3 f_{ctm}$:

$$f_{ctk} = 0,7 f_{ctm} = 0,7 \times 0,27 \times \sqrt[3]{R_{ck}^2} \quad (N/mm^2)$$

Il valore medio della resistenza a flessione in mancanza di sperimentazione diretta, si assume:

$$f_{cfm} = 1,2 f_{ctm} = 1,2 \times 0,27 \times \sqrt[3]{R_{ck}^2} \quad (N/mm^2)$$

Le resistenze di calcolo f_{ctd} si valutano dividendo la resistenza caratteristica a trazione per il coefficiente di sicurezza del calcestruzzo allo Stato Limite Ultimo, vedere prospetto 9:

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c}$$

Coefficienti di sicurezza γ_c per calcestruzzo

Azioni statiche, permanenti o semipermanenti	Azioni dinamiche, ripetute o impulsive
1,6	3

8.5.2 Pavimentazioni di calcestruzzo non armato o di calcestruzzo fibrorinforzato strutturale

Si devono effettuare analisi che considerino il reale comportamento pre e post fessurativo dei materiali. Trattandosi di strutture iperstatiche, si può considerare la possibilità di redistribuzione degli sforzi nella pavimentazione.

Si adottano i coefficienti di sicurezza parziali previsti dalla UNI EN 1992-1-1 o, quando disponibili, da normative specifiche per il materiale utilizzato per la realizzazione della pavimentazione.

8.6 Sottofondo

8.6.1 Progetto geotecnico

Il sottofondo è parte stretta della struttura del pavimento. Le caratteristiche fisiche e meccaniche e il volume significativo del sottofondo sono definite dal progetto geotecnico del sistema, elaborato in osservanza della legislazione vigente¹⁰⁾, e dell'Eurocodice 7, con riferimento all'Eurocodice 1. In particolare si identificano i "requisiti per la progettazione" e in base a questi si qualifica la "categoria geotecnica" (cat. 1,2,3 Eurocodice 7 - 2.1). Le "situazioni di progetto" e la "durabilità" (art.2.2. - 2.3. Eurocodice 7) definiscono le condizioni del sottofondo con particolare riferimento alle caratteristiche formazionali, strutturali ed ambientali.

La progettazione deve essere conforme a quanto indicato nella UNI EN 1990. In particolare debbono essere definiti:

- modelli di calcolo;
- azioni, che possono essere sia carichi imposti che spostamenti imposti;
- proprietà litologiche mineralogiche e geotecniche dei terreni e dei materiali che compongono la struttura del sottofondo;
- dati geometrici ed uso del suolo (estensione, forma planimetrica, caratteristiche altimetriche generali e locali);
- condizioni idrologiche e livelli di falda;
- valori limite delle deformazioni, della ampiezza delle fessure, delle vibrazioni, ecc.

8.6.2 Relazione geotecnica

Le ipotesi, i dati, i calcoli ed i risultati delle verifiche di sicurezza e di funzionalità dell'opera devono essere illustrati in modo esaustivo nella relazione geotecnica che deve contenere, tra l'altro:

- i risultati delle campagne geognostiche e delle prove geotecniche eseguite;
- i criteri adottati per la elaborazione ed interpretazione dei dati;
- la modellazione con i valori dei parametri geotecnici assunti per il calcolo;
- la illustrazione degli algoritmi di calcolo adottati;
- le prescrizioni per le fasi di costruzione della struttura del supporto;
- il quadro delle prove di verifica e di collaudo da eseguire durante le fasi di costruzione ed in fase finale, prima della costruzione della massicciata.

8.6.3 Indagini geotecniche

Per la progettazione del pavimento dovrà essere eseguita un'indagine geotecnica/geognostica commisurata all'importanza della pavimentazione.

10) Al momento della pubblicazione della norma, è in vigore il D.M. LL.PP. dell'11-03-88 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".

Controllo generale del cantiere

È necessario effettuare un controllo generale del cantiere prima dell'inizio dei lavori, per verificare il rispetto delle norme di sicurezza. Deve essere posta particolare attenzione nel controllare che non si verifichino situazioni che possano pregiudicare la buona esecuzione del pavimento o ridurre la sua durabilità. In particolare, il controllo generale deve insistere sulle misure complessive di sicurezza attivate, sulle condizioni del sottofondo della pavimentazione, sulle condizioni ambientali e sulla documentazione relativa al cantiere.

Norme di sicurezza

Deve essere verificata l'attuazione delle norme antinfortunistiche, con particolare riguardo per i collegamenti elettrici, i carichi sospesi, le caditoie e chiusini di pericolosa dimensione, secondo quanto previsto dalla legislazione vigente¹¹⁾.

Supporto

Deve essere effettuato un controllo del supporto, al fine di:

- verificare l'assenza di avvallamenti e di ristagni d'acqua;
- rilevare eventuali possibili riduzioni di quota dovute a detriti, tubi o quant'altro riduca lo spessore del pavimento;
- individuare la presenza di cunicoli, fondazioni, plinti, travi che riducano lo spessore del pavimento e che comunque rappresentino punti a rischio di fessurazioni indotte da differenziata rigidità del supporto;
- verificare che chiusini, soglie, angolari, ecc., siano murati a sezione verticale;
- verificare i piani con il controllo delle quote degli elementi di raccordo (chiusini, soglie angolari, guide, ecc.) che dovranno rientrare nella tolleranza di orizzontalità riferita ad una precisa quota di riferimento prefissata nel progetto;
- accertare la presenza di ogni contenimento al getto, che non sia di solo perimetro al lotto giornaliero, e che dovrà essere preposizionato in maniera opportuna dal committente.

Ambiente

Si deve assicurare l'esistenza di adeguate protezioni contro condizioni climatiche avverse (vento, sole, pioggia, gelo) durante le fasi di getto, di lavorazione e di indurimento.

Documentazione tecnico-contrattuale

Deve essere accertata e annotata la presenza o meno di:

- contratto;
- progetto esecutivo.

Il progetto esecutivo deve contenere, in particolare, i seguenti documenti redatti in forma esaustiva:

- relazione tecnica illustrativa;
- relazione geotecnica;
- relazione sulla qualità dei materiali;
- relazione di calcolo;
- specifiche tecniche (capitolato tecnico);
- manuale di manutenzione;

11)

Al momento della pubblicazione della norma, è in vigore il Decreto Legislativo 14-08-96 N° 494 con successivi aggiornamenti "Attuazione della Direttiva 92/57/CEE concernente le prescrizioni minime di sicurezza e di salute da attuare nei cantieri temporanei o mobili".

-
- elaborati grafici in opportuna scala (planimetrie e sezioni quotate, particolari, fasi costruttive, ecc.).

Inoltre deve essere accertata la presenza di prove di collaudo effettuate sul supporto per i singoli strati di cui è composto (prove di piastra, di carico con piastra di classificazione di massa volumica).

9.2 Fasi operative dell'esecuzione

Le fasi operative in cui si articola la posa del pavimento industriale debbono essere descritte nel progetto esecutivo. Esse sono di seguito cronologicamente riassunte.

- Isolamento delle strutture verticali;
- posizionamento della barriera al vapore e/o dello strato di scorrimento;
- posa dell'armatura;
- fornitura a piè d'opera del calcestruzzo;
- posa in opera del calcestruzzo;
- applicazione e lavorazione dello strato di usura;
- protezione del getto e stagionatura protetta;
- esecuzione dei giunti;
- riempimenti e sigillature;
- messa in esercizio della pavimentazione.

Nota Si raccomanda, per una buona esecuzione della pavimentazione, che tutti gli operatori coinvolti (Direzione lavori, fornitore ed esecutore) concordino le quantità, frequenza di consegna e le caratteristiche aggiuntive del calcestruzzo affinché il medesimo consenta, dopo la stesura, le successive fasi di lavorazione nei tempi di normale attività delle maestranze presenti.

9.2.1 Isolamento strutture verticali

Bicchieri di plinti, fondazioni, basamenti, pilastri, muri, strutture prefabbricate di tamponamento, ecc., a contatto con la pavimentazione nella sezione verticale, necessitano di opportuno isolamento per garantire la massima indipendenza di comportamento della pavimentazione medesima onde non trasferire altre sollecitazioni esterne non provenienti dai carichi ad essa applicati.

Il materiale utilizzato allo scopo, di tipo e spessore progettati, deve aderire perfettamente alla parete della struttura verticale.

L'altezza dell'isolamento deve essere superiore allo spessore del getto e interessare tutta la sezione dello stesso.

9.2.2 Posizionamento di barriera al vapore e/o strato di scorrimento

Durante la posa si devono adottare gli opportuni accorgimenti per non danneggiare la barriera al vapore durante il getto e accertarsi che i sormonti siano adeguati. Nel caso debba essere realizzato uno strato impermeabile, si deve tenere conto che lo stato fessurativo e l'imbarcamento delle lastre vengono accentuati.

9.2.3 Posa dell'armatura tradizionale

La posa dell'armatura deve essere effettuata secondo le prescrizioni di progetto. Il ricoprimento dell'armatura all'estradosso deve essere di almeno 6 cm, e comunque superiore alla profondità del taglio dei giunti di contrazione. Nel caso in cui l'armatura posizionata nella parte alta del getto debba consentire il calpestio degli operatori, il suo diametro non potrà essere minore di 8 mm. Le sovrapposizioni dei pannelli di rete elettrosaldata o delle singole barre di acciaio dovranno essere almeno quelle previste dal progetto. L'eventuale collegamento di messa a terra dell'armatura e l'armatura suppletiva, costituita da barrotti ripartitori nei giunti di costruzione e da barrotti di rinforzo attorno a chiusini e pilastri, devono essere previsti progettualmente.

-
- 9.2.4 Fornitura a piè d'opera del calcestruzzo**
È consentita la fornitura a piè d'opera del calcestruzzo esclusivamente con mezzi o sistemi adeguati alla quantità necessaria al getto e, soprattutto, tali da non favorire la segregazione ed influenzare negativamente l'omogeneità degli impasti. La fornitura a piè d'opera del calcestruzzo, nella quantità e nei tempi concordati, deve avvenire in modo uniforme, continuo, e costante al fine di evitare la formazione di giunti cosiddetti "freddi".
- 9.2.5 Posa in opera del calcestruzzo**
La posa deve avvenire in presenza di adeguate protezioni contro condizioni climatiche avverse (vedere punto 9.1.3). Il calcestruzzo può essere livellato con staggiatura semplice manuale, con vibro-staggiatura manuale o con sistema di vibrostesura automatizzata. In corrispondenza dei giunti di costruzione, e comunque sempre contro cassero, deve essere curata la costipazione del calcestruzzo al fine di limitare la formazione di macrocavità o nidi di ghiaia, che facilmente si formano in tale posizione. Se non previsto progettualmente in maniera diversa, l'accostamento dei getti deve essere effettuato a tutta sezione verticale.
- 9.2.6 Applicazione e lavorazione dello strato d'usura**
Le operazioni di applicazione e lavorazione dello strato di usura devono essere eseguite su calcestruzzo fresco, prima che si siano innescati fenomeni di presa. È preferibile utilizzare prodotti premiscelati.
- 9.2.6.1 Metodo a spolvero**
Il prodotto deve essere applicato anidro con spolveratura su calcestruzzo fresco e steso in almeno due fasi alternate da lavorazione meccanica, in quantità complessiva non minore di 2 kg/m². Per la finitura del manto d'usura si deve limitare al minimo indispensabile la quantità d'acqua eventualmente aggiunta.
- 9.2.6.2 Metodo a pastina**
Prima dell'applicazione della malta di riporto (o pastina) deve essere eliminato ogni deposito residuo portato in superficie dall'acqua di affioramento del calcestruzzo. Deve essere applicata una quantità di prodotto premiscelato anidro non minore di:
15 kg/m², se a base di aggregati lapidei,
30 kg/m², se a base di aggregati metallici.
Per la finitura del manto d'usura si deve limitare al minimo indispensabile la quantità d'acqua eventualmente aggiunta.
- 9.2.7 Giunti**
La disposizione dei giunti, in generale, è determinata dal tipo di supporto della pavimentazione e viene stabilita dal progettista.
Il taglio meccanico del giunto può causare piccoli sbrecciamenti che comunque non costituiscono difetto.
Gli accorgimenti adottati per proteggere la stagionatura, dopo il taglio, devono essere ripristinati.
- 9.2.7.1 Giunti di isolamento**
Sono definiti nel punto 3.3.1. Estesi a tutto lo spessore della pavimentazione, sono realizzati ponendo, prima del getto, una striscia continua di materiale deformabile lungo lo sviluppo dell'elemento da isolare. Vedere anche punto 9.2.1.
- 9.2.7.2 Giunti di costruzione**
Sono definiti nel punto 3.3.2. Si costituiscono, di fatto, con l'accostamento di due lastre gettate in tempi diversi. Se non previsto progettualmente in modo diverso, l'accostamento dei getti deve essere rettilineo e a tutta sezione verticale. Il taglio meccanico, se previsto, viene effettuato con il solo scopo di realizzare una traccia per l'inserimento dei materiali di

riempimento. La necessità di esecuzione, i tempi e la profondità di questo taglio sono pertanto del tutto ininfluenti. Per tali giunti, rappresentando la parte della pavimentazione più soggetta a prematuri deterioramenti, si consiglia un opportuno rinforzo in fase di posa, o a stagionatura avvenuta, o con particolari riempimenti.

I giunti di costruzione devono coincidere con uno degli altri tipi di giunto, in particolare con quelli di dilatazione.

9.2.7.3 Giunti di controllo o contrazione

Sono definiti nel punto 3.3.3. I tagli per i giunti devono essere realizzati al più presto, sempre in funzione delle condizioni climatiche, ambientali, del tipo di cemento e del rapporto acqua/cemento. I giunti lungo il perimetro interno dell'edificio, da realizzare per limitare le deformazioni in una zona ritenuta a rischio, devono essere progettualmente indicati.

Nota Le protezioni antinfortunistiche della macchina tagliagiunti normalmente non consentono di prolungare i tagli oltre 15 centimetri dagli spiccati in elevazione: si ritiene pertanto accettabile la conseguente relativa fessurazione di prolungamento del taglio.

9.2.7.4 Giunti di dilatazione

Sono definiti nel punto 3.3.3. Ove possibile, per ragioni di economia di lavoro e di riduzione delle discontinuità, è bene fare coincidere tali giunti con quelli di costruzione. Le modalità di esecuzione sono analoghe ai giunti di costruzione stessi.

La profondità dell'eventuale taglio, da realizzarsi in fase successiva per l'inserimento del riempitivo, è ininfluente.

Tra le lastre che formano il giunto deve essere inserito un materiale comprimibile il cui spessore possa consentire l'allungamento delle stesse senza che vengano a contatto diretto tra loro.

9.2.8 Riempimenti e sigillature

Le funzioni di riempimento e di sigillatura, a seconda delle prestazioni richieste alla pavimentazione, possono presentarsi congiunte o disgiunte.

9.2.8.1 Riempimenti

I riempimenti hanno la funzione di colmare le cavità formatesi a seguito del taglio dei giunti; particolari accorgimenti consentono anche di migliorare notevolmente la resistenza dello spigolo del giunto allo sbrecciamento da urti.

Per garantire nel tempo tali funzioni si richiede al materiale di riempimento una buona adesione alle pareti del giunto e la capacità di sostenere i movimenti reciproci delle superfici affiancate. Sono consentiti distacchi parziali del materiale dalle pareti purché non comportino la caduta o la fuoruscita del riempimento. È opportuno posizionare preformati comprimibili a cellule chiuse tra le due superfici del giunto per ottenere la sezione idonea a garantire al riempimento la sua capacità di lavoro; ciò previene anche l'eventuale adesione del materiale al fondo del taglio.

Nota Come riempimento temporaneo si possono utilizzare profili morbidi in PVC o similari, semplicemente inseriti a pressione.

9.2.8.2 Sigillature

La sigillatura deve garantire la tenuta del giunto al passaggio di liquidi. Il materiale costituente la sigillatura deve possedere adeguata resistenza chimica nei confronti dei liquidi con i quali verrà a contatto ed essere in grado di sostenere, senza lacerarsi e senza distaccarsi dal supporto, i movimenti previsti per il giunto. Inoltre il materiale deve avere caratteristiche meccaniche tali da rimanere integro ed aderente, alle temperature di esercizio previste, anche in presenza di grandi deformazioni.

In ogni caso le specifiche di realizzazione e del materiale da impiegare devono essere prescritte dal progettista.

La sede del giunto deve essere allargata in modo tale da ridurre l'allungamento specifico del materiale sigillante.

Si tenga però presente che giunti larghi sigillati con materiale deformabile tendono a sbrecciarsi più rapidamente, soprattutto se transitati da carichi concentrati elevati (esempio ruote piccole e dure).

L'ampiezza della sede del materiale può essere indicativamente calcolata mediante la formula:

$$b = e/a$$

dove:

e è il movimento della lastra, espressa in millimetri;

b è l'ampiezza sede del materiale, espressa in millimetri;

a è la capacità di lavoro del materiale, espressa in percentuale.

Nota Le prescrizioni generali indicate non assicurano automaticamente la tenuta all'acqua del pavimento, ma solo l'impermeabilità del giunto.

9.2.9

Protezione e stagionatura protetta

Per raggiungere le potenziali prestazioni attese dal calcestruzzo, soprattutto nella zona corticale, occorre proteggerlo e stagionarlo accuratamente.

La protezione è volta a prevenire gli effetti derivanti da:

- esposizione, anche durante il getto e la lavorazione, a condizioni climatiche avverse nonché all'irraggiamento solare e ad aria radente;
- dilavamento per pioggia o ruscellamento dell'acqua;
- rapido raffreddamento durante i primi giorni dal getto;
- differenze di temperatura superiori ai 20 °C tra la zona interna e la superficie esposta della piastra;
- il congelamento.

La protezione del calcestruzzo, determinante nell'evitare una prematura evaporazione dell'acqua di impasto (provocata soprattutto dall'irraggiamento solare e dal vento), deve iniziare appena possibile dopo la sua finitura superficiale. I principali sistemi di protezione per la stagionatura del pavimento, utilizzabili singolarmente o in combinazione tra loro, consistono nel:

- coprire la pavimentazione con teli di plastica (di tipo isolante in caso di basse temperature);
- rivestire con teli umidi;
- nebulizzare acqua sulla superficie in maniera uniforme ed ininterrotta;
- applicare prodotti stagionanti che formano membrane protettive.

Fattori importanti nei processi di protezione e stagionatura sono:

- tipo/classe del cemento;
- rapporto acqua/cemento.

Nota 1 I metodi e la durata della stagionatura devono essere prescritti progettualmente.

Nota 2 I metodi indicati sono comunque inefficaci quando la temperatura del calcestruzzo fresco è minore di 5 °C.

9.2.10

Messa in esercizio della pavimentazione

Le condizioni di messa in esercizio della pavimentazione sono subordinate al raggiungimento della resistenza meccanica di progetto, salvo diversa prescrizione del progettista.

10

VERIFICHE, CONTROLLI E COLLAUDO

I materiali componenti l'esecuzione e il pavimento finito possono essere oggetto di verifica. Tali verifiche sono realizzate secondo quanto riportato nel presente capitolo.

-
- 10.1 Verifiche preliminari**
Le verifiche da effettuare prima dell'inizio delle operazioni di posa, sono riportate nel punto 9.1.
- 10.2 Verifiche sui materiali componenti**
Le verifiche sui componenti del pavimento industriale sono quelle indicate nel punto 7, integrate da quelle descritte nei successivi punti da 10.2.1 a 10.2.3.
- 10.2.1 Verifiche sul calcestruzzo fresco**
- 10.2.1.1 Verifica della bolla di consegna
Verificare la corrispondenza fra il tipo di calcestruzzo ordinato con quanto riportato nella bolla di consegna, che deve essere redatta secondo la UNI EN 206-1, punto 7.3.
- 10.2.1.2 Controllo del volume delle consegne
La rispondenza del volume di calcestruzzo dichiarato nella bolla di consegna si verifica mediante la seguente procedura:
- determinare la massa del calcestruzzo e del mezzo che lo trasporta o massa lorda M_L in Kgf;
 - determinare la massa del mezzo o tara M_T in Kgf;
 - la massa del calcestruzzo M_C consegnato sarà uguale a: $M_C = M_L - M_T$ (in Kgf);
 - determinare la massa volumica del calcestruzzo M_V in kg/m^3 secondo la UNI EN 12390;
 - il volume del calcestruzzo consegnato V_C in m^3 è uguale a: $V_C = M_C / M_V$.
- 10.2.1.3 Ulteriori verifiche e relative procedure normalizzate
- Campionamento del calcestruzzo, secondo la UNI EN 12350-1;
 - prelevamento di campioni in cantiere, secondo la UNI EN 12350-1;
 - preparazione e stagionatura dei provini in calcestruzzo, secondo la UNI EN 12390-2;
 - forme e dimensioni dei provini, secondo la UNI EN 12390-1;
 - casseforme per il confezionamento di provini, secondo la UNI EN 12390-1;
 - classificazione della consistenza, secondo la UNI 9417;
 - controllo della composizione del calcestruzzo fresco (limitatamente al rapporto acqua-cemento), secondo la UNI 6393;
 - determinazione della consistenza - prova di abbassamento al cono (slump test), secondo la UNI EN 12350-2;
 - determinazione della consistenza - spandimento con tavola a scosse, secondo la UNI EN 12350-5 (metodo B, limitatamente alla consistenza S5);
 - determinazione della massa volumica, secondo la UNI EN 12390-7;
 - determinazione volumetrica per pressione del contenuto di aria, secondo la UNI EN 12350-7;
 - determinazione della quantità di acqua essudata, secondo la UNI 7122.
- 10.2.2 Controllo di accettazione del calcestruzzo**
- 10.2.2.1 Calcestruzzo senza fibre
La rispondenza delle caratteristiche di resistenza a compressione del calcestruzzo impiegato è determinata secondo le modalità previste dalla legislazione vigente¹²⁾.

12) Al momento della pubblicazione della norma, è in vigore il Decreto Ministeriale 09/01/96 di applicazione della Legge 1086/71, allegato 2, punti 5 e 5.1.

-
- 10.2.2.2 Calcestruzzo fibrorinforzato strutturale
La rispondenza delle caratteristiche di resistenza a compressione e a trazione del calcestruzzo fibrorinforzato strutturale è determinata secondo le modalità previste dalla UNI 11039.
- 10.2.3 Verifiche sull'armatura**
- 10.2.3.1 Acciaio
Le verifiche sull'armatura in acciaio devono essere eseguite secondo le prescrizioni della legislazione vigente¹³⁾.
- 10.2.3.2 Fibre metalliche
Quantità o dosaggio (vedere UNI 11037);
dimensioni (vedere UNI 11037).
- 10.2.3.3 Fibre non metalliche
Verifica documentazione di cui al punto 7.1.6.
- 10.2.4 Determinazione delle caratteristiche dei materiali per lo strato di usura**
I materiali devono essere sottoposti alle prove previste dalla UNI EN 13813.
- 10.3 Controllo dell'esecuzione**
È compito della direzione lavori verificare la rispondenza dell'esecuzione con quanto stabilito nel progetto, con particolare riferimento a quanto specificato nel punto 9.
- 10.4 Controlli ad opera ultimata**
- 10.4.1 Generalità**
Le verifiche sul pavimento industriale finito sono quelle indicate nel punto 6, integrate da quelle descritte nel successivo punto 10.4.2.
- 10.4.2 Controlli non distruttivi sul calcestruzzo indurito**
I controlli non distruttivi devono essere effettuati secondo le indicazioni contenute nelle rispettive UNI. Qualora il controllo del calcestruzzo richieda il prelievo di provini dall'opera (per esempio carotaggi), i medesimi dovranno essere conformi alla UNI 6131 e prelevati da punti significativi ed in numero rappresentativo.
- Nota Per prove di compressione, ogni prelievo dev'essere costituito da almeno 2 provini prelevati in un'area non maggiore di 1 m². Il numero dei prelievi non dovrà essere minore di 3 per ogni 1 000 m² di pavimentazione. Tali prove non potranno tuttavia essere sostitutive dei "controlli di accettazione" che vanno riferiti a provini prelevati, confezionati e maturati secondo le prescrizioni dell'Allegato 2 punti 5 e 5.1 del D.M. 09/01/96. Per l'interpretazione dei risultati dei carotaggi si può far utile riferimento a quanto contenuto nel prEN 13791.

13) Al momento della pubblicazione della norma, è in vigore il D.M. 09/01/96 "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche", cap. 2 e allegati 4 e 5.

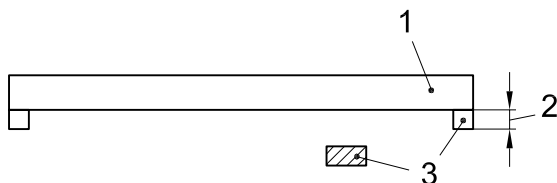
APPENDICE A METODO DI PROVA PER LA MISURA DELLA PLANARITÀ (normativa)

Appoggiare al pavimento un regolo diritto e rigido di due metri di lunghezza, alle cui estremità sono applicati dei tasselli di legno da (50 × 50) mm, con spessore rispondente alla tolleranza concessa. Un terzo tassello delle stesse dimensioni deve essere inserito tra regolo e pavimento. La figura A.1 illustra il procedimento e i possibili esiti della prova.

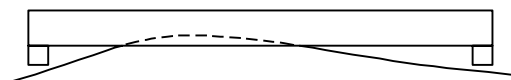
figura A.1 Procedimento di prova per la misura della planarità

Legenda

- 1 Regolo
- 2 Spessore rispondente alla planarità richiesta
- 3 Tasselli

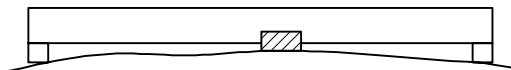


Appoggiando il regolo sul pavimento si avranno i seguenti casi:



Caso 1 Il regolo tocca il pavimento:

Planarità fuori tolleranza



Caso 2 Il regolo non tocca il pavimento e il tassello non passa sotto il regolo:

Planarità entro tolleranza



Caso 3 Il regolo non tocca il pavimento e il tassello passa sotto il regolo:

Capovolgere il regolo

A regolo capovolto sono possibili i seguenti casi:



Caso 3A Il tassello non passa:

Planarità entro tolleranza



Caso 3B Il tassello passa:

Planarità fuori tolleranza

B.1

Simboli

- $w(x,y)$ = abbassamento della piastra;
 w_0 = abbassamento sotto il punto di applicazione del carico;
 P = carico applicato (concentrato);
 a = raggio di impronta del carico ($a = 0,525\sqrt{A}$ per impronta di carico rettangolare di area A);
 p = carico applicato (distribuito);
 q = reazione del sottofondo;
 h = spessore della piastra;
 E = modulo di Young del materiale costituente la piastra (UNI EN 1992-1-1);
 μ = modulo di Poisson del materiale costituente la piastra (UNI EN 1992-1-1);
 $D = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)}$
 l = raggio di rigidità relativa.

B.2

Comportamento elastico

B.2.1

Raggio di rigidità relativa

Tale grandezza fornisce una misura della porzione di piastra che viene interessata dall'applicazione di un carico concentrato (indicativamente tale porzione è individuata da un cerchio di perimetro di $2\pi l_{w,B}$).

prospetto B 1

Raggio di rigidità relativa

Tipo di terreno	Raggio di rigidità relativa
Winkler	$l_w = \sqrt[4]{\frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)k}}$
Boussinesq	$l_B = \sqrt[4]{\frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)C}}$

B.2.2

Abbassamenti

Carico concentrato P , applicato a sufficiente distanza dai bordi.

prospetto B 2

Abbassamento

Tipo di terreno	Abbassamento
Winkler	$w_0 = \frac{Pl_w^2}{8D}$
Boussinesq	$w_0 = \frac{Pl_B^2}{3 \times \sqrt{3} D}$

B.2.3

Sollecitazioni per carichi applicati

B.2.3.1

Azioni flettenti

Carico concentrato P , applicato a sufficiente distanza dai bordi.

prospetto B 3

Momento flettente nel punto di applicazione del carico

Tipo di terreno	Momento flettente nel punto di applicazione del carico (fibre inferiori tese)
Winkler	$M_{\max,0} = P \cdot (1 + \mu) \cdot \left[0,0078 \cdot \left(\frac{a}{l_w} \right)^2 - \left(0,1833 \cdot \log \left(\frac{a}{l_w} \right) + 0,049 \right) \right]$
Boussinesq	$M_{\max,0} = P \cdot (1 + \mu) \cdot \left[0,0120 \cdot \left(\frac{a}{l_B} \right)^2 - \left(0,1833 \cdot \log \left(\frac{a}{l_B} \right) + 0,049 \right) \right]$

Per il calcolo dei momenti $M_{\max,l}$ e $M_{\max,a}$ per carico P agente rispettivamente sul lato o sull'angolo si possono applicare in via semplificativa le relazioni:

Per piastre affiancate e solidarizzate con spinotti:

$$M_{\max,l} = M_{\max,a} = 1,5 \cdot M_{\max,0}$$

Per piastre isolate:

$$M_{\max,l} = M_{\max,a} = 2,0 \cdot M_{\max,0}$$

B.2.3.2

Formule di Westergaard

Caso di carico isolato P avente raggio di impronta a :

prospetto B 4

Massima sollecitazione di trazione

	Massima sollecitazione di trazione
Centro	$\sigma_0 = 1,264 \frac{P}{h^2} \left(\log \frac{l}{b} + 0,267 \right)$
Lato	$\sigma_0 = 2,288 \frac{P}{h^2} \left(\log \frac{l}{b} + 0,090 \right)$
Angolo	$\sigma_0 = 3 \frac{P}{h^2} \left[1 - 1,23 \left(\frac{r}{l} \right)^{0,6} \right]$

dove:

$$b = \sqrt{1,6 \cdot a^2 + h^2} - 0,675 h \quad \text{per } a < 1,724 h$$

$$b = a \quad \text{per } a > 1,724 h$$

B.2.4

Sollecitazioni per azioni indirette

B.2.4.1

Ritiro

prospetto B 5

Massima sollecitazione di trazione - Ritiro

	Massima sollecitazione di trazione
Centro	$\sigma_{sh,0} = \frac{\Psi \cdot E_c \cdot \varepsilon_{sh}}{1 + \phi}$

Massima sollecitazione di trazione - Ritiro (Continua)

	Massima sollecitazione di trazione
Lato	$\sigma_l = \frac{\sigma_{sh,0}}{2}$
Angolo	$\sigma_a = 0$

dove:

ψ è il fattore di vincolo funzione della distanza fra i giunti, dello spessore della lastra e dell'attrito col sottofondo (vedere prospetto B.6);

ϕ è il fattore di rilassamento.

Fattore di vincolo

Coefficiente di attrito μ	Distanza fra i giunti (spessore pavimento)				
	10	20	30	50	>100
<0,5	0,05	0,15	0,25	0,5	1
1	0,1	0,3	0,5	1	1
2	0,2	0,6	1	1	1

B.2.4.2**Gradiente termico**

Gradiente termico ΔT variabile linearmente nello spessore h della piastra:

Massima sollecitazione di trazione - Gradiente termico

	Massima sollecitazione di trazione
Centro	$\sigma_{T,0} = \frac{E_c \cdot \alpha \cdot \Delta T}{1 + \phi}$
Lato	$\sigma_{T,l} = 0$
Angolo	$\sigma_{T,0} = \frac{E_c \cdot \alpha \cdot \Delta T}{1,5}$

dove:

α è il coefficiente di dilatazione termica lineare ($10 \cdot 10^{-6}$);

ϕ è il fattore di rilassamento.

B.3**Comportamento rigido-plastico**

Nell'ipotesi di comportamento plastico, il carico ultimo della pavimentazione può essere calcolato con la teoria delle linee di rottura (yield lines).

In questo caso viene calcolato il carico P_u compatibile con la rottura della piastra intesa come la formazione di fessure che portano alla formazione di un meccanismo di collasso.

Nell'ipotesi di fessura circonferenziale con centro nel punto di applicazione del carico (questo quindi deve essere puntiforme o applicato su un'area ristretta avente raggio di impronta a), definito $M_0 = M_a + M_b$ ove i momenti sono quelli ultimi della lastra di calcestruzzo armato (se non armata sono calcolate nel rispetto delle condizioni di plasticità di Rankine), il carico ultimo è riportato nel prospetto B.8.

Carico ultimo P_u

Punto di applicazione del carico	Carico ultimo P_u
Centro	$P_u = \frac{2 \cdot \pi \cdot M_0}{1 - \left(\frac{a}{3 \cdot l}\right)^{0,6}}$
Lato	$P_u = 3,5 \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot a}{l}\right) \cdot M_0$
Angolo	$P_u = 2 \cdot \left(1 + \frac{4 \cdot a}{l}\right) \cdot M_0$

B.4 Comportamento non lineare**B.4.1 Pavimentazioni con armatura tradizionale (rete o barre di armatura)**

Il comportamento non lineare della pavimentazione può essere studiato nell'ambito delle ipotesi previste nella UNI EN 1992-1-1.

B.4.2 Pavimentazioni di calcestruzzo fibrorinforzato strutturale

Poiché le fibre manifestano il loro contributo resistente solo dopo la fessurazione della matrice, il calcolo non lineare delle pavimentazioni di calcestruzzo fibrorinforzato strutturale si può basare sulla Meccanica della Frattura Non Lineare o sulla Meccanica del Danno.
