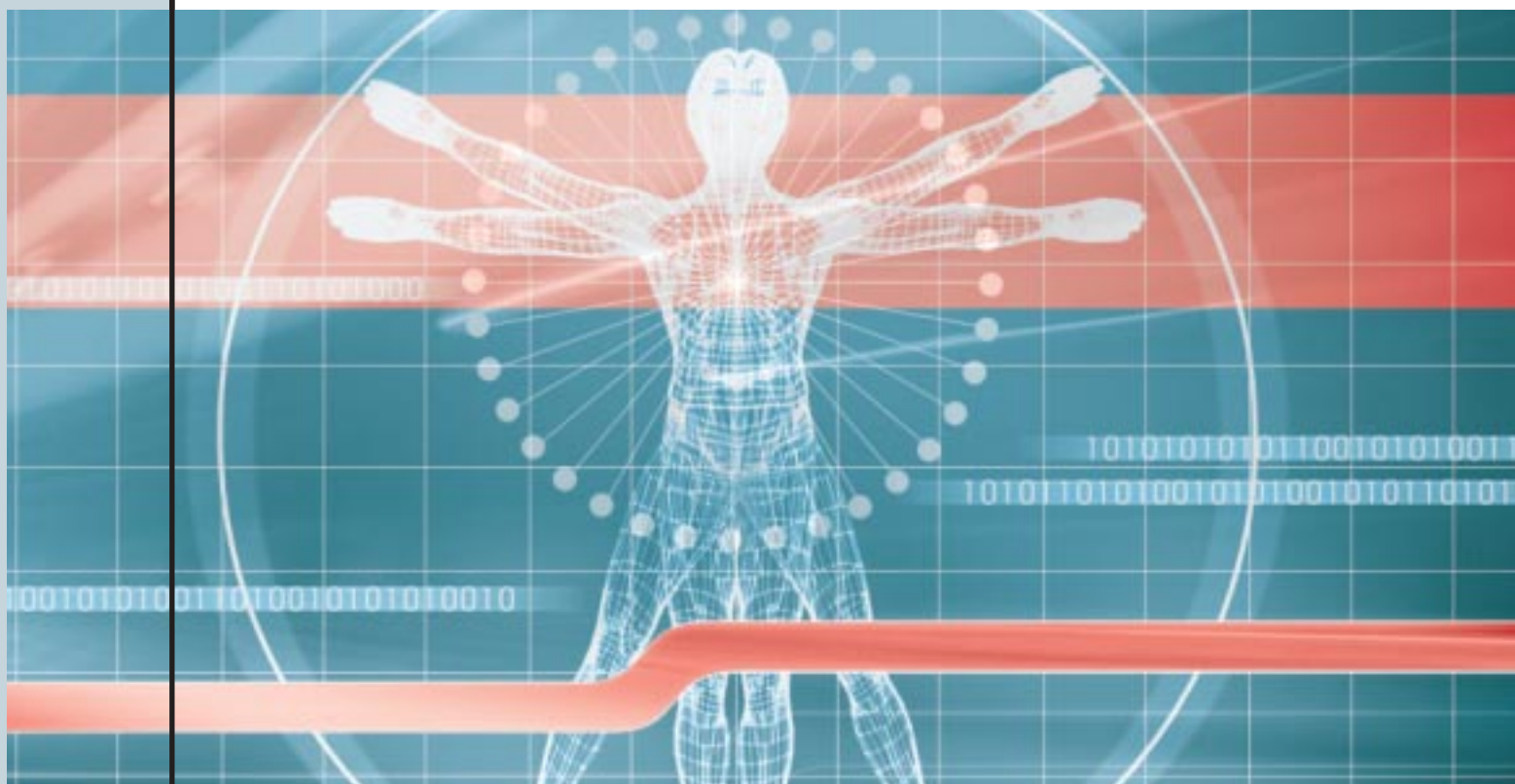


CODICE DI BUONA PRATICA



PER I PAVIMENTI IN CALCESTRUZZO
AD USO INDUSTRIALE

Codice di Buona Pratica

Per i Pavimenti in Calcestruzzo ad uso Industriale

Promozione - Realizzazione - Edizione:

a cura di CONPAVIPER Copyright ©

Associazione Nazionale Imprese di Pavimenti e Rivestimenti Industriali.

Coordinamento editoriale:

Geom. Giorgio Carissimi (CONPAVIPER)

Geom. Giancarlo Crestanini (CONPAVIPER)

Terza edizione

Finito di stampare nel mese di Maggio 2003 in 4.000 copie
con la partecipazione finanziaria dei soci CONPAVIPER

Presentazione

Questa 3ª edizione del **Codice di Buona Pratica**, pur conservando il rigore scientifico, progettuale e tecnologico nella trattazione degli argomenti, si ripropone quale strumento d'estrema praticità e di facile consultazione per tutti i soggetti che sono direttamente coinvolti nella realizzazione delle pavimentazioni industriali, dal progettista al direttore dei lavori, dall'impresa esecutrice al produttore di calcestruzzo.

L'interesse suscitato da tale documento dalla sua prima edizione del 1996, ha stimolato l'Associazione di categoria **CONPAVIPER** a costituire un gruppo di lavoro per la revisione e aggiornamento del Codice, secondo i risultati dei più recenti studi specifici.

Un pavimento industriale di ottima qualità, durevole e tecnicamente adeguato alle necessità dell'utilizzatore finale **deve essere realizzato rispettando alcune regole basilari**: il testo fornisce dunque precise indicazioni per la progettazione dello strato di supporto e della struttura, per la scelta dei materiali e dei prodotti, per le modalità della loro messa in opera e trattamento di finitura.

La presente edizione del Codice è stata elaborata in coerenza con la bozza di norma "Pavimenti di calcestruzzo ad uso industriale" di prossima emanazione, già approvata dal Gruppo di Lavoro dell'**UNI**.

Ringraziamo per avere contribuito alla realizzazione di questa terza edizione, secondo la propria area di competenza:

- ASSIAD - Associazione Italiana Produttori Additivi e Prodotti per Calcestruzzo
- ATE - Associazione Tecnologi per l'Edilizia
- ATECAP - Associazione Tecnico Economica Calcestruzzo Preconfezionato
- CTE - Collegio Tecnici Industrializzazione Edilizia

Responsabile tecnico-scientifico del progetto integrale di revisione:

- Ing. Luigi Coppola – Facoltà di Ingegneria Università di Bergamo

Consulenza specifica settoriale:

- Ing. Francesco Biasioli – Politecnico di Torino
- Ing. Claudio Comastri – Università di Ferrara
- Ing. Filiberto Finzi – Libero professionista
- Ing. Giovanni A. Plizzari – Università di Brescia
- Ing. Sergio Tattoni – Politecnico di Milano

1. GENERALITÀ	06	6.3 PAVIMENTO SU COIBENTAZIONE	22
1.1 SCOPO	06	6.3.1 Calcestruzzo	22
1.2 CAMPO DI APPLICAZIONE	06	6.3.2 Dimensionamento	22
1.3 RIFERIMENTI NORMATIVI	06	6.3.3 Armatura	22
1.4 AGGIORNAMENTI	06	6.3.4 Strato d'usura	22
2. DEFINIZIONI	07	6.3.5 Giunti	22
		6.3.6 Stagionatura	22
		6.3.7 Planarità	22
3. COMPOSIZIONE DEL SISTEMA E TIPOLOGIE COSTRUTTIVE	12	6.4 PRESCRIZIONI PER PAVIMENTI ESTERNI (piazzi)	22
3.1 SCHEMA TIPO DI PAVIMENTO POGGIANTE SU TERRENO	12	6.4.1 Calcestruzzo	23
3.2 TIPOLOGIE COSTRUTTIVE	12	6.4.1.1 La gelività degli aggregati	23
		6.4.1.2 La reazione alcali aggregati	23
4. TIPI E CLASSI DEI PAVIMENTI INDUSTRIALI	14	6.4.2 Dimensionamento	23
4.1 TIPI DI PAVIMENTO	14	6.4.3 Armatura	23
		6.4.4 Strato d'usura	23
5. MASSICCIAIA - PRESCRIZIONI	16	6.4.5 Giunti	23
5.1 CARATTERISTICHE FUNZIONALI E PRESTAZIONALI	16	6.4.6 Stagionatura	23
5.2 DETTAGLI PROGETTUALI E PARTICOLARI ESECUTIVI	17	6.4.7 Planarità	23
5.2.1 Pozzetti	17	6.4.8 Pendenze	23
5.2.2 Scavi e reinterri	17	7. CALCESTRUZZO - REQUISITI	24
5.2.3 Impianti	17	7.1 MATERIALI	24
5.2.4 Pendenze	17	7.1.1 Cemento	24
5.2.5 Planarità della massicciata	17	7.1.2 Aggregati	24
5.2.6 Valori di portanza	17	7.1.2.1 Impurità degli aggregati	24
5.3 VERIFICHE DELLA MASSICCIAIA	18	7.1.2.2 Prevenzione della gelività degli aggregati	24
5.3.1 Verifiche durante la realizzazione	18	7.1.2.3 Prevenzione in caso di aggregati gelivi	25
5.3.2 Verifiche prima dei getti	18	7.1.3 Acqua d'impasto	25
5.3.3 Verifiche durante la fase di getto	18	7.1.4 Additivi	25
5.4 RESPONSABILITÀ	19	7.1.5 Aggiunte	25
5.5 STRATI DI SEPARAZIONE	19	7.1.6 Altri componenti	25
5.5.1 Strato di scorrimento	19	7.2 PRODUZIONE DEL CALCESTRUZZO	25
5.5.2 Barriera al vapore	19	7.2.1 Il dosaggio dei componenti	25
5.5.3 Avvertenze	19	7.2.2 Miscelazione del calcestruzzo	26
6. PAVIMENTI SU ALTRI SUPPORTI E PAVIMENTI ESTERNI	20	7.3 PRESCRIZIONI PER IL CALCESTRUZZO	26
6.1 PAVIMENTI SU SOLETTA	20	7.3.1 Classe di resistenza	26
6.1.1 Calcestruzzo	20	7.3.1.1 Resistenza secondo la classe di esposizione	29
6.1.2 Dimensionamento	20	7.3.1.2 Resistenza minima strutturale	29
6.1.3 Armatura	20	7.3.2 Dimensione massima aggregato	30
6.1.4 Strato di usura	20	7.3.2.1 Curva granulometrica	30
6.1.5 Giunti	20	7.3.3 Classe di consistenza	30
6.1.6 Stagionatura	21	7.3.4 Tipo di cemento	30
6.1.7 Planarità	21	7.3.4.1 Classe di resistenza del cemento	31
6.2 PAVIMENTAZIONE SU PAVIMENTO ESISTENTE (nuovo su vecchio)	21	7.3.5 Rapporto Acqua/Cemento	31
6.2.1 Calcestruzzo	21	7.4 CONDIZIONI CLIMATICHE E TEMPERATURA DEL CALCESTRUZZO AL MOMENTO DEL GETTO	31
6.2.2 Dimensionamento	21	7.4.1 Condizioni di fornitura a piè d'opera	31
6.2.3 Armatura	21	7.4.2 Consistenza alla consegna	32
6.2.4 Strato d'usura	21	7.4.3 Messa in esercizio	32
6.2.5 Giunti	21	7.5 PRESTAZIONI PARTICOLARI	32
6.2.6 Stagionatura	22	7.5.1 Resistenza all'abrasione	32
6.2.7 Planarità	22	7.5.2 Resistenza a trazione per flessione	32
		7.5.3 Resistenza agli urti	32
		7.5.4 Impermeabilità	32
		7.6 PROCEDURE PER IL CONTROLLO DELLA QUALITÀ	33
		7.6.1 Verifiche prima dell'inizio dei lavori	33
		7.6.2 Verifiche in fase di realizzazione	33

7.6.2.1	Controllo di accettazione	33	13. CONTROLLO DELLA PLANARITA'	48
7.6.2.2	Verifica della consistenza	33	13.1 METODO DI MISURA	48
8.	DIMENSIONAMENTO PROCEDURE	34	13.1.1	Verifica planarità con regolo
8.1	METODO DI CALCOLO	34	13.2 CRITERI DI ACCETTAZIONE	48
8.1.1	Carichi dinamici	34	14. CONTROLLO DELLA ORIZZONTALITA'	49
8.1.2	Carichi concentrati	35	14.1 ORIZZONTALITÀ IN PRESENZA DI PUNTI DI RACCORDO	49
8.1.3	Carichi uniformemente distribuiti	36	14.2 ORIZZONTALITÀ IN ASSENZA DI PUNTI DI RACCORDO	49
8.2	COMBINAZIONI DI TENSIONI (STATI COATTIVI)	36	14.3 VERIFICA DELL' ORIZZONTALITÀ	49
8.3	STATO LIMITE DI FESSURAZIONE	36	14.4 CRITERI DI ACCETTAZIONE	49
8.3.1	Stato limite di apertura delle fessure	36	15. PENDENZE	50
9.	PAVIMENTAZIONI ARMATE	37	16. PAVIMENTO FINITO	51
9.1	PROGETTAZIONE	37	16.1 ASPETTO E CRITERI DI ACCETTAZIONE	51
9.2	MATERIALI	37	16.1.1	Imbarcamento delle lastre
9.2.1	La rete elettrosaldata	37	16.1.2	Fessure dagli spiccati in elevazione
9.2.2	Fibre metalliche o comunque strutturali	38	16.1.3	Sbrecciatura dei bordi dei giunti
9.2.2.1	Quantità e tipologia	39	16.1.4	Microcavillature a ragnatela
9.3	ARMATURA SUPPLETIVA	39	16.1.5	Efflorescenze
9.3.1	Fibre sintetiche	39	16.1.6	Finitura
9.3.2	Barrotti ripartitori	39	16.1.7	Differenze cromatiche
9.3.3	Barre di rinforzo	39	16.1.8	Planarità
10	STRATO D'USURA	40	16.1.9	Orizzontalità
10.1	IL METODO A SPOLVERO	40	16.2 CONTROLLI	52
10.2	IL METODO A PASTINA	40	16.2.1	Prove distruttive
10.3	MATERIALI PER LO STRATO D'USURA	40	16.2.2	Verifica della resistenza caratteristica del calcestruzzo mediante carotaggio
10.4	SCELTA DELLO STRATO D'USURA	40	16.2.3	Verifica della resistenza all'usura
11.	GIUNTI	41	16.2.4	Prova per attrito radente
11.1	GIUNTI DI COSTRUZIONE	42	16.2.5	Prova al getto di sabbia
11.1.1	Dimensionamento	42	16.2.6	Spessore dello strato d'usura
11.1.2	Profondità dei tagli	42	16.2.7	Spessore del pavimento
11.1.3	Ampiezza dei tagli	42	16.2.8	Contenuto di cemento
11.2	GIUNTI DI CONTRAZIONE O CONTROLLO	42	16.2.9	Prove non distruttive
11.2.1	Dimensionamento	42	16.2.10	Prove con gli ultrasuoni
11.2.2	I tempi di realizzazione dei tagli	42	16.2.11	Prove per l'identificazione delle armature
11.2.3	Profondità dei tagli	43	16.2.12	Monitoraggio delle fessure
11.2.4	Distanza del taglio dagli spiccati in elevazione	43	16.2.13	Riscontro dei movimenti verticali
11.3	GIUNTI DI DILATAZIONE	43	16.2.14	Riscontro dei vuoti tra massicciata e pavimento
11.3.1	Ampiezza dei giunti	43	16.2.15	Prove sclerometriche
11.3.2	Profondità di taglio	44	AVVERTENZE	54
11.4	GIUNTI AD ISOLAMENTO DELLE STRUTTURE	44	NORME DI RIFERIMENTO PER PAVIMENTI DI CALCESTRUZZO	55
11.4.1	Giunti a perimetro	44	SISTEMA INTERNAZIONALE DI UNITÀ (SI)	61
11.5	RIEMPIMENTI E SIGILLATURE	44		
11.5.1	Riempimenti	44		
11.5.2	Sigillature	44		
12.	PRESCRIZIONI PER LA STAGIONATURA PROTETTA	46		
12.1	DURATA DELLA PROTEZIONE	46		
12.2	PROTEZIONE CONTRO IL GELO	47		
12.2.1	Precauzioni	47		

1. Generalità

1.1 Scopo

Il presente Codice descrive un insieme di specifiche tecniche e procedure per la corretta realizzazione di pavimenti di calcestruzzo ad uso industriale, denominati usualmente pavimenti industriali. In particolare, il Codice definisce le proprietà reologiche e meccaniche del conglomerato cementizio necessarie perché il pavimento possa mantenere inalterata la funzionalità per l'intera vita utile di progetto. Suddette proprietà vengono stabilite tenendo conto delle esigenze esecutive al momento della realizzazione dell'opera, dei carichi statici e dinamici durante l'esercizio, nonché delle possibili condizioni di aggressione promosse dall'ambiente in cui la pavimentazione è situata. Vengono, inoltre, stabilite le specifiche tecniche per i materiali destinati alla realizzazione dell'eventuale strato superficiale resistente all'abrasione e quelli da impiegare nell'esecuzione dei giunti di contrazione, di isolamento e di costruzione.

1.2 Campo di applicazione

Le specifiche tecniche, le raccomandazioni ed i suggerimenti contenuti nel presente Codice di Buona Pratica si applicano alle pavimentazioni di calcestruzzo di marciapiedi, cantinati, autorimesse, piazzali, opifici artigianali, magazzini, stabilimenti industriali, banchine portuali poggianti direttamente sul terreno di sottofondo, poggianti su vecchie pavimentazioni in conglomerato cementizio oppure eseguite su solai realizzati in opera oppure costituiti da elementi prefabbricati.

I pavimenti industriali eseguiti secondo i criteri del presente Codice vengono definiti **pavimenti a prestazione**.

Tuttavia, poiché sovente nella pratica si devono realizzare pavimenti industriali senza ancora averne individuata la destinazione d'uso e quindi descritti sommariamente, si è ritenuto necessario attuare una distinzione definendo questi ultimi **pavimenti a composizione richiesta**.

Fanno altresì eccezione le pavimentazioni industriali poggianti su elementi prefabbricati vincolate a strutture in calcestruzzo armato precompresso, le quali vanno dimensionate con i criteri validi per le strutture miste precomprese. Le pavimentazioni in calcestruzzo prese in esame nel presente Codice, non essendo riconducibili ad opere in calcestruzzo armato, non rientrano nell'ambito della legge 1086. Le prescrizioni contenute nel presente Codice, quindi, non sono estendibili a pavimentazioni di calcestruzzo provviste di armatura strutturale quali pavimentazioni stradali ed aeroportuali.

1.3 Riferimenti normativi

Il presente Codice di Buona Pratica è stato redatto in accordo con le disposizioni, le norme di riferimento, e le disposizioni cogenti in vigore che vengono citati nei punti appropriati del testo.

1.4 Aggiornamenti

Il presente Codice viene revisionato, quando necessario, con la pubblicazione di nuove edizioni. La presente è la terza edizione, finita di stampare nel mese di Maggio 2003.

2. Definizioni

AMBIENTE

Con il termine “ambiente” si indicano le condizioni ambientali cui la pavimentazione di calcestruzzo è esposta e di cui si deve tener conto sia nella progettazione del conglomerato cementizio che nel dimensionamento della piastra e dei giunti. In particolare, l’ambiente in cui la struttura è situata definisce le condizioni di aggressione fisica (ad esempio gelo-disgelo) e chimica (ad esempio presenza di sali disgelanti, sostanze acide, ecc) cui si prevede sarà assoggettata la struttura in opera che, pertanto, dovrà essere realizzata impiegando un calcestruzzo resistente ai suddetti attacchi. L’ambiente, inoltre, definisce le condizioni climatiche di temperatura ed umidità relativa che influenzano il dimensionamento della piastra e dei giunti di controllo e di isolamento.

ARMATURA

Rete elettrosaldata

L’armatura nelle pavimentazioni di calcestruzzo è presente generalmente sotto forma di rete elettrosaldata, senza funzioni di tipo strutturale, cui è affidato il compito di assorbire gli sforzi generati dai movimenti di natura termoisometrica che interessano il conglomerato cementizio. L’armatura, quindi, non incrementa la capacità resistente del pavimento, né consente di eliminare il ritiro del conglomerato cementizio. Essa, invece, può contrastare gli effetti del ritiro, controllando l’ampiezza dell’apertura dei giunti e l’entità dell’imbarcamento prodotto dalle contrazioni differenziali della piastra di calcestruzzo oltre che limitare l’apertura delle cavillature prodotte da modesti cedimenti differenziali dello strato di supporto.

Fibre metalliche o comunque strutturali

Le fibre metalliche o comunque strutturali possono essere utilizzate in sostituzione oppure congiuntamente alla rete elettrosaldata. L’aggiunta di fibre al conglomerato consente di ottenere un materiale di elevata duttilità e tenacità capace di resistere a sollecitazioni particolari (quali ad esempio quelle dovute alla caduta di oggetti metallici, alle sterzate delle ruote dei veicoli, al trascinarsi di oggetti pesanti). Opportuni dosaggi di fibre metalliche consentono anche di incrementare la portanza flessionale della piastra nella fase post-fessurativa. Le fibre di forma, sezione, lunghezza e quantità atte a soddisfare i dati di progetto, possono essere aggiunte al calcestruzzo sia al momento del confezionamento dell’impasto, che in cantiere.

Sono anche disponibili fibre sintetiche di natura, caratteristiche e composizione diverse, con prestazioni dichiarate assimilabili alle fibre metalliche.

ARMATURA SUPPLETIVA

Fibre sintetiche

Possono essere aggiunte come rinforzo al fine di ridurre e controllare le fessure indotte dal ritiro plastico del calcestruzzo, generate da un eccesso di acqua che evapora nella fase plastica di primo indurimento.

**ARMATURA
SUPPLEMENTIVA**

Le fibre sintetiche di forma, sezione, lunghezza e quantità atte a soddisfare i dati di progetto, sono aggiunte al calcestruzzo al momento del confezionamento dell'impasto.

Ripartitori

Comunemente definiti "barrotti", sono costituiti da tondini di armatura in acciaio in grado di contrastare i movimenti verticali differenziali che si verificano tra due lastre contigue, in corrispondenza dei giunti di costruzione.

Barre di rinforzo

Barre d'acciaio di dimensioni stabilite dal progettista e opportunamente posizionate in prossimità degli spigoli di elementi direttamente a contatto con la pavimentazione.

La mancanza di giunti di isolamento crea problemi in corrispondenza degli spigoli degli elementi a diretto contatto con la pavimentazione, perché in tali punti si concentrano gli sforzi di interazione tra pavimento ed elemento a contatto, con presenza di tensioni di trazione spesso tali da innescare la fessurazione

**BARRIERA
AL VAPORE**

Barriera, generalmente in forma di fogli di polietilene (o polietilene), predisposta sulla massicciata prima dell'esecuzione del getto del pavimento al fine di evitare che, in servizio, l'acqua presente nel terreno possa raggiungere per capillarità la superficie superiore del pavimento. La predisposizione della barriera al vapore è necessaria allorché si preveda sulla superficie superiore del pavimento un rivestimento in resina epossidica o poliuretanica. La barriera al vapore, può limitare il fenomeno della reazione alcali-aggregato ma accentuare il fenomeno del ritiro differenziale e, quindi, il conseguente imbarcamento della pavimentazione.

CALCESTRUZZO

Miscela di cemento, acqua, aggregati fini e grossi, additivi e aggiunte minerali (pozzolane oppure inerti).

**CALCESTRUZZO
PRECONFEZIONATO**

Calcestruzzo confezionato in una centrale di betonaggio esterna al cantiere, miscelato in una betoniera fissa o in un'autobetoniera e consegnato allo stato fresco, pronto per il getto, dal produttore all'utilizzatore sia a piè d'opera che su un automezzo dell'utilizzatore stesso.

CAPOSALDO

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

CARICO

Azioni cui sono generalmente assoggettate le pavimentazioni di calcestruzzo, possono essere suddivise in:

- carichi concentrati statici (ad esempio quelli trasmessi al pavimento dai piedritti di scaffalature);

- carichi concentrati dinamici prodotti da veicoli, quali carrelli elevatori o automezzi con diversi tipi e numero di ruote;
- carichi uniformemente distribuiti su un'area (ad esempio merci stoccate su pallets) oppure su una linea (ad esempio tubazioni oppure murature).

La distinzione tra i carichi agenti sulla pavimentazione viene effettuata sulla base dell'area di impronta sulla quale gli stessi vengono applicati. In linea di massima, indipendentemente dal carico applicato, la sollecitazione agente sul pavimento è prevalentemente di tipo flessionale ed interessa sia il lembo inferiore che quello superiore della piastra di calcestruzzo.

Sono da ritenersi carichi anche le sollecitazioni determinate dal ritiro del calcestruzzo, dalle variazioni di temperatura e di umidità dell'ambiente e dalle deformazioni del supporto.

CLIMA

Condizioni climatiche durante l'esecuzione del getto e successivamente durante l'esercizio della struttura. Delle condizioni climatiche si deve tener conto sia per procedere ad una corretta organizzazione del cantiere e delle operazioni di getto, che per la progettazione del calcestruzzo.

GIUNTI

Soluzioni di continuità della pavimentazione di calcestruzzo capaci di assecondare le naturali variazioni dimensionali della piastra di calcestruzzo, garantendo nel contempo la corretta trasmissione degli sforzi agenti sul pavimento.

I giunti di costruzione, interessano l'intera sezione della piastra e vengono realizzati al termine dell'esecuzione del getto di ogni lotto di pavimento per consentire gli spostamenti orizzontali relativi delle porzioni di pavimento afferenti al giunto garantendo nel contempo una corretta trasmissione delle sollecitazioni taglianti e flettenti.

I giunti di contrazione o di controllo vengono realizzati mediante taglio meccanico della piastra al fine di ridurre la sezione resistente e favorire la fessurazione del calcestruzzo, dovuta agli sforzi di trazione indotti dal ritiro igrometrico nelle zone del taglio. I giunti di contrazione, pur evitando che le fessure si manifestino casualmente sulla superficie del pavimento, non eliminano il ritiro della piastra, ma consentono di controllarne gli effetti.

I giunti di dilatazione hanno lo scopo di assorbire le variazioni dimensionali della piastra dovute alle escursioni termiche; generalmente si fanno coincidere con i giunti di costruzione.

I giunti di isolamento hanno la funzione di rendere il pavimento indipendente dalle strutture ad esso adiacenti quali pilastri, muri, cordoli, fondazioni di macchine, ecc... Al contrario dei giunti di contrazione che vengono eseguiti tagliando parzialmente la piastra di calcestruzzo, interessano l'intera sezione del pavimento e vengono realizzati predisponendo nelle sezioni di giunto uno strato di materiale deformabile.

IMBARCAMENTO (CURLING) Deformazione delle piastre di calcestruzzo dovuta alle contrazioni differenziali per ritiro delle 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 bidirezionale della piastra con concavità verso l'alto e sollevamento degli spigoli.

LOTTO DI CALCESTRUZZO Quantità di calcestruzzo preconfezionato trasportato da una singola betoniera.

LOTTO DI PAVIMENTO Superficie di pavimento realizzata per ogni singolo giorno di getto. Un lotto di pavimento è generalmente costituito da più lotti di calcestruzzo.

MASSICCIATA DI SOTTOFONDO Parte dello strato di supporto direttamente a contatto con la pavimentazione di calcestruzzo costituita da uno o più strati di materiale lapideo selezionato e stabilizzato naturalmente (misto granulare), oppure legato artificialmente con cemento (misto cementato). Il sottofondo, può essere costituito dal terreno naturale inorganico o da rilevati strutturali. La massicciata può essere costituita da un solo strato di ghiaia o pietrisco monogranulare avente funzioni drenanti e/o anticapillari.

MESSA IN ESERCIZIO Con questo termine si intende il tempo necessario affinché il calcestruzzo della pavimentazione raggiunga le resistenze richieste per sopportare i carichi statici e dinamici in servizio, oltre che per resistere alle sollecitazioni aggressive ambientali.

PAVIMENTO DI CALCESTRUZZO AD USO INDUSTRIALE Pavimentazione di calcestruzzo (vedi tipologie capitolo 3), definita comunemente pavimento industriale, sia interna che esterna, costituita da una piastra di calcestruzzo normalmente rifinita in superficie da uno strato antiusura dotato di elevata resistenza all'abrasione.

La realizzazione dello strato antiusura viene effettuata applicando sulla superficie del calcestruzzo ancora fresco, una miscela anidra (spolvero) oppure una malta premiscelata (pastina) composta di acqua, cemento ed aggregati (quarzo, corindone, elementi metallici) resistenti all'abrasione.

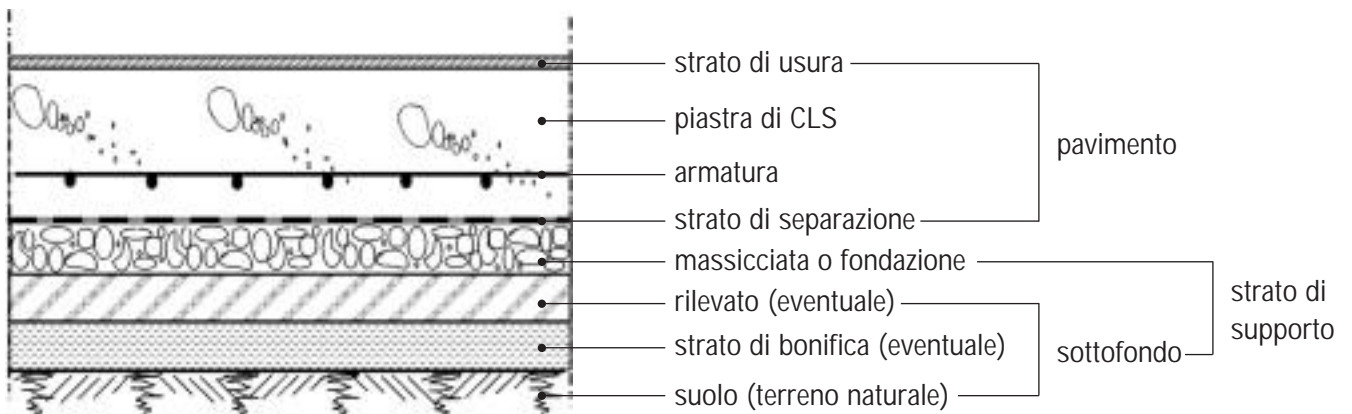
PAVIMENTO A COMPOSIZIONE RICHIESTA Pavimentazione di calcestruzzo sommariamente descritta in termini di spessore, armatura, strato di usura, giunti, ecc... e/o per la quale non è indicata la destinazione d'uso specifico. Tale definizione si rende necessaria allo scopo di evidenziare agli utilizzatori finali, i rischi connessi a tale scelta, in merito ai limiti di qualità e garanzia prestazionali della pavimentazione così realizzata.

- PAVIMENTO A PRESTAZIONE** Pavimentazione di calcestruzzo per la quale sono stati definiti almeno i seguenti parametri:
- progettazione della piastra e modalità di esecuzione del pavimento;
 - classificazione secondo i prospetti 1 e 2 del presente documento;
 - portanza e composizione dello strato di supporto;
 - classe di resistenza del calcestruzzo (R_{ck});
 - classe di consistenza e classe di esposizione;
 - dimensione massima dell'aggregato;
 - tipo di armatura e/o di rinforzo (se previsto);
 - modalità di messa in opera;
 - modalità e durata della "stagionatura protetta";
 - tipologia, dimensionamento, esecuzione e riempimento dei giunti.
- RAMPA DI CALCESTRUZZO** Pavimento di calcestruzzo realizzato con una pendenza superiore al 6%.
- RAPPORTO ACQUA-CEMENTO (a/c)** Il rapporto in massa tra le quantità d'acqua "efficace" e di cemento, utilizzate per il confezionamento del calcestruzzo. L'acqua efficace fa riferimento ad aggregati in condizioni sature e a superficie asciutta (s.s.a.).
- STAGIONATURA PROTETTA (CURING)** Insieme delle precauzioni, incluse le durate che occorre osservare durante il processo di presa e di indurimento del calcestruzzo. Obiettivo della stagionatura protetta è quello di evitare che l'acqua possa evaporare dal calcestruzzo verso l'esterno producendo fessurazioni da ritiro plastico, oltre che una riduzione del processo di idratazione del cemento e, conseguentemente, delle resistenze meccaniche del conglomerato cementizio.
- STRATO DI SEPARAZIONE O DI SCORRIMENTO** Strato avente la funzione di ridurre l'attrito durante il ritiro o la dilatazione del pavimento realizzato generalmente con:
- uno strato di sabbia di circa 5 cm;
 - teli di tessuto non tessuto;
 - fogli di polietilene (barriera al vapore).
- SUPPORTO** L'insieme dei vari strati sottostanti la piastra di calcestruzzo (vedere fig 3.1 del Cap. 3).

3. COMPOSIZIONE DEL SISTEMA E TIPOLOGIE COSTRUTTIVE

3.1 SCHEMA TIPO DI PAVIMENTO POGGIANTE SU TERRENO

Fig 3.1 Schema tipo



3.2 TIPOLOGIE COSTRUTTIVE

Fig 3.2 Pavimento su massiccata

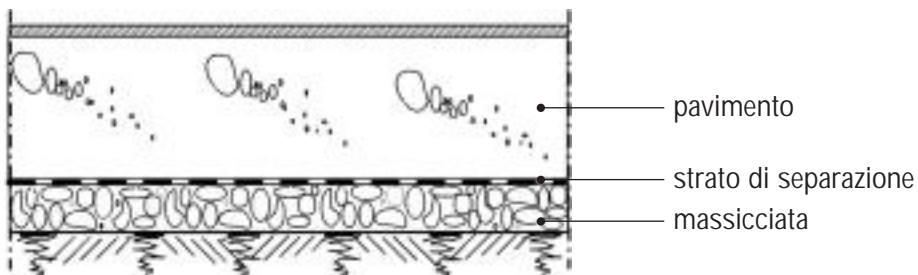


Fig 3.3 Pavimento su soletta

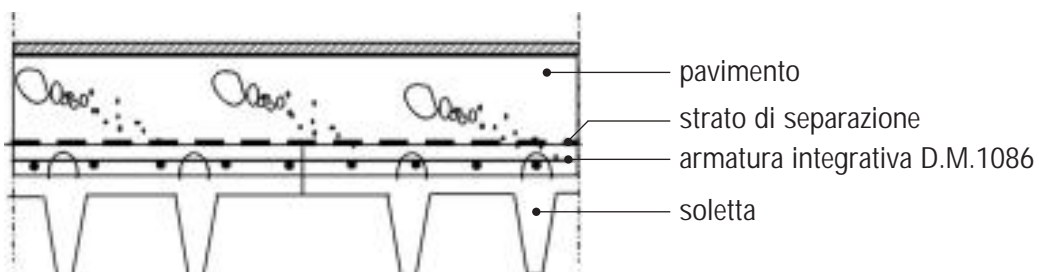


Fig 3.4 Pavimento collaborante con soletta

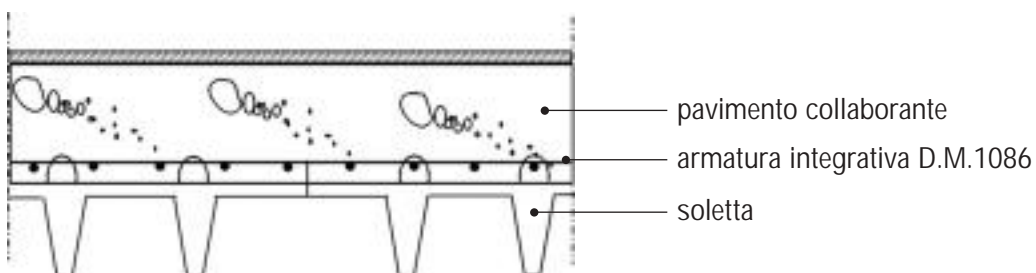


Fig 3.5 Pavimento su pavimento preesistente

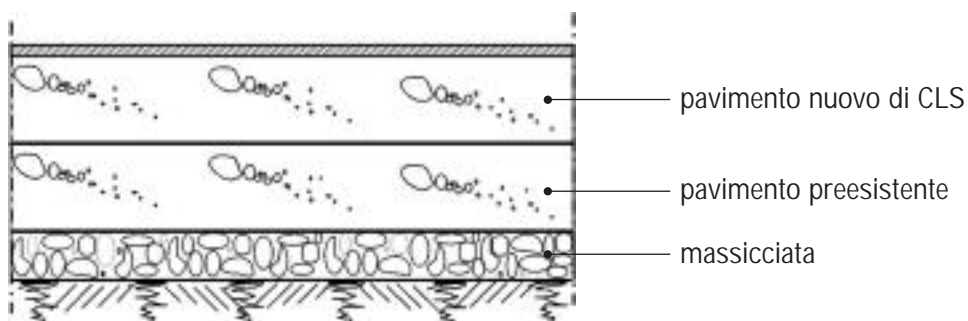
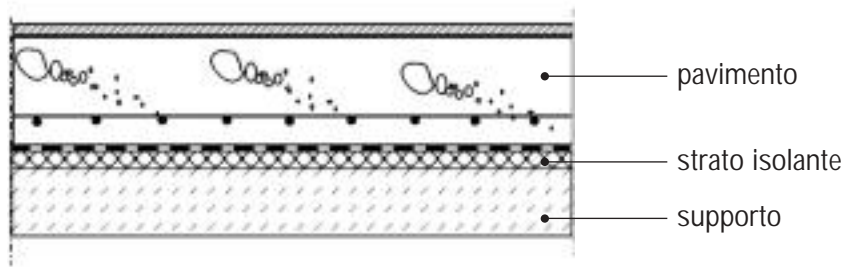


Fig 3.6 Pavimento su strato coibente



4. TIPI E CLASSI DEI PAVIMENTI INDUSTRIALI DI CALCESTRUZZO

4.1 TIPI DI PAVIMENTO

I pavimenti possono essere suddivisi nei tipi elencati nel prospetto 1 in base all'impiego previsto, e nelle classi elencate nel prospetto 2 in base alla resistenza all'abrasione.

Prospetto 1 - Tipologia dei pavimenti industriali in base all'utilizzo.

Tipo	Campi d'impiego prevalenti	Condizioni di carico più frequenti *
1	Uffici, marciapiedi, cantine, disimpegni.	Statiche e dinamiche non comprese nei tipi successivi
2	Autorimesse, piazzali.	Automezzi di massa totale $\leq 3,5$ T su pneumatici
3	Magazzini e industria con uso occasionale di transpallets, presenza di scaffalature leggere, piazzali autorimesse.	Carrelli elevatori di massa totale $\leq 2,5$ T su pneumatici Scaffalature aventi carico massimo ≤ 10 kN/ appoggio Automezzi di massa totale ≤ 13 T su pneumatici
4	Magazzini, grande distribuzione e industria con uso intensivo di carrelli elevatori, presenza di scaffalature.	Carrelli elevatori di massa totale $> 2,5$ T su pneumatici Transpallets con massa totale ≤ 1 T Carrelli elevatori di massa totale $\leq 4,5$ T con ruote piene Scaffalature aventi carico massimo ≤ 30 kN/appoggio Automezzi di massa totale ≤ 30 T su pneumatici
5	Industria, scaffalature, moli, banchine portuali, e carichi speciali, piazzali.	Transpallets con massa totale > 1 T Carrelli elevatori di massa totale $> 4,5$ T con ruote piene Scaffalature aventi carico massimo > 30 kN/appoggio Automezzi di massa totale > 30 T su pneumatici

*Nota: per tutti i pavimenti vedere il D.M. LL.PP. 16 Gennaio '96 e successivi aggiornamenti.

Prospetto 2 - 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 di massa totale ≤ 30 T su pneumatici - Carrelli elevatori su pneumatici 	<ul style="list-style-type: none"> - Applicazione di strato di usura con basso spessore con metodo a "spolvero" di prodotto premiscelato a base di cemento e aggregati aventi durezza non inferiore a 5*, in ragione di almeno 2 kg/m².
B	<ul style="list-style-type: none"> - Carrelli elevatori, di massa totale ≤ 4,5 T con ruote piene - 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 con metodo a "spolvero" di prodotto premiscelato a base di cemento e aggregati aventi durezza non inferiore a 6*, in ragione di almeno 3 kg/m². - Applicazione di strato di usura a basso spessore con metodo a "spolvero" di prodotto premiscelato a base di cemento e aggregati metallici, in ragione di almeno 6 kg/m².
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 con metodo a "pastina" di prodotto premiscelato a base di cemento e aggregati aventi durezza non inferiore a 6*, in ragione di almeno 15 kg/m².
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 con metodo a "pastina" di prodotto premiscelato a base di cemento e aggregati aventi durezza non inferiore a 7,5*, in ragione di almeno 15 kg/m². - Applicazione di strato di usura ad alto spessore con metodo a "pastina" di prodotto premiscelato a base di cemento e aggregati metallici, in ragione di almeno 30 kg/m².

1) sono possibili altri tipi di trattamento, purchè 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.

5. PRESCRIZIONI PER LA MASSICCIATA

Il presente capitolo fornisce le prescrizioni per la definizione dei dettagli progettuali e costruttivi della massicciata, non contemplati nelle norme UNI 8380 e 8381, ma indispensabili per la realizzazione di un pavimento a prestazione.

5.1 CARATTERISTICHE FUNZIONALI E PRESTAZIONALI

La massicciata ha il compito di sopportare le sollecitazioni trasmesse dalla pavimentazione per effetto dei carichi su di essa gravanti, interagendo con la struttura di sottofondo. Gli strati che costituiscono la massicciata debbono essere in grado di esplicitare reazioni ai carichi applicati senza subire, nè trasmettere, cedimenti globali e differenziali, che comporterebbero fessurazioni della piastra di calcestruzzo della pavimentazione compromettendone la funzionalità.

Le caratteristiche fisiche dei materiali costituenti, lo spessore, le caratteristiche di resistenza a taglio e la deformabilità della massicciata vanno definite in sede progettuale, in funzione del tipo e delle prestazioni richieste per la pavimentazione, dei carichi e delle sollecitazioni esterne in rapporto alle caratteristiche geotecniche del sottofondo.

La massicciata deve essere caratterizzata da:

- omogeneità e planarità;
- assortimento granulometrico (pezzatura massima dei grani inferiore a 75 mm);
- assenza di frazioni argillose;
- spessore adeguato, definito sulla base delle caratteristiche geotecniche del sottofondo;
- buon grado di compattazione;
- buon grado di saturazione;
- buon grado di livellamento.

Le prove per la valutazione delle qualità fisiche e meccaniche della massicciata sono:

- Analisi granulometrica (ASTM D422 – CNR B.U. N.23) (Prova di laboratorio per la determinazione dell'assortimento granulometrico, delle dimensioni massime dei grani, della presenza di terre finissime – argille).
- Prova di classificazione (CNR UNI 10006) (Prove di laboratorio per la qualificazione delle terre secondo il sistema CNR UNI).
- Prova Proctor (ASTM D1557- AASHTO mod.) (Prova di laboratorio che consente la determinazione del grado massimo di addensamento raggiungibile da

una terra e il tenore di umidità ottimale per conseguirlo).

- Prova di Densità in situ (CNR B.U. N.22) (Essa verifica il grado di addensamento ottenuto in campo, in rapporto al massimo addensamento ottenuto in laboratorio con lo stesso materiale attraverso la prova Proctor)
- Prova di carico su piastra (CNR B.U. N.146 – CNR B.U. N.92) (Verifica il grado di portanza della massicciata mediante l'applicazione di un carico e la rilevazione del cedimento conseguente).

La prova di carico su piastra può essere eseguita secondo due distinte metodologie: la prima (CNR B.U. N.146) si basa sulla determinazione del modulo di deformazione (M_d), effettuata impiegando una piastra circolare rigida di diametro (D) di 300 mm; la seconda (CNR B.U. N.92) consente di determinare la portanza della massicciata, intesa come pressione da applicare per produrre un cedimento unitario, nota anche come **Modulo di Reazione (k)** o **coefficiente di Winkler**.

La determinazione del modulo di reazione del sottofondo si basa sull'impiego di una piastra circolare rigida di diametro superiore a 760 mm.

a) Modulo di Deformazione:

$$M_d = (\Delta p / \Delta s) D \text{ [N / mm}^2 \text{]}$$

valori tipici di M_d : 60 - 100 N/mm²

Δp = incremento di pressione (carico/ superficie piastra) trasmesso dalla piastra alla superficie caricata (N/mm²)

Δs = incremento di cedimento della superficie caricata (mm) corrispondente all'incremento di pressione Δp

D = diametro della piastra (mm)

b) modulo di Reazione:

$$k = \Delta p / \Delta s \text{ [N/mm}^3 \text{]}$$

valori tipici di k : 0,06 - 0,12 N/mm³

5.2 DETTAGLI PROGETTUALI E PARTICOLARI ESECUTIVI

5.2.1 Pozzetti

I pozzetti di scarico o di ispezione devono essere posizionati solo nelle immediate vicinanze dei pilastri e mai al centro della pavimentazione, o nelle zone di maggior transito. I pozzetti vanno posizionati senza rinfiango, al fine di non ridurre lo spessore della pavimentazione.

5.2.2 Scavi e reinterri

Tutti gli scavi ed i reinterri vanno costipati fino a rifiuto, utilizzando strumenti e macchine idonee alle condizioni di cantiere e alle caratteristiche del materiale di riempimento. I reinterri nelle vicinanze di pilastri, basamenti, cunicoli, canaline, muri, scavi per impiantistica, ecc., vanno realizzati con particolare attenzione essendo questi i punti più soggetti a cedimenti. Lo spessore locale del calcestruzzo deve essere pari a, o di poco maggiore, allo spessore del resto della superficie.

5.2.3 Impianti

Poiché lo spessore del pavimento deve essere costante per tutta la superficie, va assolutamente evitato il passaggio di impianti (tubazioni, cablaggi, ecc.) sopra la massicciata e di quant'altro riduca lo spessore o impedisca lo scorrimento della piastra. In caso contrario, tale evenienza deve essere segnalata al Committente, tenuto conto che una riduzione dello spessore di oltre il 10 %, porta generalmente alla fessurazione della piastra di calcestruzzo.

5.2.4 Pendenze

Nel caso sia prevista una pavimentazione con pendenze, è preferibile realizzare dette pendenze sagomando opportunamente la massicciata.

5.2.5 Planarità della massicciata

Per garantire un buon grado di scorrimento al calcestruzzo e per rendere efficaci i tagli del pavimento effettuati sul calcestruzzo indurito, per la realizzazione dei giunti di contrazione il grado di planarità della massicciata va contenuto entro il limite di 2 cm ogni 4 m. Anche se le caratteristiche fisiche, strutturali e di portanza della massicciata possono essere verificate a cura dell'Impresa esecutrice del pavimento, fatti salvi specifici diversi accordi la piena assunzione di responsabilità del dimensionamento e della realizzazione della massicciata restano a carico del Committente che opera attraverso i Professionisti ed i Responsabili da esso incaricati.

5.2.6 Valori di portanza

Nelle formule di dimensionamento, i valori utilizzati per il modulo di reazione k si riferiscono a prove su piastra di diametro 760 mm. La portanza della massicciata ultimata, va verificata mediante tre prove su piastra ogni 1000 m² avendo l'accortezza di posizionare i punti di prova nelle vicinanze di chiusini, pilastri, zone umide, zone di reintegro, ovvero in punti della massicciata ove si potrebbero innescare cedimenti. Il laboratorio incaricato della prova deve dichiarare le dimensioni della piastra utilizzata, evidenziando se i valori certificati sono riferiti a una piastra di diverso diametro.

Nel caso in cui il valore del modulo di reazione risulti minore di quello impiegato nelle formule di dimensionamento, si potrà o aumentare lo spessore del pavimento o procedere ad una bonifica della massicciata per ripristinare le condizioni fisico-meccaniche previste nel progetto.

L'inserimento di un'armatura supplementare rispetto a quella prevista non compensa carenze di portanza della massicciata di fondazione.

Variazioni locali significative della portanza, possono essere causa di fessurazioni; in particolare in prossimità dei pilastri laddove il plinto di fondazione ed i cordoli non dovessero risultare coperti da uno strato sufficientemente spesso (almeno 30 cm) di materiale lapideo. In caso contrario, infatti, il terreno che ricopre il cordolo risulterebbe possedere una "portanza" decisamente superiore a quella della massicciata delle zone adiacenti, con possibile rottura della pavimentazione all'interfaccia cordolo /terreno.

Un pavimento a prestazione deve avere una massicciata con modulo di reazione k orientativamente non minore di 0,06 N/mm³ (6 kg/cm³); nel caso siano previsti carichi concentrati, che potrebbero innescare fenomeni viscosi nel calcestruzzo, è necessario un sottofondo con modulo di reazione superiore, orientativamente pari a 0,1 N/mm³ (10 kg/cm³). I valori di portanza vanno comunque fissati nel progetto della pavimentazione che deve indicare, contestualmente a tutte le attività di cantiere ed ai criteri costruttivi, le lavorazioni da effettuare in corrispondenza dei pilastri, dei cordoli, dei pozzetti, al fine di ottenere una massicciata con portanza quanto più possibile omogenea, anche in condizioni costruttive critiche.

5.3 VERIFICHE DELLA MASSICCIATA

Il presente capitolo fornisce le prescrizioni per le verifiche della massicciata nelle varie fasi esecutive.

5.3.1 Verifiche durante la realizzazione

La Direzione dei Lavori deve farsi carico degli accertamenti sulla portanza della massicciata affinché i dati di progetto utilizzati per il dimensionamento risultino rispettati.

- La massicciata va realizzata con materiale dotato di adeguata ed uniforme capacità portante. La massa volumica della massicciata deve essere prescritta in capitolato.
- Le verifiche sui materiali costituenti la massicciata devono essere effettuate in accordo con le norme UNI relative. In particolare si devono verificare: la gelività, la plasticità, l'omogeneità, lo spessore del materiale di riporto, il costipamento, il contenuto d'acqua in fase di costipamento.
- La verifica della planarità, da farsi sulla massicciata di sottofondo, può essere effettuata con un livello ottico e non deve dare scarti superiori a +/- 1 cm rispetto al valore prescritto (2 cm su 4 m max). Il rilievo dei punti va sempre effettuato, con il duplice intento di verifica della planarità e dello spessore medio a disposizione per il pavimento. Lo spessore non deve mai risultare inferiore a quanto progettato per i carichi previsti. Purché non interferisca sullo spessore del pavimento, l'eventuale correzione del grado di planarità può essere effettuata con il successivo strato di scorrimento.
- La verifica dei valori di portanza utilizzati nei calcoli di dimensionamento, va realizzata mediante prove su piastra e prove di densità in sito per ogni singolo strato di riporto. Vengono considerate idonee una prova ogni 500 m² per ogni strato riportato, mentre sull'ultimo strato sono necessarie almeno tre prove su piastra ogni 1000 m².

5.3.2 Verifiche prima dei getti

Prima di iniziare i getti, l'impresa che realizza la pavimentazione deve effettuare un sopralluogo del sito per verificare la situazione di cantiere e più precisamente:

- Prima della posa in opera del calcestruzzo la massicciata deve risultare priva di ghiaccio. Nel caso che la temperatura nei locali risulti inferiore allo zero termico, si deve provvedere a innalzarla e a mantenerla costante, a un livello in grado di eliminare l'eventuale congelamento esistente sulla massicciata.
- Sulla massicciata non devono esservi pozzanghere e/o fango.
- Tra massicciata e pavimento non devono essere presenti tubazioni che riducano lo spessore del calcestruzzo.

- Dalla massicciata devono essere rimossi sassi, macerie, residui di polistirolo espanso, legno ecc. In sostanza, la rimozione deve riguardare tutto ciò che riduce lo spessore, che impedisce lo scorrimento, e che potrebbe affiorare in superficie durante le fasi di getto.

5.3.3 Verifica durante la fase di getto

Nel caso il transito delle autobetoniere lasci tracce profonde deformando la massicciata e determinando differenze di spessore, il pavimentista avrà l'obbligo di fermare i lavori facendo annotare il fatto sul giornale di cantiere e, soprattutto, facendo riportare a livello la massicciata.

A tal proposito l'utilizzo della pompa per la messa in opera del conglomerato eviterebbe qualsiasi contatto dell'autobetoniera con la massicciata e quindi qualsiasi deformazione e/o cedimento del terreno stesso.

5.4 RESPONSABILITÀ

Il progettista o la Direzione dei Lavori (D.L.) dovrà farsi carico degli accertamenti sulla portanza della massicciata al fine di verificare la correttezza del dimensionamento per i carichi previsti in servizio.

5.5 STRATI DI SEPARAZIONE

Eventuali elementi di separazione interposti tra la massicciata e la piastra di calcestruzzo.

5.5.1 Strato di scorrimento

Strato avente la funzione di ridurre l'attrito durante il ritiro o la dilatazione del pavimento.

Viene realizzato generalmente con:

- uno strato di sabbia di circa 5 cm (per migliorare anche il grado di planarità della massicciata);
- teli di tessuto non tessuto;
- foglio di polietilene (barriera al vapore).

Lo strato di scorrimento non sempre coincide con lo strato impermeabilizzante.

5.5.2. Barriera al vapore

La barriera al vapore ha la funzione di proteggere la pavimentazione dall'umidità di risalita e/o di prevenire possibili fenomeni di pop-out e/o di proteggere la massicciata di sottofondo dal percolamento d'acqua proveniente da pioggia o frequenti lavaggi.

La barriera al vapore ha la funzione di evitare fenomeni di distacco di rivestimenti superficiali impermeabili continui in resina, determinati dalla pressione del vapore accumulatosi all'interfaccia calcestruzzo-resina.

Il materiale più comunemente utilizzato è il polietilene o politene in forma di fogli.

Le giunzioni dei fogli devono sormontare tra loro di almeno 15 cm e possono essere saldate anche con nastro adesivo, purché resistente alle sollecitazioni impresse dal calcestruzzo durante le operazioni di posa in opera, e in grado di impedire che il conglomerato, in fase di getto, penetri al di sotto della barriera, sollevandola, e innescando possibili fessurazioni superficiali. Analoga attenzione va posta durante la posa del calcestruzzo in prossimità degli spiccati in elevazione (muri, pilastri chiusini, basamenti ecc.),

La barriera al vapore è obbligatoria nei seguenti casi:

1. il pavimento viene realizzato in zone (ad esempio lungo la "fascia adriatica") in cui si sia riscontrata la presenza di aggregati potenzialmente reattivi con gli alcali del cemento;
2. si deve applicare sul pavimento in calcestruzzo un rivestimento in resina epossidica;
3. il pavimento è soggetto a frequenti lavaggi o nel caso di piazzali esterni, laddove l'acqua potrebbe, infiltrandosi tra i giunti, raggiungere gli strati della massicciata, favorendo l'allontanamento delle parti fini e la formazione di cavità tra piastra e massicciata che potrebbero determinare pericolosi cedimenti del pavimento.

5.5.3 Avvertenze

Lo strato impermeabile-barriera al vapore interposto tra massicciata e pavimento, accentuando il ritiro differenziale, può di conseguenza aumentare l'imbarcamento delle lastre; la presenza della barriera al vapore, inoltre, può accentuare il bleeding di calcestruzzi scadenti con il risultato di favorire sulla superficie del pavimento la formazione di una zona meccanicamente debole per l'elevato rapporto a/c. In presenza quindi di strato impermeabilizzante-barriera al vapore, è buona norma:

- ricoprire lo strato con almeno 5 cm di sabbia (tale spessore va tenuto in considerazione nella fase di scavo e di rimozione del terreno vegetale);
- aumentare lo spessore della piastra;
- ridurre la distanza tra i giunti di contrazione.

6. PRESCRIZIONI PER PAVIMENTI SU ALTRI SUPPORTI E PER PAVIMENTI ESTERNI

Il capitolo descrive gli accorgimenti tecnici da adottare a seconda dei tipi di supporto diversi dalla massicciata su cui si realizzerà il pavimento di calcestruzzo, quali:

- solai;
- vecchie pavimentazioni in calcestruzzo;
- strati coibenti.

Il capitolo fornisce, inoltre, i dettagli progettuali e costruttivi necessari per la realizzazione di un pavimento esterno.

6.1 PAVIMENTAZIONE SU SOLETTA

Si intende una pavimentazione di calcestruzzo realizzata su un solaio esistente, costituito generalmente da elementi prefabbricati. Sono possibili due soluzioni:

A. Pavimentazione in calcestruzzo svincolata (definita anche "desolidarizzata") dalla struttura portante, mediante realizzazione di soletta integrativa, con sola staggatura della superficie del calcestruzzo senza applicazione di strati antiusura; ad indurimento avvenuto, posizionamento di un foglio di polietilene quale strato di separazione e quindi getto della pavimentazione superficialmente finita con lo strato antiusura (vedi fig.3.3).

Indicazioni:

- La pavimentazione non deve essere ancorata o gettata in aderenza alla soletta di completamento del solaio.
- Salvo la predisposizione di particolari accorgimenti, lo spessore della pavimentazione deve essere omogeneo e non inferiore a cm 12.
- Tra soletta di completamento e pavimento di calcestruzzo non devono essere presenti tubi, cavi elettrici, o quant'altro possa ridurre lo spessore del calcestruzzo. Oltre il 10 % di riduzione di sezione si ingenerano fenomeni fessurativi.
- La disposizione dei giunti di contrazione dovrà tener conto delle sollecitazioni flettenti degli elementi prefabbricati.

B. Pavimentazione di calcestruzzo collegata alla struttura portante mediante realizzazione di una soletta di calcestruzzo, che costituisce il getto integrativo degli elementi prefabbricati e che, rifinita superficialmente con uno strato antiusura, coincide con il piano di calpestio. La soletta di calcestruzzo, rappresentando elemento integrativo del fabbricato, è provvista di armatura strutturale calcolata in accordo al DM ex Legge 1086 per le strutture miste c.a./c.a.p. (vedi fig.3.4).

N.B.: Questo tipo di intervento deve essere prescritto dal progettista in ogni suo particolare tecnico ed esecutivo (vedi 6.1.1, 6.1.2, 6.1.3, 6.1.5). L'applicatore deve attenersi scrupolosamente a tali prescrizioni, documentate in forma scritta, al fine di non rendersi responsabile del comportamento strutturale della pavimentazione così eseguita.

6.1.1 Calcestruzzo

Il calcestruzzo dovrà avere resistenza caratteristica a trazione da far fronte alle tensioni di trazione per flessione innescate dai carichi cui la pavimentazione è sottoposta. Per quanto non espressamente scritto valgono le indicazioni riportate nel Cap.7.

6.1.2 Dimensionamento

Lo spessore della pavimentazione desolidarizzata non deve essere minore di cm 12.

Non possono essere impiegate le formule usate per il calcolo dei pavimenti su massicciata in quanto la deformabilità del pavimento dipende dalla deformabilità del solaio.

6.1.3 Armatura

Si consiglia di adottare un copriferro pari a 1/3 dello spessore della piastra avendo cura di rispettare questa condizione anche nei punti di sovrapposizione dei ferri d'armatura.

6.1.4 Strato d'usura

Valgono le indicazioni del Cap.10.

6.1.5 Giunti

I giunti di contrazione e controllo dovranno tener conto dei momenti flettenti della struttura mista c.a. / c.a.p. considerando che le campiture dovranno essere il più possibile quadrate con differenza di lunghezza tra i due lati contenuta entro il 20 %.

Particolare attenzione deve essere posta sui punti di giunzione tra soletta e trave, tagliando il calcestruzzo

nell'esatta corrispondenza delle giunzioni e per ciascuna parte della trave.

E' buona regola realizzare un giunto di isolamento lungo tutto il perimetro del prefabbricato.

Per quanto non espressamente scritto valgono le indicazioni del Cap.11.

6.1.6 Stagionatura

Valgono le indicazioni del Cap.12.

6.1.7 Planarità

Valgono le indicazioni del Cap.13.

6.2 PAVIMENTAZIONE SU PAVIMENTO ESISTENTE

Si intende con questo termine una piastra in conglomerato cementizio realizzata in sovrapposizione ad un pavimento esistente di calcestruzzo (nuovo su vecchio - vedere Cap 3, Fig.3.5).

Indicazioni:

- Il supporto esistente deve intendersi avente funzione di strato di scorrimento; pertanto prima di ogni intervento devono essere saturate tutte le cavità al fine di conferire alla nuova piastra di pavimentazione uniformità di spessore.
- Se la nuova piastra è di sufficiente spessore, essa viene realizzata dopo aver predisposto sulla superficie del vecchio pavimento un foglio di politene al fine di svincolarla dal pavimento esistente.
- Al contrario, se per motivi legati al rispetto delle quote dettate dalle soglie esistenti la piastra risulti di modesto spessore (ad es. minore di 12 cm) si indicano due possibili soluzioni:

A.Vincolare la piastra nuova al pavimento esistente mediante ancoraggi chimici o meccanici.

B.De-solidarizzare la vecchia piastra dalla nuova mediante l'interposizione di uno strato separatore, se prescritto, e la realizzazione di un massetto cementizio a ritiro controllato.

- È opportuno che i giunti del nuovo pavimento vengano realizzati in sovrapposizione a quelli del pavimento esistente.
- Prima di eseguire il getto della nuova pavimentazione devono essere verificate le patologie del supporto esistente con particolare riferimento ad eventuali movi-

menti verticali, che devono comunque essere eliminati.

- Tra supporto e pavimento non devono essere presenti tubi, cavi elettrici o quant'altro possa eccessivamente ridurre lo spessore del calcestruzzo: oltre il 10 %, a rischio di fessurazione. Se il supporto presenta irregolarità superficiali (es.buche, cavità, fessure), queste dovranno essere riempite adeguatamente prima del getto del nuovo pavimento.

6.2.1 Calcestruzzo

Il calcestruzzo deve avere resistenza caratteristica a trazione da far fronte alle tensioni di trazione per flessione innescate dai carichi cui la pavimentazione è sottoposta. Per quanto non espressamente scritto valgono le indicazioni riportate nel Cap.7.

6.2.2 Dimensionamento

La piastra di pavimentazione, previa predisposizione del foglio di politene su vecchio supporto (piastrelle, calcestruzzo ecc.), non dovrà avere spessore inferiore a cm 12, necessariamente costanti per tutta la superficie.

Il fenomeno di imbarcamento della nuova pavimentazione potrebbe risultare particolarmente accentuato. Pertanto è opportuno, adottare una distanza tra i giunti di contrazione minore di quella che in analoghe condizioni verrebbe utilizzata per un pavimento su massicciata.

6.2.3 Armatura

L'armatura e/o il rinforzo, la distanza tra i giunti e il tipo di calcestruzzo, indispensabili per contenere l'imbarcamento delle lastre, devono essere prescritti dal progettista. Al fine di ridurre l'imbarcamento e la possibile fessurazione del conglomerato, è possibile ricorrere all'impiego di un'armatura suppletiva (ad es. fibre d'acciaio Cap. 9.2.2).

6.2.4 Strato di usura

Valgono le indicazioni del Cap.10.

6.2.5 Giunti

I giunti di contrazione vanno realizzati indipendentemente dai giunti esistenti nella vecchia pavimentazione purché la nuova piastra sia svincolata da quella esistente predisponendo il foglio di politene prima dell'esecuzione del getto. Per il calcolo della distanza minima dei giunti di contrazione si potrà in prima approssimazione utilizzare per difetto la regola: $L = (18 \times h + 100)$ cm, con h lo spessore del pavimento in cm Cap.11.2.1. Le campiture devono essere preferibilmente quadrate o, se rettangolari, con lunghezze dei lati che differiscano non più del 20%. Nella eventualità che, per problemi legati al

rispetto delle quote esistenti, lo spessore della nuova piastra risulti inferiore a 12 cm è necessario vincolare la nuova piastra al vecchio pavimento. L'intervento si esegue previa scarifica della superficie del vecchio pavimento e successiva disposizione di armature di collegamento (chiodi) atte ad assorbire gli scorrimenti relativi tra vecchio e nuovo pavimento. In questo caso la posizione dei giunti di contrazione nella nuova piastra non può prescindere da quella dei giunti di controllo nel vecchio pavimento.

È buona regola realizzare un giunto di isolamento lungo tutto il perimetro del fabbricato.

Per quanto non espressamente scritto valgono le indicazioni riportate nel Cap.11.

6.2.6 Stagionatura

Valgono le indicazioni del Cap.12.

6.2.7 Planarità

Valgono le indicazioni del Cap.13.

6.3 PAVIMENTO SU COIBENTAZIONE

Si intende pavimento su coibentazione una struttura realizzata su uno strato di elementi isolanti morbidi o rigidi (vedere Cap 3, Fig.3.6).

Indicazioni:

- La predisposizione di particolari accorgimenti, lo spessore minimo non deve essere minore di 15 cm.
- Tra strato coibente e pavimento deve essere previsto l'inserimento di un tessuto non tessuto.
- Tra supporto e pavimento non devono essere presenti tubi, cavi elettrici o quant'altro possa ridurre lo spessore del calcestruzzo oltre il 10 %.

6.3.1 Calcestruzzo

Il calcestruzzo deve avere resistenza caratteristica a trazione da far fronte alle tensioni di trazione per flessione innescate dai carichi cui la pavimentazione è sottoposta. Per quanto non espressamente scritto valgono le indicazioni riportate nel Cap. 7.

6.3.2 Dimensionamento

La pavimentazione non deve avere spessore minore 15 cm. Si suggerisce l'impiego di un'armatura suppletiva al fine di ridurre l'imbarcamento e la possibile fessurazione del conglomerato.

6.3.3 Armatura

L'armatura necessaria per contenere le conseguenze dell'imbarcamento delle lastre deve essere prescritta dal progettista.

6.3.4 Strato d'usura

Valgono le indicazioni del Cap.10.

6.3.5 Giunti

I giunti di contrazione e controllo devono rispettare per difetto la regola: $L = (18 \times h + 100)$ (cap.11.2.1), ed essere il più possibile quadrate o rettangolari con differenza di lunghezza tra i due lati non maggiore del 20%. E' buona regola realizzare un giunto di isolamento lungo tutto il perimetro del fabbricato. Per quanto non espressamente indicato valgono le indicazioni del Cap.11.

6.3.6 Stagionatura

Valgono le indicazioni del Cap.12.

6.3.7 Planarità

Valgono le indicazioni del Cap.13.

6.4 PRESCRIZIONI PER PAVIMENTAZIONI ESTERNE DI CALCESTRUZZO (PIAZZALI)

Essendo il piazzale una pavimentazione esposta a condizioni climatiche variabili durante tutto l'arco di vita, sono indispensabili alcune precauzioni:

- prevedere le deformazioni dimensionali dovute alle variazioni di temperatura;
- prevedere pendenze superiori a 1,5 cm per metro calcolate sulla distanza tra l'angolo più lontano dal punto di raccolta delle acque piovane;
- prevedere canaline di raccolta delle acque piovane anziché chiusini;
- realizzare uno strato superficiale con grado di finitura del tipo "scopato" ovvero grezzo e non liscio;
- impregnare e consolidare lo strato d'usura per proteggere il calcestruzzo dai cicli di gelo e disgelo;
- utilizzare in aree soggette a frequenti escursioni termiche intorno a 0° C un calcestruzzo resistente al gelo confezionato con aggregati non gelivi e additivi aeranti;
- non realizzare il piazzale su massicciata gelata.

Se l'esecuzione del getto di una pavimentazione esterna è previsto durante un periodo invernale particolarmente rigido occorre prendere provvedimenti per evitare formazione di ghiaccio sul terreno di sottofondo:

- prevedere l'impiego di calcestruzzo con accelerante di indurimento capace di resistere ad eventuali gelate nella notte successiva al getto;
- proteggere la superficie non casserata con lastre di materiale coibente nei giorni successivi al getto per

garantire un corretto sviluppo delle resistenze meccaniche;

- additivare il conglomerato con aeranti per resistere ai cicli di gelo-disgelo in servizio.

6.4.1 Calcestruzzo

Qualora il piazzale sia soggetto a cicli di gelo e disgelo e all'uso di sali disgelanti devono essere prese le seguenti precauzioni:

- aggregati non gelivi (UNI 8520-2);
- rapporto a/c max 0.50;
- volume minimo di aria inglobata (microbolle) secondo UNI EN 206-1.

Per quanto non espressamente scritto valgono le indicazioni del Cap.7.

6.4.1.1 La gelività degli aggregati

Alcuni aggregati possono provocare difetti superficiali in conseguenza dei cicli di gelo e disgelo. Gli aggregati gelivi assorbono acqua che, nel caso di gelate notturne, innesca un fenomeno espansivo con conseguente degrado dello strato superficiale.

La norma EN 1367-1:2001 definisce i metodi di prova per la verifica della presenza di aggregati gelivi nel calcestruzzo. Il prelievo dei campioni deve essere rappresentativo dell'intero mucchio di aggregati stoccati dall'impianto.

6.4.1.2 La reazione alcali / aggregati

Alcuni aggregati possono contenere particolari forme di silice reattiva agli alcali, apportati o dal cemento, oppure provenienti dall'ambiente esterno (ad es. acqua di mare). Il fenomeno si manifesta come rigonfiamento localizzato degli aggregati reattivi, dal quale fuoriesce un liquido gelatinoso e biancastro (silicato sodico). Il fenomeno si manifesta solo in presenza di umidità, pertanto in piazzali non protetti o in pavimenti su massicciata con umidità in risalita rappresentano potenziali superfici per la reazione alcali-aggregato. Al fine di evitare l'innesco della reazione alcali - aggregato è necessario confezionare il calcestruzzo con aggregati non reattivi secondo UNI 8520-22/99 e ricorrendo all'impiego di cementi d'altoforno o pozzolanici oppure ricorrendo all'aggiunta di filler pozzolanici (fumo di silice e/o cenere volante).

6.4.2 Dimensionamento

Valgono le indicazioni del Cap.8.

6.4.3 Armatura

Valgono le indicazioni del Cap.9.

6.4.4 Strato di usura

Valgono le indicazioni del Cap.10.

6.4.5 Giunti

- È buona regola separare (a tutto spessore con materiale comprimibile) il pavimento dal perimetro del fabbricato.
- Sono d'obbligo i giunti di controllo.
- Per evitare cedimenti della massicciata di sottofondo i giunti vanno sigillati.
- L'ampiezza del giunto va dimensionata in modo da consentire la tenuta del materiale (vedi Cap.11.3.1).
- Solo in questo modo l'acqua non raggiungerà, attraverso il giunto, la massicciata facendo percolare verso il fondo il materiale fine e finissimo.

Per quanto non espressamente scritto valgono le indicazioni del Cap.11.

6.4.6 Stagionatura

Valgono indicazioni del Cap.12.

6.4.7 Planarità

In conseguenza delle deformazioni dimensionali innescate dalle variazioni di temperatura la planarità non è controllabile. Ristagni d'acqua sono inevitabili, se non si osservano le prescrizioni del punto 6.4.8.

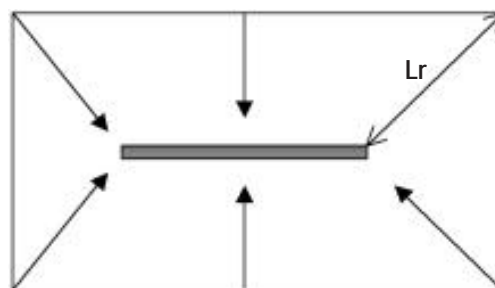
Valgono comunque le indicazioni del Cap.13.

6.4.8 Pendenze

I punti di raccolta delle acque devono essere realizzati con canaline e con chiusini.

Le canaline di raccolta devono essere posate nel senso longitudinale del pavimento, al centro o per ciascun lato. La pendenza minima per lo scorrimento dell'acqua su superfici in calcestruzzo è pari all'1,5 % (1,5 cm per metro). Per rispettare tale pendenza, la quota di colmo deve essere determinata misurando la distanza tra il punto più lontano e il punto di raccolta delle acque (Lr).

Fig.6.4.8 Schema deflusso acque



L_r = distanza determinante la quota di colmo della pendenza minima necessaria (1,5%) per il deflusso delle acque

7. REQUISITI PER IL CALCESTRUZZO

Il contenuto del presente capitolo stabilisce le proprietà del calcestruzzo allo stato fresco e indurito, nonché le necessarie verifiche, ed è coerente con le prescrizioni dei decreti applicativi della legge n° 1086 e con la norma UNI EN 206-1 e successivo documento di applicazione nazionale, unitamente alle Linee Guida sul Calcestruzzo Strutturale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, nonché con le indicazioni delle associazioni di categoria dei produttori di calcestruzzo preconfezionato.

Un determinante contributo a tale argomento sarà rappresentato dal "sistema PAVICAL"¹, attualmente in fase di definizione, consistente in un insieme di procedure, indicazioni tecniche e di comportamenti delle parti coinvolte, mirati alla definizione delle caratteristiche di un calcestruzzo, nonché delle modalità della sua fornitura, studiato appositamente per la realizzazione di pavimentazioni industriali; il sistema PAVICAL consentirà in sostanza di prescrivere un calcestruzzo "dedicato", anche a chi non potrà disporre di tutte le conoscenze specifiche di prodotto.

In ogni caso, per consentire l'appropriata posa in opera e stagionatura del calcestruzzo fresco, nonché prevedere lo sviluppo delle resistenze meccaniche, devono essere rese note dal produttore del calcestruzzo, le seguenti informazioni:

- a) tipo, classe di resistenza e provenienza del cemento;
- b) tipo di aggregato e cava di provenienza. Nel caso il preconfezionatore, per lo stesso lotto di pavimento, fornisca calcestruzzo confezionato con aggregati provenienti da cave diverse, deve informarne il committente;
- c) tipo di additivo e/o aggiunte, se utilizzati;
- d) risultati di prove eseguite in precedenza sulla stessa miscela, provenienti dal controllo di produzione o da eventuali prove di qualificazione;
- e) risultati dei controlli sugli aggregati;
- f) massa volumica del calcestruzzo fresco;
- g) resistenza caratteristica a compressione (R_{ck}), rapporto a/c e classe di esposizione;
- h) dimensione max dell'aggregato e classe di consistenza;
- i) prestazioni particolari eventualmente richieste al calcestruzzo;
- l) modalità di produzione nell'impianto di preconfezionamento.

7.1 I MATERIALI

Sono descritti i materiali costituenti la miscela di calcestruzzo per pavimenti ad uso industriale.

7.1.1 Cemento

Il cemento impiegato per confezionare il calcestruzzo deve soddisfare le prescrizioni della norma UNI EN 197/1 ed essere provvisto di marchio CE.

7.1.2 Aggregati

Gli aggregati devono soddisfare quanto previsto dalla norma UNI 8520-2 e successivi aggiornamenti. Per gli aggregati sono fondamentali e devono rientrare nei limiti della categoria "A" anche le seguenti caratteristiche aggiuntive:

- contenuto di parti leggere o frustoli vegetali;
- perdita di massa per urto e rotolamento (Los Angeles);
- degradabilità mediante soluzione solfatica;
- potenziale reattività in presenza di alcali;
- percentuale passante allo staccio da 0.075 mm;

- l'equivalente in Sabbia (ES) e, nel caso, il valore di Blu;
- il contenuto di grumi d'argilla e particelle friabili.

La forma dell'aggregato tondo o frantumato, non influenza significativamente la qualità della pavimentazione; l'aggregato ricavato dalla frantumazione richiede, in generale, un maggior quantitativo d'acqua d'impasto, ma, a parità di tipo e dosaggio di cemento consente al calcestruzzo di acquisire una maggiore resistenza a flessione rispetto quella ottenibile con aggregati tonde.

7.1.2.1 Impurità degli aggregati

Il contenuto di particelle leggere e frustoli vegetali negli aggregati grossi deve essere inferiore allo 0,02% sul peso degli aggregati valutato secondo la UNI 8520-2.

7.1.2.2 Prevenzione della reattività degli aggregati

Alcuni aggregati possono contenere particolari forme di silice reattiva che possono reagire se vengono a contatto con gli alcali apportati dal cemento contenuto nel calcestruzzo

¹(documento che sarà disponibile presso l'Associazione)

e/o nel premiscelato utilizzato per lo strato di usura.

In presenza d'umidità può avvenire una reazione espansiva che può portare alla fessurazione e/o al degrado superficiale, con espulsione di piccoli conii di materiale (pop-out). Il confezionatore ha l'obbligo di informare il Committente della possibile presenza d'aggregati reattivi, al fine di consentire opportuni accorgimenti per evitare degradi conseguenti al manifestarsi del fenomeno. In caso di indisponibilità tecnica ed economica di aggregati sicuramente non reattivi, o in presenza di aggregati potenzialmente reattivi, è necessario:

- dare informazione del rischio al committente ed al progettista;
- adottare le seguenti precauzioni, al fine di minimizzare il rischio di deterioramenti:

A1) impiegare cementi a basso contenuto di alcali.

A2) impiegare cementi pozzolanici o d'altoforno oppure aggiunte minerali, anche di pregio, con attività pozzolanica (quali cenere volante, fumo di silice, etc.).

B1) inserire una barriera a vapore tra massicciata di sottofondo e pavimento

B2) impregnare e impermeabilizzare con rivestimento in resina la superficie del pavimento se questo è soggetto a frequenti lavaggi.

C) conferire al pavimento pendenze non inferiori al 1,5 %.

Nota: le opere di pavimentazione eseguite all'aperto (es. piazzali) sono particolarmente esposte al rischio se realizzate con calcestruzzi confezionati con aggregati potenzialmente reattivi; l'impresa esecutrice del pavimento deve sensibilizzare il Committente ed il Progettista a trovare, per quanto possibile, una valida soluzione alternativa (vedere UNI 8981-8/99).

7.1.2.3 Prevenzioni in caso di aggregati gelivi

In caso di indisponibilità di aggregati sicuramente non gelivi, ovvero in presenza di aggregati potenzialmente gelivi, è necessario dare informazione del rischio al committente e al progettista.

In presenza di aggregati gelivi utilizzati per pavimenti soggetti a gelo/disgelo, al fine di minimizzare il rischio di deterioramenti, si consigliano le seguenti precauzioni:

1. conferire al pavimento pendenze non inferiori al 1,5 %;
2. realizzare una finitura frattazzata caratterizzata da una porosità sufficiente per poter effettuare una successiva impregnazione ed impermeabilizzazione della superficie del pavimento. A tal proposito sono da evitare finiture particolarmente lisce e compatte che non consentano, per la limitata porosità superficiale, una efficace impregnazione.

7.1.3 Acqua di impasto

L'acqua di impasto deve ottemperare alle prescrizioni della norma UNI 8981/7 e UNI EN 1008. Sono comunque utilizzabili anche acque di riciclo purché prive di olii, sostanze e materiali comunque dannosi (si consiglia in queste situazioni di effettuare un'analisi preventiva delle acque).

7.1.4 Additivi

Al fine di assicurare una buona lavorabilità, senza compromettere resistenze e durabilità, è necessario il contenimento del rapporto A/C ottenuto mediante l'uso di opportuni additivi superfluidificanti, conformi alla UNI EN 934-2, da utilizzarsi in relazione a:

- tipo e classe di cemento;
- tempi di trasporto;
- tempi di lavorazione;
- tempi di presa;
- condizioni ambientali.

Nel caso di utilizzo di additivo aerante occorre valutare le seguenti criticità:

- difficoltà di distribuzione, nella massa di calcestruzzo, in modo omogeneo (particolarmente nel caso di mancanza di mescolatore fisso);
- eventuale difformità di indurimento tra la superficie della pavimentazione ed il suo nucleo.

7.1.5 Aggiunte

È consentito l'impiego di aggiunte del tipo I e II, secondo UNI EN 206-1, quali filler calcarei, ceneri volanti e fumo di silice, per migliorare specifiche proprietà del calcestruzzo indurito (es: per prevenire la reazione alcali-aggregato). Nel caso di aggiunte di cenere volante il produttore è tenuto ad informare l'impresa di pavimentazione.

7.1.6 Altri componenti

Al fine di consentire l'acquisizione di specifiche prestazioni è consentito l'impiego di particolari costituenti, quali fibre metalliche e sintetiche, agenti espansivi o altro.

7.2 PRODUZIONE DEL CALCESTRUZZO

I punti che seguono riportano parametri ritenuti fondamentali nella scelta dell'impianto di produzione del calcestruzzo.

7.2.1 Dosaggio dei componenti

Il calcestruzzo destinato alla realizzazione di pavimenti industriali deve provenire da impianti:

- a. che assicurino dosaggi dei componenti nelle tolleranze conformi alla UNI EN 206-1;
- b. conformi alle prescrizioni della Linee Guida sul Calcestruzzo Preconfezionato emesse dal Consiglio Superiore del Ministero dei LL.PP.;
- c. possibilmente automatizzati.

7.2.2 Miscelazione del calcestruzzo

Ove la miscelazione sia affidata alla sola autobetoniera, particolare cura deve essere posta per assicurare l'omogeneità delle miscele. I tempi di miscelazione ed il volume di carico devono consentire di miscelare omogeneamente i componenti e confezionare calcestruzzo di consistenza uniforme.

7.3 PRESCRIZIONI PER IL CALCESTRUZZO

Il progettista deve prescrivere il calcestruzzo secondo i disposti della UNI EN 206-1, specificandone:

- classe di resistenza;
- classe d'esposizione ambientale;
- diametro massimo nominale dell'aggregato;
- classe di consistenza;
- tipo e classe di resistenza del cemento;
- rapporto acqua /cemento (a/c);

Deve essere assicurata la congruità tra le diverse specifiche.

7.3.1 Classe di resistenza

Le classi di resistenza del calcestruzzo (N/mm^2) sono riportate in tabella 2 riferite sia a provini cilindrici f_{ck} , C_{yl} di diametro 150 mm e altezza 300 mm, sia a provini cubici (R_{ck}) di 150 mm di spigolo.

	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50
f_{ck}	20	25	30	35	40
R_{ck}	25	30	37	45	50

Tab. 7.1 Classi di resistenza del calcestruzzo (N/mm^2)

La classe di resistenza da prescrivere per un pavimento di calcestruzzo è subordinata alla classe d'esposizione ambientale (Tab. 7.2) ed ai carichi previsti. La resistenza caratteristica prescritta, da definire in fase di progetto, deve essere determinata in base alla più cogente delle due condizioni.

NB: la norma UNI EN 206-1 richiede, per il calcestruzzo sottoposto a significative condizioni d'usura, una classe di resistenza non inferiore a C25/30. Ove, sulla base dello specifico progetto, si considerasse l'impiego di calcestruzzo C20/25, si provvederà con molta attenzione alla scelta dello spessore dello strato d'usura e dei suoi materiali componenti (Cap.10).

Tab. 7.2 Classi d'esposizione ambientale

Denominazione della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione
1. Assenza di rischio di corrosione o attacco		
X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo-disgelo, abrasione o attacco chimico. Per calcestruzzo con armatura o inserti metallici in ambiente molto asciutto	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità dell'aria molto bassa

2. Corrosione indotta da carbonatazione

Qualora il calcestruzzo contenente armature o altri inserti metallici sia esposto all'aria e all'umidità, l'esposizione sarà classificata nel modo seguente:

Nota: Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copriferro o nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi si può considerare che tali condizioni riflettano quelle dell'ambiente circostante. In questi casi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo e il suo ambiente.

XC1	Asciutto o permanentemente bagnato	Calcestruzzo all'interno di edifici con bassa umidità relativa. Calcestruzzo costantemente immerso in acqua.
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Superfici di calcestruzzo a contatto con acqua per lungo tempo. Molte fondazioni.
XC3	Umidità moderata	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità relativa dell'aria moderata oppure elevata. Calcestruzzo esposto all'esterno protetto dalla pioggia.
XC4	Ciclicamente bagnato ed asciutto	Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella classe di esposizione XC2.

3. Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare

Qualora il calcestruzzo contenente armature o altri inserti metallici sia soggetto al contatto con acqua contenente cloruri, inclusi i sali antigelo, con origine diversa dall'acqua di mare, l'esposizione sarà classificata come segue:

XD1	Umidità moderata	Superfici di calcestruzzo esposte a nebbia salina.
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Piscine. Calcestruzzo esposto ad acque industriali contenenti cloruri.
XD3	Ciclicamente bagnato ed asciutto	Parti di ponti esposte a spruzzi contenenti cloruri. Pavimentazioni. Pavimentazioni di parcheggi.

Nota:

In riferimento alle condizioni di umidità vedere anche sezione 2 del presente prospetto.

Tab. 7.2 Classi d'esposizione ambientale (continua da pag. 27)

Denominazione della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione
4. Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare		
Qualora il calcestruzzo contenente armature o altri inserti metallici sia soggetto al contatto con cloruri presenti nell'acqua di mare oppure con aria che trasporta sali derivanti dall'acqua di mare, l'esposizione sarà classificata come segue:		
XS1	Esposto a nebbia salina, ma non in contatto diretto con acqua di mare	Strutture prossime oppure sulla costa.
XS2	Permanentemente sommerso	Parti di strutture marine.
XS3	Zone esposte alle onde oppure alla marea	Parti di strutture marine.
5. Attacco dei cicli geli/disgelo con o senza sali disgelanti (*)		
XF1	Moderata saturazione d'acqua, senza impiego di agente disgelante	Superfici verticali di calcestruzzo come facciate e colonne esposte alla pioggia ed al gelo. Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione ma esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua.
XF2	Moderata saturazione d'acqua con uso di agente disgelante	Elementi come parti di ponti che in altro modo sarebbero classificati come XF1, ma che sono esposti ai sali antigelo direttamente od indirettamente.
XF3	Elevata saturazione d'acqua senza agente disgelante	Superfici orizzontali in edifici dove l'acqua può accumularsi e che possono essere soggetti ai fenomeni di gelo, elementi soggetti a frequenti bagnature ed esposti al gelo.
XF4	Elevata saturazione d'acqua con agente antigelo oppure acqua di mare	Superfici orizzontali quali strade o pavimentazioni esposte al gelo ed ai sali disgelanti in modo diretto od indiretto, elementi esposti al gelo e soggetti a frequenti bagnature in presenza di sali disgelanti od acqua di mare.
6. Attacco chimico		
XA1	Ambiente chimicamente debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della EN 206-1	Contenitori e di fanghi e vasche di decantazione. Contenitori e vasche per acque reflue.
XA2	Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi.
XA3	Ambiente chimicamente fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di acque industriali fortemente aggressive. Contenitori di foraggi, mangimi e liquami provenienti dall'allevamento animale. Torri di raffreddamento di fumi e gas di scarico industriali.

7.3.1.1 Resistenza secondo la classe di esposizione

Nelle Tabelle 7.3 e 7.4 è riportato il rapporto a/c max, la resistenza caratteristica minima ed il minimo contenuto in cemento riferita alla classe di esposizione ambientale cui il pavimento si prevede sarà esposto.

Tabella 7.3

Classi di esposizione										
	Nessun rischio di corrosione	Corrosione indotta da carbonatazione			Corrosione indotta da cloruri					
						Acqua di mare		Cloruri provenienti da altre fonti		
	X0	XC1 / XC2	XC3	XC4	XS1	XS2 / XS3	XD1	XD2	XD3	
Massimo rapporto a/c	-	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	
R _{ck} minima	15	30	35	40	40	45	35	40	45	
Minimo contenuto in cemento (kg/m ³)	-	300	320	340	340	360	320	340	360	

Tabella 7.4

Classi di esposizione						
	Ambienti aggressivi per gelo e disgelo			Ambiente aggressivo per attacco chimico		
	XF1	XF2 / XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Massimo rapporto a/c	0,55	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45
R _{ck}	35	30	40	35	40	45
Minimo contenuto in cemento (kg/m ³)	320	340	360	320	340	360
Contenuto minimo in aria (%)		3,0	3,0			
Altri requisiti					Per aggressione da solfati è richiesto l'uso di cementi resistenti ai solfati	

7.3.1.2 Resistenza minima strutturale

Una volta determinate le tensioni (s) prodotte dai carichi di progetto (Cap. 8), si calcolerà la resistenza caratteristica a compressione (R_{ck}) del calcestruzzo cui corrisponde il valore ammissibile coincidente con il valore caratteristico della resistenza a flessione (f_{cfk 0,05}) con frattile 5% (D.M. 09.01.96).

$$f_{cfk 0,05} = 0,7 \cdot 1,2 \cdot 0,27 \cdot \sqrt[3]{R_{ck}^2}$$

Risolvendo rispetto ad R_{ck} si ha:

$$R_{ck} = (f_{cfk 0,05} / 0,227)^{3/2}$$

dove R_{ck} = resistenza caratteristica a compressione del calcestruzzo;
f_{cfk 0,05} = valore ammissibile della resistenza a trazione per flessione equivalente al valore caratteristico con frattile 5% (D.M. 09 gennaio 96)

7.3.2 Dimensione massima nominale dell'aggregato

La dimensione massima dell'aggregato (D_{max}) deve essere scelta in modo che il calcestruzzo possa essere gettato in opera con buona scorrevolezza e senza segregazione.

Il diametro nominale massimo dell'aggregato deve essere determinato in funzione:

- dello spessore del pavimento: il diametro max. non deve superare un quarto dello spessore del pavimento;
- della misura del copriferro (cpf) che non deve essere comunque inferiore a cm 4;
- della metodologia di posa in opera: a mezzo pompa o con scarico diretto dall'autobetoniera, a mezzo benna, dumper, o per stesura con pale e rastrelli.

Nel caso l'impianto di betonaggio utilizzi aggregato con dimensione massima inferiore a quella richiesta, la Direzione Lavori dovrà indicare gli opportuni accorgimenti per ovviare al maggior ritiro conseguente.

Per la dimensione massima nominale dell'aggregato si consigliano i seguenti valori:

Tab. 7.5 Dimensione massima dell'aggregato

Spessore pavimento (cm)	Dimensione massima aggregato (mm)
18- 25	45
14- 17	35
12- 13	25

Nota: Ove per particolari ragioni di prestazione, si volesse, utilizzare aggregato con dimensione massima nominale superiore, si dovrà porre particolare attenzione ad evitare la segregazione.

7.3.2.1 Curva granulometrica

Si consiglia l'impiego di almeno tre classi granulometriche.

Sono preferibili curve che non prevedano eccesso di sabbia (come spesso avviene per gli impasti ordinari); è ammesso l'utilizzo di curve discontinue.

Il contenuto di parti fini (passanti al setaccio 0,25 mm, cemento incluso) non deve superare i valori riportati nella tabella sottostante:

Tab. 7.6 Contenuto di fini

Dimensione massima dell'aggregato (mm)	Contenuto massimo di fini (Kg/m ³)
8	525
16	450
32	400
≥50	350

Se il calcestruzzo contiene additivi aeranti, i valori del contenuto dei fini possono essere ridotti tenendo conto del volume dell'aria inglobata.

7.3.3 Classe di consistenza

Il raggiungimento della consistenza desiderata deve essere ottenuto agendo sulla composizione della miscela (curva granulometrica e additivazione) evitando ogni aggiunta d'acqua.

Infatti solo mantenendo inalterato il rapporto acqua-cemento è possibile conseguire la resistenza e la durabilità prescritte dal progettista.

La consistenza del calcestruzzo durante il getto ne deve consentire la posa in opera senza segregazione e la corretta compattazione. Per evitare difficoltà di posa, si raccomanda che la consistenza del calcestruzzo al momento del getto sia:

- a seconda del tipo di stesura meccanizzata, almeno di classe S2 o S3;
- con stesura manuale, almeno di classe S4 o S5, e comunque non inferiore a mm 190 di abbassamento al cono).

La consistenza non è caratteristica correlabile alla sola richiesta d'acqua, in quanto è legata alla dimensione massima dell'aggregato e all'impiego di additivi.

Il conseguimento della classe di consistenza S5 è tecnicamente ottenibile mediante impiego di additivi superfluidificanti, che possono essere impiegati anche per la classe di consistenza S3 al fine di ridurre ulteriormente il contenuto di acqua degli impasti.

Il preconfezionatore deve considerare la perdita di consistenza derivante dalla durata del trasporto. La D.L. o il Progettista quella derivante dalle condizioni climatiche al momento del getto e dai tempi di scarico.

7.3.4 Tipo di cemento

Il tipo di cemento deve essere scelto in relazione a:

- classe di esposizione (eventuale aggressione da solfati);
- rischio di reattività degli aggregati;
- resistenza caratteristica;
- spessore del pavimento (calore di idratazione);
- tempi di lavorazione e messa in esercizio.

Nel caso di utilizzo di cementi a basso contenuto di clinker, i tempi di stagionatura protetta e di messa in esercizio vanno protratti almeno del 30% rispetto ad un cemento Portland (CEM I) di pari classe.

Viene pertanto suggerito di assumere le informazioni necessarie presso l'impianto di betonaggio circa il tipo

di cemento disponibile e verificarne la congruità con le specifiche del progettista.

Ogni cambio di cemento deve essere preventivamente comunicato dal confezionatore.

7.3.4.1 Classe di resistenza del cemento

Ove possibile e salvo contraria specifica, è preferibile ricorrere all'impiego di cementi ad elevata resistenza iniziale (32.5R e 42.5R).

7.3.5 Rapporto Acqua/Cemento

La pavimentazione in calcestruzzo può essere classificata come una struttura non armata o leggermente armata.

Il rapporto a/c in funzione della classe di esposizione ambientale è definito nella Tabelle 7.3 - 7.4.

Il rapporto a/c viene prescritto considerando la classe di esposizione ambientale e la R_{ck} di progetto.

7.4 CONDIZIONI CLIMATICHE E TEMPERATURA DEL CALCESTRUZZO AL MOMENTO DEL GETTO

Nel presente paragrafo sono esaminate alcune condizioni al momento del getto alle quali il calcestruzzo fresco potrebbe essere esposto che potendo provocare deformazioni nel calcestruzzo ancora fresco devono essere considerate nel progetto.

Il progetto e il capitolato devono evidenziare le corrette prescrizioni per il calcestruzzo in funzione del programma dei lavori e delle specifiche situazioni climatiche e stagionali del periodo di esecuzione previsto; tali situazioni possono infatti notevolmente incrementare i costi

del calcestruzzo e della sua posa in opera.

A meno di specifici provvedimenti indicati dalla D.L., la temperatura del calcestruzzo, durante la posa in opera non deve né superare 30°C né risultare inferiore a 5°C. Particolare attenzione deve essere posta nei seguenti casi:

- irraggiamento solare: il calcestruzzo deve essere protetto dalla rapida evaporazione dell'acqua di impasto, coprendolo con teli impermeabili, proteggendolo con antievvaporanti, comunque prolungando la stagionatura umida. I giunti di contrazione debbono essere realizzati entro brevissimo termine dal getto (non appena la pavimentazione sia pedonabile);
- gelo: il periodo di protezione può essere stimato in base al grado di resistenza raggiunto dal calcestruzzo: non è ritenuto necessario prolungare la protezione allorché il pavimento abbia raggiunto una resistenza alla compressione di almeno 5 N/mm².

7.4.1 Condizioni di fornitura a piè d'opera

Devono essere adottate le misure necessarie a:

- prevenire le segregazioni;
- ridurre i tempi di trasporto e di attesa in cantiere, nonché di scarico.

Il progetto e il programma di lavoro devono prevedere le condizioni di fornitura e di consegna che riducano i tempi di sosta e gli intervalli tra i diversi lotti di fornitura.

- La scelta dell'impianto di betonaggio deve tenere in considerazione i tempi di percorrenza, sussistendo

Tab. 7.7 Condizioni climatiche al momento del getto e precauzioni da adottare per prevenire difetti della pavimentazione.

Condizione climatica	Esempi	Precauzioni da adottare
clima secco	locali chiusi e/o riscaldati in fase di getto; realizzazioni in periodo estivo	Evitare l'evaporazione (coprire con teli, utilizzare antievvaporanti ecc.). Prolungare la stagionatura umida.
clima umido		
a) senza gelo	interni con umidità elevata, piazzali esposti a nord (ombreggiati)	Evitare l'evaporazione.
b) con gelo durante l'esecuzione dei getti	realizzazioni in periodi invernali di piazzali esposti al gelo	Utilizzare acceleranti di presa. Proteggere con materiale coibente. Evitare il getto con temperature inferiori a 0°C.
clima ventilato	piazzali, locali non chiusi o privi di tamponamento	Evitare l'evaporazione (coprire con teli, utilizzare antievvaporanti ecc.). Prolungare la stagionatura umida.

l'obbligo per il confezionatore di fornire con continuità i vari lotti di calcestruzzo al fine di minimizzare il rischio di formazione di giunti "freddi" che possono originare fessurazioni.

- Tra lo scarico di un'autobetoniera e quello della successiva non dovrebbero normalmente intercorrere più di 30 minuti con temperatura esterna di 20°C e vento moderato. Se l'intervallo tra due consegne dovesse essere superiore, il pavimentista deve intervenire per limitare il rischio di fessurazioni nella relativa ripresa di getto. È comunque buona regola segnalare al Committente eventuali ritardi nelle consegne.
- Qualora le autobetoniere debbano sostare esposte al sole, con temperature esterne superiori ai 20°C, si dovrà aver cura di mantenere bagnato l'esterno del tamburo.
- Qualora l'operazione di pompaggio dovesse risultare difficoltosa, è opportuno ricorrere all'impiego di un additivo coadiuvante.

7.4.2 Consistenza alla consegna

Al momento dello scarico del calcestruzzo la consistenza deve essere conforme alla classe richiesta.

7.4.3 Messa in esercizio

In assenza di particolari specifiche, il pavimento in calcestruzzo non potrà essere transitato da automezzi e/o mezzi operativi prima di 28 gg dall'ultimazione di ciascun lotto. Nel caso si preveda di transitare prematuramente sul pavimento, il progettista dovrà prescrivere un calcestruzzo capace di soddisfare quest'esigenza, prescrivendo sia la resistenza a 28gg che quella da ottenere al momento del transito (messa in esercizio).

7.5 PRESTAZIONI PARTICOLARI

Sono elencati alcuni suggerimenti atti a soddisfare particolari necessità prestazionali dei pavimenti.

7.5.1 Resistenza all'abrasione

Molti pavimenti in calcestruzzo sono sottoposti a severe condizioni d'usura. In tali situazioni, il progetto dovrà prevedere un calcestruzzo con opportune caratteristiche prestazionali ad integrazione della resistenza all'abrasione propria dello strato d'usura.

Per realizzare un pavimento con elevata resistenza all'abrasione si raccomandano:

1. classe di resistenza minima del calcestruzzo C30/37;
2. rapporto a/c non superiore a 0,50;

3. aggregati di tipo A, secondo la UNI 8520-2;
4. raddoppio dei tempi di stagionatura umida;
5. strato d'usura idoneo per tipo, quantità di materiale e metodo applicativo (Cap.10).

7.5.2 Resistenza a trazione per flessione

Determinate realizzazioni richiedono al calcestruzzo una buona resistenza a trazione per flessione (ad esempio pavimenti su soletta, su strato coibente, ecc.).

In questi casi si raccomandano:

1. aggregati frantumati;
2. inserimento di fibre d'acciaio o comunque strutturali, in dosaggio tale da incrementare la tenacità del pavimento.
3. raddoppio dei tempi di stagionatura umida rispetto a quelli normali.

7.5.3 Resistenza agli urti

Determinate condizioni d'uso richiedono al pavimento una elevata resistenza agli urti.

In questi casi si raccomandano:

1. aggregati frantumati;
2. rapporto a/c non superiore a 0,55;
3. inserimento di fibre d'acciaio o comunque strutturali in dosaggio tale da incrementare la tenacità del pavimento in abbinamento a fibre sintetiche;
4. raddoppio dei tempi di stagionatura umida rispetto a quelli normali.

7.5.4 Impermeabilità

Pavimentazioni soggette a frequente contatto di acqua, particolarmente se a pressione, richiedono calcestruzzi caratterizzati da elevata resistenza alla penetrazione dell'acqua in pressione (EN 12390 – E07.04.113.0).

Per quanto concerne il calcestruzzo, si raccomandano le seguenti prescrizioni aggiuntive:

1. aggregato con distribuzione granulometrica continua;
2. rapporto a/c non superiore a 0,55;
3. raddoppio del tempo di stagionatura umida rispetto a quelli normali.

Per quanto concerne il pavimento si raccomandano i seguenti provvedimenti:

1. realizzazione di pendenze non minori dell'1,5%;
2. rivestimento superficiale (impregnazione o trattamento impermeabilizzante).

7.6 PROCEDURE PER IL CONTROLLO DELLA QUALITÀ

Getto e stagionatura del calcestruzzo per pavimenti ad uso industriale, devono essere conformi alle disposizioni definite nella norma prEN 13670.

7.6.1 Verifica prima dell'inizio dei lavori

Il fornitore di calcestruzzo deve identificare i tipi di cemento nei diversi sili.

E' buona regola verificare prima dell'inizio lavori il tipo di legante con cui viene confezionato il calcestruzzo, al fine di assumere, eventualmente e in tempo utile, le opportune misure.

Se previsto in progetto, il ritiro idraulico del calcestruzzo può essere determinato secondo la norma UNI 6555-73. La composizione della miscela, ove contrattualmente previsto, va documentata dal fornitore di calcestruzzo mediante scheda tecnica.

7.6.2 Verifiche in fase di realizzazione

Per il controllo della composizione del calcestruzzo fresco si fa riferimento alla norma UNI 6393. Tutte le verifiche ed i prelievi sul calcestruzzo fresco devono essere effettuate in contraddittorio ed i relativi verbali controfirmati dalle parti.

Non sono da ritenersi validi e probanti provini confezionati, stagionati e/o provati in difformità dalle norme. Nel caso si prelevino campioni da sottoporre a rottura, le cubiere devono essere conformi (per parallelismo e planarità) alle norme. Se le tolleranze non sono rispettate i provini andranno rettificati prima di essere sottoposti alla rottura.

7.6.2.1 Controllo di Accettazione

Il parametro principale di valutazione di un calcestruzzo è la resistenza caratteristica a compressione. La determinazione deve essere effettuata in laboratorio sottoponendo a schiacciamento i provini di forma cubica (o cilindrica) e registrandone i valori di rottura.

Il prelievo dei campioni di calcestruzzo fresco deve avvenire durante la realizzazione del pavimento. I provini non devono essere lasciati stagionare all'aria e la dimensione dei cubetti è rapportata alla dimensione massima dell'aggregato secondo le norme UNI in vigore.

E' responsabilità della Direzione Lavori eseguire prelievi con le modalità previste dalla norma in vigore. La resistenza a compressione deve essere determinata su

provini cubici (R_{ck}) o cilindrici (f_{ck}) in conformità alle norme UNI in vigore. Il controllo d'Accettazione deve avvenire secondo le regole dettate dall'Allegato n° 2 del Decreto Ministeriale, emesso a seguito dei disposti della L.1086/71 - e/o ad eventuali successive revisioni.

7.6.2.2 Verifica della consistenza

La consistenza può essere misurata secondo diversi metodi, quello più comunemente utilizzato è l'abbassamento al cono di Abrams secondo la norma UNI 9418.

Nota: le norme cui si fa riferimento nel testo, sono quelle in vigore alla data del dicembre 2002. Nel caso di loro revisione, sostituzione o ritiro, si farà riferimento alle versioni vigenti alla data di definizione del contratto di fornitura del calcestruzzo.

8. DIMENSIONAMENTO DELLA PIASTRA DI CALCESTRUZZO

Nel presente capitolo vengono riportate alcune semplici formule per il calcolo dello stato tensionale prodotto in una piastra di calcestruzzo poggiate su terreno alla Winkler da carichi mobili e fissi su di essa agenti.

Sudette formule, sebbene a rigore valide solo in particolari condizioni (ad esempio, per carichi applicati lontano dalle sezioni di giunto), vengono fornite allo scopo di favorire, in un settore quello delle pavimentazioni, dove il calcolo statico non viene generalmente effettuato, quanto un dimensionamento di massima del pavimento basato sulle caratteristiche geomeccaniche del terreno, sulle prestazioni elasto-meccaniche del conglomerato oltre che in base all'entità ed alla frequenza dei carichi agenti.

Resta inteso, quindi, che chi volesse procedere ad un dimensionamento più accurato della piastra può fare utile riferimento ai diversi testi disponibili sull'argomento, ed in particolare al Progetto di Norma UNI U32.04.514.0 - "Pavimenti di calcestruzzo ad uso industriale. Criteri per la progettazione, esecuzione e collaudo" di prossima pubblicazione.

Un ulteriore metodo di calcolo, è già stato pubblicato in modo esteso su ConpaviNews (n.30/2002) edito e distribuito in occasione del Congresso Nazionale dell'Ordine degli Ingegneri svoltosi a San Remo lo scorso 9 settembre 2002.

8.1 METODO DI CALCOLO

La metodologia proposta per il dimensionamento di lastre di calcestruzzo per pavimentazione ad uso industriale prevede la determinazione delle tensioni massime di flessione mediante l'applicazione della teoria delle piastre poggianti su suolo elastico (suolo alla Winkler). Il suolo alla Winkler produce una reazione ai carichi applicati proporzionale al cedimento subito.

I parametri di calcolo sono:

- modulo di reazione del sottofondo k (N/mm^3);
- spessore della piastra di calcestruzzo h (mm);
- classe di resistenza del calcestruzzo R_{ck} (N/mm^2).

Le sollecitazioni principali considerate sono quelle dovute a:

- carichi uniformemente distribuiti: stoccaggio di pallets, macchinari, ecc.;
- carichi dinamici: carrelli elevatori, autocarri, autoarticolati, ecc.;
- carichi concentrati fissi: scaffalature metalliche, appoggi dei containers, ecc.

La tensione di trazione massima (σ) indotta dai carichi agenti sulla lastra di pavimentazione dovrà risultare in tutti i punti inferiore alla resistenza a trazione ammissibile di progetto (f_{cfd}). Quest'ultimo valore – come già specificato al paragrafo 7.3.1.2 – potrà essere assunto pari al valore caratteristico della resistenza a trazione per flessione del calcestruzzo con frattile 5%:

$$f_{cfd} = f_{ck} \cdot 0,05 = 0,7 f_{ctm} = 0,7 \cdot 1,2 \cdot 0,27 \cdot \sqrt{R_{ck}^2} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

dove:

$$f_{ctm} = 1,2 f_{ctm} \text{ [N/mm}^2\text{]} \text{ (D.M. 09.01.96)}$$

valore medio della resistenza a trazione per flessione

$$f_{ctm} = 0,27 (R_{ck})^{2/3} \text{ [N/mm}^2\text{]} \text{ (D.M. 09.01.96)}$$

valore medio della resistenza a trazione semplice

8.1.1 Carichi dinamici

- 1) Calcolo della tensione max di trazione (σ) provocata da una ruota al centro della piastra di calcestruzzo

$$\sigma = 1,264 P/h^2 (\log R/b+0,267) \quad [1]$$

dove:

P = carico su una ruota in N

h = spessore piastra in mm

E = modulo di elasticità del calcestruzzo in N/mm^2

k = modulo di reazione del sottofondo in N/mm^3

$b = (1,6 a^2 + h^2)^{1/2} - 0,675 h$: raggio corretto in mm

Se $a \geq 1,724 h$, $b = a$

$a = [P / (\text{pressione ruota} \cdot \pi)]$ raggio dell'area circolare di impronta del carico in mm

$$R = \sqrt[4]{\frac{E \cdot h^3}{12(1-\mu)k}}$$

2) Calcolo tensione σ^I provocata sulla prima ruota dalle altre

$$\sigma^I = f(x/R) P \cdot 6 / h^2 \quad [2]$$

dove:

x = distanza tra le ruote in mm

R = $[E \cdot h^3 / [12 (1 - \mu) / k]]$ raggio di rigidezza
relativa in mm μ = modulo di PoissonLa funzione $f(x/R)$ è ricavata dalla tabella 8.1

3) Somma delle tensioni per ottenere la tensione totale

$$\sigma_{tot} = \sigma^I + \sigma^{II} + \sigma^{III} + \sigma^{IV} \dots$$

Dovrà ovviamente risultare perché la verifica del pavi-
mento risulti soddisfatta:

$$\sigma \leq f_{cfd}$$

In caso contrario occorrerà aumentare h e/o R_{ck} e
procedere nuovamente alla verifica.4) Calcolare l'armatura occorrente, come specificato nel
Cap.9.2.1 per la rete elettrosaldata o nel Cap.9.2.2
per le fibre metalliche considerando la tensione (σ)
più severa per le tre condizioni di carico menzionate.

8.1.2 Carichi concentrati

1) L'equazione [1] può essere utilizzata per la determinazio-
ne della sollecitazione prodotta da piantane. In questo
caso basta assumere come raggio d'impronta (a):

$$a = (A / \pi)^{1/2} \quad A = \text{area effettiva di appoggio} \\ \text{della piantana (mm}^2\text{)}$$

2) Calcolare l'influenza delle altre piantane sulla prima
mediante [2].3) Sommare le tensioni per ottenere la tensione totale;
dovrà ovviamente risultare perché la verifica del pavi-
mento risulti soddisfatta:

$$\sigma \leq f_{cfd}$$

In caso contrario occorrerà aumentare h e/o R_{ck} e
procedere momentaneamente alla verifica.4) Calcolare l'armatura occorrente, come specificato nel
Cap.9.2.1 per la rete elettrosaldata o nel Cap.9.2.2 per
le fibre metalliche considerando la tensione (σ) più
severa per le tre condizioni di carico menzionate.

Tabella 8.1 - Funzione x/R

0,20 = 0,1921	1,30 = 0,0368	2,40 = 0,0076
22 = 0,1884	32 = 0,0358	42 = 0,0075
24 = 0,1775	34 = 0,0349	44 = 0,0073
26 = 0,1702	36 = 0,0339	46 = 0,0072
28 = 0,1629	38 = 0,0330	48 = 0,0070
0,30 = 0,1556	1,40 = 0,0320	2,50 = 0,0069
32 = 0,1505	42 = 0,0312	52 = 0,0068
34 = 0,1454	44 = 0,0305	54 = 0,0066
36 = 0,1402	46 = 0,0297	56 = 0,0065
38 = 0,1351	48 = 0,0289	58 = 0,0063
0,40 = 0,1300	1,50 = 0,0282	2,60 = 0,0062
42 = 0,1265	52 = 0,0274	62 = 0,0061
44 = 0,1230	54 = 0,0266	64 = 0,0059
46 = 0,1195	56 = 0,0258	66 = 0,0058
48 = 0,1160	58 = 0,0251	68 = 0,0056
0,50 = 0,1125	1,60 = 0,0243	2,70 = 0,0055
52 = 0,1090	62 = 0,0237	72 = 0,0054
54 = 0,1055	64 = 0,0231	74 = 0,0052
56 = 0,1020	66 = 0,0226	76 = 0,0051
58 = 0,0985	68 = 0,0220	78 = 0,0049
0,60 = 0,0980	1,70 = 0,0215	2,80 = 0,0048
62 = 0,0927	72 = 0,0209	82 = 0,0047
64 = 0,0903	74 = 0,0204	84 = 0,0045
66 = 0,0880	76 = 0,0198	86 = 0,0044
68 = 0,0857	78 = 0,0193	88 = 0,0042
0,70 = 0,0833	1,80 = 0,0187	2,90 = 0,0041
72 = 0,0810	82 = 0,0182	92 = 0,0040
74 = 0,0786	84 = 0,0177	94 = 0,0038
76 = 0,0763	86 = 0,0171	96 = 0,0037
78 = 0,0739	88 = 0,0166	98 = 0,0035
0,80 = 0,0716	1,90 = 0,0161	3,00 = 0,0034
82 = 0,0699	92 = 0,0156	02 = 0,0033
84 = 0,0682	94 = 0,0151	04 = 0,0031
86 = 0,0665	96 = 0,0145	06 = 0,0030
88 = 0,0648	98 = 0,0140	08 = 0,0028
0,90 = 0,0631	2,00 = 0,0135	3,10 = 0,0027
92 = 0,0613	02 = 0,0132	12 = 0,0026
94 = 0,0596	04 = 0,0128	14 = 0,0024
96 = 0,0579	06 = 0,0125	16 = 0,0023
98 = 0,0562	08 = 0,0122	18 = 0,0021
1,00 = 0,0545	2,10 = 0,0119	3,20 = 0,0020
02 = 0,0532	12 = 0,0115	22 = 0,0019
04 = 0,0519	14 = 0,0112	24 = 0,0018
06 = 0,0506	16 = 0,0109	26 = 0,0016
08 = 0,0493	18 = 0,0105	28 = 0,0015
1,10 = 0,0481	2,20 = 0,0102	3,30 = 0,0014
12 = 0,0461	22 = 0,0099	32 = 0,0013
14 = 0,0455	24 = 0,0097	34 = 0,0011
16 = 0,0442	26 = 0,0094	36 = 0,0010
18 = 0,0429	28 = 0,0092	38 = 0,0008
1,20 = 0,0416	2,30 = 0,0089	
22 = 0,0406	32 = 0,0086	
24 = 0,0397	34 = 0,0084	
26 = 0,0387	36 = 0,0081	
28 = 0,0378	38 = 0,0079	

8.1.3 Carichi uniformemente distribuiti

- 1) Calcolare i momenti massimi nel caso che la larghezza critica del pavimento tra due pilastri di carichi uniformemente distribuiti coincida con quella critica. I momenti all'estradosso (M_s) e all'intradosso (M_j) risulteranno (a meno del segno):

$$M_s = 0,1682 q / \lambda^2$$

$$M_j = 0,1612 q / \lambda^2$$

dove :

$$\lambda = (3 k / E h^3)^{1/4}$$

noto il momento massimo la tensione massima di trazione (σ) vale:

$$\sigma = M / W$$

dove:

$$W = b h^2 / 6$$

Dovrà ovviamente risultare perché la verifica del pavimento risulti soddisfatta:

$$\sigma \leq f_{ctd}$$

In caso contrario occorrerà aumentare h e/o R_{ck} e procedere nuovamente alla verifica.

- 2) Calcolare quindi l'armatura occorrente, come specificato nel Cap.9.2.1 per la rete elettrosaldata o nel Cap.9.2.2 per le fibre metalliche considerando la tensione (σ) più severa per le tre condizioni di carico menzionate.

8.2 COMBINAZIONE DELLE TENSIONI

Le tensioni calcolate sul pavimento devono essere cumulate secondo condizioni di carico tali da risultare più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, tenendo conto come consentito dalle norme vigenti, della probabilità ridotta di concorso simultaneo di tutte le azioni con i rispettivi valori.

8.3 STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

Lo stato limite di fessurazione deve essere definito contrattualmente in subordine alle reali condizioni realizzative. Per assicurare la funzionalità e la durata del pavimento di calcestruzzo è necessario:

- Prefissare uno stato limite di fessurazione adeguato alle eventuali esigenze igieniche, alle condizioni d'utilizzo ed alle sollecitazioni agenti sul pavimento;

- prefissare uno stato limite per le fessurazioni innescate dagli spigoli di spiccati in elevazione (chiusini, pilastri, basamenti, muri ecc.);
- realizzare un sufficiente spessore in calcestruzzo di buona qualità, compattezza ed aggregati puliti affinché le fessure non risultino passanti.

8.3.1 Stato limite d'apertura delle fessure

Generalmente in un pavimento non è ammessa la formazione di fessure considerate quale fattore di deterioramento estetico oltre che di riduzione delle caratteristiche di funzionalità, sicurezza e igiene del manufatto e degli ambienti in cui lo stesso è situato. Per questo motivo la progettazione del pavimento, salvo casi particolari, viene effettuata nella ipotesi di piastra a sezione interamente reagente, limitando il valore della tensione di trazione per flessione a quello ritenuto ammissibile in relazione al calcestruzzo impiegato e, quindi, di fatto escludendo che la pavimentazione possa fessurarsi. Tuttavia, è possibile effettuare il dimensionamento della piastra in calcestruzzo nella ipotesi di sezione parzializzata, prescindendo - come accade nelle costruzioni in c.a. - dalla resistenza a trazione del calcestruzzo. In tal caso, prevedendo di affidare le tensioni di trazione interamente all'armatura, la sezione in calcestruzzo si presenta fessurata. In questa situazione tuttavia, è necessario, al fine di garantire la durabilità del pavimento di calcestruzzo, limitare il valore dell'ampiezza delle fessure nel pavimento. Questa limitazione si rende necessaria per evitare, ad esempio, che le ruote di carrelli elevatori o di automezzi che transitano sul pavimento possano in breve tempo determinare un severo dissesto in corrispondenza dei cigli fessurativi. La limitazione dell'ampiezza delle lesioni si rende, inoltre, necessaria laddove la pavimentazione, per la particolare destinazione d'uso dei locali, è soggetta all'azione deleteria di sostanze aggressive per il calcestruzzo e/o per le armature. La limitazione dell'ampiezza delle fessure, infine, dovrà essere perseguita anche in assenza di particolari agenti aggressivi quando la pavimentazione si trova all'esterno in climi freddi. In queste condizioni, infatti, la presenza di fessure di ampiezza rilevante potrebbe esaltare gli effetti distruttivi determinati dalle tensioni indotte dai cicli di gelo e disgelo.

In assenza di indicazioni più precise si potrà fare riferimento ai valori (W_k) di stato limite di apertura delle lesioni riportati nel D.M. attualmente vigente (09.01.96) relativo alle strutture in calcestruzzo armato.

9. PAVIMENTAZIONI ARMATE

Anche se i pavimenti sono considerati e dimensionati come strutture non armate, una idonea quantità di armatura, in casi specifici, permette di:

- fornire un margine più ampio di sicurezza qualora vengano accidentalmente superate le condizioni di impiego previste nel progetto o in presenza di eccessiva deformabilità della massicciata di supporto;
- contenere gli effetti delle variazioni dimensionali della pavimentazione dovute a ritiro oppure alle escursioni termiche.

9.1 PROGETTAZIONE

In funzione delle sollecitazioni prevedibili (cedimenti della massicciata, tensioni calcolate, imbarcamenti delle lastre e viscosità) il progettista opererà per l'armatura ritenuta più idonea, e per il relativo posizionamento.

In corrispondenza dei giunti di costruzione può essere previsto l'impiego di barrotti per la ripartizione dei carichi tra le lastre (Cap.9.3.2).

Nel caso vengano utilizzati agenti espansivi per il controllo del ritiro del calcestruzzo, la determinazione della quantità di armatura deve tener conto della necessità di contrastarne efficacemente l'azione.

Fibre di acciaio, correttamente scelte e dosate, possono essere impiegate in sostituzione o come complemento dell'armatura.

9.2 MATERIALI

Le armature principali prese in esame sono:

- rete elettrosaldata
- fibre metalliche o comunque strutturali.

Le armature secondarie sono:

- fibre sintetiche
- barrotti ripartitori
- barre di rinforzo

9.2.1 La rete elettrosaldata

Le pavimentazioni in calcestruzzo oggetto del codice di buona pratica sono progettate (Cap. 8.), prescindendo dalla presenza dell'armatura, nell'ipotesi di piastra a sezione interamente reagente. Nel dimensionamento, inoltre, le tensioni di trazione agenti sulla piastra sono limitate a valori inferiori alla resistenza a trazione di progetto giacché non sono ammesse fessure nel conglomerato.

In conformità a quanto sopraesposto s'intuisce come la funzione dell'armatura metallica, in forma di rete elettrosaldata, nei pavimenti non è quella di aumentarne la portanza flessionale.

Il compito dell'armatura metallica, invece, è quello di limitare l'apertura delle fessure che si producono per effetto delle contrazioni di ritiro nelle sezioni di giunto.

Impedendo alla fessura di aumentare la propria ampiezza, la rete elettrosaldata assicura che nelle sezioni di giunto s'instauri l'effetto ingranamento tra gli aggregati, indispensabile ai fini di un corretto trasferimento dei carichi tra le due porzioni di pavimento contigue al giunto fessurato.

Il dimensionamento dell'armatura metallica per il controllo dell'apertura delle lesioni può essere effettuato in base al calcolo delle sollecitazioni di trazione, che si esplicano per effetto dell'attrito assorbito nelle sezioni di giunto proprio dalla rete elettrosaldata.

L'armatura calcolata in base alle considerazioni sopra esposte è generalmente modesta anche in presenza di calcestruzzi particolarmente scadenti per l'elevato ritiro, e di sottofondi caratterizzati da alti valori del coefficiente d'attrito statico. Pertanto, le reti elettrosaldate più comunemente impiegate $\varnothing 5$ o $\varnothing 6$ maglia 10x10, 15x15 o 20x20 cm sono sufficienti ad assorbire gli sforzi di trazione nelle zone di giunto. Molto più importante che non la percentuale d'armatura metallica risulta, invece, il posizionamento della rete elettrosaldata. Dovendo essa, infatti, limitare l'ampiezza delle lesioni l'armatura deve essere posizionata il più possibile – compatibilmente con la profondità del giunto di contrazione (Tab.11.1) – nell'estremità superiore del pavimento, laddove sono massime le contrazioni dovute al ritiro.

Una regola pratica consiste nel disporre la rete elettrosaldata ad una distanza (d) dalla superficie del pavimento:

$$p+1\text{cm} \leq d \leq p+2\text{cm}$$

$$\text{e } d \geq 4\text{ cm}$$

dove p è la profondità del giunto di contrazione in cm.

Se l'armatura fosse posta ad una distanza d maggiore di p+2 cm, o addirittura sul fondo del pavimento (d = h), essa non potrebbe svolgere l'azione di contenimento (di cucitura) delle lesioni nella zona di giunto. In particolare, l'armatura posizionata erroneamente sul fondo si verrebbe a trovare in una zona ove il ritiro è minimo o addirittura assente e, quindi, laddove non c'è nemmeno il rischio che la fessura si formi.

La rete elettrosaldata, inoltre, può ridurre il ritiro differenziale del pavimento riducendone la tendenza all'imbarcamento. Per contro se l'armatura fosse posta ad una distanza $d \leq p+1$ cm esisterebbe un elevato rischio che la stessa sia tagliata proprio durante l'esecuzione dei giunti.

Infine, la limitazione che d deve essere in ogni caso almeno pari a 4 cm serve ad impedire che armature troppo superficiali possano favorire la formazione nel pavimento di fessure in fase plastica. Poiché il posizionamento della rete nelle zone superiori del pavimento può creare problemi per la deambulazione del personale addetto, può essere opportuno disporre la rete su distanziatori sufficientemente rigidi privilegiando reti elettrosaldate di diametro opportuno per sostenere il peso del personale deambulante avendo, tuttavia, l'accortezza di disporre la rete garantendo strettamente le distanze d precedentemente menzionate.

9.2.2 Fibre metalliche o comunque strutturali

L'introduzione di fibre di natura appropriata, geometria opportuna ed in misura sufficiente ad ottenere un rinforzo discreto, omogeneamente disperso nella matrice cementizia, consente di sostituire nelle pavimentazioni di calcestruzzo la tradizionale armatura in forma di rete elettrosaldata. Inoltre, il calcestruzzo fibrorinforzato può essere vantaggiosamente impiegato per incrementare le capacità portanti della piastra di pavimentazione sfruttando, mediante calcoli effettuati in base alla meccanica della frattura, il contributo offerto dalle fibre nella fase post-fessurativa del calcestruzzo. Grazie alla presenza delle fibre è possibile limitare l'ampiezza delle fessure nel pavimento a valori (inferiori, ad esempio, al decimo di millimetro) compatibili sia con le caratteristiche estetiche che con le condizioni d'esercizio del pavimento. Al fine di garantire che le fibre svolgano al meglio il ruolo di rinforzo discreto della matrice cementizia è necessario:

- garantire una distribuzione omogenea all'interno della matrice cementizia. Per conseguire tale scopo l'aggiunta delle fibre all'impasto deve avvenire preferibilmente nella centrale di betonaggio. L'aggiunta, inoltre, deve avvenire nel calcestruzzo preferibilmente già a consistenza fluida o superfluida (S4 o S5 secondo UNI EN 206-1) avendo l'accortezza di distribuirle per evitare che esse si accumulino solo in alcune porzioni di conglomerato. Occorre tener presente, inoltre, che l'aggiunta delle fibre nel calcestruzzo determina una diminuzione della lavorabilità degli impasti. Pertanto, il produttore di calcestruzzo dovrà attivarsi al fine di

fornire un conglomerato che - ancorché fibrorinforzato - posseda la fluidità richiesta. Infine, nel caso d'aggiunte rilevanti di fibre, al fine di evitare la tendenza alla segregazione degli impasti potrà rendersi necessario incrementare il volume dei fini (calci finissimi, aggiunte pozzolaniche, etc.) o ricorrere a additivi modificatori di viscosità;

- che le fibre posseggano una resistenza a trazione sufficiente ad evitare che la rottura del calcestruzzo fibrorinforzato avvenga per collasso della fibra, prima che la stessa si sfilii dalla matrice. A tale scopo è opportuno impiegare fibre di geometria adeguata capace di aumentare la tensione cui avviene lo sfilamento;
- che le fibre siano caratterizzate da valori elevati del rapporto d'aspetto (rapporto lunghezza/diametro della fibra). Infatti, fibre lunghe e di piccolo diametro sono più efficaci a parità delle altre condizioni - rispetto a fibre corte e spesse (tale criterio non si applica nel caso di fibre non metalliche strutturali).

Fermo restando quanto sopra relativamente al rapporto d'aspetto la scelta della lunghezza della fibra (l) è legata alla dimensione massima dell'aggregato (D_{max}) utilizzato nel confezionamento del calcestruzzo. In linea di massima deve risultare:

$$l \geq 1,5 - 2,0 D_{max}$$

D_{max} (mm)	l (mm)
16	25 - 30
20	35 - 40
25	40 - 50
32	50 - 60

Per il dimensionamento di piastre di calcestruzzo fibrorinforzato si potrà fare utile riferimento ai metodi di calcolo basati sulla meccanica della frattura che consentono, come già specificato, di sfruttare il contributo del rinforzo fibroso nella fase post-fessurativa del calcestruzzo.

Ovviamente il calcolo può essere effettuato anche con il tradizionale calcolo elastico imponendo che il valore massimo della tensione di trazione agente sulla struttura sia inferiore al valore della tensione rappresentativa della resistenza del materiale nella fase post-fessurativa. Per entrambi i metodi sopraesposti si rimanda alla letteratura specializzata o alle raccomandazioni dei produttori di fibre.

9.2.2.1 Quantità e tipologia

Il dosaggio, riferito al metro cubo di calcestruzzo, deve essere determinato in funzione del Rapporto d'Aspetto e delle prestazioni meccaniche richieste. A tal fine il produttore deve fornire indicazioni relative alla tensione a flessione ammissibile ottenibile (secondo norma JCI SF4) in funzione del dosaggio di fibre e della classe di resistenza del calcestruzzo.

9.3 ARMATURA SUPPLETIVA

Con tale termine si intendono fibre sintetiche a basso modulo elastico, i barrotti ripartitori, e le barre di rinforzo.

9.3.1 Fibre sintetiche

1. Possono essere monofilo oppure fibrillate. La lunghezza ed il tipo di fibra devono essere idonei allo scopo per cui vengono impiegate. Il dosaggio è quello consigliato dal produttore.
2. Il produttore delle fibre, dovrà presentare nella scheda tecnica le caratteristiche delle fibre.
3. L'aggiunta delle fibre nel calcestruzzo può avvenire indifferentemente in cantiere o all'impianto di betonaggio, adottando le metodologie indicate dal produttore per la corretta mescolazione nell'impasto.
4. Le fibre riducono la lavorabilità degli impasti, pertanto prima di immettere le fibre occorrerà stabilire la quantità di additivo necessaria per compensare la perdita di fluidità conseguente all'aggiunta del materiale fibroso.

9.3.2 Barrotti ripartitori

Sono barre da inserire nel giunto di costruzione, tra la metà e il terzo- medio inferiore dello spessore del calcestruzzo, al fine di trasferire i carichi tra una piastra e la successiva, riducendo così le conseguenze negative sui bordi dei giunti a seguito dei movimenti verticali innescati dal transito di carichi dinamici (vedere disegno Cap.11). I barrotti non eliminano l'imbarcamento delle lastre.

Si consiglia l'utilizzo di barre di diametro non maggiore di mm 20 aventi lunghezza non inferiore a cm 60. La distanza tra loro non dovrà mediamente essere superiore a cm 50. La distanza tra barrotto ed estradosso del pavimento dovrà in ogni modo risultare maggiore di 6 cm. Metà del barrotto va inserita nel calcestruzzo rendendola solidale con una delle porzioni di piastra afferente al giunto; l'altra metà va incapsulata, svincolandosi dall'altra porzione di pavimento afferente al giunto, per consentire lo scorrimento orizzontale delle lastre.

Il diametro dipende dallo spessore del pavimento e va scelto in modo tale da non produrre fessurazioni sulla superficie del calcestruzzo (Tab.9.1).

Il posizionamento deve essere molto accurato nell'alli-

neamento e nell'orizzontalità al fine di evitare fessurazioni. A tal fine i barrotti possono essere legati con un tondino \varnothing 8 disposto perpendicolarmente alle barre.

Sono utilizzabili spinotti di connessione già assemblati, e giunti di costruzione metallici prefabbricati già dotati di barrotti a scorrimento.

Tab.9.1 Diametro consigliato dei barrotti

Spessore max Pavimento (cm)	Diametro barrotto (mm)	Lunghezza barrotto (cm)	Distanza max interasse (cm)
15	14	60	50
20	16	60	50
25	20	60	50

9.3.3 Barre di rinforzo

Sono barre d'acciaio di dimensioni stabilite dal progettista posizionate in prossimità degli spigoli degli elementi direttamente a contatto con la pavimentazione; in tale posizione si concentrano infatti gli sforzi di interazione tra pavimento ed elemento a contatto e le tensioni di trazione che si generano sono spesso causa di fessurazioni.

10. STRATO DI USURA

Scopo dello strato d'usura è di migliorare le caratteristiche superficiali della pavimentazione di calcestruzzo ovvero la durezza, la polverosità e la planarità. Non necessariamente lo strato d'usura è antipolvere ed antioleo, proprio perché realizzato con base cementizia. Nel caso necessiti ottemperare a tale richiesta, si dovrà effettuare un trattamento suppletivo.

La resistenza all'usura di un pavimento dipende soprattutto dalla tecnica applicativa. Lo strato d'usura è generalmente realizzato con due metodi applicativi:

- a Spolvero;
- a Pastina.

I tipi di pavimento interessati a queste specifiche sono definiti in base alla destinazione d'uso dei locali. Non sono disponibili in Italia criteri standardizzati per la valutazione in sito della resistenza all'usura di un pavimento, perciò non è possibile specificarne le prestazioni. Le esigenze dell'utente possono essere soddisfatte attraverso l'idonea scelta delle proprietà del calcestruzzo, del metodo di realizzazione dello strato d'usura e dei materiali indurenti che lo costituiscono.

In presenza di prodotti chimicamente aggressivi o per richiesta d'igiene e pulizia, i pavimenti citati devono essere protetti con particolari rivestimenti a base di resina.

10.1 METODO A SPOLVERO

Sul calcestruzzo fresco, posato in opera a quota piano finito, viene applicato a "semina" un determinato quantitativo di miscela anidra d'aggregati e cemento.

La scelta del materiale indurente e del quantitativo da applicare è determinata dall'entità dell'azione abrasiva sulla pavimentazione: maggiore è tale azione maggiore deve essere la resistenza meccanica del calcestruzzo e la resistenza all'abrasione dell'aggregato utilizzato per lo spolvero.

10.2 METODO A PASTINA

Sul calcestruzzo fresco posato in opera a quota meno 5-10 mm dal piano finito, viene applicato, fresco su fresco, un impasto d'aggregati, cemento e acqua (cui si possono aggiungere fibre sintetiche ed additivi fluidificanti) di spessore tale da raggiungere la quota finita.

La scelta del materiale indurente e del quantitativo da applicare è determinata dall'entità dell'azione abrasiva sulla pavimentazione: maggiore è tale azione maggiore deve essere la resistenza meccanica del calcestruzzo e la resistenza all'abrasione dell'aggregato utilizzato per lo spolvero.

10.3 MATERIALI PER LO STRATO D'USURA

Gli indurenti possono essere forniti premiscelati con il cemento, al fine di avere costanza di qualità e mescolazione, oppure sfusi e miscelati al cemento in cantiere.

I quantitativi espressi in Tab.10.1 si riferiscono a prodotti premiscelati pronti all'uso.

Tabella 10.1 Materiali e quantitativi per la realizzazione dello strato d'usura

Materiali	Applicazione a spolvero kg/m ²	Applicazione a pastina kg/m ²
Quarzo	2 - 4	15 - 18
Quarzo e corindone	2 - 4	15 - 18
Metallo	5 - 8	30 - 40
Metallo e corindone	4 - 6	20 - 30

I premiscelati pronti all'uso in commercio, utilizzabili per lo strato di usura, applicati col metodo a spolvero o a pastina, sono inoltre classificabili in base al comportamento fisico-chimico del tipo di indurente. (vedere prEN 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 di silicio o corindone sintetico.

10.4 SCELTA DELLO STRATO D'USURA

Il prospetto 2 al Cap.4, desunto dal progetto di norma UNI, consente l'individuazione dello strato di usura più opportuno in funzione delle condizioni d'impiego.

11. GIUNTI

Le variazioni di temperatura e il ritiro del calcestruzzo innescano tensioni e deformazioni nel pavimento legate alle dimensioni della piastra. Per assorbire tali tensioni, riducendo antiestetiche fessurazioni superficiali, si devono realizzare nel pavimento alcune soluzioni di continuità, così da ridurre le dimensioni delle lastre.

La disposizione dei giunti, in generale è determinata dal tipo di sottofondo della pavimentazione e viene stabilita dal progettista:

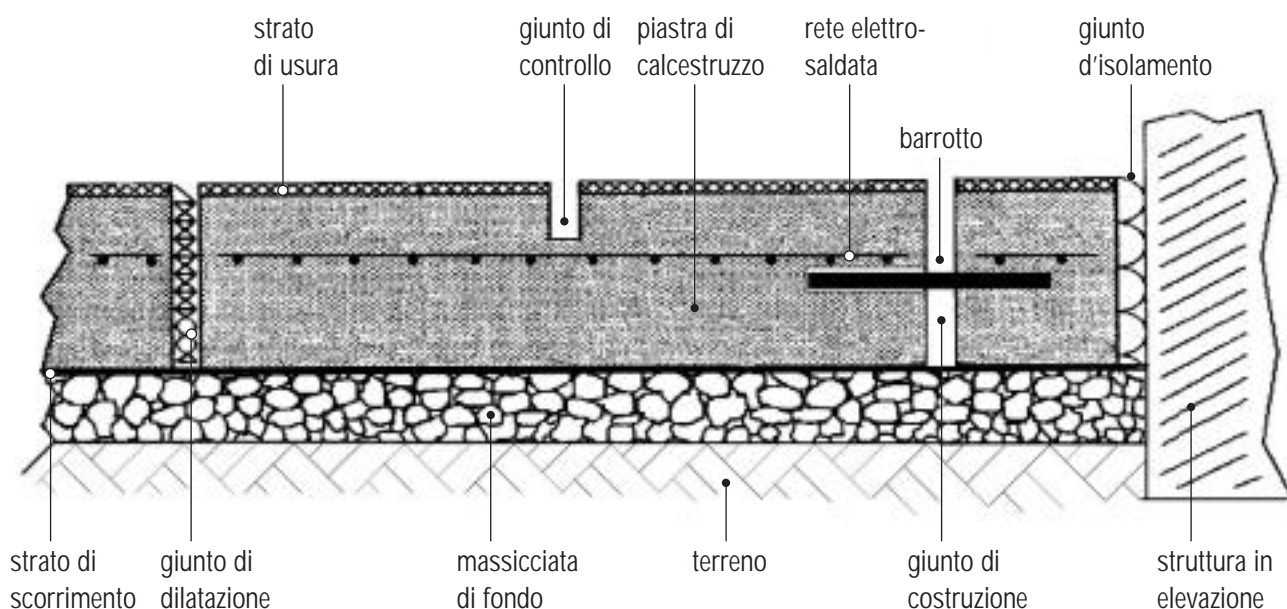
- se il supporto è costituito da elementi prefabbricati non strutturalmente solidarizzati (tegoli, copponi ecc.) i giunti devono corrispondere alle linee di discontinuità;
- se il pavimento è strutturalmente solidarizzato con elementi prefabbricati per incrementarne la portata, l'esecuzione dei giunti ed il loro dimensionamento devono essere prescritti ed indicati dal progettista;
- se il supporto è costituito da massiccata, vengono eseguiti tutti i tipi di giunto tenendo conto della disposizione planimetrica dell'area in cui viene realizzata la pavimentazione e del grado di planarità della massiccata.

Il taglio meccanico del giunto, eseguito mediante dischi abrasivi o diamantati, può causare piccoli sbrecciamenti che comunque non costituiscono difetto.

Dopo le operazioni di taglio è necessario ripristinare le eventuali protezioni messe in atto per la stagionatura del pavimento.

Si definiscono le seguenti tipologie di giunto:

- giunti di costruzione;
- giunti di controllo o contrazione;
- giunti di dilatazione;
- giunti di isolamento.



11.1 GIUNTI DI COSTRUZIONE

Si costituiscono, di fatto, con l'accostamento di due lastre gettate in tempi diversi.

Le lastre non devono essere tra loro separate, se non si debba realizzare un giunto di dilatazione.

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. Quindi, la necessità di esecuzione, i tempi e la profondità di questo taglio, sono 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.

Per lo stesso motivo, durante la fase di getto, si raccomanda un'accurata costipazione del calcestruzzo contro cassero, al fine di limitare la formazione di macrocavità o nidi di ghiaia, che facilmente si formano in tale posizione.

Particolari accorgimenti dovranno essere adottati per limitare la fuoriuscita di calcestruzzo tra il cassero di contenimento del getto e il supporto. Comunque l'eventuale calcestruzzo fuoriuscito, non può essere "esteso" sull'area ancora da pavimentare, ma dovrà essere trasportato altrove.

11.1.1 Dimensionamento

L'interruzione dei getti dovrà avvenire a distanze multiple dei giunti di contrazione e normalmente coincidere con il modulo del locale da pavimentare.

11.1.2 Profondità dei tagli

Il giunto di costruzione va realizzato a tutto spessore, per cui la profondità del taglio è ininfluente.

11.1.3 Ampiezza dei tagli

L'importanza dell'ampiezza è subordinata all'impronta delle ruote dei carrelli impiegati dall'utilizzatore del pavimento.

Vige la regola che minore è l'ampiezza del taglio, più durevoli risultano i bordi del giunto. L'ampiezza dipende dallo spessore del disco con il quale si opera. Un disco abrasivo realizza un giunto con ampiezza superiore a 5 mm, un disco diamantato un'ampiezza inferiore a 4 mm.

11.2 GIUNTI DI CONTRAZIONE O CONTROLLO

Devono essere realizzati su tutte le lastre di calcestruzzo posate su qualsiasi supporto, salvo che non vengano

dichiaratamente impiegate tecniche particolari che ne rendano superflua la formazione (jointless floor).

- Se il supporto è costituito da elementi prefabbricati non strutturalmente solidarizzati (tegole, copponi ecc.) i giunti devono corrispondere alle linee di discontinuità
- Nei pavimenti su soletta piena o in elementi prefabbricati strutturalmente solidarizzati, i giunti devono essere dimensionati a seconda del tipo di adesione aderente o non aderente al supporto.
- Se il pavimento è strutturalmente solidarizzato con elementi prefabbricati per incrementare la portata, i giunti dovranno essere autorizzati dal progettista.

Nelle pavimentazioni su massicciata il dimensionamento dipende da fattori quali:

- strato di scorrimento;
- grado di planarità della massicciata;
- situazione climatica al momento del getto e della stagionatura (vento, sole ecc.);
- metodo e tempi di stagionatura;
- tipologia (piazze, pavimento in locali chiusi ecc.).

11.2.1 Dimensionamento

I giunti di contrazione devono formare riquadri le cui dimensioni sono subordinate allo spessore del pavimento. La profondità del taglio è subordinata alla resistenza meccanica raggiunta dal pavimento al momento del taglio. Prima si interviene, minore è la profondità necessaria per favorire contrazioni. A meno che non vengano adottate precauzioni che consentano distanze maggiori, la distanza massima tra i giunti di contrazione, senza che si verifichi un'ampiezza superiore all'impronta delle ruote dei carrelli elevatori, può essere calcolata con la formula pratica che presuppone lo scorrimento libero delle lastre:

$$L = (18 \times h + 100) \text{ cm}$$

La distanza tra i tagli nelle due direzioni deve essere preferibilmente uguale. Per piastre rettangolari è consentito per un lato una lunghezza superiore del 20% rispetto al lato di dimensione minore. La distanza tra i tagli, calcolata con la formula sopraindicata deve essere ridotta del 20% per i pavimenti poggiati su barriera a vapore.

11.2.2 Tempi di realizzazione dei tagli

I tagli per i giunti di controllo o contrazione vanno realizzati a tempi brevissimi, così da consentire alla piastra i movimenti orizzontali e la rottura nei tratti prestabiliti dai tagli. Per tagli precoci sono inevitabili piccole sbavature, che non pregiudicano la funzionalità del pavimento.

11.2.3 Profondità dei tagli

La profondità dei tagli è subordinata allo spessore della piastra di calcestruzzo e alla planarità del sottofondo. In linea generale la profondità del taglio (P_t) non deve mai risultare inferiore ad $1/5$ dello spessore del pavimento (h):

$$P_t \geq \frac{1}{5} \cdot h$$

In tabella 11.1 vengono a titolo di esempio riportate le profondità minime dei tagli da eseguire nelle piastre di pavimentazione più diffuse contraddistinte da spessori (h) variabili tra 12 e 20 cm. Resta inteso che tenendo conto della profondità del taglio e dello spessore della piastra, la rete d'armatura dovrà essere posizionata ad una distanza dall'intradosso tale da non essere interrotta dalla lama della sega durante l'esecuzione del giunto di contrazione.

Tab. 11.1 Profondità dei tagli consigliata

Spessore piastra (cm)	Profondità minima(*) del taglio entro 24 ore a 20°C (cm)	Profondità minima del taglio entro 48 ore a 20°C (cm)
12	3**	3**
12 ÷ 20	3	4
>20	4	5

(*) La profondità minima può essere ridotta, nel caso che i tagli vengano eseguiti impiegando opportune attrezzature e accorgimenti, affinché l'incisione precoce del calcestruzzo non pregiudichi l'integrità dei bordi del giunto, che in questo caso dovrà essere realizzato tassativamente entro le 24 ore dalla fine del pavimento alla temperatura di 20°C.

(**) Nel caso di piastre di modesto spessore (<12 cm), la profondità del taglio dovrà comunque essere di almeno 3 cm, in quanto un eventuale maggiore spessore di calcestruzzo in corrispondenza del giunto (es. presenza di avallamenti del sottofondo causati da mezzi di trasporto), potrebbe influenzare l'efficacia del taglio.

11.2.4 Distanza del taglio dagli spiccati in elevazione

Essendo la macchina taglia-giunti provvista di carter protettivo antinfortunistico e i dischi di formato circolare, il taglio deve terminare ad una distanza non superiore a cm 15 dagli spiccati in elevazione.

L'operatore deve comunque usare l'accortezza di approfondire, in quel punto, la lama nello spessore della piastra, al fine di favorire la rottura che si verificherà nel prosieguo del taglio.

11.3 GIUNTI DI DILATAZIONE

Generalmente si fanno coincidere con quelli di costruzione, con l'avvertenza di interporre tra le lastre un materiale comprimibile il cui spessore possa consentire l'allungamento delle lastre senza che le estremità vengano a contatto.

11.3.1 Ampiezza dei giunti

L'ampiezza del giunto è funzione dell'escursione termica e della distanza tra due giunti di dilatazione successivi (L_p). Per il dimensionamento occorre calcolare la massima dilatazione/contrazione (ΔL) del giunto secondo la formula:

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

dove:

L_p è la distanza tra due giunti di dilatazione successivi.

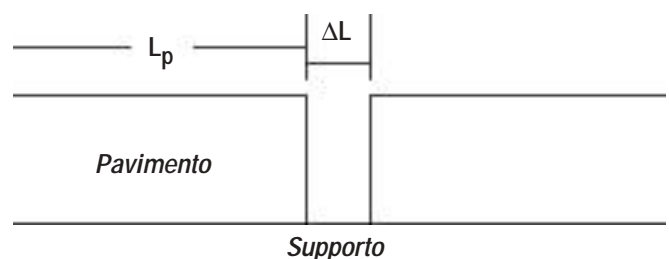
Generalmente essa coincide con la massima dimensione in pianta dell'intera pavimentazione.

α è il coefficiente di dilatazione lineare del calcestruzzo pari a:

$$10 \cdot 10^{-6} \text{ C}^{-1} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ C}^{-1}$$

ΔT è la massima escursione termica (in C°) cui sarà sottoposto il pavimento.

Stabilito il valore massimo della dilatazione/contrazione del giunto, l'ampiezza effettiva dello stesso verrà determinata in base alle caratteristiche di allungamento/accorciamento del materiale di riempimento utilizzato (Cap.11.5).



Nella realizzazione del giunto si deve tener presente il pericolo di sbriciamento causato dall'impronta delle ruote: qualora non si ricorra a specifici dispositivi (giunti prefabbricati) l'ampiezza del giunto non deve risultare superiore a mm 6. In tal caso la distanza L_p andrà calcolata.

Nei pavimenti di locali industriali il ritiro è sempre maggiore dell'espansione dovuta all'escursione termica.

Pertanto i giunti di dilatazione non vengono ritenuti necessari e, quindi, si fanno coincidere con quelli di isolamento.

Per pavimentazioni esterne (piazze) le variazioni di temperatura diurne e stagionali tra intradosso ed estradosso possono provocare sollevamenti (inarcamento) che possono indurre sollecitazioni tali da provocare il dissesto della piastra.



In tali casi si deve verificare che le sollecitazioni di trazione siano inferiori al valore ammissibile della resistenza a flessione pari al 70% della resistenza media a trazione del calcestruzzo impiegato. In mancanza di calcoli più precisi, la tensione massima di trazione può essere calcolata con la relazione

$$\sigma = \frac{L_p \cdot 21 - L(0,5-h)}{24 \cdot 14 - L(0,5-h)}$$

dove:

L = lunghezza piastra in m nella direzione in cui si sta calcolando il giunto,

h = spessore piastra in m.

11.3.2 Profondità di taglio

Il giunto di dilatazione va realizzato a tutto spessore. Per questo motivo si fa coincidere generalmente con il giunto di costruzione. La profondità del taglio da realizzarsi in fase successiva, per l'inserimento del sigillante è ininfluente.

11.4 GIUNTI AD ISOLAMENTO DELLE STRUTTURE

Gli spiccati in elevazione vengono normalmente separati, con materiale comprimibile ed impermeabile, al fine di rendere il pavimento dal punto di vista deformazionale indipendente dalle strutture ad esso adiacenti in modo da assecondare gli inevitabili movimenti differenziali di natura termo-igrometrica.

11.4.1 Giunti a perimetro

Vengono realizzati su richiesta in prossimità del perimetro interno del capannone parallelamente all'allineamento dei pilastri perimetrali per due motivi:

- l'area interessata dal riempimento tra pilastro e pilastro è la meno costipata per cui soggetta a cedimenti;

- le staffe inserite nel pannello di tamponamento, per collegare il prefabbricato al pavimento (oltre ad essere un errore costruttivo e di progettazione) tendono a sollecitare quella zona di pavimento a trazione con successivo stato fessurativo che si propaga verso il centro dell'ambiente.

La realizzazione dei giunti a perimetro deve essere specificata in capitolato poiché comporta un costo supplementivo. La distanza del taglio parallelo ai muri perimetrali deve essere tale da consentire alla lama della taglierina di operare nei due sensi di marcia.

11.5 RIEMPIMENTI E SIGILLATURE

11.5.1 Riempimenti

I riempimenti hanno la funzione di colmare le cavità formatesi a seguito del taglio dei giunti e, con particolari materiali o accorgimenti, 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 fuoriuscita 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.

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

11.5.2 Sigillature

La sigillatura deve garantire la tenuta del giunto al passaggio di liquidi alla pressione atmosferica. Il materiale costituente la sigillatura, di tipo polimerico, 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, comunque entro i limiti di allungamento di lavoro dello stesso.

In ogni caso le specifiche di realizzazione e del materiale da impiegare devono essere prescritte dal Progettista. La sede del giunto deve avere una larghezza tale da evitare

allungamenti del sigillante superiori a quello di lavoro dello stesso.

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).

Qualora si richieda l'impermeabilità del giunto, è opportuno predisporre un allargamento della parte superiore del giunto stesso, di ampiezza tale da consentire al sigillante di seguire i movimenti della piastra senza che si verifichino microdistacchi del materiale dai bordi.

Il materiale sigillante deve avere una sede di ampiezza minima (d) pari a:

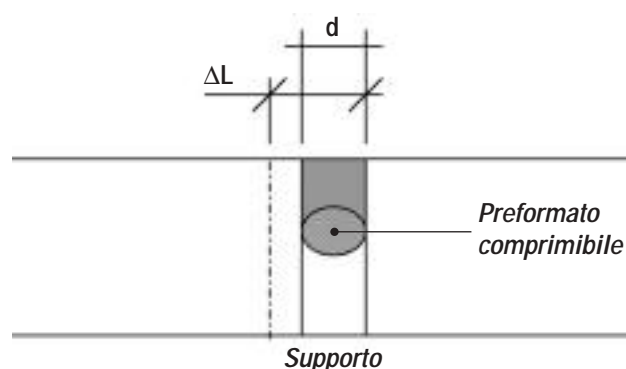
$$d = \Delta L / m$$

dove:

d = distanza tra i bordi del giunto in mm;

ΔL = movimento massimo previsto per il giunto, espresso in mm;

m = movimento in esercizio previsto per il sigillante, espresso in % (valore fornito dal produttore del materiale).



Ad esempio, se si prevede per il giunto un movimento massimo (ΔL) di 3 mm e si impiega un sigillante con un movimento in esercizio del 50% ($m=0,5$) la sede del giunto dovrà avere larghezza (d) pari a 6 mm ($\Delta L/m= 3/0,5=6$ mm).

Si tenga comunque presente che le prescrizioni generali qui indicate non assicurano automaticamente la tenuta all'acqua del pavimento, ma solo l'impermeabilità del giunto.

12. PRESCRIZIONI PER LA STAGIONATURA PROTETTA

Per raggiungere le potenziali prestazioni attese dal calcestruzzo, soprattutto nella zona corticale, occorre proteggerlo e stagionarlo accuratamente. La stagionatura e protezione del pavimento deve iniziare appena possibile dopo la fase di lisciatura con frattazzatrice meccanica. La stagionatura consiste nell'evitare una prematura essiccazione provocata soprattutto dall'irraggiamento solare e dal vento.

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;
- il dilavamento per pioggia o ruscellamento dell'acqua;
- il rapido raffreddamento durante i primi giorni dal getto;
- differenze di temperatura superiori ai 20°C tra il centro e la superficie del massetto;
- il congelamento.

La protezione del calcestruzzo, determinante nell'evitare una prematura evaporazione dell'acqua di impasto, 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 pellicole protettive (UNI 8656).

I metodi indicati sono comunque inefficaci quando la temperatura del calcestruzzo fresco è inferiore ai 5 °C.

Fattori importanti nei processi di protezione e stagionatura sono:

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

I metodi e la durata della stagionatura, incluse le relative responsabilità, devono essere prescritti progettualmente.

E' pur vero che la protezione alla stagionatura rappresenta un costo sensibile, ma la drastica riduzione di fenomeni negativi e la conseguente maggior durabilità del pavimento, giustifica ampiamente tale onere.

12.1 DURATA DELLA PROTEZIONE

Nella Tabella 12.1 sono riportati i giorni minimi di stagionatura protetta, raccomandati per le diverse situazioni climatiche al momento del getto. La durata della stagionatura, espressa in giorni dall'ultimazione di ogni singolo getto, è molto più restrittiva di quanto raccomandato dalla norma UNI 9858, perché il pavimento non può

essere paragonato ad una struttura protetta da casseri.

ATTENZIONE: La durata della protezione alla stagionatura, non va confusa con la messa in esercizio della pavimentazione che è invece subordinata al raggiungimento della resistenza meccanica di progetto, salvo diversa prescrizione del progettista.

Tab. 12.1 Durata della protezione in giorni, per ogni lotto di pavimento finito

Sviluppo della resistenza del calcestruzzo												
Temperatura del calcestruzzo in °C	rapido			medio			lento			molto lento		
	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Non esposto ad insolazione diretta; Umidità Relativa > 80%	8	9	10	9	10	11	11	12	13	13	14	15
Insolazione diretta media o vento di media intensità o Umidità relativa ≥50%	12	13	13	14	15	15	14	15	16	15	16	16
Insolazione intensa o vento forte o Umidità Relativa < 50%	14	15	16	16	17	18	16	18	19	18	19	20

Lo sviluppo delle resistenze del calcestruzzo è quello definito dalla UNI EN 206-1.

Tabella 12.2 - Sviluppo della resistenza del calcestruzzo a 20°C (vedere EN 206-1)

Sviluppo della resistenza	Stima del rapporto di resistenze $f_{cm,2} / f_{cm,28}$
rapido	$\geq 0,5$
medio	da $\geq 0,3$ a $< 0,5$
lento	da $\geq 0,15$ a $> 0,3$
molto lento	$< 0,15$

Per caratterizzare lo sviluppo della resistenza viene utilizzato il rapporto tra la resistenza media a compressione a due giorni ($f_{cm,2}$) e quella a 28 giorni ($f_{cm,28}$), determinato in base ai risultati delle prove iniziali o basato sulle prestazioni note di un calcestruzzo avente composizione comparabile. Nel caso di prove iniziali, i provini per la determinazione della resistenza devono essere prelevati, confezionati, stagionati e provati in conformità con le EN 12350-1, EN 12390-1, EN 12390-2 e prN 12390-3:1999.

12.2 PROTEZIONE CONTRO IL GELO

Il periodo di protezione del pavimento può essere calcolato in base al grado di maturità raggiunto dallo strato d'usura superficiale ed al grado d'umidità esistente almeno nei primi 5 cm dell'estradosso. Pertanto si scon-

siglia la realizzazione di piazzali esterni se sono previste gelate notturne nei primi 30 giorni di maturazione, a meno che siano state realizzate pendenze non inferiori all'1,5%, che consentano quindi il rapido deflusso dell'acqua piovana evitando ristagni e siano stati utilizzati additivi aeranti e la superficie sia stata impermeabilizzata.

12.2.1 Precauzioni

Realizzando piazzali esterni in caso di probabili gelate notturne si consiglia l'additivazione del calcestruzzo con specifici additivi acceleranti di indurimento (vedi norme UNI 7109 e UNI EN 934-2), il cui impiego ha lo scopo di accelerare lo sviluppo delle resistenze meccaniche del calcestruzzo indurito nelle brevissime e brevi stagionature.

Però l'indurimento a breve non significa l'eliminazione dell'umidità intrinseca del calcestruzzo che potrebbe comunque gelare se sono previsti abbassamenti delle temperature oltre lo zero termico nei quaranta giorni successivi.

In questo caso il pavimento in calcestruzzo deve essere opportunamente protetto nei confronti dell'aggressione dovuta a gelate notturne, e in particolare se non sono previste pendenze oltre 15 mm/m. Infatti l'acqua piovana potrebbe ristagnare con conseguente rischio di gelare. Il periodo di protezione del pavimento può essere calcolato in base al grado di maturità raggiunto dallo strato d'usura superficiale e al grado d'umidità esistente nei primi 5 cm dall'estradosso.

13. CONTROLLO DELLA 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. Il grado di planarità di una pavimentazione deve essere definito contrattualmente, anche ai fini della scelta del metodo costruttivo.

Il valore massimo consentito di tolleranza sulla planarità per i pavimenti industriali di calcestruzzo è di:

± 5 mm su 2 metri

Tolleranze più restrittive di quelle indicate (superflat), ad esempio per magazzini destinati a stoccaggio con alte scaffalature ed impiego di carrelli elevatori a grande altezza, non sono contemplate dal presente codice e devono essere eventualmente specificate nel progetto.

13.1 METODO DI MISURA

La planarità deve essere verificata utilizzando o il metodo di cui al punto successivo o altri metodi che consentano una precisione uguale o maggiore.

Allo scopo di verificare la corretta esecuzione del pavimento industriale, le tolleranze richieste devono essere verificate entro e non oltre le 72 ore successive al getto e lontano almeno 50 cm dai pozzetti, dagli spiccati in elevazione e dai giunti di costruzione per escludere l'influenza del fenomeno di imbarcamento (curling) tipico dei pavimenti di calcestruzzo.

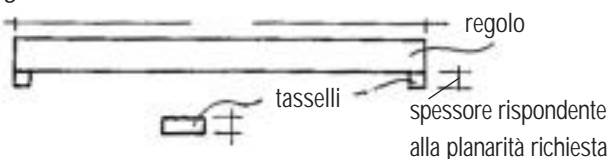
13.1.1 Verifica planarità con regolo

L'attrezzatura è costituita da:

- un regolo dritto e rigido di due metri alle cui estremità sono applicati dei tasselli di legno di sezione 50 x 50 mm, aventi spessore rispondente alla tolleranza concessa;
- un terzo tassello avente le stesse dimensioni.

La procedura è schematizzata nelle figure 13.1.

Fig. 13.1



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



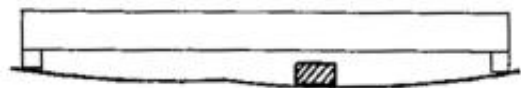
• Caso 3

Il regolo non tocca il pavimento e il tassello passa sotto il regolo: capovolgere il regolo



• Caso 3A

Il tassello non passa: planarità entro tolleranza



• Caso 3B

Il tassello passa: planarità fuori tolleranza



13.2 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.

Nota: Il progettista dovrà indicare il sistema di intervento per il recupero delle zone eventualmente non accettate alla verifica delle condizioni precisate.

14. CONTROLLO DELLA 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 15.

14.1 ORIZZONTALITÀ IN PRESENZA DI PUNTI DI RACCORDO

Un 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 punti di raccordo e quindi in tali casi l'orizzontalità non necessariamente risulta requisito applicabile.

I riferimenti dei piani quotati su pilastri o muri, devono essere marcati con tratti precisi a cura del Committente.

14.2 ORIZZONTALITÀ IN ASSENZA DI PUNTI DI RACCORDO

In assenza di punti di raccordo, ad esempio platee, basamenti ecc., si deve stabilire la quota di riferimento rispetto al caposaldo. Le tolleranze riferite alla quota di riferimento devono essere le seguenti:

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

14.3 VERIFICA DELL'ORIZZONTALITÀ

Il controllo dell'orizzontalità deve essere effettuato con strumenti la cui precisione risulti non inferiore al 10% della tolleranza concessa. Il controllo è effettuato con un sistema di triangolazioni chiuse. Non sono ammesse letture "a ventaglio".

14.4 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.

Nota: Il progettista dovrà indicare il sistema di intervento per il recupero delle zone eventualmente non accettate alla verifica delle condizioni precisate.

15. PENDENZE

Le pendenze per il deflusso delle acque verso i punti di raccolta, vanno espresse in mm/m e devono essere indicate dal progettista.

Quanto previsto nel presente punto è applicabile quando non sia richiesto il soddisfacimento del requisito di orizzontalità di cui al Cap.14.

Per evitare ristagni d'acqua è necessario prevedere pendenze non inferiori a 15 mm/m.

Per rispettare tali pendenze, la quota di colmo deve essere determinata misurando la distanza (L_r) tra il punto più lontano e il punto di raccolta delle acque (fig.15.1).

Il grado di planarità dei pavimenti in pendenza deve essere misurato con il metodo di controllo riportato al Cap.13.1

I punti di raccolta delle acque devono essere realizzati con canaline e con chiusini.

Le canaline di raccolta devono essere posate nel senso longitudinale del pavimento, al centro o per ciascun lato.

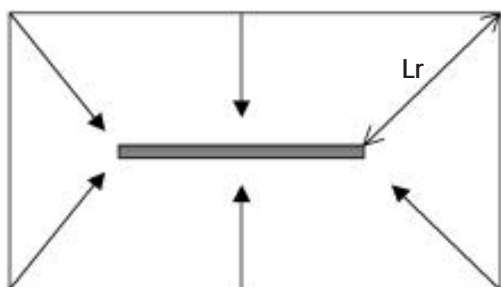


Fig. 15.1 Schema deflusso acque

L_r = distanza determinante la quota di colmo della pendenza minima necessaria (1,5%) per il deflusso delle acque

16. PAVIMENTO FINITO

La presenza dei seguenti particolari, ritenuti apparentemente difetti di esecuzione, deve essere oggetto di esame, in quanto, entro certi limiti, sono connaturati alla attuale tecnologia. L'elenco seguente è quindi un'utile guida per il committente, per valutare in modo oggettivo il risultato finale della pavimentazione.

16.1 ASPETTO E CRITERI DI ACCETTAZIONE

16.1.1 Imbarcamento delle lastre (curling)

Patologia tipica dei pavimenti in calcestruzzo che si manifesta come un incurvamento delle lastre.

Il progettista dovrà indicare le tolleranze concesse al fenomeno al fine di adottare i giusti presidi per ridurre la patologia.

Per i piazzali esterni si può manifestare anche l'inarcamento delle lastre.

Questo fenomeno si manifesta su tutti i pavimenti di calcestruzzo ed è una conseguenza in prevalenza dovuta all'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.



16.1.2 Fessure dagli spiccati in elevazione

Da tutti gli spiccati in elevazione quali spigoli di muri, pilastri, chiusini, basamenti ecc., si manifestano tensioni da trazione superiori a quelle intrinseche del calcestruzzo. Il progettista e il committente dovranno indicare l'ampiezza concessa a tali fessure, indicando inoltre i presidi prescelti da adottare per limitarne il manifestarsi.

16.1.3 Sbrecciatura dei bordi dei giunti

Nei giunti di costruzione si manifesta il così detto "effetto parete" per cui gli aggregati sono avvolti in modo insufficiente da matrice cementizia con la conseguenza che i bordi di detti giunti sono soggetti a "sbrecciamento".

Sovente la causa dello sbrecciamento è anche abbinata all'imbarcamento della piastra.

Il progettista dovrà indicare i presidi da adottare per migliorare la durata nel tempo dei bordi dei giunti di costruzione.

16.1.4 Microcavillature a ragnatela

Tutte le strutture a base cementizia e quindi anche le pavimentazioni, presentano microcavillature a ragnatela. La patologia è maggiormente evidente su superficie bagnata, levigata, o impregnata, esposta alle correnti d'aria e alla ventilazione forzata di aria calda. Le microcavillature a ragnatela non pregiudicano nel tempo la durabilità del pavimento.

16.1.5 Efflorescenze

Fenomeno esteticamente sgradevole, ma inscindibile dalle caratteristiche del calcestruzzo. Le efflorescenze si manifestano in presenza di umidità, perché è proprio la pasta cementizia, ricca in acqua e in forze capillari che rende attivo il fenomeno. Le efflorescenze non pregiudicano la durabilità del pavimento.

16.1.6 Finitura

Il grado di finitura di un pavimento di calcestruzzo viene definito del tipo industriale "a frattazzo meccanico". Lungo i muri, basamenti, pilastri ed altri spiccati in elevazione e zone non raggiungibili da tale attrezzatura, la finitura sarà del tipo manuale, e quindi diversa per gradazione cromatica e di diversa tessitura superficiale.

16.1.7 Differenze cromatiche

Il calcestruzzo non è un materiale omogeneo. La differenza cromatica è concessa in quanto dipende da una serie imprevedibile di cause: dai granuli di cemento completamente idratati ai passaggi di frattazzatrice, dalla segregazione degli aggregati all'affioramento dell'acqua in eccesso, dalla situazione climatica al grado di umidità della superficie.

16.1.8 Planarità

Vedi 13.2

16.1.9 Orizzontalità

Vedi 14.4

16.2 CONTROLLI

Le prove sul pavimento finito si possono fare prelevando una parte per esaminarne il materiale eventualmente coinvolgendo un laboratorio autorizzato (prove distruttive), o scelto fra le parti, oppure realizzando in situ le prove senza eseguire prelievi (prove non distruttive)

16.2.1 Prove distruttive

Al fine di valutare la qualità del calcestruzzo impiegato e la bontà di esecuzione della pavimentazione sarà possibile effettuare (oltre ai controlli di accettazione obbligatori da effettuarsi sul conglomerato all'atto della consegna da parte del produttore) dei prelievi sulla pavimentazione già realizzata.

Suddetti prelievi potranno essere finalizzati ad una valutazione dello spessore del pavimento, ad una verifica dell'esatto posizionamento dell'armatura, ad un controllo della profondità dei tagli per l'esecuzione dei giunti di contrazione. I prelievi, inoltre, potranno evidenziare eventuali carenze nella qualità e/o nella messa in opera del calcestruzzo attraverso la presenza di zone inferiori del prelievo ricche di aggregati e zone superiori con eccesso di pasta di cemento.

I prelievi potranno essere utilizzati per la valutazione della resistenza a compressione e della massa volumica del conglomerato in opera. Come meglio verrà specificato nel seguito suddetti valori non possono essere "confusi" con quelli ottenuti sui cubetti prelevati al momento della posa in opera del conglomerato.

Tuttavia se si dispone dei valori di resistenza meccanica (e di massa volumica) sia dei cubetti che quelli ottenuti sulle carote, si potrà ottenere attendibili indicazioni sia sulla qualità del calcestruzzo che sulla bontà di esecuzione dell'opera.

Nella eventualità che si volesse procedere ad una verifica statica della piastra di pavimentazione sulla base dei valori R_c ottenuti sulle carote prelevate dalla pavimentazione in opera si potranno correggere opportunamente i valori ottenuti per rapportarli a quelli ottenibili con lo stesso calcestruzzo su provini cubici.

16.2.2 Verifica della resistenza caratteristica del calcestruzzo mediante carotaggio.

Questa verifica non costituisce metodo alternativo a quello previsto dalle norme di legge per la determinazione della R_{ck} come meglio verrà specificato nel seguito.

I decreti applicativi della legge 1086/71 non consentono di controllare o confrontare la resistenza caratteristica del calcestruzzo (R_{ck}) richiesta all'atto della stipula contrattuale, prelevando provini dalla struttura indurita.

Infatti i decreti applicativi prescrivono che le prove di verifica della qualità del calcestruzzo devono essere determinate prelevando campioni al momento della consegna del calcestruzzo, in numero sufficientemente rappresentativo per i lotti di calcestruzzo. I prelievi devono avvenire secondo la procedura stabilita dall'Allegato 2 al D.M. 1086 (al momento della stampa del presente documento il D.M. del 09.01.96) e dalle norme UNI da esso richiamate anche relativamente alla stagionatura (28 giorni a temperatura di $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e con umidità relativa $>$ del 90%). E' obbligo di legge e responsabilità della Direzione Lavori eseguire i prelievi al momento del getto.

Dunque i risultati di resistenza a compressione ottenuti da carotaggi del pavimento, non sono confrontabili con la R_{ck} del calcestruzzo in quanto i valori di resistenza del calcestruzzo delle carote risentono delle operazioni di getto, di compattazione, di stagionatura e di prelievo.

16.2.3 Verifica della resistenza all'usura

Volendo conoscere i valori di resistenza all'usura di un pavimento, si dispone di due metodi. In entrambi i casi la prova viene realizzata su due provini i cui risultati vengono mediati, il che non può ritenersi significativo per l'ampia superficie a cui si riferiscono. Generalmente si utilizzano campioni prelevati a mezzo carotatura purché non provenienti da zona attigua ad aperture (portoni, finestre ecc.) pilastri, muri, chiusini.

In coerenza con la norma UNI 9858 il presente Codice raccomanda che:

- per calcestruzzo esposto a severe condizioni di abrasione la classe di resistenza del calcestruzzo sia C30/37, e il periodo di stagionatura debba essere sostanzialmente prolungato;
- la resistenza all'abrasione deve essere determinata mediante prove preconcordate. Ovvero si rende necessario in contratto stabilire a quali prove verrà sottoposto lo strato d'usura.

Non esistendo normative recenti, resta valido il Regio Decreto del 16.11.1939, pubblicato sulla G.U. n° 92 del 18 Aprile 1940. Il decreto descrive le prove ritenute valide per i materiali per pavimentazioni ed in particolare descrive le prove all'usura sui materiali a base cementizia.

16.2.4 Prova per attrito radente

In Italia si esegue con il tribometro, facendo percorrere ad una mola abrasiva con pressione costante di $0,3 \text{ kg/cm}^2$, un percorso di 1000 metri. Ricordiamo al lettore la dimostrata inaffidabilità dei risultati di tali prove e di

consultare i valori limite di alcuni materiali riportati nel R.D del 16 11. 1939. Il presente Codice raccomanda, in accordo al R.D, che il percorso debba limitarsi allo strato d'usura e non proseguire anche sul calcestruzzo di supporto. I valori ottenuti comunque con questo metodo non sono affidabili per le molte variabili annesse alla taratura dello strumento ed alla eterogeneità dello strato d'usura.

16.2.5 Prova al getto di sabbia

Consiste nel proiettare sui campioni un getto di sabbia a due atmosfere facendoli ruotare per due minuti, oppure proiettando 50 g di sabbia per ogni cm² di superficie. L'aspetto della superficie colpita, nella quale vengono messe in evidenza le irregolarità e le differenze di resistenza dei diversi elementi del materiale, e la sua perdita di peso, sono elementi di giudizio per l'accettabilità del materiale.

16.2.6 Spessore dello strato d'usura

Prelevando una carota si ha la tendenza di voler misurare lo spessore dello strato d'usura invogliati dal fatto che la differenza di colore tra calcestruzzo e materiale riportato per lo strato d'usura sembra netta ed evidente. Cioè visivamente si ha l'impressione di poter distinguere lo spessore dello strato d'usura dal calcestruzzo, ma ciò non corrisponde alla realtà.

Osservando al microscopio la variazione cromatica della sezione avremo un andamento cromatico che tende allo scuro man mano che ci si avvicina alla superficie. Ciò è dovuto all'attrito esercitato dalle palette d'acciaio della frattazatrice meccanica, che tendono a surriscaldare lo strato corticale del cemento, favorendo l'evaporazione e anticipando così l'idratazione.

16.2.7 Spessore del pavimento

Viene generalmente misurato in concomitanza del prelievo di carote. La misura può essere ritenuta valida, ma si consideri che le soglie di portoni e di locali attigui sono vincolanti per la quota del piano finito.

16.2.8 Contenuto di cemento

La prova non è attendibile e non consigliata per eventuali contenziosi.

Il contenuto di cemento in un calcestruzzo indurito non è quantificabile perché non si dispone dei campioni originali dei materiali costituenti la miscela.

Per la verifica del quantitativo di cemento sono necessari 10 kg di aggregati, 10 kg di sabbia, 10 kg di cemento da prelevarsi direttamente all'impianto, e devono appartenere allo stesso lotto di fornitura del calcestruzzo posato in opera.

16.2.9 Prove non distruttive

Non sempre è necessario prelevare una parte del pavimento, per ottenere indicazioni sulla qualità. Le prove possibili attualmente fattibili sono:

16.2.10 Prove con gli ultrasuoni

Rilevano fessure e rotture nello spessore della piastra, nonché eterogeneità e difetti non visibili. Raramente però si ricorre a questa tecnica di ricerca anche perché, come ben si sa, il calcestruzzo è un materiale eterogeneo dalle molte variabili, e il controllo eseguito con questa prova presenta limitazioni analoghe allo sclerometro, e può essere usato per esaminare la qualità dei materiali purché si disponga di valori comparativi.

16.2.11 Prove per l'identificazione delle armature

Con il pachometro è possibile rilevare lo spessore di copriferro. Molte fessure sono dovute alle sovrapposizioni della rete elettrosaldata completamente ignorate dai progettisti che prescrivono ad esempio una rete elettrosaldata filo 8 mm quando lo spessore del pavimento è di soli 8 cm (ciò significa che ogni foglio misura 16 mm di spessore, e agli angoli di ciascun foglio troviamo ben 4 fogli di rete tra loro sovrapposti, per cui teoricamente il copriferro dovrebbe essere di 16 mm, non considerando che i fogli di rete non sono mai piani ma inarcati e "rubano" spessore al copriferro).

Le vibrazioni causate dal transito dei carrelli si ripercuotono sull'armatura "troppo alta", innescando fessurazioni in corrispondenza dei tondini. A questo proposito ricordiamo che l'aderenza dell'acciaio alla matrice è subordinata alla R_{ck} .

Lo strumento può essere utilizzato anche per localizzare i punti più idonei per il carotaggio evitando l'armatura.

16.2.12 Monitoraggio delle fessure

Consiste nel rilevare, nel tempo, l'andamento delle fessure, in modo particolare se l'aria dell'ambiente è particolarmente secca e circola velocemente come potrebbe essere nei locali caldaie e con il cambio di stagione.

Ovvero per verificare se le fessure manifestatesi sul pavimento dipendono da movimenti delle strutture o da variazioni termo-igrometriche dell'ambiente.

Per la misura dell'ampiezza delle fessure si può utilizzare una lente d'ingrandimento opportunamente quotata. Con i fessurimetri se ne misura la variazione lineare nel tempo.

Con un estensimetro-deformometro si possono misurare, memorizzandole, le deformazioni lineari anche nell'ordine del micron.

16.2.13 Riscontro dei movimenti verticali

Ponendo i piedi a cavallo di un giunto e su ciascuna piastra, si faccia transitare un carrello (anche vuoto). Si avrà la netta percezione del movimento verticale su quel giunto e per le due lastre.

Più scientificamente i movimenti si possono rilevare con un livello laser. Comunque non esiste giunto sbrecciato senza movimenti verticali delle lastre. Chi consiglia di realizzare il cosiddetto travetto a ridosso di due lastre senza prima aver eliminato i movimenti verticali, commette un errore tecnico.

16.2.14 Riscontro dei vuoti tra massicciata e pavimento

La tecnica di localizzazione e quantificazione delle cavità al di sotto dei pavimenti in calcestruzzo è resa possibile da una tecnica geofisica denominata Ground Probing Radar (GPR) in italiano Georadar.

Lo strumento consente di rilevare la presenza di cavità misurando la riflessione di onde elettromagnetiche.

Con rapidità e senza interrompere l'attività svolta nell'ambiente, si produce una mappa dei vuoti con una valutazione dello spessore e dunque del volume.

Si tracciano delle linee rette sul pavimento, lungo le quali, a velocità costante, si trascina il Georadar.

Un sistema computerizzato restituisce immediatamente il rilievo altimetrico della linea con marcati gli intervalli di misura prestabiliti.

L'impiego del georadar consente inoltre di poter valutare la natura e la struttura del sottofondo con precisione e senza distruggere parte del pavimento.

16.2.15 Prove sclerometriche

L'uso dello sclerometro è molto pratico e semplice nel prelievo dei valori, soprattutto in considerazione del fatto che è una prova non distruttiva. I risultati ottenibili hanno però un significato limitato e debbono essere valutati con cautela, in quanto con lo sclerometro si valuta la durezza superficiale del pavimento in quel dato punto, piuttosto che la resistenza meccanica del calcestruzzo indurito.

Nota: lo stato di usura influenza i valori di rimbalzo dello sclerometro, e quindi deve essere rimosso prima di effettuare la prova sclerometrica sul calcestruzzo sottostante.

AVVERTENZE

Le indicazioni e le prescrizioni riportate nel presente Codice di Buona Pratica, pur corrispondendo alla nostra migliore esperienza, sono da ritenersi in ogni caso puramente indicative e dovranno essere confermate da esaurienti prove pratiche; pertanto, prima di adoperare il sistema, chi intende farne uso è tenuto a stabilire se esso sia o meno adatto all'impiego previsto, e comunque assume ogni responsabilità che possa derivare dal suo uso.

NORME DI RIFERIMENTO PER PAVIMENTI DI CALCESTRUZZO

Nota: durante la stampa del presente documento il gruppo di lavoro dell'UNI ha concluso il progetto di norma n° U32.04.514.0, relativo a "Pavimenti di calcestruzzo ad uso industriale": consigliamo pertanto il lettore di informarsi presso UNI per conoscere l'eventuale disponibilità della nuova norma.

DEFINIZIONI DELLE NORME

UNI

Le norme il cui numero distintivo non è integrato da alcuna sigla particolare oltre "UNI"; sono quelle elaborate direttamente dagli Organi Tecnici dell'UNI o dai suoi Enti Federati.

UNI ISO

Versione italiana delle norme internazionali ISO, oppure la loro adozione nella lingua originale.

UNI EN

Norme elaborate dal Comitato Europeo di Normazione (CEN). Si diversificano in:

UNI EN

Norme obbligatoriamente recepite nei paesi comunitari, in quanto accettate come tali da una maggioranza qualificata di membri votanti; vengono tradotte in lingua italiana oppure adottate integralmente in una delle lingue ufficiali del CEN (inglese, francese e tedesco). Non con-

sentono la presenza a livello nazionale di norme che non siano in armonia col loro contenuto.

UNI EN ISO

Versione ufficiale delle norme europee EN che recepiscono, senza varianti, il testo delle omonime norme internazionali ISO. Possono essere tradotte in lingua italiana o adottate nella versione in lingua originale.

UNI ENV

Norme di natura "sperimentale" pubblicate nei casi di urgenza.

prEN

Progetto di norma; il testo è in elaborazione dall'apposito gruppo di lavoro. (EN non ancora pubblicate da UNI / pr= provvisorie)

CNR UNI

Norme conformi a quelle pubblicate dal Consiglio Nazionale delle Ricerche sul proprio Bollettino "Norme Tecniche".

Norme di riferimento

1. Pavimentazioni

UNI 7998

Edilizia - Pavimentazioni - Terminologia

UNI 7999

Edilizia - Pavimentazioni - Analisi dei requisiti

UNI 10329

Posa dei rivestimenti di pavimentazione - Misurazione del contenuto di umidità negli strati di supporto cementizi o simili

2. Additivi

UNI 7109

Additivi per impasti cementizi - Additivi antigelo - Idoneità e relativi metodi di controllo

UNI 7110

Additivi per impasti cementizi - Determinazione della solubilità in acqua distillata ed in acqua satura di calce

UNI 7112

Additivi per impasti cementizi - Determinazione delle sostanze zuccherine riducenti

UNI

Norme il cui numero distintivo non è integrato da alcuna sigla particolare oltre "UNI"; sono elaborate direttamente dagli Organi Tecnici dell'UNI o dai suoi Enti Federati

UNI 7114

Additivi per impasti cementizi - Determinazione del potere schiumogeno degli additivi aeranti e fluidificanti-aeranti

UNI 7115

Additivi per impasti cementizi - Determinazione della densità degli additivi liquidi o in soluzione

UNI 7116

Additivi per impasti cementizi - Determinazione dell'alcalinità totale

UNI 7117

Additivi per impasti cementizi - Determinazione della tensione superficiale di soluzioni contenenti additivi

UNI 7118

Additivi per impasti cementizi - Determinazione della concentrazione idrogenionica (pH) di soluzioni contenenti additivi

UNI 7120

Additivi per impasti cementizi - Determinazione dei tempi di inizio e di fine presa dalle paste cementizie e contenenti additivi antigelo

UNI 10765

Additivi per impasti cementizi - Additivi multifunzionali per calcestruzzo - Definizioni, requisiti e criteri di conformità

UNI EN 480-1

Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Metodi di prova - Calcestruzzo e malta di riferimento per le prove

UNI EN 480-2

Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Metodi di prova - Determinazione del tempo di presa

UNI EN 480-4

Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Metodi di prova - Determinazione della quantità di acqua essudata del calcestruzzo

UNI EN 480-5

Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Metodi di prova - Determinazione dell'assorbimento capillare

prEN 480-13

Admixtures for concrete, mortar and grout - Test methods - Reference masonry mortar for testing mortar admixtures

prEN 480-14

Admixtures for concrete, mortar and grout - Test methods - Potentiostatic electrochemical test for the measurement of corrosion susceptibility of steel

UNI EN 480-6

Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Metodi di prova - Analisi all'infrarosso

UNI EN 480-8

Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Metodi di prova - Determinazione del tenore di sostanza secca convenzionale

UNI EN 480-10

Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Metodi di prova - Determinazione del tenore di cloruri solubili in acqua

UNI EN 480-11

Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Metodi di prova - Determinazione delle caratteristiche dei vuoti di aria nel calcestruzzo indurito

UNI EN 480-12

Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Metodi di prova - Determinazione del contenuto di alcali negli additivi

UNI EN 934- 2

Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Additivi per calcestruzzo-Definizioni e requisiti

3. Aggregati

UNI 8520-1

Aggregati per confezione di calcestruzzi - Definizione, classificazione e caratteristiche

UNI 8520-2

Aggregati per confezione di calcestruzzi - Requisiti

UNI 8520-7

Aggregati per confezione di calcestruzzi - Determinazione del passante allo staccio 0,075 UNI 2332

UNI 8520-8

Aggregati per confezione di calcestruzzi - Determinazione del contenuto di grumi di argilla e particelle friabili

UNI

Norme il cui numero distintivo non è integrato da alcuna sigla particolare oltre "UNI"; sono elaborate direttamente dagli Organi Tecnici dell'UNI o dai suoi Enti Federati

UNI EN

Norme elaborate dal Comitato Europeo di Normazione (CEN)

prEN

Progetto di norma; il testo è in elaborazione dall'apposito gruppo di lavoro

UNI 8520-13

Aggregati per confezione di calcestruzzi - Determinazione della massa volumica e dell'assorbimento degli aggregati fini

UNI 8520-16

Aggregati per confezione di calcestruzzi - Determinazione della massa volumica e dell'assorbimento degli aggregati grossi (metodi della pesata idrostatica e del cilindro)

UNI 8520-17

Aggregati per confezione di calcestruzzi - Determinazione della resistenza a compressione degli aggregati grossi

UNI 8520-21

Aggregati per confezione di calcestruzzi - Confronto in calcestruzzo con aggregati di caratteristiche note

UNI 8520-22

Aggregati per confezione di calcestruzzi - Determinazione della potenziale reattività degli aggregati in presenza di alcali

UNI EN 1367-1

Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati - Determinazione della resistenza al gelo e disgelo

PrEN 12620- 2000

Aggregates of concrete

prEN 1097- 6

Test for mechanical and physical properties of aggregates - Determination of particle density and water absorption

4. Aggiunte**prEN 450**

Fly ash for concrete - Definitions, requirements and quality control

prEN 13263

Silica fume for concrete – Definitions, requirements and conformity control

4.1 Agenti espansivi**UNI 8146**

Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi - Idoneità e relativi metodi di controllo

UNI 8147

Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi - Determinazione dell'espansione contrastata della malta contenente l'agente espansivo

UNI 8148

Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi - Determinazione dell'espansione contrastata del calcestruzzo contenente l'agente espansivo

UNI 8149

Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi - Determinazione della massa volumica

4.2 Prodotti ausiliari a base di polimeri organici**UNI 9527**

Prodotti ausiliari per impasti cementizi a base di polimeri organici - Definizione e classificazione

UNI 9528

Prodotti ausiliari per impasti cementizi a base di polimeri organici - Metodi di controllo

UNI 9529

Prodotti ausiliari per impasti cementizi a base di polimeri organici - Determinazione della perdita di massa a 105 °C dei prodotti in polvere

UNI 9530

Prodotti ausiliari per impasti cementizi a base di polimeri organici - Determinazione del numero di saponificazione dei polimeri organici in dispersione acquosa o ridispersibili in polvere

UNI 9531

Prodotti ausiliari per impasti cementizi a base di polimeri organici - Determinazione del residuo su tela 0,040 UNI 2331 delle emulsioni e delle dispersioni

UNI 9532

Prodotti ausiliari per impasti cementizi a base di polimeri organici - Determinazione della resistenza allo strappo dei provini composti

UNI 9533

Prodotti ausiliari per impasti cementizi a base di polimeri organici - Determinazione della profondità della penetrazione d'acqua sotto pressione

UNI

Norme il cui numero distintivo non è integrato da alcuna sigla particolare oltre "UNI"; sono elaborate direttamente dagli Organi Tecnici dell'UNI o dai suoi Enti Federati

prEN

Progetto di norma; il testo è in elaborazione dall' apposito gruppo di lavoro

5. Calcestruzzo

D.M. 1086/71 - 9 gennaio 1996

“Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche”

UNI 10766

Calcestruzzo indurito - Prove di compressione su provini ricavati da microcarote per la stima delle resistenze cubiche locali del calcestruzzo in sito

UNI EN 206-1

Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità

PrEN 12390 – E07.04.113.0**PrEN 13670**

6. Prodotti filmogeni

6.1 Protettivi

UNI 8656

Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione - Classificazione e requisiti

UNI 8657

Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione - Determinazione della ritenzione d'acqua

UNI 8658

Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione - Determinazione del tempo di essiccamento

UNI 8659

Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione - Determinazione del fattore di riflessione dei prodotti filmogeni pigmentati di bianco

UNI 8660

Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione - Determinazione dell'influenza esercitata dai prodotti filmogeni sulla resistenza all'abrasione del calcestruzzo

6.2 Disarmanti

UNI 8866-1

Prodotti disarmanti per calcestruzzi - Definizione e classificazione

UNI 8866-2

Prodotti disarmanti per calcestruzzi - Prova dell'effetto disarmante, alle temperature di 20 e 80 °C, su superficie di acciaio o di legno trattato

7. Barre reti fibre di acciaio

UNI ENV 10080

Acciaio per cemento armato - Armature per cemento armato saldabili nervate B500 - Condizioni tecniche di fornitura per barre, rotoli e reti saldate

8. Materiali per strato di usura

prEN 13813

Screed materials and floor screeds - Screed materials - Properties and requirements

9. Sigillanti e boiacche

9.1 Sigillanti siliconici

UNI 9610

Edilizia - Sigillanti siliconici monocomponenti per giunti - Requisiti e prove

UNI 9611

Edilizia - Sigillanti siliconici monocomponenti per giunti - Confezionamento

prEN 13888

Grouts for tiles - Definitions and specifications

9.2 Boiacche

UNI EN 447

Malta per cavi di precompressione - Prescrizioni per malta comune

UNI Norme il cui numero distintivo non è integrato da alcuna sigla particolare oltre "UNI"; sono elaborate direttamente dagli Organi Tecnici dell'UNI o dai suoi Enti Federati

UNI EN Norme elaborate dal Comitato Europeo di Normazione (CEN)

prEN Progetto di norma; il testo è in elaborazione dall'apposito gruppo di lavoro

UNI ENV Norme di natura "sperimentale" pubblicate nei casi di urgenza

10. Membrane per impermeabilizzazioni

10.1 Per strato di tenuta

UNI 8629-1

Membrane per impermeabilizzazione di coperture - Caratteristiche prestazionali e loro significatività

UNI 8629-2

Membrane per impermeabilizzazione di coperture - Limiti di accettazione dei tipi BPP per elemento di tenuta

UNI 8629-3

Membrane per impermeabilizzazione di coperture - Limiti di accettazione dei tipi BPE per elemento di tenuta

UNI 8629-4

Membrane per impermeabilizzazione di coperture - Limiti di accettazione per tipi EPDM e IIR per elementi di tenuta

UNI 8629-5

Membrane per l'impermeabilizzazione di coperture - Limiti di accettazione dei tipi BPP (con autoprotezione metallica) per elemento di tenuta

UNI 8629-6

Membrane per impermeabilizzazione di coperture - Limiti di accettazione dei tipi a base di PVC plastificato per elementi di tenuta

UNI 8629-7

Membrane per impermeabilizzazione di coperture - Limiti di accettazione dei tipi BOF (con autoprotezione metallica) per elemento di tenuta

UNI 8629-8

Membrane per impermeabilizzazione di coperture - Limiti di accettazione dei tipi BOF per elemento di UNI 8818

Membrane per impermeabilizzazione - Classificazione descrittiva del prodotto

UNI 8898-1

Membrane polimeriche per opere di impermeabilizzazione - Terminologia, classificazione e significatività delle caratteristiche

UNI 8898-2

Membrane polimeriche per opere di impermeabilizza-

zione - Membrane elastomeriche senza armatura - Caratteristiche e limiti di accettazione

UNI 8898-3

Membrane polimeriche per opere di impermeabilizzazione - Membrane elastomeriche dotate di armatura - Caratteristiche e limiti di accettazione

UNI 8898-4

Membrane polimeriche per opere di impermeabilizzazione - Membrane plastomeriche flessibili senza armatura - Caratteristiche e limiti di accettazione

UNI 8898-5

Membrane polimeriche per opere di impermeabilizzazione - Membrane plastomeriche flessibili dotate di armatura - Caratteristiche e limiti di accettazione

UNI 8898-6

Membrane polimeriche per opere di impermeabilizzazione - Membrane plastomeriche rigide Caratteristiche e limiti di accettazione

UNI 8898-7

Membrane polimeriche per opere di impermeabilizzazione - elastomeriche a reticolazione posticipata dotate di armatura - Caratteristiche e limiti di accettazione

prEN 13707

Flexible sheets for waterproofing - Reinforced bitumen sheets for roof waterproofing - Definitions and characteristics

prEN 13859-2

Flexible sheets for waterproofing - Definitions and characteristics of underlays - Underlays for walls

prEN 13956

Flexible sheets for waterproofing - Plastic and rubber sheets for roof waterproofing - Definitions and characteristics

10.2 Per altri strati

UNI 9168-1

Membrane complementari per impermeabilizzazione - Limiti di accettazione dei tipi con armatura carta-feltro o vetro velo

UNI 9168-2

Membrane complementari per impermeabilizzazione - Limiti di accettazione dei tipi BOE

UNI

Norme il cui numero distintivo non è integrato da alcuna sigla particolare oltre "UNI"; sono elaborate direttamente dagli Organi Tecnici dell'UNI o dai suoi Enti Federati

prEN

Progetto di norma; il testo è in elaborazione dall' apposito gruppo di lavoro

UNI 9380-1

Membrane per impermeabilizzazione di coperture - Limiti di accettazione dei tipi BPP per strato di barriera e/o schermo al vapore

UNI 9380-2

Membrane per impermeabilizzazione di coperture - Limiti di accettazione dei tipi BOF per strato di barriera e/o schermo al vapore

prEN 13967

Flexible sheets for waterproofing - Plastic and rubber damp proof membranes - Definitions and characteristics

prEN 13968

Flexible sheets for waterproofing - Geomembranes - Definitions and characteristics

prEN 13969

Flexible sheets for waterproofing - Bitumen damp proof membranes - Definitions and characteristics

prEN 13970

Flexible sheets for waterproofing - Bitumen water vapour control layers - Definitions and characteristics

prEN 13984

Flexible sheets for waterproofing - Plastic and rubber vapour control layers - Definitions and characteristics

11. Cementi

D.M. 12 luglio 1999 n° 314

(G.U. n. 214 del D.M. 12 luglio 1999 n° 314 (G.U. n. 214 del settembre 1999))

UNI 9156

Cementi resistenti ai solfati - Classificazioni e composizione

UNI 9606

Cementi resistenti al dilavamento della calce - Classificazione e composizione

UNI EN 197-1

Cemento - Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni

UNI EN 197-2

Cemento - Valutazione della conformità

12. Riferimenti normativi per rilevati (massciata di sottofondo)

CNR UNI 10006

Costruzione e manutenzione delle strade - Tecnica di impiego delle terre

CNR UNI 10014

Prove sulle terre - Determinazione dei limiti di consistenza (o di Atterberg) di una terra

C.N.R. N. 92**C.N.R. N. 146****S.N.V. N. 70317****C.N.R. 22 1972**

Nota: La verifica delle norme UNI esistenti si può ricavare dal sito internet www.uni.com, alla Sezione "Catalogo"

UNI

Norme il cui numero distintivo non è integrato da alcuna sigla particolare oltre "UNI"; sono elaborate direttamente dagli Organi Tecnici dell'UNI o dai suoi Enti Federati

UNI EN

Norme elaborate dal Comitato Europeo di Normazione (CEN)

prEN

Progetto di norma; il testo è in elaborazione dall'apposito gruppo di lavoro

CNR UNI

Norme conformi a quelle pubblicate dal Consiglio Nazionale delle Ricerche sul proprio Bollettino "Norme Tecniche"

SISTEMA INTERNAZIONALE DI UNITÀ (SI)

Prospetto I

Nel prospetto I sono indicate le unità SI fondamentali, supplementari e relative unità.

Grandezza	Nome	Simbolo	Definizione
Fondamentali			
lunghezza	metro	m	Lunghezza uguale a 1 650 763,73 lunghezze d'onda, nel vuoto, della radiazione corrispondente alla transizione fra i livelli 2p10 e 5d5 dell'atomo di cripto 86. In Italia il metro è attuato mediante il campione dell'istituto di Metrologia Gustavo Colonnetti del CNR, a Torino.
massa	kilogrammo *	kg	Massa del prototipo internazionale conservato al Pavillon de Breteuil (Sèvres). In Italia il campione del kilogrammo è conservato presso il Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato (Servizio Metrico), a Roma.
tempo	secondo	s	Intervallo di tempo che contiene 9 192 631 770 periodi della radiazione corrispondente alla transizione fra i due livelli iperfini dello stato fondamentale dell'atomo di cesio 133. In Italia il secondo è attuato mediante il campione dell'istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris, a Torino.
corrente elettrica**	ampere	A	Intensità di corrente elettrica che, mantenuta costante in due conduttori rettilinei, paralleli, di lunghezza infinita, di sezione circolare trascurabile e posti alla distanza di 1 m l'uno dall'altro nel vuoto, produce tra i due conduttori la forza di 2×10^{-7} N su ogni metro di lunghezza. In Italia l'ampere è attuato mediante il campione dell'Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris, a Torino.
temperatura termodinamica	Kelvin	K	Frazione $1/273,16$ della temperatura termodinamica del punto triplo dell'acqua. In Italia la scala termodinamica delle temperature è attuata mediante campioni dell'Istituto di Metrologia Gustavo Colonnetti del CNR, a Torino
intensità luminosa	candela	cd	Intensità luminosa di una superficie con area di $1/600.000$ m ² del corpo nero alla temperatura di solidificazione del platino, emessa nella direzione perpendicolare alla superficie stessa, alla pressione di 101 325 Pa. In Italia la candela è attuata mediante il campione dell'Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris, a Torino.
quantità di sostanza	mole	mol	Quantità di sostanza di un sistema che contiene tante entità elementari quanti sono gli atomi in 0,012 kg di carbonio 12. Le entità elementari devono essere specificate e possono essere atomi, molecole, ioni, elettroni, ecc. ovvero gruppi specificati di tali particelle.

Supplementari

angolo piano	radiante	rad	Angolo piano al centro che su una circonferenza intercetta un arco di lunghezza uguale a quella del raggio.
angolo solido	steradiano	sr	Angolo solido al centro che su una sfera intercetta una calotta di area uguale a quella del quadrato il cui lato ha la lunghezza del raggio.

* Per evitare i possibili equivoci derivanti dall'assegnare all'unità SI di massa il nome di un multiplo di una precedente unità di peso, divenuta poi unità di massa, la Commissione Italiana di Metrologia del CNR nel 1954 aveva proposto il nome *bes* (simbolo *b*).

I motivi che hanno determinato tale proposta, sebbene non accettata in sede internazionale, restano tuttora validi.

** La locuzione completa è intensità di corrente elettrica.

Prospetto II

Grandezze derivate e relative unità.

Grandezza	Nome	Simbolo	Definizione e relazione con le unità SI fondamentali, supplementari o derivate
frequenza	Hertz	Hz	Frequenza di un fenomeno periodico il cui periodo è 1 s, 1 Hz = 1 s ⁻¹
forza	Newton	N	Forza che imprime a un corpo con massa di 1 kg l'accelerazione di m/s ² . 1 N = 1 kg*m/s ² .
pressione tensione	Pascal	Pa	Pressione esercitata dalla forza di 1 N applicata perpendicolarmente ad una superficie con area di 1 m ² . 1 Pa = 1 N/m ²
lavoro energia quantità di calore	Joule	J	Lavoro compiuto dalla forza di 1 N quando il suo punto di applicazione si sposta di 1 m nella direzione e nel verso della forza stessa. 1 J = 1 N * m

Grandezza	Unità SI	Multipli e sottomultipli più comuni	Unità non SI ammesse	Unità non SI transitoriamente tollerate
massa volumica *	kg/m ³	Mg/m ³ , kg/dm ³ , g/cm ³ , g/dm ³	t/m ³ - 1 t/m ³ = 103 kg/m ³ g/l - 1 g/l = 1 kg/m ³	
portata in massa	kg/s	dm ³ /s	l/s - 1 l/s = 1 dm ³ /s	
portata in volume	m ³ /s			
quantità di moto	kg*m/s			
momento della quantità di moto	kg*m ² /s	kg*mm ²		
momento d'inerzia; momento quadratico di massa	kg* m ²			
forza** peso (forza peso)	N (newton)	MN, kN, mN, μN		
momento di una forza	N*m	MN *m, kN*m, mN*m, N*mm, μN *m		
Pressione tensione ***	Pa, N/ m ² (pascal)	GPa, GN/m ² MPa, MN/ m ² , N/ mm ² • kPa, kN/m ² mPa, mN/m ² μPa, μN/m ²	bar ** 1 bar = 10 ⁵ Pa mbar 1 mbar = 10 ² Pa	atmosfera normale, atm 1 atm = 101 325 Pa atmosfera tecnica, at 1 at = 98066,5 Pa millimetro d'acqua convenzionale, mmH ₂ O 1 mmH ₂ O = 9,80665 Pa millimetro di mercurio convenzionale, mmHg 1 mmHg = 133,322 Pa torr, 1 torr = 133,322 Pa
viscosità dinamica	Pa*s, N*s/m ²	mPa*s, mN *s/m ²		centipoise, cP 1 cP = 10 ⁻³ Pa*s
viscosità cinematica	m ² /s	cm ² /s, mm ² /s		centistokes, cSt 1 cSt = 10 ⁻⁶ m ² /s
tensione superficiale	N/m	mN/m		

* Il nome massa specifica deve essere abbandonato. Per il nome densità, vedere chiarimenti e note.

** L'unità kilogrammo forza (simbolo kgf), detta anche kilopond (simbolo kp), deve essere definitivamente abbandonata. 1 kgf = 9,80665 N.

*** Si consiglia l'uso del pascal e dei suoi multipli per la pressione, mentre per la tensione si possono usare sia il pascal sia il newton al metro quadrato e i loro multipli e sottomultipli.

• Per esprimere le grandezze che definiscono caratteristiche di resistenza dei materiali, è consigliato l'uso dell'unità newton al millimetro quadrato.

•• L'unità bar è impiegata per la pressione dei fluidi.

Unità di misura

Le unità di misura in corsivo (e in grigio) riguardano la nuova simbologia "SI".

Forza		
1 N	= 0.10197 = 0.224809	kgf lbf
<i>1 kN</i>	= 1000 = 101.971 = 224.809 = 0.101971	N kgf lbf t
1 kgf	= 9.80665 = 2.20462	N lbf

Massa		
<i>1 kg</i>	= 0.02205 = 2.20462	cwt lb
<i>1 g</i>	= 0.03527	oz
1 t	= 1000 = 0.98420	kg Long ton
1 cwt	= 45.35924	kg
1 lb	= 0.45359	kg
1 oz	= 28.349	g

Lunghezza		
<i>1 m</i>	= 1.0936 = 3.281 = 39.370	yard ft in
1 km	= 0.6214	mile
1 yard	= 0.9144	m
1 ft	= 30.48	cm
1 in	= 25.4	in
1 mile	= 1.6094	km

Densità		
<i>1 kg/m³</i>	= 1.686	lb/yd ³
<i>1 g/cm³</i>	= 62.4280	Lb/ft ³
1 long ton/ft ³	= 1328.94	kg/m ³
1 lb/yd ³	= 0.593	kg/m ³
1 lb/in ³	= 27.6799	g/cm ³

Pressione, tensione		
<i>1 Pa (N/m²)</i>	= 0.01 = 0.000145	mbar lbf/in ²
<i>1 kPa (kN/m²)</i>	= 0.01 = 10 = 20.885 = 0.2953	Kgf/cm ² mbar lbf/ft ² In Hg
<i>1 MPa</i>	= 10.2	kgf/cm ²
1 lbf/in ² (psi)	= 0.07031 = 6.89476	kgf/cm ² kPa
1 lbf/ft ²	= 47.8803	Pa
1 long ton/ ft ²	= 1.094 = 107.252	kgf/cm ² kPa
1 bar	= 100 = 14.5038	kPa lbf/in ²
1 mbar	= 100 = 0.0145038	Pa lbf/in ²
1 atm	= 101.325 = 14.6959	kPa lbf/in ²
1 mm Hg (torr)	= 133.322 = 0.01934	Pa lbf/in ²
1 mm H ₂ O	= 9.80665	Pa

Energia		
1 MJ	= 0.277778	kWh
<i>1 J</i>	= 0.737562	Ft lbf
1 kgf m	= 9.80665	J
1 Btu	= 1.0545	kJ

Capacità, volume		
<i>1 m³</i>	= 1.30795	yd ³
<i>1 dm³ (litro)</i>	= 0.03531 = 1.7605 = 0.2642	ft ³ pint gal
<i>1 cm³ (ml)</i>	= 0.06102 = 0.0352	in ³ fl oz
1 yd ³	= 0.76455	m ³
1 ft ³	= 28.3168	dm ³
1 in ³	= 16.3871	cm ³
1 imp gal	= 4.54609	dm ³
1 gal	= 3.78541	dm ³
1 pint	= 0.56826	dm ³
1 fl oz	= 28.4131	cm ³



Sede Legale: Cerro al Lambro (MI) Via Della Vecchia Chimica
Tel. 02 98128187 - Fax 02 98125826