

Articolo 10 A

Pavimentazioni in calcestruzzo con giunti a lastre non armate

Le pavimentazioni in calcestruzzo a lastre non armate sono costituite da un insieme di lastre, prive di armatura strutturale, tra cui la compartecipazione è realizzata attraverso un sistema di giunti longitudinali e trasversali. I giunti consentono di controllare le deformazioni del calcestruzzo limitando le sollecitazioni di origine meccanica termica ed igrometrica.

10A.1 MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

Cemento Il cemento è un legante idraulico, cioè un materiale inorganico finemente macinato che, mescolato con acqua, forma una pasta che rapprende e indurisce a seguito di processi e reazioni di idratazione e che, una volta indurita, mantiene la sua resistenza e la sua stabilità anche sott'acqua.

I cementi utilizzati dovranno soddisfare ai requisiti previsti dalla L. 595/65 ed elencati nella Norma UNI ENV 197-1:

- tipo I (Portland);
- tipo II (Portland composito);
- tipo III (d'altoforno);
- tipo IV (pozzolanico);
- tipo V (composito).

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, i cementi utilizzati dovranno essere controllati e certificati come previsto dal DPR 13/9/93 n. 246 e dal D.M. 12/07/93 n. 314. Tale certificazione sarà rilasciata dall'Istituto Centrale per la Industrializzazione e la Tecnologia Edilizia (I.C.I.T.E.) o da altri organismi autorizzati ai sensi dello stesso D.M. 12/07/93.

Aggregati Gli aggregati sono componenti del calcestruzzo costituiti da elementi lapidei integri o frantumati, naturali o artificiali, aventi forma e dimensioni consone alla confezione del calcestruzzo. Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi (trattenuti al setaccio da 4mm (UNI 2332) e degli aggregati fini.

Gli aggregati devono possedere le caratteristiche fondamentali indicate nel prospetto 1 della Norma UNI 8520-97 parte 2^a per la categoria A.

Particolare attenzione dovrà essere rivolta alla valutazione del rischio da vizio occulto di **reazione alcali-aggregato** a fronte del quale, fatto salvo l'esito positivo delle prove previste dalla Norma UNI 8520 (parti 4 e 22), si dovranno adottare ulteriori misure preventive quali ad esempio:

- la scelta di cementi a basso contenuto di alcali (UNI EN 196/21);
- utilizzo di idonei quantitativi di aggiunte.

Durante la lavorazione la Direzione Lavori verificherà la continuità della corrispondenza delle caratteristiche del materiale ai valori ottenuti nella fase di qualifica. Qualora si verificano discrepanze significative, la Direzione Lavori potrà rifiutare il materiale lapideo.

L'**aggregato grosso** deve essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee, da elementi naturali tondeggianti frantumati¹, da elementi naturali a spigoli vivi.

Per tutte le pezzature impiegate sono inoltre valide le seguenti prescrizioni:

- coefficiente di forma $\geq 0,15$ (UNI 8520/18);
- assorbimento di umidità degli aggregati ≤ 1 % (UNI 8520/16);

¹ Un granulo si intende frantumato quando presenta meno del 20% di superficie arrotondata.

- coefficiente di abrasione Los Angeles ≤ 30 % (UNI 8520/19).

L'**aggregato fino** deve essere costituito da elementi naturali e di frantumazione e dovrà avere una composizione granulometrica compresa nel fuso riportato in **Tabella 10A.1**:

Tabella 10A.1

Serie setacci UNI 2332	Passante (%)
8	100
4	90 - 100
2	65 - 90
1	45 - 75
0,5	22 - 46
0,25	7 - 25
0,125	0 - 5

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Acqua L'acqua d'impasto deve rispettare le prescrizioni della Norma UNI-EN 1008.

Additivi Gli additivi sono prodotti che, aggiunti al calcestruzzo in piccole quantità in massa rispetto al cemento, inducono le richieste modifiche delle proprietà del calcestruzzo. Gli additivi devono rispettare le prescrizioni delle Norme UNI 7101÷7120, UNI 8145 ed UNI EN 934/2; non devono contenere sostanze dannose in quantità tali da pregiudicare la durabilità del calcestruzzo o da causare corrosione delle armature. L'impiego di additivi è consentito previa la verifica del loro dosaggio e delle prestazioni delle miscele, allo stato fresco e allo stato indurito. Si farà uso di additivi aeranti laddove questi siano espressamente richiesti negli elaborati di progetto. Essi dovranno essere aggiunti al calcestruzzo nel mescolatore in soluzione con l'acqua di impasto, con un sistema meccanico che consenta di aggiungere l'additivo in quantità variabili di non più del 5% della quantità indicata nello studio della miscela e che assicuri la sua uniforme distribuzione nella massa del calcestruzzo durante il periodo di miscelazione.

Aggiunte Le aggiunte sono materiali inorganici finemente macinati che possono essere aggiunti al calcestruzzo per modificarne le caratteristiche o ottenerne di speciali. L'impiego nelle miscele di aggiunte è consentito purché in quantità tali da non pregiudicare la durabilità del calcestruzzo o da causare corrosione alle armature. Le ceneri volanti impiegate dovranno essere conformi alla Norma UNI EN 450. Quando l'aggiunta avvenga in sostituzione del cemento la percentuale di ceneri non dovrà superare il 20% del peso totale ceneri più cemento. Le prestazioni dei calcestruzzi confezionati con l'aggiunta di ceneri volanti o altre aggiunte di tipo II (Norma UNI 9858), sia allo stato fresco che indurito, vanno verificate nel corso della fase di qualifica delle miscele.

Prodotti filmogeni I prodotti filmogeni sono applicati sulla superficie del calcestruzzo per ridurre la perdita d'acqua per evaporazione durante il primo periodo di indurimento ed eventualmente durante la successiva maturazione del calcestruzzo. Le caratteristiche dei prodotti filmogeni dovranno essere conformi a quanto indicato nella Norma UNI 8656 (tipo 1 e 2). La costanza della composizione del prodotto filmogeno dev'essere verificata al momento dell'approvvigionamento.

Armature Le armature impiegate per la pavimentazione comprendono le barre di trasferimento che assicurano la compartecipazione tra 2 lastre adiacenti, le barre di legatura tra i

giunti e le reti elettrosaldate. Tutte le armature andranno poste in opera secondo quanto riportato nei disegni di progetto, impiegando i dispositivi di posizionamento e distanziamento, ivi indicati.

Barre di trasferimento. Il diametro, il distanziamento la lunghezza e la posizione delle barre di trasferimento saranno quelli indicati negli elaborati di progetto. Dovranno essere costituite da barre tonde lisce di acciaio della classe indicata in progetto, controllate in stabilimento, rispondenti ai requisiti prescritti dalla normativa vigente (DM 9/1/96 e successivi aggiornamenti). Dovranno essere lisce, perfettamente rettilinee, esenti da sbavature, deformazioni o irruvidimenti che possano pregiudicare il loro perfetto scorrimento. Le barre dovranno essere trattate con vernici anticorrosione ed immediatamente prima della loro posa in opera, rivestite da una pellicola di materiale lubrificante, secondo le indicazioni di progetto.

I cappucci per le barre di trasferimento, usati nei giunti di dilatazione, saranno metallici o di altro materiale rigido approvato dalla Direzione Lavori ed avranno una lunghezza che ricopra la barra da 50 a 75 cm. Avranno sezione trasversale tale da adattarsi perfettamente al diametro delle barre ed a prevenire l'infiltrazione d'acqua.

Barre di legatura. Le barre di legatura dei giunti, avranno i diametri, gli interassi e le lunghezze indicate nei disegni di progetto. Saranno costituite da barre di acciaio ad aderenza migliorata, della classe indicata in progetto, controllate in stabilimento e dovranno rispondere ai requisiti ed alle tolleranze dimensionali fissate dalla normativa vigente (DM 9/1/96 e successivi aggiornamenti).

Rete di acciaio elettrosaldata. La classe dell'acciaio, il diametro e con distanza assiale tra i fili sarà quella indicata nel progetto. Essa dovrà rispondere ai requisiti ed alle tolleranze dimensionali fissate dalla normativa vigente (DM 9/1/96 e successivi aggiornamenti).

Materiale di riempimento per giunti di dilatazione

Il riempimento dei giunti di dilatazione dovrà essere effettuato con tavolette prefabbricate di materiale compressibile rispondente alle prescrizioni contenute nelle Norma ASTM D1752 Tipo II.

Le tavolette dovranno avere sufficiente rigidità da poter essere installate in corrispondenza dei giunti prima della posa in opera del calcestruzzo ed essere predisposte per il passaggio delle barre di trasferimento, dove richiesto dal progetto.

Le tavolette dovranno avere dimensioni (altezza e spessore) coincidenti con quelle indicate negli elaborati di progetto. Qualora sia necessario l'impiego di più tavolette per un singolo giunto, esse dovranno essere adeguatamente collegate.

Materiali per la sigillatura dei giunti

Si tratta di materiali aventi caratteristiche elastiche ed adesive impiegati come riempimento sigillante per giunti. Potranno essere impiegati prodotti colati a freddo o prodotti preformati.

I prodotti colati a freddo dovranno essere miscelati secondo le proporzioni indicate dalla Ditta produttrice entro miscelatori o distributori automatici approvati dalla Direzione Lavori. I prodotti preformati dovranno essere conformi alla Norma ASTM D2628.

I sigillanti dovranno essere approvati dalla Direzione Lavori. Dovranno possedere caratteristiche di deformabilità compatibili con le dimensioni dei giunti indicate in progetto e resistenza all'invecchiamento per effetto degli agenti atmosferici. All'atto della proposta del tipo di sigillante da impiegare dovranno essere fornite le seguenti notizie tecniche:

- caratteristiche fisiche del prodotto;
- modalità di preparazione del materiale;
- modalità di preparazione del giunto prima della sigillatura;
- modalità e limiti d'impiego del prodotto (temperature, umidità, ecc.);
- tolleranza nella proporzione dei sigillanti a più componenti.

Miscela

Il calcestruzzo è specificato dal progettista come miscela progettata, con riferimento alle prestazioni richieste (calcestruzzo a prestazione garantita).

La resistenza meccanica del calcestruzzo dovrà soddisfare le prescrizioni di progetto riguardanti la resistenza a compressione e quella a flessione. In mancanza di esplicitate

indicazioni, la resistenza media a flessione del calcestruzzo non dovrà comunque essere inferiore a 4.0 MPa.

La classe di resistenza del calcestruzzo è definita dalla resistenza caratteristica a compressione misurata su cubi di 150mm di lato (R_{ck}) o cilindri di diametro 150mm e altezza 300mm (f_{ck}). Saranno utilizzati calcestruzzi appartenenti alle classi indicate in

Tabella 10A.2.

Tabella 10A.2

Classe di resistenza	f_{ck} (N/mm^2)	R_{ck} (N/mm^2)
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55

È ammesso l'impiego di calcestruzzi avente resistenza caratteristica superiore a quelle indicate nella **Tabella 10A.2.**

Per il confezionamento e la maturazione dei provini, e per la determinazione della resistenza meccanica del calcestruzzo si farà riferimento alle Norme UNI 6126, 6127, 6130, 6132, 6133, 6135, alle prescrizioni del D.M. 9/1/96 e successivi aggiornamenti.

La **lavorabilità** degli impasti è valutata attraverso misure di consistenza del calcestruzzo fresco per cui sarà impiegato il metodo dell'abbassamento al cono (UNI 9418). Il valore ottimale della consistenza da mantenere durante la produzione del calcestruzzo verrà stabilito dalla D.L. in funzione della metodologia di stesa impiegata, dopo aver eseguito la strisciata di prova. Nel caso di stesa manuale il calcestruzzo dovrà comunque avere un abbassamento al cono compreso tra 100 e 200mm.

Il **dosaggio, il tipo e la classe di cemento** da utilizzare, saranno stabiliti nella fase di qualificazione delle miscele. In ogni caso il dosaggio di cemento non potrà mai scendere al di sotto dei 300 kg/m^3 .

L'assortimento granulometrico delle miscele dovrà essere realizzato impiegando almeno tre classi granulometriche diverse, di cui almeno una sabbia. La curva granulometrica dell'aggregato combinato sarà progettata e messa a punto nella fase di qualifica delle miscele e dovrà garantire il raggiungimento delle prestazioni richieste sia allo stato fresco che indurito. La curva scelta per ciascuna miscela dovrà essere comunicata prima dell'inizio dei getti alla Direzione Lavori che provvederà a verificarne la costanza.

La **dimensione massima dell'aggregato** dovrà essere indicata negli elaborati di progetto, nel rispetto delle indicazioni riportate al punto 5.4 della UNI 9858 e delle disposizioni di legge.

Il rapporto acqua-cemento (a/c) delle miscele sarà stabilito in modo da garantire il raggiungimento della resistenza meccanica e di tutte le altre prestazioni richieste alle miscele sia allo stato fresco che indurito. In ogni caso il rapporto a/c non dovrà superare il valore di 0.50. Nella determinazione del rapporto a/c occorre considerare gli aggregati nella condizione di saturazione a superficie asciutta. Pertanto bisognerà tenere conto dell'umidità degli aggregati al momento dell'impasto, sia che essa sia in eccesso o in difetto rispetto alla condizione su menzionata, in base ai valori di assorbimento determinati, in fase di qualificazione, secondo la Norma UNI 8520 parti 13a e 16a.

Qualora, gli elaborati progettuali richiedano l'impiego di un additivo aerante, dovrà essere inoltre garantito il volume minimo di microbolle d'aria aggiunta specificato in

Tabella 10A.3. Le microbolle dovranno essere uniformemente distribuite nella miscela.

Tabella 10A.3

Diametro massimo dell'aggregato (mm)	Aria Aggiunta (%)
32	4
16	5
8	6

Il dosaggio di additivo aerante necessario per ottenere nel calcestruzzo la giusta percentuale di microbolle d'aria aggiunta ed il valore complessivo finale del contenuto d'aria, sarà determinato durante la fase di qualifica delle miscele.

10A.2 – ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

La composizione della miscela (acqua, cemento, aggregati, additivi ed aggiunte) deve essere stabilita in modo da soddisfare le specifiche prestazionali richieste, e di minimizzare i fenomeni di segregazione ed essudazione del calcestruzzo fresco.

A tale scopo l'Impresa è tenuta a far eseguire uno studio della composizione del calcestruzzo (mix design). Tale studio si articolerà in due fasi e comprenderà una fase di qualifica delle miscele in laboratorio ed una di messa a punto dell'impianto di produzione.

Qualifica delle miscele in laboratorio L'Impresa presenterà alla Direzione Lavori lo studio di composizione del conglomerato cementizio sulla base delle richieste contenute negli elaborati progettuali. Tale studio sarà eseguito presso un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti e conterrà i risultati delle prove fisiche e di resistenza meccanica realizzate su ciascuna miscela di cui sia previsto l'impiego.

Lo studio di composizione dovrà comprendere, per ciascuna miscela, la determinazione sperimentale della relazione esistente tra la resistenza caratteristica a compressione e quella a flessione del calcestruzzo per le durate di stagionatura rilevanti ai fini del progetto, e comunque almeno a 3 ed a 28 giorni. A tale scopo saranno realizzati per ciascuna miscela di cui sia previsto l'impiego, almeno 6 provini per le prove di resistenza a compressione e 6 provini per le prove di resistenza a flessione.

Per ognuna delle miscele proposte per l'impiego dovrà inoltre essere indicato almeno:

- il proporzionamento analitico di un metro cubo di calcestruzzo;
- tipo, classe e dosaggio di cemento;
- la quantità d'acqua utilizzata;
- il rapporto a/c (con aggregati in condizioni di saturazione a superficie asciutta);
- la granulometria ed il dosaggio di ciascuna frazione degli aggregati;
- i risultati delle prove di qualifica degli aggregati utilizzati;
- tipo e dosaggio degli eventuali additivi ed aggiunte;
- in caso di impiego di additivo aerante, il contenuto percentuale di aria inclusa nell'impasto fresco;
- classi di esposizione ambientale per le quali la miscela è durabile;
- la massa volumica del calcestruzzo fresco;
- la lavorabilità delle miscele;
- le resistenze meccaniche alle scadenze prescritte.

Qualifica delle miscele all'impianto La Direzione Lavori autorizzerà l'inizio dei getti solamente dopo l'approvazione della documentazione relativa agli studi di qualifica delle miscele in laboratorio ed all'effettuazione, presso l'impianto di produzione, in contraddittorio con l'Impresa, di impasti di prova per la qualificazione della produzione di ciascun tipo e classe di calcestruzzo.

La qualifica si intenderà positivamente superata quando:

- il valore della resistenza media a compressione a 28 giorni (R_m), misurata su almeno 4 prelievi (la resistenza di ciascun prelievo è la media delle resistenze a compressione di due o più provini) effettuati nell'intero arco di una giornata di produzione risulti:

- per $30 \text{ N/mm}^2 \leq R_{ck} \leq 40 \text{ N/mm}^2$ $R_m \geq 1,20 R_{ck}$

- per $R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$ $R_m \geq 1,15 R_{ck}$

con valore minimo di ogni singolo prelievo $R_j > R_{ck} - 1 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

- il valore della consistenza sia conforme alla classe dichiarata;

- il rapporto a/c determinato secondo le modalità previste nella norma UNI 6393, non superiori di 0.04 quello dichiarato nella qualifica delle miscele in laboratorio;
- il valore della massa volumica del calcestruzzo fresco sia superiore al 97% di quello ottenuto nella qualifica delle miscele in laboratorio.

L'approvazione delle miscele da parte della Direzione Lavori non libera in alcun modo l'Impresa dalle sue responsabilità in base alle norme vigenti. La qualifica delle miscele dovrà essere ripetuta, con le medesime modalità, ogni qualvolta verranno a modificarsi sensibilmente le caratteristiche fisico-chimiche dei costituenti del calcestruzzo o le modalità di confezionamento.

10A.3 – CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Gli impianti devono avere una adeguata capacità di stoccaggio dei materiali (cementi, aggregati, aggiunte, additivi) per garantire la continuità della produzione secondo il previsto programma dei lavori.

Materiali di tipo diverso devono essere movimentati e stoccati in modo da evitare miscelazioni, contaminazioni o deterioramento. Non è consentito il mescolamento di cementi diversi per tipo, classe di resistenza o provenienza. Il cemento e le aggiunte dovranno essere adeguatamente protetti dall'umidità atmosferica e dalle impurità. Durante lo stoccaggio degli aggregati occorre evitare che si verifichi una segregazione all'interno di ciascuna frazione granulometrica. Gli additivi devono essere trasportati e conservati in modo da evitare che la loro qualità venga compromessa da fattori chimici o fisici.

Gli impianti di betonaggio saranno del tipo automatico, con dosaggio a peso degli aggregati, del cemento e delle eventuali aggiunte. Acqua, ed additivi possono essere dosati sia a peso che a volume. I dispositivi di dosaggio del cemento, dell'acqua e degli additivi dovranno essere di tipo individuale. Le bilance per la pesatura degli aggregati possono essere di tipo cumulativo (peso delle varie pezzature con successione addizionale).

Dovranno essere predisposte apparecchiature o procedure di controllo tali da consentire, per ogni impasto, il controllo dell'umidità degli aggregati e quindi l'aggiunta della corretta quantità d'acqua.

Il dosaggio effettivo degli aggregati, dell'acqua, del cemento e delle aggiunte dovrà essere realizzato con precisione del 3%, quello degli additivi con precisione del 5%. Le bilance dovranno essere revisionate almeno una volta ogni due mesi, tarate all'inizio del lavoro e successivamente almeno una volta all'anno. La loro precisione dovrà essere pari almeno quella riportata nella prospetto X della Norma UNI 9858.

Gli impasti dovranno essere confezionati in mescolatori meccanici aventi capacità tale da contenere tutti gli ingredienti della pesata senza debordare. Il tempo¹ e la velocità di miscelazione dovranno essere tali da produrre una miscela omogenea. Per quanto non specificato, vale la Norma UNI 7163 - 79.

Se si aggiungono all'impasto additivi in quantità inferiore a 2g/kg di cemento, questi devono essere preventivamente dispersi in una parte dell'acqua di impasto. Quando a causa del breve periodo di attività degli additivi sia necessario aggiungerli in cantiere, il calcestruzzo deve già essere stato miscelato in modo omogeneo prima dell'additivazione. Al termine dell'additivazione il calcestruzzo deve essere rimiscelato fino a che l'additivo risulti completamente disperso nella massa di calcestruzzo ed inizi ad esplicare la sua azione.

10A.4 – TRASPORTO DELLE MISCELE

Il trasporto dei calcestruzzi dall'impianto di betonaggio al luogo di impiego, ed il suo scarico, dovrà essere effettuato con mezzi idonei al fine di evitare la possibilità di

¹ Il tempo di miscelazione decorre da quando tutti i componenti del calcestruzzo sono all'interno del mescolatore in rotazione

segregazione dei singoli componenti e comunque tali da evitare ogni possibilità di deterioramento del calcestruzzo medesimo. Il numero dei mezzi di trasporto utilizzati dovrà essere tale da non provocare arresti della stesa.

Il tempo di trasporto non dovrà superare di regola i 45 minuti. Qualora, in relazione all'ubicazione dell'impianto, tale tempo sia maggiore di 45 minuti, ma non superi le 2 h, il calcestruzzo potrà ancora essere utilizzato per la stesa purchè la consistenza al momento dello scarico sia conforme a quella prevista.

Calcestruzzi per i quali, dal momento del confezionamento al momento dello scarico nel caricatore di alimentazione della macchina a casseforme scorrevoli siano trascorsi più di 2 ore, non potranno essere messi in opera e pertanto dovrà esserne impedito lo scarico. Per l'accertamento del tempo trascorso la Direzione Lavori potrà controllare il documento di trasporto.

Ogni carico di calcestruzzo dovrà essere accompagnato da un documento di trasporto sul quale saranno indicati:

- numero di serie
- denominazione dell'impianto di betonaggio
- la data e le ore di carico, di arrivo in cantiere e di inizio/fine scarico;
- identificazione dell'autobetoniera;
- nome del cliente;
- denominazione ed indirizzo del cantiere;
- quantità (m³) di calcestruzzo fornito;
- denominazione o marchio dell'organismo di certificazione, se previsto;
- la classe di resistenza;
- la classe di esposizione ambientale;
- la classe di consistenza;
- un codice che identifichi la ricetta utilizzata per il confezionamento;
- la dimensione massima dell'aggregato;
- il tipo, la classe e, il contenuto di cemento;
- il dosaggio ed il tipo di eventuali additivi da aggiungere in cantiere.
- il rapporto a/c.

A richiesta, il personale dell'Impresa dovrà esibire detti documenti agli incaricati della Direzione Lavori. L'Impresa dovrà tenere idonea documentazione in base alla quale sia possibile individuare il punto della struttura cui ciascun carico è stato destinato.

10A.5 – POSA IN OPERA DELLE MISCELE

Stesa del calcestruzzo La posa in opera del calcestruzzo potrà avvenire manualmente o a macchina, impiegando casseforme laterali fisse o scorrevoli.

Se al momento della posa in opera l'abbassamento al cono supererà quello prescritto la Direzione Lavori potrà rifiutare la consegna ed ordinare la sospensione della posa in opera.

Posa in opera manuale. La distribuzione del calcestruzzo sul sottofondo precedentemente umidificato sarà effettuata in modo continuo tra 2 giunti trasversali, impiegando tecniche adeguate a prevenirne la segregazione. Lo scarico e la distribuzione del materiale avverrà utilizzando dispositivi approvati dalla Direzione Lavori. Non sarà permesso camminare all'interno del getto con calzature sporche di terreno o altro materiale inquinante. In corrispondenza dei giunti di dilatazione e contrazione il getto sarà effettuato senza alterarne l'assemblaggio; a tale scopo lo scarico, da benna, tramoggia, o altro sistema di trasporto, dovrà avvenire esattamente in corrispondenza dell'asse centrale del giunto.

La compattazione sarà effettuata per mezzo di vibratori inseriti nel calcestruzzo, con particolare attenzione alle zone prossime alle casseforme laterali, al bordo delle lastre realizzate in precedenza ed ai giunti. I vibratori non dovranno venire a contatto con il sottofondo, le casseforme o con le armature predisposte per i giunti. Essi inoltre non dovranno essere lasciati per più di 20 secondi consecutivi in una stessa posizione, o usati per distribuire il calcestruzzo. Nel caso in cui una parte di materiale vada a

terminare sulla superficie di una lastra finita, si dovrà provvedere alla sua immediata rimozione con mezzi approvati dalla Direzione Lavori.

Posa in opera con macchina di stesa. Il calcestruzzo verrà distribuito, regolato, vibrato, compattato e livellato, mediante una macchina di stesa il cui tipo ed i cui equipaggiamenti (in particolare per quanto riguarda i dispositivi di vibrazione e compattazione) saranno sottoposti all'approvazione della Direzione Lavori.

Casseforme Le casseforme laterali per il getto del calcestruzzo saranno di tipo metallico ed avranno un'altezza pari a quella della pavimentazione. Saranno fornite in parti di lunghezza non inferiore a 3m, provviste di appositi dispositivi che ne permettano il perfetto ancoraggio ed evitino qualsiasi movimento relativo delle parti adiacenti. La loro conformazione ed il loro assemblaggio in opera dovrà garantirne l'indefornabilità nel corso delle operazioni di getto, compattazione e finitura della pavimentazione. La predisposizione delle casseforme dovrà avvenire con sufficiente anticipo rispetto alle operazioni di getto per assicurarne la continuità.

Macchina a casseforme scorrevoli La macchina a casseforme scorrevoli dovrà essere in grado di effettuare la posa in opera, la vibrazione e la finitura della pavimentazione come previsto dagli elaborati di progetto. Dovrà essere di peso e potenza tali da costruire una striscia di pavimentazione di larghezza pari a quella di progetto, senza spostamenti o instabilità di qualsiasi tipo.

Preparazione del piano di posa La posa in opera del calcestruzzo sarà eseguita, dopo aver preparato accuratamente il piano di posa, averne verificato le quote e le pendenze e dopo aver posizionato le armature metalliche per una lunghezza sufficiente a garantire la regolarità della stesa. Per la medesima lunghezza, secondo le indicazioni previste nel progetto, dovrà essere predisposto l'eventuale drenaggio longitudinale, con i relativi scarichi trasversali. Immediatamente prima della stesa sarà effettuata una umidificazione del piano di posa, senza portarlo a saturazione, per evitare una rapida perdita di umidità del calcestruzzo. Il piano di posa dovrà essere inoltre protetto in modo da evitare la formazione o la presenza di ghiaccio al momento della posa del calcestruzzo.

Posa in opera dell'armatura metallica Le barre di trasferimento e quelle di cucitura saranno poste in opera in corrispondenza dei giunti, alla quota e con l'interasse prescritti nei disegni di progetto. Saranno adeguatamente fissate e mantenute nel loro allineamento orizzontale e verticale mediante opportuni dispositivi "a perdere" approvati dalla Direzione Lavori. La massima tolleranza ammessa nell'allineamento, orizzontale e verticale, delle barre di trasferimento, è del 2% (20mm per metro). Le barre di trasferimento, il cappuccio metallico ed i sostegni che costituiscono l'armatura in corrispondenza dei giunti di dilatazione, dovranno formare un insieme rigido preassemblato, pronto per essere posto in opera. Immediatamente prima della loro posa in opera le barre di trasferimento saranno rivestite di materiale lubrificante per prevenire lo sviluppo di aderenza con il calcestruzzo. Le barre di cucitura saranno poste in opera nei giunti longitudinali, incollandole con una resina epossidica, all'interno di appositi fori ricavati nel calcestruzzo indurito. Il foro sarà ricavato perpendicolarmente al bordo verticale della lastra, utilizzando preferibilmente una tecnica a sola rotazione. Le barre poste in opera non dovranno interferire con quelle in corrispondenza dei giunti trasversali.

Limitazioni alla stesa del calcestruzzo Le operazioni di stesa del calcestruzzo sono possibili in ogni periodo dell'anno. Quando la temperatura dell'aria è inferiore a + 5°C valgono le disposizioni e prescrizioni della Norma UNI 8981 parte 4a. In ogni caso i getti saranno sospesi quando la temperatura dell'aria, misurata in una zona posta all'ombra, scenderà al di sotto dei 4°C, e non potrà essere ripresa se la temperatura, salendo, non raggiungerà almeno i 2°C. La posa in opera del calcestruzzo dovrà essere sospesa nel caso che la temperatura dell'impasto scenda al di sotto di +10°C.

La neve e il ghiaccio, se presenti, dovranno essere rimossi, dalle armature e dal sottofondo: per evitare il congelamento tale operazione dovrebbe essere eseguita

immediatamente prima del getto. L'operazione di riscaldamento dell'acqua o degli aggregati è permessa, fino ad una temperatura massima di 65°C. Il riscaldamento dovrà essere uniforme e dovranno essere evitati pericolosi surriscaldamenti del materiale.

Durante le operazioni di getto la temperatura dell'impasto non dovrà superare i 35°C. Nel caso in cui la temperatura media giornaliera dell'aria superi i 30°C la superficie finita della pavimentazione dovrà essere mantenuta umida nebulizzando acqua, fino all'applicazione dei prodotti di protezione. In particolare la protezione dall'azione del vento si rende necessaria per tassi di evaporazione² superiori a 1 kg/m² h.

Se, nonostante le misure adottate, si manifesta il fenomeno della fessurazione da ritiro plastico, le operazioni di getto saranno immediatamente arrestate.

Operazioni di finitura La lastra deve essere livellata affinché le sezioni trasversali siano conformi alle prescrizioni di progetto e le quote siano tali che, portate a termine le operazioni di finitura, la superficie della pavimentazione sia all'altezza prevista in progetto. Non è ammessa l'aggiunta di acqua per facilitare le operazioni di finitura.

Le operazioni di finitura devono essere effettuate con un'apposita macchina e dovranno condurre ad una compattazione ottimale della pavimentazione, ed all'ottenimento di una superficie di tessitura uniforme. Deve essere evitata l'eccessiva permanenza della macchina in un punto.

Nel corso del primo passaggio della macchina finitrice una certa quantità di calcestruzzo deve essere sempre presente davanti alla sua guida anteriore. Durante l'operazione di finitura la guida avanzerà nella direzione della stesa con un movimento combinato longitudinale e trasversale. Se sono impiegate casseforme laterali fisse la macchina dovrà poggiare su di esse evitando spostamenti che pregiudichino la qualità della finitura. Se necessario le operazioni saranno ripetute fino ad ottenere una superficie uniforme, avente la pendenza assegnata e senza aree dall'aspetto poroso.

La finitura manuale della pavimentazione non è ammessa se non in caso di rottura dell'apparecchiatura meccanica e solo per il calcestruzzo oramai già posto in opera. La finitura manuale è altresì ammessa, a seguito dell'autorizzazione della Direzione Lavori, in aree in cui l'impiego della finitrice meccanica è particolarmente difficile o impossibile.

Tessitura superficiale La finitura superficiale della pavimentazione dovrà essere tale da garantire i valori di tessitura previsti in progetto.

A tal fine potranno essere impiegate scope, spazzole, tele o tappeti di materiale artificiale in grado di produrre la prevista macrorugosità in maniera uniforme. Eventuali strappi o altre imperfezioni superficiali prodotte in questa fase, saranno immediatamente corretti.

Prova di stesa Le operazioni di stesa potranno essere iniziate solo a seguito della realizzazione di una prova di lavorazione in vera grandezza. Tale prova avrà per obiettivo la verifica del funzionamento delle attrezzature di posa in opera e di tutte le altre tecniche che l'Impresa intenda adottare per il completamento della lastra secondo le prescrizioni degli elaborati di progetto. In caso di esito positivo della prova il tratto realizzato potrà essere integrato nell'infrastruttura, altrimenti verrà demolito.

10A.6 – STAGIONATURA E PROTEZIONE DELLA LASTRA

I metodi di stagionatura e protezione adottati e la loro durata dovranno essere tali da garantire la prescritta resistenza del calcestruzzo e la sua durabilità. La stagionatura protetta inizierà subito dopo il termine delle operazioni di finitura e non dovrà essere interrotta per periodi superiori a mezz'ora. Durante il periodo di stagionatura protetta sarà necessario mantenere le superfici dei getti ad una umidità relativa superiore al

² Per il calcolo del tasso di evaporazione, in funzione dell'umidità relativa, della temperatura e della velocità del vento, si farà riferimento alle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale redatte dal Servizio Tecnico Centrale del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

95% evitando nel contempo che essi subiscano urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere. Per la protezione della pavimentazione potranno essere impiegati prodotti filmogeni che impediscano l'evaporazione dell'acqua dalla superficie della lastra. Potranno altresì essere usati, stuoie o fogli di polietilene.

L'applicazione dei prodotti filmogeni sulla superficie del calcestruzzo sarà eseguita, ricorrendo all'impiego di un'ideale attrezzatura, in condizioni di altezza e di pressione predeterminate durante la stesa di prova. In particolari condizioni climatiche (vento e soleggiamento) l'applicazione del prodotto stagionante potrà essere realizzata con sistemi manuali anche nella zona tra la macchina a casseforme scorrevoli e l'attrezzatura mobile di spruzzaggio del prodotto filmogeno.

Nel caso si adottino stuoie si dovrà provvedere a mantenerle umide. Se durante il periodo di maturazione, fissato in almeno tre giorni, il film protettivo spruzzato sull'intera superficie di calcestruzzo verrà per una qualsiasi ragione danneggiato, l'Impresa dovrà rinnovare a sue spese il trattamento nella zona interessata. Ciò vale soprattutto nelle prime ore di maturazione ed in condizioni ventilate. In ogni caso l'Impresa dovrà tenere disponibili in cantiere mezzi idonei ad assicurare la protezione contro la pioggia di una superficie pari a quella gettata durante due ore di lavoro.

Durante le prime 72 ore di maturazione protetta il calcestruzzo dovrà essere mantenuto ad una temperatura superiore ai 10°C mentre per la prima settimana dal getto sarà necessario evitarne il congelamento. Il conglomerato eventualmente danneggiato dall'azione del gelo sarà rimosso e sostituito a cura e spese dell'Impresa.

10A.7 – ESECUZIONE DEI GIUNTI

I giunti saranno realizzati perpendicolarmente alla superficie della pavimentazione secondo le indicazioni dei disegni di progetto e delle presenti Norme Tecniche. È ammessa una tolleranza di 12 mm sulla loro posizione. La linearità dei giunti dovrà essere immediatamente verificata con un'asta rettilinea lunga 3m: deviazioni superiori a 6mm saranno corrette prima dell'indurimento del calcestruzzo.

Si prevede la formazione di:

- **giunti di costruzione**
- **giunti di contrazione**
- **giunti di dilatazione**

Giunti di costruzione I giunti trasversali di arresto di cantiere verranno eseguiti alla fine di ogni giornata di lavoro e nel caso di una interruzione per tempi superiori a quelli di inizio presa del calcestruzzo. Si dovranno considerare tali, interruzioni di lavoro di durata superiore a 30 minuti. Le interruzioni giornaliere saranno previste in corrispondenza di un giunto di contrazione o dilatazione.

I giunti di costruzione, longitudinali e trasversali, verranno realizzati effettuando il getto contro una cassaforma, liscia o sagomata. Se previsto dal progetto tale cassaforma dovrà consentire il passaggio delle armature di compartecipazione o di legatura.

Giunti di contrazione I giunti di contrazione saranno collocati nelle posizioni ed alla distanza riportate nei disegni di progetto. Essi saranno realizzati formando un'incisione sulla superficie del calcestruzzo ancora plastico o realizzando un taglio nel calcestruzzo indurito.

Quando il giunto è realizzato sul calcestruzzo plastico gli spigoli debbono essere lisciati e finiti con uno strumento adatto.

Se il giunto viene segato tale operazione dovrà essere effettuata dopo che il calcestruzzo abbia raggiunto una resistenza sufficiente ad evitare rotture locali o scheggiature, e prima dell'apertura incontrollata di fessure da ritiro sulla pavimentazione. I giunti segati andranno ripuliti e le eventuali imperfezioni immediatamente rifinite.

Giunti di dilatazione I giunti di dilatazione saranno collocati nelle posizioni ed alla distanza riportate nei

- dilatazione* disegni di progetto, e saranno della tipologia ivi specificata.
Le tavolette di materiale deformabile dovranno avere l'altezza prevista in progetto. La posa in opera delle tavolette dovrà essere preliminare al getto e dovrà essere effettuata con tutti gli accorgimenti e la cura necessari perchè il giunto risulti rettilineo, regolare e della larghezza stabilita. Durante le operazioni di getto il bordo superiore delle tavolette dovrà essere protetto, formando lo spazio necessario all'inserimento del materiale di sigillatura. Il calcestruzzo che dovesse eventualmente riempire lo spazio del giunto andrà completamente rimosso.
Se previsto in progetto le lastre contigue saranno collegate attraverso i giunti di dilatazione con barre di trasferimento. Si dovranno impiegare i necessari dispositivi per assicurare e mantenere l'esatta posizione delle barre durante il getto, l'ancoraggio di una estremità ad una delle lastre ed il libero scorrimento dell'altra estremità nella lastra contigua, senza possibilità di spostamenti in senso verticale.
- Sigillatura dei giunti* La sigillatura dei giunti dovrà avvenire immediatamente dopo il termine del periodo di stagionatura protetta, e prima dell'apertura al traffico della pavimentazione.
Al momento dell'installazione la temperatura dovrà essere superiore ai 4°C per i prodotti preformati, ed ai 10°C per i prodotti colati. Al momento dell'installazione i giunti devono essere asciutti e perfettamente puliti (devono essere rimossi tutti i residui dei prodotti di protezione, ad esempio tramite sabbiatura, e quindi il giunto va pulito con aria compressa). Prima dell'installazione del materiale di sigillo i giunti dovranno essere ispezionati dalla Direzione Lavori che ne verificherà la larghezza, l'altezza, la linearità e la pulizia.

10A.8 – AUTORIZZAZIONE PER LA TRANSITABILITÀ DELLA LASTRA

Sulla lastra in calcestruzzo non potrà circolare alcun veicolo prima che siano trascorse almeno 72 ore dall'esecuzione dei getti salvo diversa indicazione del progetto con verifica delle resistenze raggiunte dal calcestruzzo al momento dell'apertura. Tale verifica sarà effettuata su provini confezionati con calcestruzzo prelevato al momento della stesa e maturati all'aperto in condizioni analoghe a quelle della lastra.
L'Impresa dovrà predisporre gli opportuni accorgimenti per evitare che autoveicoli di qualsiasi tipo possano anche accidentalmente transitare sulla lastra prima del termine sopraindicato e comunque dovrà provvedere alla riparazione dei danni arrecati da veicoli che non abbiano rispettato i segnali di divieto.
L'apertura al traffico non potrà avvenire prima che le prove di controllo sulla pavimentazione finita abbiano dimostrato il raggiungimento delle resistenze previste in progetto.

10A.9 – CONTROLLI

Il controllo della qualità dei materiali impiegati per la costruzione della pavimentazione in calcestruzzo e della loro posa in opera, deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sia allo stato fresco che indurito, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.
L'ubicazione dei prelievi, e la frequenza delle prove, sono indicati nella **Tabella 10A.4**.

- Qualità dei materiali* Prima dell'impiego l'Impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori i certificati attestanti le caratteristiche di tutti i materiali impiegati.
Ogni prelievo dei materiali impiegati (acqua, cemento, aggregati, aggiunte, additivi) deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli presso un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.
Le prove di qualificazione degli aggregati per l'accertamento dei requisiti richiesti nel paragrafo 10A.1 delle presenti Norme Tecniche, vanno ripetute ogni qualvolta varierà la

loro origine ed in ogni caso con una frequenza non inferiore a 6 mesi. Nel corso della lavorazione va controllata la distribuzione granulometrica di tutte le pezzature di aggregati lapidei utilizzate. Nella curva granulometrica di ciascuna pezzatura sono ammesse differenze delle singole percentuali di passante di:

- ± 5 per l'aggregato grosso;
- ± 3 per l'aggregato fino;

rispetto ai valori considerati nella fase di qualifica delle miscele (paragrafo 10-A.2). Differenze superiori comportano l'arresto dei lavori e lo studio di una nuova composizione per la miscela degli aggregati.

Controlli sul calcestruzzo fresco I controlli sono effettuati sul calcestruzzo prelevato all'atto della messa in opera (UNI 6126). Il prelievo delle miscele allo stato fresco sarà effettuato, su incarico della Direzione Lavori, da un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti che provvederà all'esecuzione delle prove nei tempi e nei modi previsti dalle norme tecniche adottate.

Fatte salve le tolleranze specificate nel seguito, le caratteristiche delle miscele allo stato fresco dovranno essere conformi alle specifiche di progetto ed ai valori di riferimento fissati nelle fasi di qualifica. In caso di non conformità la Direzione Lavori potrà ordinare l'arresto del cantiere e la riqualifica delle miscele all'impianto di produzione (paragrafo 10A.2).

La verifica della composizione del calcestruzzo è effettuata controllando la distribuzione granulometrica dell'aggregato, il contenuto di cemento ed il rapporto a/c secondo la modalità previste nella Norma UNI 6393. Nella curva granulometrica dell'aggregato combinato sono ammesse differenze delle singole percentuali di passante di:

- ± 5 per l'aggregato grosso;
- ± 3 per l'aggregato fino;

rispetto alla curva di progetto. Per il contenuto di cemento è ammessa una tolleranza del 3% mentre per il rapporto acqua cemento lo scarto massimo ammesso rispetto al valore indicato nella fase di qualifica è di 0.04.

Se è prescritto l'impiego di additivo aerante, sarà determinata la percentuale di aria inclusa, secondo le modalità previste nella Norma UNI 6395.

Dovrà inoltre essere effettuato il controllo della consistenza del calcestruzzo fresco.

Controlli sul calcestruzzo indurito Sono previste, in aggiunta alle prove di resistenza a compressione relative al controllo di accettazione (D.M. 9/1/96), prove di resistenza a flessione (UNI 6133) su provini confezionati prelevando il calcestruzzo fresco all'atto della posa in opera (UNI 6126) e prove di resistenza a compressione su carote estratte dalla pavimentazione. Tutte le prove di resistenza meccanica saranno effettuate presso un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Il numero dei prelievi da effettuare per il controllo di accettazione della resistenza caratteristica è specificato in progetto, nel rispetto del citato D.M. 9/1/96. Andrà inoltre effettuato almeno un prelievo di campioni cubici per la determinazione della resistenza a compressione contemporaneamente ad ogni prelievo di campioni prismatici per la determinazione della resistenza a flessione.

Saranno effettuati 3 prelievi per la misura della resistenza a flessione; le dimensioni dei provini saranno quelle specificate nella Norma UNI 6130. I prelievi, ciascuno di 2 provini, saranno rappresentativi dell'intera giornata di lavoro.

La Direzione Lavori preciserà di volta in volta, in funzione del metodo di stesa e compattazione adottato, e delle condizioni ambientali in cui si effettuano i getti:

- il metodo di compattazione dei provini;
- le loro condizioni di maturazione;

ed ogni altro elemento che, secondo le citate norme UNI, debba venire scelto al momento delle prove.

Dopo 3 giorni di maturazione sarà effettuata la prova di flessione, sui provini ottenuti dal primo prelievo. I risultati ottenuti, in relazione ai dati forniti nella relazione di qualifica delle miscele, serviranno a verificare l'efficacia dei sistemi di stagionatura e protezione

adottati. In tal senso la Direzione Lavori potrà ordinare il prolungamento della stagionatura protetta.

Dopo 28 giorni di maturazione sarà effettuata la prova di flessione sui provini ottenuti dal secondo e dal terzo prelievo. Sarà quindi calcolato il rapporto (k_f) tra il valore medio della resistenza a flessione (MR) ed il valore medio della resistenza a compressione (R_c) dei provini cubici prelevati contemporaneamente ($MR = k_f R_c$).

Se previste in progetto verranno eseguite prove di resistenza al gelo su campioni di calcestruzzo indurito. I provini non dovranno presentare alcun degrado quando sottoposti alla prova eseguita con le modalità di cui alla norma UNI 7087.

Il controllo della qualità del calcestruzzo in opera sarà eseguito sulla lastra finita, a prescindere dall'esito dei controlli di accettazione, e delle altre prove effettuate sul calcestruzzo durante messa in opera. Verrà determinata la resistenza a flessione del calcestruzzo in sito in base al rapporto tra resistenza a flessione e resistenza cubica a compressione ottenuto sui campioni confezionati al momento del getto.

Per l'esecuzione dei controlli è previsto il prelievo di carote dalla pavimentazione finita e la loro rottura a 28 giorni dal getto.

Il prelievo dei campioni, da eseguire in contraddittorio, e la loro conservazione, dovrà avvenire secondo quanto previsto dalla Norma UNI 6131 e sarà effettuato da Laboratori riconosciuti dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. Ogni prelievo sarà costituito da 3 carote. Il diametro delle carote dovrà essere superiore a 100mm (preferibilmente 150mm) e comunque maggiore di 4 volte la dimensione massima effettiva dell'aggregato impiegato, bisognerà inoltre porre la massima cura nell'evitare la presenza di porzioni di barre di armatura.

La preparazione dei provini (taglio, rettifica, cappaggio) e la loro rottura è eseguita secondo la Norma UNI 6132. La loro altezza dovrà essere compresa tra 1 e 2 volte il diametro della carota (preferibilmente 1.2 volte). Per passare dalla resistenza a compressione misurata sui campioni cilindrici (R_{cil}), alla resistenza cubica a compressione (R_{cc}) del calcestruzzo in opera, si utilizzerà la seguente relazione:

$$R_{cc} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 R_{cil}$$

$$\alpha_1 = \frac{D}{1.5 + \frac{\Phi}{h}} \quad \begin{array}{l} D = 2.5 \text{ per carote prelevate orizzontalmente} \\ D = 2.3 \text{ per carote prelevate verticalmente} \end{array}$$

$$\alpha_2 = 1.0 + 1.5 \frac{\Phi_r d}{\Phi_l} \quad (\text{solo in caso di presenza, all'interno della carota, di barre di armatura ortogonali all'asse della carota stessa})$$

$$\alpha_3 = 1.20 \quad (\text{per tenere conto del disturbo arrecato dal prelievo})$$

Φ : diametro della carota Φ_r : diametro della barra
 h : altezza della carota l : lunghezza del campione prima del cappaggio
 d : distanza dell'asse della barra dall'estremità più vicina della carota

Nel caso in cui siano presenti più barre di armatura, andrà considerata nel calcolo solamente quella che dà il valore più elevato del prodotto ($\Phi_r d$).

Dalla resistenza cubica del calcestruzzo in opera si passerà quindi alla resistenza a flessione in base al valore k_f determinato dalle prove effettuate sui prelievi al momento della posa in opera. Qualora la resistenza a flessione così determinata sia inferiore a quanto previsto negli elaborati di progetto, sui tratti relativi ai prelievi non conformi verrà applicata una penale pari all'80% dell'importo della lastra.

Capacità portante Sulla pavimentazione finita, il controllo della capacità portante si esegue mediante indagine sul bacino di deflessione o con la stima delle caratteristiche meccaniche dei diversi strati costituenti la sovrastruttura.

La capacità portante della pavimentazione può essere determinata con prove dinamiche tipo FWD, o con sistemi analoghi. Per l'accettazione della sovrastruttura deve verificarsi che i valori di deflessione misurati devono essere uguali o minori di quelli ammessi nel calcolo di progetto in relazione alla vita utile prevista per la pavimentazione.

La media dei risultati sui tronchi omogenei (di lunghezza massima di 1 Km) deve essere confrontata con il valore previsto in progetto. Per risultati superiori fino al 10% alla pavimentazione (tutti gli strati) viene applicata una detrazione del 10% del prezzo; per risultati superiori compresi tra il 10% e il 15% viene applicata una penale del 20% per tutto il tratto omogeneo. Per misure di deflessione superiori al 20% del valore ammissibile di progetto, la pavimentazione deve essere demolita e rifatta a spese dell'Impresa. Se lo strato risulta già sanzionato per carenze dovute agli strati inferiori la detrazione verrà applicata solo per l'eventuale differenza, estesa agli strati sovrastanti.

Spessore Lo spessore della pavimentazione viene determinato, per ogni tratto omogeneo di stesa, facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate dalle carote estratte dalla pavimentazione, scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5%.

Sarà possibile in alternativa misurare lo spessore con apparecchiature automatiche i cui rilevamenti siano stati precedentemente tarati utilizzando le carote estratte.

Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco, per ogni mm di materiale mancante. Per carenze superiori al 20% dello spessore di progetto la pavimentazione sarà demolita e ricostruita a spese dell'Impresa.

Regolarità Il controllo della regolarità riguarderà sia il profilo trasversale che quello longitudinale. La superficie della pavimentazione sarà controllata in ogni direzione, per mezzo di un regolo rigido di 4 m di lunghezza, entro 24 ore dalla stesa del calcestruzzo.

In caso di irregolarità comprese tra i 6 ed i 13 mm è richiesta la loro eliminazione mediante molatura, se superano i 13 mm la pavimentazione, per il tratto interessato dall'irregolarità sarà demolita e ricostruita a spese dell'Impresa.

Il controllo della regolarità del profilo longitudinale sarà effettuato mediante la rilevazione del profilo longitudinale della pavimentazione, secondo la norma ASTM E950 ed il successivo calcolo dell'indice IRI. Le apparecchiature utilizzate dovranno essere di classe 1 e dovranno effettuare il rilievo con un intervallo di campionamento inferiore a 30 cm.

Le misure del profilo longitudinale interesseranno almeno una corsia e dovranno essere eseguite in un periodo di compreso tra 3° ed il 90° giorno dall'apertura al traffico. L'indice IRI è calcolato impiegando l'algoritmo riportato dalla Norma ASTM E1926.

Per i tratti rilevati dovranno essere costruiti dei profili di regolarità (riportando i valori di IRI in funzione della posizione) utilizzando una base di riferimento della lunghezza di 20m. In questi profili il valore dell'IRI non dovrà essere superiore a 1.5 m/km.

Per i tratti in cui il valore dell'IRI sia compreso tra 1.5 e 2 m/km verrà applicata una penale del 20% sulla lunghezza del tratto. Nel caso in cui il valore superi i 2 m/km verrà applicata una penale del 50%.

Aderenza Il Coefficiente di Aderenza Trasversale (CAT) della pavimentazione misurato con l'apparecchiatura SCRIM (CNR 147/92) deve risultare superiore o uguale a 0.60. In alternativa si può determinare la resistenza di attrito radente con lo Skid Tester (CNR 105/85) che deve fornire valori di BPN (British Pendulum Number) maggiori o uguali a 60.

L'altezza di sabbia (HS), determinata secondo la metodologia CNR 94/83, o mediante apparecchiature a rilievo continuo⁵, deve essere superiore o uguale a 0.4 mm. Le misure di macrorugosità eseguite con altri metodi andranno riferite ad HS con opportune correlazioni.

⁵ Mini texture meter (WDM - TRRL), SUMMS, ecc.

Le misure di CAT e HS devono essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 15° ed il 90° giorno dall'apertura al traffico, per ogni corsia, con un "passo di misura" di 10 m. I valori misurati possono, eventualmente, essere mediati ogni 50 m per tenere conto di disomogeneità occasionali e localizzate.

Qualora il valore medio di CAT o HS, per ciascuna tratta omogenea (tratti di pavimentazione nei quali ricadono almeno 4 valori dell'indicatore distribuiti statisticamente secondo una distribuzione "normale") o per ciascuna tratta da 50 m (misure di HS con "mini texture meter"), sia inferiore ai valori prescritti, la lastra in calcestruzzo verrà penalizzata del 5% del suo costo.

Nei casi in cui il valore medio di CAT o di HS sia inferiore o uguale rispettivamente a 0.40 e 0.25 mm si deve procedere all'asportazione completa con fresa dello strato e alla stesa di un nuovo strato. In alternativa si può procedere all'effettuazione di trattamenti di irruvidimento per portare il valore deficitario al disopra della soglia di accettabilità. Se comunque al termine di tali operazioni, pur avendo superato il limite di accettabilità, non si raggiungessero i valori prescritti verrà applicata la detrazione del 10% del prezzo della lastra.

Tabella 10A.4

PAVIMENTAZIONE IN CALCESTRUZZO NON ARMATA			
Controllo dei materiali e verifica prestazionale			
TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE MISURA	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Aggregato	Impianto	Iniziale quindi ogni 12 mesi	Riferimento Par. 10-A.1
Acqua	Impianto	Iniziale	Riferimento Par. 10-A.1
Cemento	Impianto	Iniziale	Riferimento Par. 10-A.1
Additivi	Impianto	Iniziale	Riferimento Par. 10-A.1
Aggiunte	Impianto	Iniziale	Riferimento Par. 10-A.1
Aggregato	Impianto	Settimanale oppure ogni 5000 m ² di stesa	Granulometria
Calcestruzzo fresco	Cantiere	Giornaliera	Composizione Contenuto d'aria Consistenza
Calcestruzzo Indurito	Cantiere	Giornaliera	Resistenze meccaniche di progetto
Carote per resistenze	Pavimentazione	Giornaliera oppure ogni 1000 m ² di stesa	Resistenze meccaniche di progetto
Carote per spessori	Pavimentazione	Giornaliera oppure ogni 1000 m ² di stesa	Spessori di progetto
Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 100 m di stesa	Bacino di deflessione uguale o minore di quello ammesso in progetto
Pavimentazione	Pavimentazione	Tutta la pavimentazione	Irregolarità < 6mm
Pavimentazione	Pavimentazione	Misura in continuo con base di misura di 20m	IRI < 3 m/km
Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 10 m di fascia di stesa	CAT ≥ 0,60 (media su 50m) BPN ≥ 60 (ogni 50 m)
Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 10 m di fascia di stesa	HS ≥ 0,4 mm (media su 50 m)