



*Presidenza del Consiglio Superiore
dei Lavori Pubblici
Servizio Tecnico Centrale*

Raccolta di
Linee Guida su

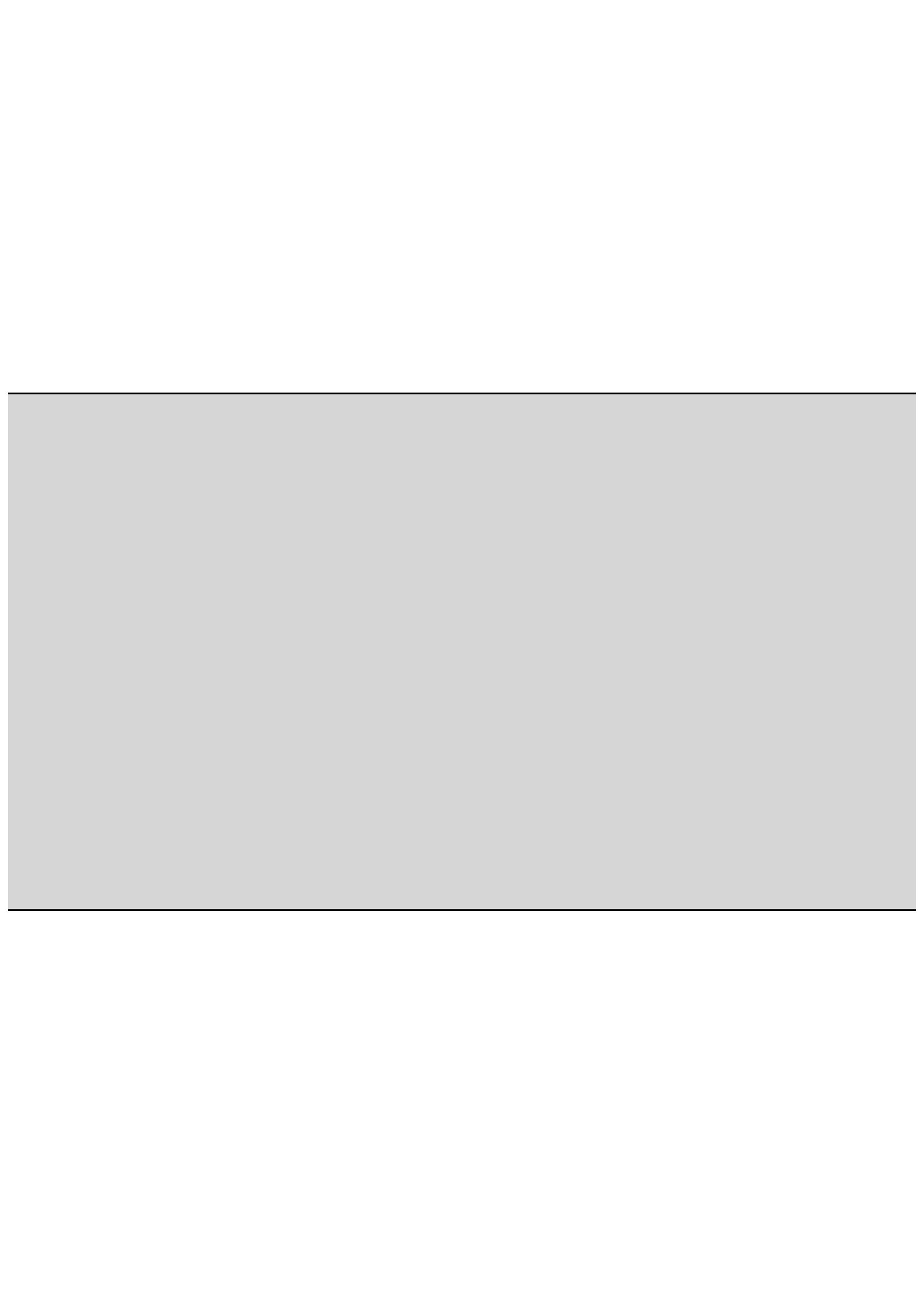
Calcestruzzo
preconfezionato

Calcestruzzo
strutturale ad alta resistenza

Calcestruzzo
strutturale

**PROGETTO
ULISSE**

**AITEC
ASSOBETON
ATECAP**





*Presidenza del Consiglio Superiore
dei Lavori Pubblici
Servizio Tecnico Centrale*

Raccolta di
Linee Guida su

Calcestruzzo
preconfezionato

Calcestruzzo
strutturale ad alta resistenza

Calcestruzzo
strutturale

**PROGETTO
ULISSE**

**AITEC
ASSOBETON
ATECAP**

Premessa

Il 7 febbraio 2003 il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ha approvato il testo ufficiale delle nuove Linee Guida sul Calcestruzzo Preconfezionato. La collaborazione instaurata con il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti per l'elaborazione di questo documento è frutto della considerazione che la nostra categoria e l'Associazione che la rappresenta hanno saputo meritarsi nel loro continuo impegno a favore del miglioramento delle prestazioni, dell'affidabilità e delle qualità dei propri prodotti e servizi. Grazie a questa collaborazione l'ATECAP è in grado di rappresentare in modo costruttivo le esperienze e le conoscenze del settore in occasione dello sviluppo di nuove Linee Guida sulla Tecnologia del Calcestruzzo o della revisione di norme ad essa collegate.

Il valore di tutto questo è anche nell'impegno che l'ATECAP pone nella loro divulgazione sul territorio nazionale attraverso i propri associati, con seminari e convegni e con una larga distribuzione a uffici tecnici pubblici e privati, imprese e produttori di calcestruzzo, della documentazione tecnica relativa, anche attraverso la rivista *In Concreto*.

Sono certo che le Linee Guida sul Calcestruzzo Preconfezionato, saranno sempre inserite in molte prescrizioni di capitolato, per l'affidabilità delle prestazioni che esse assicurano.

Non solo, ma anche la convinzione che molte aziende sono già pronte ad applicarle, o le stanno già applicando, per i positivi vantaggi tecnici e di qualificazione che esse comportano e per i risultati economici che esse favoriscono, frutto dell'efficienza organizzativa e gestionale che esse indicano.

L'importanza delle indicazioni ministeriali e l'opportunità di disporre di uno strumento di facile consultazione, ha suggerito di raccogliere in un unico volume anche i testi delle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale e quelle su calcestruzzi strutturali ad alta resistenza. Questa iniziativa si pone nell'ambito delle attività programmate da "Progetto Ulisse" voluto e sostenuto da AITEC (Associazione Italiana Tecnico Economica del Cemento), ASSOBETON (Associazione Nazionale Industrie Manufatti Cementizi) e ATECAP (Associazione Tecnico-Economica Del Calcestruzzo Preconfezionato).

Dott. Ing. Michele Valente
(Presidente ATECAP)



Presentazione



La sicurezza strutturale e l'affidabilità dei materiali e dei relativi sistemi costruttivi investono direttamente la competenza istituzionale del Consiglio Superiore, nell'ambito della tradizionale attività tecnico-scientifica nel settore della sicurezza delle costruzioni. In relazione a tale competenza, nella direttiva del 2002, che definisce gli "Obiettivi Generali delle politiche pubbliche del Consiglio Superiore", è stato stabilito che: "il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici nello svolgimento dei propri compiti istituzionali terrà prioritariamente in considerazione l'aspetto della sicurezza in ogni attività amministrativa, culturale e tecnica".

In tale contesto di azione normativa, si colloca la elaborazione delle "Linee Guida per la produzione, il trasporto ed il controllo del calcestruzzo preconfezionato".

Le Linee Guida, più in generale, rappresentano specifici documenti tecnici a carattere monografico, con una precipua finalità informativa ed illustrativa in ordine ai contenuti tecnico scientifici degli argomenti trattati, e delle relative ricadute rispetto al pertinente contesto normativo.

L'elaborazione delle "Linee Guida per la produzione, il trasporto ed il controllo del calcestruzzo preconfezionato", fornisce così un ulteriore contributo normativo per quanto attiene l'utilizzazione del calcestruzzo, elemento base delle costruzioni civili; tale documento si inserisce significativamente nell'opera di integrazione dell'attuale quadro normativo tecnico, di recente già avviata dalle "Linee Guida sul calcestruzzo strutturale" e da quelle sul calcestruzzo ad alta resistenza.

Le Linee Guida predisposte riguardano in particolare le procedure tecniche utilizzate nella produzione del calcestruzzo preconfezionato prodotto con metodi e processi industriali, oggi largamente impiegato nelle costruzioni. Perché le caratteristiche del calcestruzzo preconfezionato siano conformi a quanto prescritto dai progettisti, è necessario che il processo produttivo sia accuratamente controllato in ogni fase fino alla consegna in cantiere per la messa in opera.

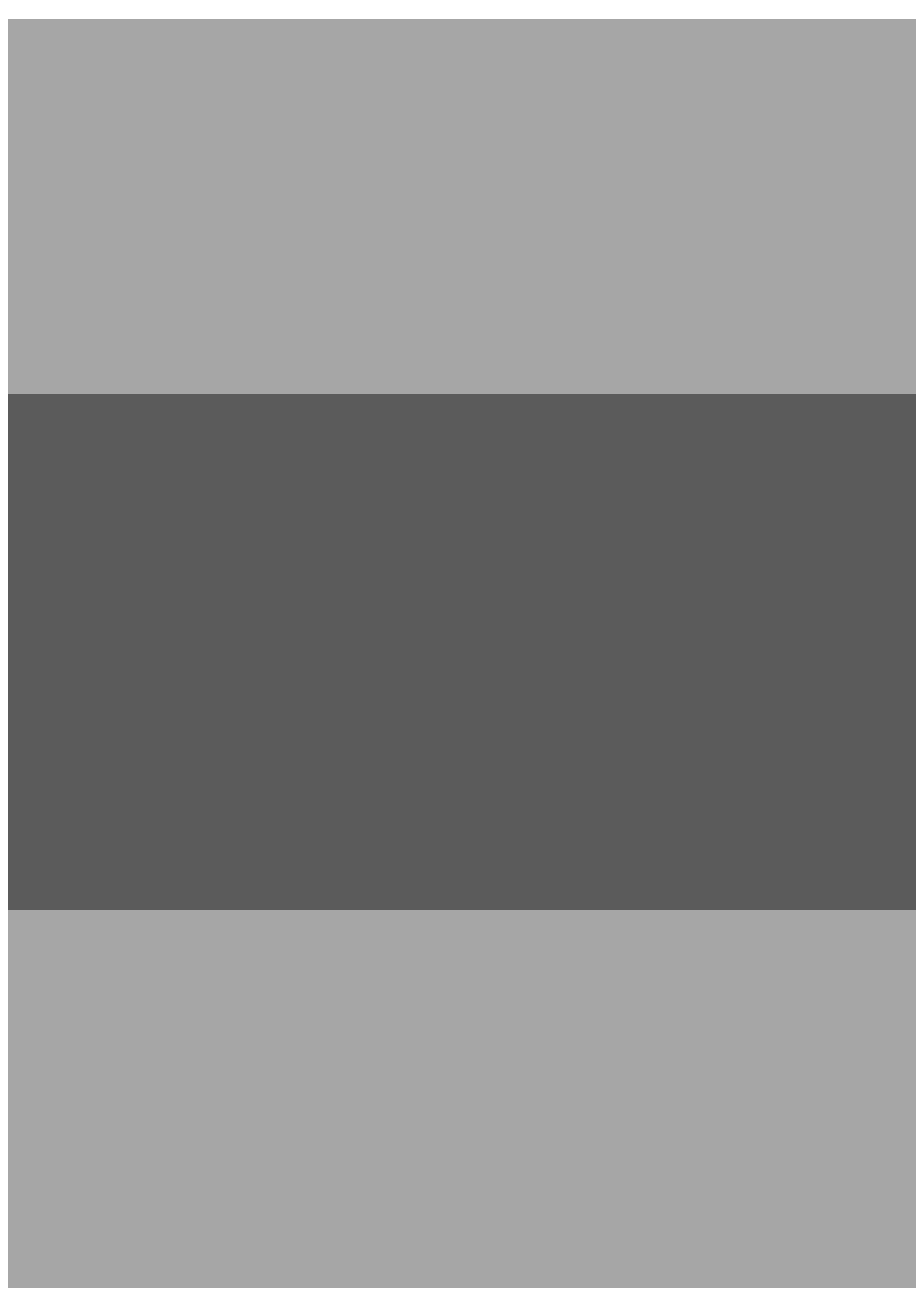
Da qui l'esigenza di disciplinare il settore, stabilendo, per le varie fasi del processo di produzione e di trasporto del calcestruzzo, i controlli necessari per soddisfare le prestazioni richieste in progetto.

Inoltre v'è l'esigenza di stabilire le diverse figure che, a vario titolo, sono coinvolte nel processo di produzione, trasporto ed accettazione del prodotto, i loro compiti e le relative responsabilità.

Il documento proposto affronta quindi gli aspetti fondamentali ai fini della qualità ed affidabilità di un materiale rilevante per la sicurezza statica delle opere, quali quelli relativi al confezionamento, al trasporto ed al controllo del calcestruzzo preconfezionato, aspetti non sempre adeguatamente trattati nella ordinaria pratica esecutiva delle costruzioni.

Va infine posto in rilievo che le Linee Guida rispondono anche ad una specifica finalità della Legge quadro in materia di opere pubbliche più nota come Legge Merloni, che, all'art. 8, estende la qualificazione dei soggetti esecutori di opere ai prodotti, ai processi, ai servizi ed ai sistemi di qualità impiegati dai soggetti stessi.

Dott. Ing. Marcello Mauro
(Presidente della Prima Sezione del Consiglio Superiore dei LL.PP.)





*Presidenza del Consiglio Superiore
dei Lavori Pubblici
Servizio Tecnico Centrale*

Raccolta di
Linee Guida per

la Produzione, il Trasporto e il Controllo del

Calcestruzzo
preconfezionato

| | | |
|-----------|--|----|
| 1. | Scopo e campo di applicazione | 12 |
| 1.1. | Scopo | 12 |
| 1.2. | Campo di applicazione | 12 |
| 2. | Ruoli funzionali | 12 |
| 3. | Prescrizioni per il calcestruzzo | 13 |
| 3.1. | Calcestruzzo a prestazione garantita | 13 |
| 3.1.1. | Prescrizioni di base | 13 |
| 3.1.2. | Prescrizioni aggiuntive | 13 |
| 3.2. | Calcestruzzo a composizione richiesta | 13 |
| 3.2.1. | Prescrizioni di base | 13 |
| 3.2.2. | Prescrizioni aggiuntive | 13 |
| 4. | Impianto di produzione | 13 |
| 4.1. | Depositi dei componenti | 13 |
| 4.1.1. | Insilaggio del cemento | 13 |
| 4.1.2. | Depositi degli aggregati | 14 |
| 4.1.3. | Depositi dell'acqua | 14 |
| 4.1.4. | Insilaggio delle aggiunte minerali | 14 |
| 4.1.5. | Depositi degli additivi | 14 |
| 4.2. | Apparecchiature di dosaggio | 15 |
| 4.3. | Controllo delle apparecchiature | 15 |
| 5. | Processo di produzione | 15 |
| 5.1. | Dosaggio dei componenti | 15 |
| 5.2. | Miscelazione dei componenti | 15 |
| 5.2.1. | Miscelazione in autobetoniera | 16 |
| 5.2.2. | Miscelazione nel mescolatore fisso | 16 |
| 5.3. | Movimentazione del calcestruzzo | 16 |
| 5.3.1. | Con autobetoniera | 17 |
| 5.3.2. | Con autocarro | 17 |
| 5.3.3. | Con pompa | 17 |
| 5.3.4. | Con nastro trasportatore | 17 |
| 6. | Controllo della qualità | 18 |
| 6.1. | Laboratorio di riferimento | 18 |
| 6.1.1. | Attrezzature | 18 |
| 6.1.2. | Controllo delle apparecchiature di prova | 18 |
| 6.2. | Controllo al ricevimento dei componenti | 18 |
| 6.3. | Progettazione delle miscele per calcestruzzi a prestazione | 19 |
| 6.3.1. | Calcestruzzi con caratteristiche speciali | 19 |
| 6.4. | Controllo del calcestruzzo | 19 |
| 6.5. | Valutazione delle conformità | 19 |
| 6.6. | Controllo statistico | 19 |
| 6.7. | Registrazione ed archiviazione dei risultati | 19 |
| 7. | Non conformità | 21 |
| 8. | Controlli al ricevimento del calcestruzzo | 23 |

1. Scopo e campo di applicazione

1.1. Scopo

Scopo delle presenti Linee Guida è quello di fornire indicazioni per la prescrizione, la produzione ed il controllo del calcestruzzo preconfezionato, conforme ai requisiti, delle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale predisposte dal Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici edizione Dicembre 1996.

1.2. Campo di applicazione

Riguarda la produzione di calcestruzzo strutturale. Nel caso di calcestruzzi speciali, oltre alle presenti Linee Guida, dovranno essere considerate prescrizioni aggiuntive specifiche per il tipo di calcestruzzo considerato.

2. Ruoli Funzionali

Le responsabilità, i ruoli e le interrelazioni di tutto il personale che gestisce, effettua e verifica le operazioni che incidono sulla qualità del calcestruzzo devono essere adeguatamente documentate. Ciò vale in particolare per quanto concerne quel personale che deve avere idonea autonomia organizzativa e autorità per identificare ogni problema relativo alla qualità della produzione e per intraprendere le necessarie azioni correttive al fine di minimizzare i rischi legati a un calcestruzzo non conforme.

Il livello di conoscenza, addestramento, esperienza e le attitudini del personale addetto alla produzione ed al controllo del processo di produzione devono essere adeguati al ruolo svolto.

Si individuano le figure nel seguito elencate.

Direttore: persona fisica cui compete la responsabilità della gestione aziendale e nei confronti dei terzi.

Responsabile del Controllo della Qualità: ruolo cui compete la responsabilità delle operazioni di autocontrollo della produzione e di elaborazione dei risultati conseguenti.

Tecnologo del calcestruzzo: ruolo cui compete la responsabilità della gestione delle attività di qualifica e controllo delle materie prime e di qualifica e definizione delle composizioni (ricette) di calcestruzzo.

Responsabile della produzione: persona fisica cui compete la responsabilità di presiedere e coordinare le attività connesse alla produzione di calcestruzzo, alla prestazione dei servizi connessi ed all'approvvigionamento delle materie prime.

Operatore di impianto: persona fisica responsabile delle operazioni di impianto che portano al dosaggio dei componenti, secondo le miscele fissate dal Tecnologo, alla loro immissione in autobetoniera ed alla consegna, da parte di queste, all'utilizzatore del calcestruzzo. Egli provvede alle verifiche di efficienza dell'impianto, ad accertarsi che vengano effettuate le normali operazioni di manutenzione ordinaria nonché a richiedere quelle straordinarie che si rendessero necessarie.

Autista: addetto alla conduzione dell'autobetoniera.

Delegato ai controlli al momento della consegna: persona incaricata dal produttore ad eseguire i controlli al momento della consegna e alla sottoscrizione del relativo verbale.

Addetto alla pompa: addetto alla operatività della pompa per calcestruzzo. Ad esso generalmente compete anche la conduzione su strada del mezzo.

I ruoli sopra indicati possono essere in parte cumulati nella stessa persona, purché questa ne abbia le necessarie competenze, con la eccezione del ruolo di Responsabile del Controllo della Qualità che non è cumulabile con alcun altro dei ruoli citati.

Le attività di formazione/addestramento devono essere pianificate periodicamente e avere una durata sufficiente ad assicurare ad ogni operatore le conoscenze necessarie per lo svolgimento delle sue attività specifiche.

Le attività di formazione ed addestramento devono avere per oggetto:

- conoscenze tecniche e tecnologiche specifiche;
- norme e leggi cogenti e/o applicabili;
- caratteristiche delle attività produttive, di consegna e di controllo;
- gestione degli scostamenti dai limiti di conformità relativi al processo/prodotto.

3. Prescrizioni per il calcestruzzo.

Il calcestruzzo deve essere identificato e prescritto in alternativa come calcestruzzo a prestazione garantita o come calcestruzzo a composizione richiesta, così come di seguito riportato:

3.1. Calcestruzzo a prestazione garantita

3.1.1. Prescrizioni di base

- Classe di resistenza caratteristica (indicando se cubica: R_{ck} o cilindrica: f_{ck});
- Classe di esposizione ambientale;
- Classe di consistenza, indicando il relativo metodo di misura;
- Diametro massimo nominale dell'aggregato in mm.

3.1.2. Prescrizioni aggiuntive

- Prescrizioni particolari richieste dal Progettista o dal Committente quali, ad esempio: la resistenza a breve termine, la resistenza a trazione o a flessione, il modulo elastico, il ritiro e, per il calcestruzzo autocompattante (SCC), le relative pertinenti specifiche integrative.
- Ulteriori prescrizioni che possono essere espressamente richieste contrattualmente.

3.2. Calcestruzzo a composizione richiesta

3.2.1. Prescrizioni di base

Dettaglio della composizione e comunque:

- dosaggio del cemento (in Kg/m^3);
- tipo e classe di resistenza del cemento;
- diametro massimo nominale degli aggregati (in mm);
- composizione granulometrica della miscela degli aggregati;
- tipo e dosaggio dell'eventuale additivo e/o aggiunta;
- classe di consistenza o rapporto acqua/cemento.

3.2.2. Prescrizioni aggiuntive

Ulteriori prescrizioni che possono essere espressamente richieste contrattualmente.

4. Impianto di produzione

4.1. Depositi dei componenti

Le materie prime devono essere così conservate: il cemento e le aggiunte in polvere in sili, gli additivi in cisterne o nelle confezioni originali, gli aggregati in tramogge o in cumuli distinti.

4.1.1. Insilaggio del cemento

I cementi debbono essere conformi alle vigenti disposizioni normative. Saranno conservati in sili che garantiscano la perfetta tenuta nei confronti dell'umidità atmosferica; ogni silo conterrà un unico tipo e classe di cemento; a tale scopo, le prese di carico corrispondenti ai diversi sili dovranno essere chiaramente identificate.

Dovrà essere evitata ogni possibilità di frammistione fra cementi (e/o altri materiali pulverulenti) tra un silo e l'altro.

Il posizionamento dei filtri deve essere tale da impedire che il materiale captato possa confluire in un carico di calcestruzzo per il quale sia previsto un cemento diverso.

4.1.2. Depositi degli aggregati

Gli aggregati devono essere approvvigionati o immagazzinati in quantità sufficiente a completare le produzioni programmate senza interruzioni di getto.

Il luogo di accumulo a terra degli aggregati dovrà essere di dimensioni adeguate e consentire l'immagazzinamento delle diverse pezzature tra loro separate così da impedirne la frammistione. Per ogni cumulo, accessibile da autocarri e/o da pale cariatrici, dovrà essere apposto un cartello, di idonea dimensione e lettura, indicante la classe granulometrica dell'aggregato eventualmente integrata dalla denominazione locale ricorrente. La superficie di appoggio di ogni cumulo dovrà essere conformata in modo tale da consentire il naturale allontanamento dell'acqua piovana e di percolazione.

L'impianto deve essere dotato di un numero di tramogge tale da consentire l'insilaggio distinto dei diversi tipi di aggregato. Le tramogge dovranno pertanto essere in numero almeno pari al numero di classi granulometriche di volta in volta utilizzate.

In caso di scarico diretto da autocarri o pale meccaniche, le tramogge dovranno avere larghezza superiore a quelle degli automezzi stessi ed essere munite di eventuali sovrariposte in modo tale da evitare rischi di travasi.

Le tramogge in cui scaricano gli automezzi adibiti alla consegna dovranno essere identificate con un cartello, di idonea dimensione e lettura, indicante la classe granulometrica dell'aggregato eventualmente integrata dalla denominazione locale ricorrente.

Lo stato di manutenzione delle tramogge dovrà assicurare che non avvenga frammistione fra gli aggregati delle diverse classi granulometriche.

Gli eventuali aggregati da riciclo dovranno provenire dalla frantumazione di materiale, ottenuto dalla demolizione di strutture in calcestruzzo, privato dei componenti estranei o teneri quali: laterizi, piastrelle, legno, materiali plastici, ecc. Essi potranno essere utilizzati solo per la produzione di calcestruzzi non strutturali.

4.1.3. Depositi dell'acqua

Ove si renda opportuno un accumulo di acqua destinata alla produzione di calcestruzzo, questo verrà realizzato mediante cisterne, serbatoi o bacini nei quali sia evitato il rischio di inquinamento con elementi dannosi al calcestruzzo.

Mediante un corretto attingimento e ripristino si dovrà in ogni caso assicurare che, a seguito di lunghi periodi di giacenza, non si formino materiali che causino ritardi di presa e/o indurimento.

In relazione alle condizioni ambientali, dovranno essere predisposte eventuali protezioni che consentano all'acqua di mantenere una temperatura tale da assicurare che il calcestruzzo possa essere prodotto nelle adeguate condizioni.

4.1.4. Insilaggio delle aggiunte minerali

Le aggiunte minerali dovranno essere immagazzinate se consegnate in sacchi, conservate in sili se consegnate sfuse, o in cisterne se liquide. I depositi dovranno essere chiaramente identificati mediante cartelli di idonea dimensione e lettura.

Le aggiunte consegnate non sfuse, dovranno essere conservate nelle confezioni originali e in luoghi che ne assicurino una ottimale conservazione.

Non è consentito immagazzinare aggiunte di diverso tipo miscelandole fra loro.

4.1.5. Depositi degli additivi

Gli additivi consegnati sfusi dovranno essere depositati in cisterne opportunamente identificate. Se consegnati nelle confezioni originali, verranno depositati in appositi luoghi che ne assicurino una ottimale conservazione.

Le cisterne esterne, se presenti, dovranno essere opportunamente protette per limitare gli effetti delle basse/alte temperature.

4.2. Apparecchiature di dosaggio

Per ogni carico di almeno tre metri cubi di calcestruzzo, le caratteristiche delle apparecchiature di dosaggio devono essere tali da realizzare e mantenere, nelle normali condizioni operative, le tolleranze indicate nel **Prospetto 1**.

Se più impasti o pesate costituiscono un unico carico, le tolleranze del Prospetto 1 si applicano al carico complessivo.

Prospetto 1

Limiti di tolleranza nel dosaggio dei materiali componenti.

| Materiale | Limite di tolleranza |
|---|------------------------------------|
| Cemento | |
| Acqua | |
| Aggregato totale | $\pm 3\%$ sulla quantità richiesta |
| Additivi e aggiunte impiegate in quantità $>5\%$ in massa rispetto al peso del cemento | |
| Additivi e aggiunte impiegate in quantità $<15\%$ in massa rispetto al peso del cemento | $\pm 5\%$ sulla quantità richiesta |

I cementi, gli aggregati e le aggiunte in polvere devono essere dosati in massa mediante pesatura. Ove i componenti fossero contenuti in confezioni originali, dal peso garantito dal loro produttore, l'immissione nel carico di un determinato numero di confezioni è equiparato al dosaggio in massa del corrispondente peso.

L'acqua d'impasto, gli aggregati leggeri fino ad una massa in mucchio pari a 600 Kg/m^3 , gli additivi e le aggiunte in forma liquida possono essere dosati a volume.

4.3. Controllo delle apparecchiature

Deve essere predisposto, un programma dei controlli, sia interni che di terzi, delle tarature degli strumenti e delle apparecchiature utili al dosaggio dei componenti (bilance, dosatori degli additivi, misuratori d'acqua, ...) che rispetti le frequenze minime riportate nel **Prospetto 2**. I controlli sulle bilance dovranno garantirne e documentarne la riferibilità metrologica. Gli strumenti e le apparecchiature utili alla produzione sono soggette, oltre che ai controlli interni periodici, anche ai controlli indicati nel Prospetto 2.

5. Processo di produzione

5.1. Dosaggio dei componenti

Il cemento e le aggiunte in polvere possono essere dosati nello stesso dispositivo, l'acqua, le eventuali altre aggiunte liquide e gli additivi dovranno essere dosati con dispositivi separati usati esclusivamente per ciascuno di essi. Per le diverse classi granulometriche gli aggregati dovranno essere dosati per pesate singole o cumulative progressive.

Dovrà essere eseguita la compensazione del peso delle sabbie, in relazione alla loro umidità, con conseguente variazione del quantitativo d'acqua immesso.

La compensazione del quantitativo d'acqua immesso con il peso degli aggregati grossi, sarà operata sulla base della percentuale di umidità corrispondente alle rilevazioni effettuate durante i più recenti controlli periodici effettuati sugli stessi.

5.2. Miscelazione dei componenti

L'impasto dovrà avere:

- coesività tale da poter essere trasportato e movimentato senza che si verifichi la segregazione dei singoli elementi;
- lavorabilità conforme a quella richiesta e riportata nel documento di trasporto.

Prospetto 2
Controllo delle
apparecchiature.

| | Oggetto o Apparecchiatura | Esame/prova | Finalità | Frequenza minima |
|---|--|---|---|---|
| 1 | Mucchi, depositi, ecc. | Ispezione visiva | Verificarne la conformità alle specifiche | Una volta alla settimana |
| 2 | Apparecchiatura di pesatura | Ispezione visiva del funzionamento | Verificare che l'apparecchiatura di pesatura sia in buone condizioni e che funzioni senza impedimenti | Ogni giorno |
| 3 | | Determinazione della sicurezza | Per verificare la rispondenza al prospetto 1 Verificare la rispondenza al DLgs 29/12/92 n.517 | All'installazione Annuale, e comunque ogni 50.000 m ³ prodotti per sistema di pesatura (o catena metrica) |
| 4 | Distributore degli additivi (inclusi quelli montati sulle autobetoniere) | Esame visivo del funzionamento | Verificare che l'apparecchiatura di somministrazione sia in buone condizioni e che funzioni correttamente | All'installazione Annuale |
| 5 | | Prova di accuratezza | Verificare la rispondenza al prospetto 1 (limiti di tolleranza $\pm 5\%$) | All'installazione Annuale |
| 6 | Misuratore d'acqua | Prova di accuratezza | Verificare la rispondenza al prospetto 1 (limiti di tolleranza $\pm 3\%$) | All'installazione Annuale |
| 7 | Apparecchiature (eventuali) per la misurazione in continuo della umidità degli aggregati | Confronto della U.R. effettiva con la U.R. rilevata | Verificare accuratezza | All'installazione Mensile |
| 8 | Mescolatori (autobetoniere incluse) | Ispezione visiva | Verifica dell'usura dell'apparecchiatura di mescolazione | Ogni 2000 m ³ prodotti e/o trasportati e comunque trimestrale |

5.2.1. Miscelazione in autobetoniera

Nel caso di impianto privo di mescolatore fisso, le autobetoniere devono essere in grado di ottenere una miscelazione intima dei materiali componenti e una consistenza del calcestruzzo uniforme nell'intero carico.

Onde garantire la corretta miscelazione dell'impasto, occorre che l'autobetoniera:

- non sia caricata per un volume di calcestruzzo reso superiore a quello indicato dal suo costruttore;
- i componenti l'impasto, per quanto possibile, vengano immessi in modo uniforme durante il carico;
- al termine della fase di carico e prima di iniziare il trasporto, ruoti alla massima velocità prevista dalla casa costruttrice per almeno 4 minuti primi.

5.2.2. Miscelazione nel mescolatore fisso

Nel caso di impianto con mescolatore fisso, onde garantire la corretta miscelazione dell'impasto, la durata della miscelazione deve essere maggiore di 30 secondi.

5.3. Movimentazione del calcestruzzo

Il trasporto del calcestruzzo dal luogo del confezionamento a quello di impiego, dovrà avvenire utilizzando mezzi e attrezzature idonee a evitare che si verifichi la segregazione dei vari componenti dell' impasto o il deterioramento dell' impasto stesso.

5.3.1. Con autobetoniera

Durante il trasporto e successivamente, in caso di attesa dello scarico, la betoniera deve rimanere costantemente in movimento.

In linea di massima, in relazione alle condizioni ambientali, salvo che non vengano previste idonee misure (quali la aggiunta di additivi ritardanti), il calcestruzzo dovrà essere messo in opera entro 2 h dal momento in cui è stata introdotta l'acqua nella miscela (corrispondente all'ora di carico della autobetoniera). A tal fine il Documento di Trasporto (DDT) dovrà riportare l'ora di consegna convenuta e la durata prevista delle operazioni di getto.

Tipo e quantità di ogni eventuale aggiunta di acqua e/o additivi che dovesse essere effettuata in fase preliminare alla consegna, sotto la responsabilità del produttore, deve essere prevista in produzione, non alterare le prestazioni prescritte ed, essere registrata sul documento di trasporto. Non sono ammesse aggiunte di acqua o additivi alla consegna. Le autobetoniere dovranno essere soggette a manutenzione programmata e tenute in buone condizioni operative, in modo che le proprietà del calcestruzzo non ne vengano negativamente influenzate.

5.3.2. Con autocarro

Il trasporto del calcestruzzo con autocarro può avvenire a condizione che:

- il calcestruzzo venga mescolato da un mescolatore fisso di impianto;
- il calcestruzzo abbia consistenza umida e la lunghezza del percorso e la sua accidentalità siano tali da non causare la segregazione dell' impasto;
- non siano stati immessi additivi aeranti;
- il cassone dell' autocarro sia a tenuta stagna ad evitare perdite di boiaccia;
- la messa in opera avvenga, in relazione alle condizioni ambientali, entro 20/40 minuti dall'immissione dell'acqua nel mescolatore fisso.

5.3.3. Con pompa

La movimentazione del calcestruzzo mediante pompa non ne deve alterare la composizione. Si raccomanda che la pompabilità risulti assicurata da:

- una corretta composizione granulometrica;
- un adeguato contenuto di parti fini;
- l'eventuale inserimento di aggiunte e/o additivazioni atte ad evitare aggiunte di acqua. È fatto divieto di procedere ad aggiunte di acqua, additivi e qualsiasi altra sostanza nella tramoggetta di alimentazione della pompa.

Nel caso di interruzione del flusso di pompaggio, per qualsiasi ragione, l'addetto alla pompa avrà cura di procedere a frequenti brevi aspirazioni e spinte del calcestruzzo per tenerlo in movimento all'interno delle tubazioni.

Nella messa in opera si raccomanda che:

- il terminale in gomma della pompa sia posto in posizione verticale per evitare la segregazione dell' impasto;
- nel caso di getti verticali, la tubazione della pompa venga fatta penetrare il più possibile nel cassero per ridurre al minimo il rischio di segregazione. dell' impasto;
- nel caso di getti su soletta, si eviti l'accumulo di rilevanti quantità di calcestruzzo.

5.3.4. Con nastro trasportatore

In fase di messa in opera la movimentazione del calcestruzzo a mezzo di nastro trasportatore deve essere tale da evitarne la segregazione.

A tal fine è indispensabile che:

- l'inclinazione del nastro sia tale da non causare il riflusso del calcestruzzo a nastro fermo;
- la tensione del tappeto e la distanza tra i rulli sia tale da non causare evidenti sobbalzi alla massa di calcestruzzo;
- al termine del nastro, il calcestruzzo finisca in una tramoggetta che ne permetta lo scarico verticale nel punto di messa in opera.

È fatto divieto di procedere ad aggiunte di acqua, additivi e qualsiasi altra sostanza direttamente sul nastro.

6. Controllo della qualità

Ogni produzione di calcestruzzo deve essere soggetta ad autocontrollo attuato mediante personale qualificato e la disponibilità di un laboratorio di riferimento correttamente attrezzato allo scopo di fornire gli strumenti utili a:

- verificare la rispondenza delle materie prime impiegate alle norme ed alle esigenze della propria produzione;
- progettare correttamente le miscele;
- controllare il livello qualitativo della produzione;
- fornire elementi informativi a Progettista, Committente, Utilizzatore.

L'autocontrollo può essere demandato, purché in forma continuativa, ad una struttura esterna.

Tutti i risultati dell'autocontrollo, relativi sia al calcestruzzo che alle materie prime impiegate, debbono essere registrati e conservati per almeno 2 anni.

6.1. Laboratorio di riferimento

6.1.1. Attrezzature

Il laboratorio di riferimento deve essere attrezzato almeno delle seguenti apparecchiature:

- termometri di ambiente (min. e max.) e per calcestruzzo;
- forno per l'essiccazione dei campioni di aggregato;
- serie di setacci UNI;
- bilancia di precisione (lettura minima 1g);
- attrezzatura per la determinazione dell'equivalente in sabbia;
- cilindri graduati e burette;
- contenitore rigido, di volume noto, per la determinazione della densità del cls fresco;
- cono di Abrams;
- porosimetro;
- mescolatore per calcestruzzo da laboratorio;
- adeguato numero di cubiere secondo UNI;
- vasca/ambiente di maturazione secondo UNI;
- bilancia con portata compresa tra 20 e 50 Kg.;
- pressa per le prove di compressione, di classe 1 (min. 200 t) conforme alla UNI EN 12390-4 in caso di produzione di calcestruzzo autocompattante (SCC);
- ulteriori attrezzature necessarie al controllo di questo materiale.

6.1.2. Controllo delle apparecchiature di prova

In assenza di disposizioni normative, le apparecchiature di misurazione e prova vanno controllate con frequenza minima annuale od ogni qual volta emergano dubbi sulla loro affidabilità. I verbali di verifica delle tarature vanno conservati.

6.2. Controllo al ricevimento dei componenti

I componenti non devono essere impiegati senza essere stati prima controllati o senza

che sia stata accertata la loro conformità ai requisiti specificati.

Le prove devono essere effettuate seguendo le indicazioni delle norme di prova e le frequenze minime citate nel **Prospetto 3**. Per ciascuna di esse dovrà essere redatto un apposito verbale.

6.3. Progettazione delle miscele per calcestruzzi a prestazione

La progettazione delle miscele compete unicamente al Tecnologo del calcestruzzo: l'operatore di impianto è tenuto al loro rispetto.

La progettazione delle miscele a prestazione si articola in più fasi:

- progettazione della composizione granulometrica;
- determinazione delle quantità di aggregato utile ad ottenere il volume di 1 m³ di calcestruzzo costipato a rifiuto (es. metodo litrico);
- scelta del tipo e classe di cemento e determinazione del dosaggio in grado di assicurare l'ottenimento della resistenza caratteristica richiesta alla consistenza voluta;
- determinazione delle eventuali quantità di aggiunte e additivi;
- verifica che il rapporto acqua/cemento derivante soddisfi la classe di esposizione prevista.

In impianto debbono essere presenti ed utilizzate solo ricette attuali e progettate secondo quanto sopra specificato.

La definizione della miscela è funzione della resistenza media di progetto R_{cm} . Per ogni resistenza caratteristica R_{ck} oggetto di produzione dovrà essere documentato il metodo di determinazione della corrispondente resistenza media di progetto R_{cm} .

6.3.1. Calcestruzzi con caratteristiche speciali

In aggiunta agli elementi contenuti nel precedente punto 6.3, la progettazione dei calcestruzzi con caratteristiche speciali dovrà tenere conto degli aspetti propri della particolare tecnologia che li caratterizza.

Nel caso di calcestruzzo autocompattante (S.C.C.) la resistenza alla segregazione, la capacità di passare attraverso i ferri di armatura e quella di riempire le casseforme in maniera omogenea, sono proprietà che devono essere raggiunte con uno studio accurato e provate con attrezzature specifiche.

6.4. Controllo del calcestruzzo

I controlli vanno eseguiti con le frequenze riportate nel **Prospetto 4**. Per ciascuna prova dovrà essere redatto un apposito verbale.

6.5. Valutazione delle conformità

La produzione di calcestruzzo deve essere controllata dal produttore stesso al fine di verificarne la conformità delle prestazioni reali rispetto quelle richieste.

6.6. Controllo statistico

La resistenza alla compressione va valutata sulla base di uno strumento di analisi statistica che consenta, in via continuativa, la definizione della resistenza media e la inequivocabile determinazione dello scarto quadratico medio.

Per calcestruzzi normali appartenenti alle classi di resistenza da C20/25 fino a C50/55, il campionamento, le prove e il controllo statistico possono essere effettuati su miscele singole o su famiglie di calcestruzzi per le quali siano state individuate idonee leggi di correlazione.

L'uso delle famiglie di calcestruzzo è limitato al controllo in continuo della produzione.

Prospetto 3
Controllo dei
componenti.

| Materiale | Esame/prova | Finalità | Frequenza minima | Norme di riferimento |
|------------------|---|--|--|---------------------------------|
| 1 Cementi | Esame del documento di consegna e del marchio di conformità prima dello scarico | Verificare se la consegna è conforme all'ordine e proviene dal fornitore atteso | A ogni consegna | D. M. 314/99 |
| 2 Aggregati (1) | Esame del documento di consegna prima dello scarico | Verificare se la consegna è conforme all'ordine e proviene dal fornitore atteso | A ogni consegna | |
| 3 | Esame visivo dell'aggregato prima dello scarico | Confronto con un aggregato di aspetto normale per quanto riguarda granulometria, dimensioni e presenza di impurità | Ogni giorno/ogni 100 m ³ di cls. prodotti | |
| 4 | Analisi granulometrica | Verificare la conformità con la granulometria di norma o concordata | Qualifica di nuova fornitura: prima consegna. In caso di dubbio conseguente all'esame visivo. Bimestrale | UNI EN933-1 |
| 5 | Passante a 0.075 mm | Accertare la quantità delle parti finissime (filler o impurità) | Qualifica di nuova fornitura: prima consegna. Bimestrale. In caso di dubbio | UNI 8520/7 |
| 6 | Determinazione del coefficiente di imbibizione e della massa volumica | Determinare l'acqua trattenuta e le caratteristiche delle singole pesate | Qualifica di nuova fornitura: prima consegna | UNI EN 1097 (in fase di stampa) |
| 7 | Equivalente in sabbia e valore di blu | Determinare la presenza di impurità | Qualifica di nuova fornitura: prima consegna. Semestrale. In caso di dubbio | EN 933/9 EN 933/8 |
| 8 | Minerali reattivi | Verificare la eventuale presenza di sostanze dannose | Qualifica di nuova fornitura: prima consegna (nelle zone a rischio) | UNI 8520/4 EN 932-3 |
| 9 | Solfati | Verificare la eventuale presenza di sostanze dannose | In caso di dubbio | EN 1744-1 |
| 10 | Cloruri solubili | Verificare la eventuale presenza di sostanze dannose | In caso di dubbio | EN 1744-1 |
| 11 | Sostanze organiche | Verificare la eventuale presenza di sostanze dannose | Prima fornitura. Ogni due mesi. in caso di dubbio | UNI 8520/14 EN 1744-1 |
| 12 | Reattività "alcali-aggregati" | Verificare la eventuale presenza di sostanze dannose e/o reattive | Solo se la prova 8 evidenzia la presenza di materiali potenzialmente reattivi: prima fornitura e annuale | UNI 8520/22 |

| | | | |
|---|--|--|--|
| 13 Controlli addizionali per aggregati leggeri o pesanti | Esame del documento di consegna | Accertare se la consegna corrisponde all'ordine ed ha la giusta provenienza | A ogni consegna |
| 14 Additivi | Esame del documento di consegna e dell'etichetta del contenitore prima dello scarico | Verificare la conformità con l'ordine e se il contenitore è correttamente identificato | A ogni consegna |
| 15 Aggiunte sfuse in polvere | Esame del documento di consegna prima dello scarico | Verificare se la consegna è conforme all'ordine e proviene dal fornitore atteso | A ogni consegna |
| 16 Aggiunte in sospensione acquosa | Esame del documento di consegna prima dello scarico | Verificare se la consegna è conforme all'ordine e proviene dal fornitore atteso | A ogni consegna |
| 17 Acqua (2) | Analisi chimica per la determinazione del contenuto di sostanze organiche e cloruri | Nel caso di acqua non potabile, per verificare che l'acqua sia priva di componenti nocivi | Al primo utilizzo di acqua non potabile di nuova provenienza. In caso di dubbio prEn1008 |

(1) Gli aggregati impiegati per il confezionamento del conglomerato cementizio potranno provenire da vagliatura e trattamento dei materiali alluvionali o da frantumazione di materiali di cava e dovranno essere conformi alla norma UNI 8520 parte seconda.
Nel caso d'uso di aggregati potenzialmente reattivi agli alcali, dovranno essere impiegate combinazioni, tra cemento ed aggregati, tali da evitare il rischio di detta reazione.
Sia gli aggregati grossi che le sabbie dovranno avere una massa volumica reale non inferiore a 2.5 gr/cm³.

(2) L'acqua di impasto, compresa l'acqua di riciclo proveniente dal lavaggio interno delle betoniere, non dovrà contenere materie organiche o sali aggressivi che possano pregiudicare la resistenza e la durabilità delle opere realizzate. Nota: le norme UNI citate sono quelle in vigore alla data dell'emanazione del presente documento.

6.7. Registrazione ed archiviazione dei risultati

Tutti i risultati relativi all'autocontrollo vanno registrati e conservati per un periodo minimo di 2 anni.

7. Non conformità

Su di un apposito registro verranno riportate le non conformità, rispetto ai contenuti delle presenti Linee Guida, che risultassero al produttore stesso; in particolare quelle attinenti i seguenti punti:

- inadeguata identificazione di tramogge e prese di carico di sili e cisterne;
- travasi e frammistioni di materie prime;
- inadeguatezza delle ricette;
- staratura degli strumenti di dosaggio e prova;
- insufficiente miscelazione;
- consegna di calcestruzzo difforme dalle prescrizioni;
- insufficienza nel numero delle prove;
- mancata applicazione di tecniche di controllo statistico;
- resistenze non conformi.

In caso di applicazione di un Sistema Qualità aziendale certificato, le non conformità verranno registrate e gestite secondo le procedure del Manuale della Qualità applicato. In caso di assenza di un Sistema Qualità aziendale certificato, il registro delle non conformità riporterà comunque, per ogni non conformità: i provvedimenti relativi assunti,

Prospetto 4
Controllo delle
procedure
di produzione e
delle proprietà
del calcestruzzo.

| Oggetto | Valutazione/ prova | Finalità | Frequenza minima | Norme di riferimento |
|--|--|---|--|---|
| 1 Proprietà del calcestruzzo a prestazione garantita | Prove di qualifica delle ricette | Per dare evidenza che le proprietà specificate sono ottenute con un margine adeguato dal calcestruzzo proposto | Prima di utilizzare un calcestruzzo di nuova formulazione | |
| 2a Umidità degli aggregati fini | Valutazione dell'umidità relativa | Per determinare la massa asciutta dell'aggregato e l'acqua da aggiungere | Ad ogni carico | |
| 2b Umidità degli aggregati fini | Prova di essiccamento o equivalente | Per determinare la massa asciutta dell'aggregato e l'acqua da aggiungere | Settimanale o più frequente a seconda delle condizioni locali e del clima | |
| 3 Umidità degli aggregati grossi | Prova di essiccamento o equivalente | Per determinare la massa asciutta dell'aggregato e l'acqua da aggiungere | Mensile o più frequente a seconda delle condizioni locali e del clima | |
| 4 Contenuto d'acqua del calcestruzzo fresco | Valutazione del contenuto d'acqua aggiunta | Per fornire informazioni sul rapporto acqua/cemento | Dopo ogni carico mediante esame del documento di trasporto | |
| 5 Consistenza | Valutazione visiva o controllo indiretto | Per confrontare il carico a un calcestruzzo di consistenza normale o con tabelle di riferimento | A ogni carico | |
| 6 | Prova della consistenza | Per verificare il raggiungimento dei valori di consistenza specificati e verificare i possibili cambiamenti nel contenuto d'acqua | Ogni giorno e in caso di dubbio | EN 12350-2, o 3, o 4 o 5 |
| 7 Densità del calcestruzzo fresco | Prova della densità | Per verificare la miscela e controllarne la densità | In fase di progettazione Annuale Quando richiesto | EN 12350-6 |
| 8 Rapporto acqua/cemento del calcestruzzo fresco | Valutazione mediante calcolo | Per verificare l'ottenimento del rapporto acqua/cemento specificato | Ogni mese in caso di dubbio | CEN CR 13902 |
| 9 Contenuto d'aria del calcestruzzo fresco | Prova | Per verificare la presenza del quantitativo di aria aggiunta specificato | Per calcestruzzi aerati: ogni giorno di produzione, fino alla stabilizzazione dei valori; successivamente ogni 300 m ³ di produzione aerata | EN12350-7 (In fase di stampa) Per cls leggero: secondo ASTM C 173 |
| 10 Temperatura del calcestruzzo fresco | Misura della temperatura mediante prova | Per verificare che la temperatura sia entro i limiti specificati | Quanto è specificata una temperatura: - ogni 300 m ³ prodotti - a ogni impasto o carico, quanto la temperatura è vicina al limite | |
| 11 Densità del calcestruzzo indurito leggero o pesante | Misura mediante prova | Per verificare il raggiungimento della densità specificata | Quando viene specificata la densità, con la stessa frequenza delle prove di compressione | EN12390-7 (in fase di stampa) |

| | | | | | |
|----|---|-----------------------------------|---|---|----------|
| 12 | Resistenza alla compressione del calcestruzzo | Prova di rottura per compressione | Per verificare il raggiungimento della resistenza specificata | Una serie di almeno 2 cubetti ogni 1000 m ³ prodotti | UNI 6132 |
|----|---|-----------------------------------|---|---|----------|

Nota: le norme UNI citate sono quelle in vigore alla data dell'emanazione del presente documento

anche per evitarne il ripetersi; l'indicazione del responsabile della loro assunzione ed i tempi di intervento; individuando, ove ne ricorrano le condizioni, la eventuale diversa destinazione del prodotto non conforme.

La tenuta del registro delle non conformità spetta al Direttore, o a persona da questi delegata che abbia comunque il potere di definire sia i provvedimenti che la persona responsabile della loro applicazione.

8. Controlli al ricevimento del calcestruzzo

Ai fini del controllo di accettazione, i prelievi, la confezione dei cubetti, la loro stagionatura dovranno essere eseguiti nel rispetto delle relative norme UNI in vigore. Per ogni prelievo verrà redatto un verbale sottoscritto anche dal personale delegato dal produttore ai controlli al momento della consegna del calcestruzzo chiamato ad assistere al prelievo.

È compito e responsabilità di chi riceve il calcestruzzo:

- verificare, dal documento di consegna, l'ora di carico e di prevista consegna del calcestruzzo ed accertarsi che l'organizzazione data allo scarico e alla messa in opera consenta il rispetto dei tempi indicati al punto 5.3.1.;
- verificare che gli elementi contenuti nel documento di consegna corrispondano alle prescrizioni richieste e respingere il carico in caso di loro mancata corrispondenza;
- controllare che tipo e diametro massimo dell'aggregato corrispondano a quanto richiesto e in caso di difformità, respingere il carico;
- controllare che la consistenza del calcestruzzo consegnato sia corrispondente a quanto richiesto e specificato sul documento di consegna, ovvero respingere il carico ove essa risultasse di classe diversa;
- astenersi da qualsiasi aggiunta di acqua, additivi od altro.