Prescrizioni per la realizzazione di manufatti

Indice

1. Basi / Informazioni generali 3

2. Calcestruzzo strutturale per elementi strutturali non armati 3

2.1. Specificazione ... 3
2.2. Requisiti base ... 3
2.3. Requisiti riferiti alle classificazioni ... 4
2.4. Requisiti riguardanti l'AAR (reazione alcali-aggregati) ... 4
2.5. Requisiti per i materiali di base e per la miscela ... 5

3. Ulteriori materiali / sistemi 5

3.1. Calcestruzzo per pali ... 5
3.2. Calcestruzzo per elementi strutturali non armati ... 6
3.3. Acciaio d'armatura ... 6
3.4. Sistemi di precompressione (precompressione per ponti) ... 7
3.5. Sistemi d'ancoraggio (ancoraggi in roccia, terreni e ecc.) ... 7
3.6. Malta d'iniezione per micropali ... 8
3.7. Ripari valangari e barriere paramassi ... 8

4. Prova iniziale 8

4.1. Informazioni generali ... 8
4.2. Durata di validità ... 9
4.3. Contenuto della prova iniziale ... 10

5. Sorveglianza della qualità 11

5.1. Sorveglianza della qualità durante l'esecuzione ... 11
5.2. Svolgimento autocontrolli da parte dell'imprenditore (campionatura committente) ... 13

6. Metodo delle prove 14

6.1. Calcestruzzo fresco ... 14
6.2. Produzione della prova ... 14
6.3. Calcestruzzo indurito ... 15

7. Esecuzione 16
7.1. Informazioni generali 16
7.2. Scavo e riempimento 16
7.3. Casseri, centinature e impalcature di protezione 17
7.4. Trasporti e lavorazione del calcestruzzo 18
7.5. Trattamento e lavorazione d'acciaio d'armatura e acciaio precompresso 19

edizione / versione	rilascio	validità
2027 / 2027	MWi/muc	dal 01.11.2026

1. Basi / Informazioni generali

Si applicano le norme e le direttive elencate nell'Appendice 02_normative di progettazione, esecuzione e dei prodotti e nel contratto d'appalto e i suoi complementi.

Le prescrizioni specifiche all'oggetto come le classi di resistenza maggiore, proprietà particolari (ad esempio, resistenza al solfato o AAR) e tutte le deviazioni dalle normative seguenti (ad esempio la granulometria massima) sono da concordare con il reparto manufatti (KB) o in caso di questioni riguardanti i materiali con la sezione tecnologia materiali.

I materiali da costruzione come il calcestruzzo, l'acciaio d'armatura calcestruzzo armato e i sistemi di precompressione, di principio devono rispettare le prescrizioni dell'SIA 262 e i sistemi di ancoraggio della SIA 267.

Nella scelta dei materiali di costruzione o dei tipi di calcestruzzo, devono essere seguite le istruzioni per la progettazione di manufatti.

2. Calcestruzzo strutturale per elementi strutturali non armati

2.1. Specificazione

L'UTG definisce il calcestruzzo a prestazione garantita secondo l'SN EN 206-1, tenendo in considerazione:

- Vita utile da 80 a 90 anni
- Le Condizioni a volte estreme di saturazione, di gelo e di presenza di sali antigelo
- Periodo di post-trattamento adeguato secondo normativa
- Le dimensioni altamente variabili degli elementi strutturali e degl'influssi dell'ambiente circostante
- L'utilizzo di un numero di tipi di calcestruzzo possibilmente limitato

2.2. Requisiti base

Il controllo della produzione in fabbrica (CPF) deve essere certificato secondo la norma SN EN 206. In genere vengono utilizzati i seguenti tipi di calcestruzzo:

Manufatti armati

- TBA calcestruzzo strutturale, tipo di calcestruzzo GR 1
  C25/30, XF2(CH)
  Consistenza C2 oppure C3 (F2 a F4)

  In alternativa, può essere fornito il seguente calcestruzzo per manufatti armati.
- Calcestruzzo secondo l'SN EN 206 G(T4)
  C30/37, XC4(CH), XD3(CH), XF4(CH)
  Consistenza C2 oppure C3 (F2 a F4)

Calcestruzzo prefabbricato

- Calcestruzzo secondo l'SN EN 206 G(T4)
  C30/37, XC4(CH), XD3(CH), XF4(CH)
  Consistenza specifica della produzione

Di regola per l'Ufficio tecnico dei Grigioni vale un calcestruzzo con una granulometria massima degli inerti di 32 mm e una classe di contenuto in cloruri di Cl. 0.10.

2.3. Requisiti riferiti alle classificazioni

2.3.1. Calcestruzzo fresco

Durante la fase delle prove preliminari elaborazione dei calcestruzzi di tipo G(T4), la classe di consistenza C3 predefinita nell'SN EN 206 non è da rispettare obbligatoriamente, ma può essere adattata alle esigenze dell'utente per specifiche lavorazioni o specifici elementi strutturali. La prova preliminare è da effettuare nell'abito delle classi elencate nel paragrafo 2.2.

2.3.2. Calcestruzzo indurito

Come criterio riguardante la resistenza, si applica alla valutazione iniziale l'SN EN 206, appendice A.

Requisiti relativi agli attacchi da gelo-disgelo e da sostanze di sbrinamento (XF2 ed XF4 (CH))

- Per la prova della resistenza al gelo-disgelo e a sostanze di sbrinamento deve essere effettuata la prova diagnostica BE I FT (VSS 40 464). A seconda della percentuale di granuli petrografici inidonei, è necessario eseguire anche la prova fiscale BE II FT (vedi paragrafo 2.5.4). Entrambe le prove devono essere eseguite per il calcestruzzo del tipo G(T4), tranne quando si utilizzano i cementi di cui al punto 2.5
- Per manufatti armati e calcestruzzo prefabbricato, il fattore di resistenza relativo agli attacchi da gelo-disgelo e da sostanze di sbrinamento (WFT-P risp. WFT-L) deve essere di almeno 50%. Per superfici adibite al traffico questo deve essere di almeno 80 %. In caso di risultati contraddittori, la prova fisica BE II FT (WFT-L) è decisiva.

Requisiti relativi alla resistenza ai cloruri (XD3 (CH))

- Per il calcestruzzo di tipo GR 1 la resistenza al cloruro non deve essere attestata.
- Per il calcestruzzo di tipo G(T4) vige il requisito della normativa Dcl ≤ 10 * 10-12 m2 / s.

Requisiti per la resistenza al solfato (XA2s / XA3s (CH))

- Se a causa die forti attacchi solfatici viene richiesta la classe di esposizione XA2s(CH) oppure XA3s(CH) specifica all'oggetto o all'elemento strutturale, è inoltre necessario rispettare le seguenti prescrizioni:
  - Cemento secondo la tabella NA.11 dell'SN EN 206.
  - Il rapporto a/c (acqua/cemento) ≤ 0.45.
  - Il valore medio della penetrazione massima dell'acqua misurata in tre provini deve essere ≤ 30 mm.
  - L'espansione ai solfati ΔlS non deve superare l'1.0 ‰.

2.4. Requisiti riguardanti l'AAR (reazione alcali-aggregati)

Le ricette per calcestruzzo «fortemente reattive» devono essere escluse in ogni caso. In linea di principio, a tale scopo possono essere utilizzate solo ricette per calcestruzzo con un'estensione lineare inferiore al doppio dei requisiti previsti dalla norma SNR 592042.

Per calcestruzzi resistenti all'AAR (definiti secondo l'oggetto o la parte d'opera) valgono tutti i requisiti dalla norma SNR 592042.

Nel caso in cui dopo un esame microbar secondo SNR 592042 gli aggregati vengono definiti come non reattivi agli alcali, allora è possibile rinunciare alle prove di prestazione del calcestruzzo.

2.5. Requisiti per i materiali di base e per la miscela

Vige la tabella NA.1 e NA.6 della norma SN EN 206-1 con le seguenti modifiche.

- **Acqua**
  Il valore massimo ammissibile del rapporto a/c (acqua/cemento) o rispettivamente a/c_{eq} (acqua/cemento equivalente) per il calcestruzzo strutturale tipo GR1 è di 0.48.
- **Cemento**
  Per il calcestruzzo tipo GR1 possono essere usati solamente i CEM I, CEM II/A-D oppure CEM II/B-M (S-T), ed il contenuto minimo è di 320 kg/m3.
- **Additivi**
  Per calcestruzzo con classe di esposizione XF..(CH), il contenuto dell'aria deve essere minimo del 3,0% in percentuale volumetrica.
- **Aggregati**
  Non possono essere utilizzati aggregati riciclati.

Il Metodo di Prova da applicare per l'attestazione della resistenza al gelo ed alle sostanze di sbrinamento dipende dal tipo di aggregati. In conformità alla Norma VSS 70 115 al Calcestruzzo:

  - con quota proporzionale bassa di aggregati petrograficamente non idonei (< 6 %) e con fillosilicati liberi (< 5 % in percentuale numerica o altrimenti fPH_5), la resistenza al gelo ed alle sostanze di sbrinamento viene diagnosticata tramite l'analisi dei pori (BE I F risp. FT).
  - con quota proporzionale alta di granuli petrograficamente inidonei nel misto granulare (tra il 6 ed il 10%) e/o una percentuale tra 5 e 10 % (fPH_{10}) di fillosilicati liberi nel granulato fine, in aggiunta alla diagnosi della resistenza al gelo ed alle sostanze di sbrinamento, che viene diagnosticata tramite l'analisi dei pori (BE I F risp. FT), è da eseguire la rispettiva prova fisica (BE II F risp. FT)
  - Nel caso in cui gli aggregati contengono una quota di granuli petrograficamente non idonei >10% e / oppure una percentuale di fillosilicati liberi >10% non potranno essere usati per calcestruzzi con classe di esposizione XF2 e XF4(CH).

- **Fibre**
  Per applicazioni specifiche (ad esempio per calcestruzzi con maggior resistenza al fuoco), si possono aggiungere le fibre. L'idoneità della ricetta deve essere dimostrata.

3. Ulteriori materiali / sistemi

I seguenti tipi di calcestruzzo devono essere ritirati da un produttore di calcestruzzo con controllo di produzione in fabbrica certificato.

3.1. Calcestruzzo per pali

Per calcestruzzi per pali, a seconda dell'applicazione, è da utilizzare il calcestruzzo di tipo P1 (secco) o P2 (sotto l'acqua) secondo l'SN EN 206 con la seguente aggiunta:

- Per calcestruzzi del tipo P1 è consentita anche la classe di consistenza F5.
- Se le condizioni ambientali richiedono eccezionalmente la classe di esposizione XF2(CH), il requisito per la resistenza al gelo è WF-P≥ 50%.
- Per quanto riguarda l'AAR, non sono necessarie misure speciali per il calcestruzzo per pali.

3.2. Calcestruzzo per elementi strutturali non armati

Superfici per il traffico incluse rotonde di calcestruzzo

Per superfici con traffico si utilizza calcestruzzo conforme alla norma SN 640 461:

- C30/37, XF4(CH)
- Resistente AAR
- Esigenze supplementari secondo SN 640 461

Anelli interni di galleria

Per anelli di galleria viene utilizzato il calcestruzzo di tipo D(T1) secondo la norma SN EN 206, C25 / 30, XC4 (CH), XD1 (CH), XF2 (CH) con consistenza da F3 a F4 con le seguenti precisazioni:

- La classe di consistenza C3 specificata nella norma SN EN 206 per il calcestruzzo di tipo D(T1) non deve essere obbligatoriamente osservata.
- Requisiti relativi agli attacchi da gelo-disgelo (XF2 (CH)):

  Per l'attestazione della resistenza al gelo vige il paragrafo 2.5 (granulometria)

  Per anelli di galleria interni il fattore di resistenza per l'attacco da gelo-disgelo WF-P / WF-L deve essere di almeno 50%.
- Requisito relativo alla resistenza alla carbonatazione (XC4 (CH)):

  Per il calcestruzzo di tipo D(T1) per gli anelli di galleria interni non armati per obietti dell'UTG, si può rinunciare all'attestazione per la resistenza alla carbonatazione RC.

Muri in calcestruzzo non armato (senza pietre naturali)

Per muri in calcestruzzo non armato senza involucro protettivo in pietra naturale è da utilizzare il calcestruzzo del tipo GR1 o G(T4).

Altri elementi costruttivi non armati

Per ulteriori elementi strutturali senza armatura (come muri in pietra naturale, pozzi di fondazione) viene utilizzato il calcestruzzo con classe di resistenza C20/25 (tipo di calcestruzzo: GR 2) e per calcestruzzi da sottofondo o da riempimento la classe di resistenza C12/15 (tipo di calcestruzzo: GR 3).

Per questi tipi di calcestruzzi è richiesta solo la classe di resistenza. Calcestruzzo secondo la norma SN EN 206 del tipo A, C 20/25, XC2(CH) ossia del tipo 0, C12/15, X0(CH) può essere utilizzato per queste applicazioni.

Questi tipi di calcestruzzo possono essere forniti senza limitazioni come calcestruzzo riciclato con granulato di cemento (RC-C) o con granulato misto inferiore al 40% (RC-M10); in questo caso, le pareti devono essere protette contro le infiltrazioni d'acqua sul lato posteriore con stuoie drenanti incollate nei giunti e normalmente posate orizzontalmente. La consistenza di posa deve consentire la compattazione del calcestruzzo nella struttura.

Il calcestruzzo riciclato con 40% o più granulati misti (RC-M) può essere utilizzato solo per fondazioni di pareti non armate, pozzi di fondazione non armati e calcestruzzo di sottofondo e di riempimento.

3.3. Acciaio d'armatura

Se l'acciaio non è specialmente denominato, può essere impiegato solo acciaio d'armatura della classe B o C registrato nel catalogo degli acciai d'armatura conformi alle norme SIA.
Per i cordoni e i parapetti dei ponti, la staffa da utilizzare è della classe di resistenza alla corrosione 1 ("Pitting Resistance Equivalent Number" PREN ≥ 10, per esempio TOP 12) mentre per l'armatura di montaggio si utilizza l'acciaio della classe di resistenza 3 (PREN ≥ 23, per esempio codice materiale 1.4362).

3.4. Sistemi di precompressione (precompressione per ponti)

Si possono utilizzare solo sistemi di precompressione, la cui conformità è confermata nell'elenco aggiornato della SIA e dalle aziende specializzate elencate. L'elenco aggiornato è visibile e scaricabile dal sito *www.sia.ch ricerca parola chiave" Register".*

La malta d'iniezione deve adempire i requisiti della norma SN EN 447: 2007.
Il controllo alla produzione della malta d'iniezione sul cantiere avviene secondo la norma SN EN 446: 2007. Il controllo viene eseguito e documentato dall'impresa specializzata.

La documentazione deve essere presentata immediatamente dall'azienda specializzata al UT GR (direzione lavori e sezione tecnologia dei materiali) in formato pdf via e-mail.

3.5. Sistemi d'ancoraggio (ancoraggi in roccia, terreni e ecc.)

3.5.1 Acciaio per ancoraggi

I sistemi d'ancoraggio devono essere contenuti nell'elenco aggiornato dell'SIA dei sistemi d'ancoraggio ammessi. L'elenco aggiornato dei sistemi d'ancoraggio è visibile sul sito *www.sia.ch ricerca parola chiave "Register*".

Quando si utilizzano ancoraggi con livello di protezione 2a e 3a, ai fini di un controllo parallelo della protezione contro la corrosione, il laboratorio della sezione tecnologia dei materiali deve essere informata prima dell'iniezione del primo ancoraggio.

3.5.2 Malta d'iniezione

Le malte da Iniezione per Ancoraggi precompressi con durata di utilizzo di più di 5 anni, devono corrispondere alla normativa SN EN 447: 2007. È da utilizzare un miscelatore con dosatori per acqua e additivi. Nella zona dell'apice (profondità di gelo) deve essere provata la resistenza al gelo della ricetta. Per CEM I o CEM II/B-M (S-T) ed il rapporto a/c ≤ 0.40 ciò è garantito. In caso di attacchi solfatici moderati o acuti, deve essere usato un cemento secondo la tabella NA.11 dell'SN EN 206.

La fluidità, la segregazione dell'acqua, il cambiamento di volume, la resistenza alla compressione nonché la densità della malta liquida secondo l'SN EN 445 e il rapporto a/c in conformità con l'SIA 262/1, per ogni imprenditore, per ogni ricetta ed ogni miscelatore sono da esaminare in precedenza una volta all'anno e sono da valutare secondo l'SN EN 447 (esame attitudinale SN EN 446: 2007). I risultati devono essere prontamente mandati dal laboratorio di prova, in formato PDF e per via e-mail, all'ufficio tecnico dei grigioni (direzione dei lavori e sezione tecnologia dei materiali). L'esecuzione dei lavori può essere avviata solamente quando le proprietà della malta fresca sono state presentate e solamente quando adempiono i requisiti richiesti.

L'UT GR, sezione tecnologia dei materiali, gestisce un elenco delle malte d'iniezione approvate.
Certificati di ricetta o test di idoneità sono validi solo nell'anno di esecuzione

Durante la realizzazione, le proprietà sono da controllare mediante campionatura e da valutare secondo l'SN EN 447 (Controlli della produzione sul cantiere secondo l'SN EN 446:2007).

L'ambito di applicazione è riportato all'appendice 17.

- Ad eccezione per malte da iniezione tissotropiche, la fluidità deve essere testata utilizzando il metodo dell'imbuto.
- Per i prodotti finiti è necessario determinare anche la quantità di pori d'aria contenuta nella malta fresca. Cifra 5 tabella 1 deve essere osservata.
- La resistenza alla compressione viene determinata dopo 7 giorni a due e dopo 28 giorni a quattro metà di prisma secondo l'SN EN 445.

3.6. Malta d'iniezione per micropali

Per micropali sollecitati unicamente a compressione si rimanda alla norma SIA 267, in base alla quale la malta d'iniezione deve avere un contenuto minimo di CEM I o legante equivalente pari a 450 kg/m3.

La fluidità, la segregazione dell'acqua, il cambiamento di volume come pure la resistenza alla compressione sono da verificare prima dell'esecuzione secondo la norma SN EN 445 e il rapporto a/c in conformità con l'SIA 262/1. Il rapporto acqua cemento a/c non può superare al valore di 0.55 e la segregazione dell'acqua non può superare il 3% dopo 2 ore. La resistenza alla compressione dopo 28 giorni deve raggiungere il valore minimo di 25 MPa (cilindro h=2d). Le prove rimanenti valgono unicamente come parametri. Questi possono comunque essere definiti in base all'oggetto specifico.

Per malte da Iniezione di ancoraggi non precompressi con lunga vita utile, nonché per micropali con sollecitati a trazione o a compressione, vige il paragrafo 3.5.

3.7. Ripari valangari e barriere paramassi

Per ripari paravalanghe e barriere paramassi, sono ammessi solamente i prodotti dalla lista delle malte d'iniezione dell'UFAM (*www.bafu.admin.ch ricerca parola chiave "Typenliste Ankermörtel").* Per le suddette applicazioni, i campioni per la prova di conformità devono essere prodotti secondo le direttive tecniche dell'UFAM e devono essere consegnato alla sezione tecnologia dei materiali dell'UTG o al laboratorio determinato dal committente (non sono ammessi casseri in polistirolo "Sagex"). A tale riguardo vigono i requisiti di qualità secondo l'UFAM.

4. Prova iniziale

4.1. Informazioni generali

I test iniziali servono a dimostrare che con la ricetta selezionata, i requisiti stabiliti per il calcestruzzo fresco e il calcestruzzo indurito da impianti di betonaggio fissi e mobili vengono soddisfatti e servono come base di riferimento per il monitoraggio della qualità durante la fase esecutiva. Tutte le prove devono essere effettuate su incarico dell'imprenditore da un laboratorio accreditato. Il rapporto deve essere inviato in forma cartacea alla sezione tecnologia dei materiali.

La prova iniziale è necessaria per il calcestruzzo strutturale TBA Kb e G(T4) secondo il paragrafo 2, per il calcestruzzo per pali secondo il paragrafo 3.1 nonché per il calcestruzzo per anelli di galleria interni non armati D(T1) secondo il paragrafo 3.2.

Per calcestruzzi da palificazione è sufficiente una prova iniziale ridotta. In questo caso la ricetta, le proprietà del calcestruzzo fresco e la resistenza alla compressione devono essere attestate in anticipo ed i limiti specifici della ricetta per la colata di calcestruzzo devono essere disponibili. Il CPF del fabbricante deve essere certificata secondo l'SN EN 206.

All'infuori dei calcestruzzi per anelli di galleria interni non armati D(T1) per calcestruzzi secondo il paragrafo 3.2, la prova iniziale non è necessaria.

A condizione che la prova iniziale, una dichiarazione della FPC ed il foglio delle caratteristiche del calcestruzzo (FCC) siano stati presentati alla sezione tecnologia dei materiali dell'UTG, la ricetta verrà aggiunta alla lista delle prove iniziali approvate. La prova iniziale deve essere presentata minimo 5 giorni lavorativi prima dell'inizio dei rispettivi lavori.

4.2. Durata di validità

Qualora la qualità del calcestruzzo indurito attestata nella prova preliminare non venga raggiunta in modo importante o non venga raggiunta più volte durante la fase esecutiva, la ricetta verrà esclusa dalla lista in questione. Nel caso in cui nell'arco di 5 anni per una ricetta non esistessero prove di qualità durante l'esecuzione oppure controlli di produzione all'impianto, la ricetta verrà altrettanto esclusa dalla lista in questione.

Qualora si verificasse un cambiamento significativo delle materie prime, la valutazione iniziale deve essere ripetuta. Come cambiamento essenziale valgono secondo l' SN EN 206-1/NE:2013, paragrafo 9.5:

- Origine o proprietà delle materie prime
- Il cambiamento del tipo e della quantità di cemento (±25 kg/m^3). Per quanto riguarda la trasferibilità dei risultati delle prove di prestazione del calcestruzzo vige la tabella 2 del SNR 592042.

Quando occorre modificare la granulometria massima o l'aggiunta di additivi, è altrettanto necessario ripetere la prova iniziale. A tale riguardo deve essere osservata la norma SN 206 tabella NA.7.

Quando si cambia la classe di resistenza, il foglio delle caratteristiche del calcestruzzo (KBB) deve essere aggiornato.

Quando si cambiano gli additivi (ZM) valgono i seguenti criteri:

- L'ambito vigente dei dosaggi come anche gli additivi estivi o invernali vigenti, sono da specificare nel foglio delle caratteristiche del calcestruzzo (KBB)
- Quando si effettua un cambiamento nella stessa riga (secondo la valutazione del fornitore die additivi), è almeno necessario un aggiornamento del KBB.
- L'aggiunta di un ritardante o di un antigelo, può (previa consultazione con i fornitori di additivi) essere effettuata in base all'oggetto o all'elemento strutturale senza prova iniziale e senza aggiornamento del foglio delle caratteristiche del calcestruzzo (KBB).

Per ricette resistenti all'AAR, le attestazioni devono essere ripetute entro 5 anni. Per l'attestazione "non fortemente reattivo", le prove possono essere di età superiore ai 5 anni.

Per ogni adeguamento delle ricette, il comportamento AAR deve essere valutato secondo i seguenti criteri:

a) La valutazione della ricetta modificata deve essere basata su una ricetta già collaudata dello stesso stabilimento secondo SNR 592042, Tabella 2.

   Se tutte le condizioni ed i requisiti non vengono soddisfatti → b)

b) Valutazione del comportamento AAR della ricetta modificata tramite una persona qualificata.

   Se il comportamento AAR non può essere previsto con certezza → c)

c) Esami microbar o prove di prestazione del calcestruzzo della ricetta secondo SNR 592042.

4.3. Contenuto della prova iniziale

La prova iniziale è sostanzialmente regolata dall'SN EN 206-1. Il verbale di una prova iniziale deve includere come minimo le seguenti informazioni:

Indicazioni generali

- Esecutore della prova, Produttore, luogo della produzione
- Rapporti delle singole prove

Ricetta del calcestruzzo

- Ricetta granulometrica
- Tipo di cemento e quantità
- L'ambito vigente dei dosaggi come anche gli additivi estivi o invernali vigenti.
- L'indicazione e il dosaggio dei materiali aggiuntivi impiegati.

Granulometria

- Laboratorio, fornitore e giacimento
- Data e luogo del prelievo
- Indicazione delle parti petrografiche non idonee nelle diverse parti granulometriche e nella miscela, come pure dei fillosilicati liberi nei grani fini
- Indicazioni riguardanti la capacità di assorbimento degli aggregati (wG)
- Eventuali risultati dalla prova "Microbar".

Proprietà del calcestruzzo fresco

- Esecutore della prova
- Data e luogo del prelievo
- Orario della preparazione del calcestruzzo e della prova
- Quantità d'acqua e fattore acqua/cemento w/z
- Consistenza del calcestruzzo fresco
- Massa volumica del calcestruzzo fresco
- Quantità di pori d'aria (per i calcestruzzi pompati prima e dopo la pompa)
- Temperatura dell'aria e del calcestruzzo.

Caratteristiche del calcestruzzo indurito

- Esecutore della prova
- Data e luogo della produzione del provino
- Orario della preparazione del calcestruzzo e del provino
- Resistenza alla compressione
- Densità del calcestruzzo indurito
- Resistenza al gelo ed ai sali
- Eventuale resistenza ai cloruri
- Eventuale penetrazione dell'acqua ed espansione dei solfati per la classe d'esposizione XA2 o XA3
- Eventuali risultati dalla prova di prestazione del calcestruzzo.

Foglio delle caratteristiche del calcestruzzo (KBB)

Il foglio delle caratteristiche del calcestruzzo (KBB) con tutte le informazioni del produttore per l'utente secondo l'SN EN 206-1 e i margini per la lavorazione del calcestruzzo fresco, sono da consegnare con la prova iniziale. I limiti specifici della ricetta per l'introduzione del calcestruzzo fresco devono essere entro le classi di consistenza vincolati secondo la Tabella 1 (senza considerare le deviazioni ai limiti dei risultati di singole prove).

Il produttore deve mettere a disposizione dell'utente il foglio delle caratteristiche del calcestruzzo (KBB), entro e non oltre la prima consegna.

5. Sorveglianza della qualità

5.1. Sorveglianza della qualità durante l'esecuzione

La prova di qualità del calcestruzzo avviene mediante il controllo del calcestruzzo fresco e provini confezionati separatamente. Il controllo continuato del calcestruzzo fresco e la produzione di provini per la determinazione delle qualità del calcestruzzo compatto, deve avvenire tramite l'imprenditore (autocontrollo). Per controlli propri sono accettati solamente laboratori certificati o accreditati. Le richieste minime delle prove (autocontrollo dell'imprenditore) sono prescritte specificatamente nell'appendice 17.

Per gli autocontrolli sono ammessi esclusivamente laboratori certificati o accreditati. Laboratori, i quali non prendono parte alle prove incrociate dell'ufficio tecnico grigioni, sezione tecnologia dei materiali, devono dimostrare sulla base di controlli paralleli del calcestruzzo fresco, che i valori ottenuti sono compresi nell'intervallo dei valori ammessi. I costi sono a carico dell'impresario.

Per il calcestruzzo gettato, le prove del calcestruzzo fresco e la preparazione dei provini avvengono alla consegna sul cantiere. Escluso nei lavori sotterranei le prove del calcestruzzo pompato e l'esecuzione dei provini avvengono dopo il pompaggio. Tutti i provini muniti di formulario compilato con la richiesta d'esame sono da inoltrare all'UTG (sezione tecnologia dei materiali) al più tardi al sesto giorno dopo la loro realizzazione. Fino al ricevimento dei campioni al laboratorio questi devono essere conservati a norma.

Nelle prove del calcestruzzo fresco, sono verificati il valore acqua/cemento, la consistenza, (misura d'addensamento o misura d'estensione), il contenuto in pori d'aria, la densità lorda e la temperatura dell'aria.

Il calcestruzzo fresco può essere colato se i valori specifici della ricetta per il calcestruzzo fresco sono stati rispettati secondo le prescrizioni del produttore. Per le prove del calcestruzzo fresco il laboratorio di prova deve portare con se l'attuale foglio delle caratteristiche del calcestruzzo della corrispondente ricetta. Le deviazioni ai limiti di singoli risultati secondo la norma, possono essere prese in considerazione previa consultazione con il produttore. La responsabilità spetta all'impresa.

Il calcestruzzo non può essere messo in opera se non sono raggiunti i seguenti i valori:

Parte d'opera	**Tipo/qualità**	**Valore a/c [ ]**	**C [ ]**	**F [mm]**	**Pori [%]**
Opere con armatura	GR 1	≤ 0.48	1.04 – 1.29	330 – 570	2.5 – 10.0
	G(T4)	*≤ 0.45*	*1.04 – 1.29*	*330 – 570*	2.5 – 10.0
Calcestruzzo per opere prefabbricate	G(T4)	≤ 0.45	Produzione specifica		2.5 – 10.0
Anelli di gallerie senza armatura	D(T1)	≤ 0.50		400 – 570	2.5 – 10.0

Tabella 1

Il controllo del calcestruzzo fresco avviene secondo la procedura indicata alla seguente pagina. Se non è raggiunto il valore w/z, si passa alla fase successiva secondo lo schema. Si può procedere alla messa in opera del calcestruzzo soltanto quando si è in possesso del valore a/c, e se questo rientra nelle prescrizioni.

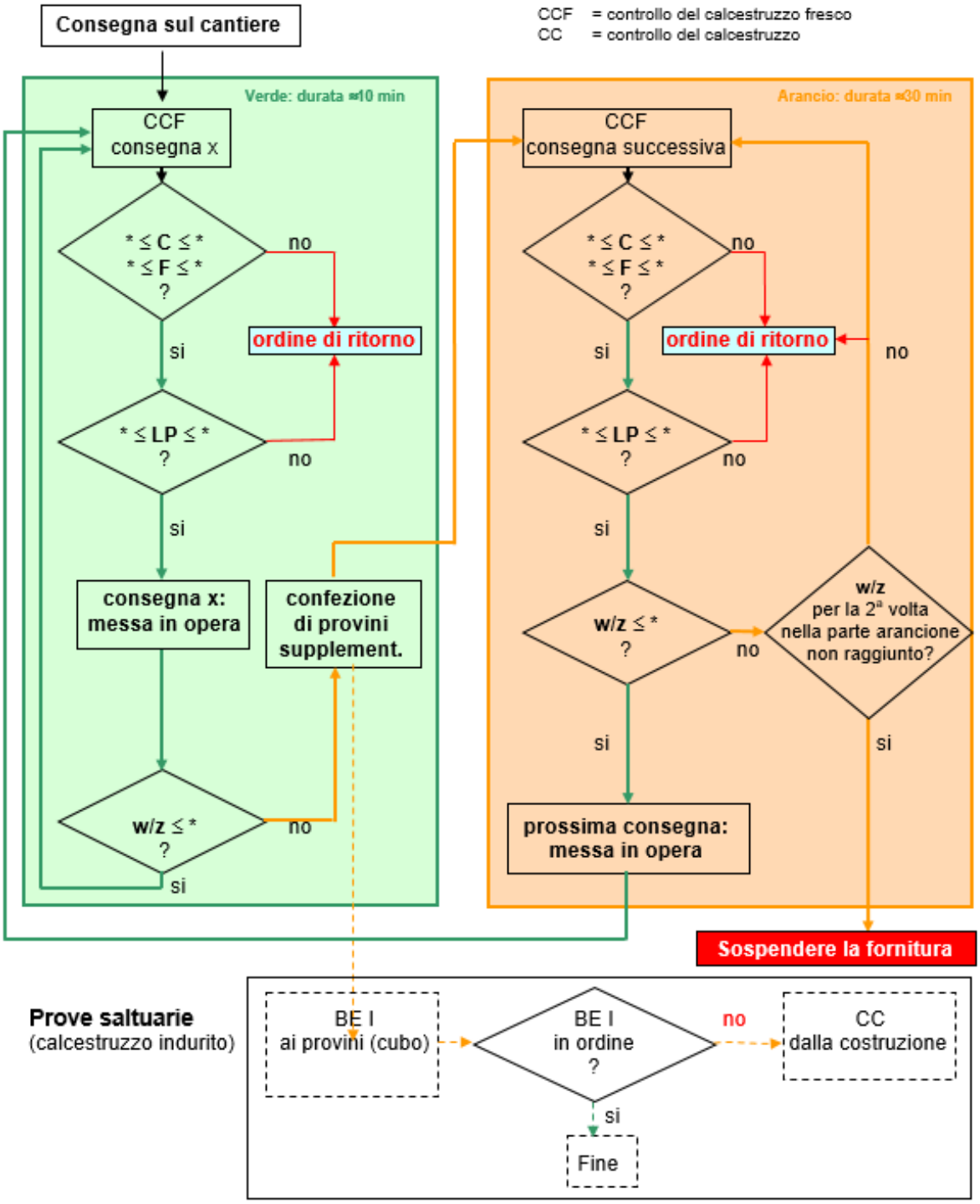
La resistenza alla compressione ai provini viene eseguita dall'UTG (sezione tecnologia dei materiali) e valutati, senza prendere in considerazione il periodo di attestazione, secondo la norma SN EN 206, cifra 8.2.1.3.

La durabilità del calcestruzzo è determinata dall'UTG (sezione tecnologia dei materiali) mediante provini o da carotaggi estratti direttamente dal manufatto.

Un cambiamento alle percentuali di miscelazione dopo il processo di miscelazione principale non è consentito (SN EN 206). Nel caso durante i getti si presentassero delle situazioni eccezionali, queste verranno già prese in considerazione durante la progettazione. Tali casi eccezionali verranno comunicati alla seduta di partenza dell'esecuzione dei lavori di cantiere e registrati nei protocolli.

Se, nel caso di grandi tappe di getto, vengono forniti o mescolati all'interno della stessa tappa di getto calcestruzzi con ricette e additivi diversi, la compatibilità tra le componenti deve essere chiarita in anticipo. Ciò dovrebbe essere fatto il più presto possibile su una componente secondaria.

5.2. Svolgimento autocontrolli da parte dell'imprenditore (campionatura committente)



* limiti specifici della ricetta secondo la definizione del produttore di calcestruzzo (foglio con parametri del calcestruzzo).

Tolleranze della norma possono essere considerate dopo accordi con il fornitore. La messa in opera di calcestruzzo fresco al di fuori dei limiti specifici della ricetta implica sempre la produzione di cubi. In questi casi si deve preparata una serie di provini.

Al massimo valgono comunque i valori limite secondo norma e tabella 1

6. Metodo delle prove

6.1. Calcestruzzo fresco

Nel campo delle prove preliminari, le proprietà del calcestruzzo fresco sono da provare secondo norma SIA 262/1 Se secondo norma sono possibili diversi metodi di costipamento, per l'Ufficio tecnico Grigioni, vale il costipamento mediante vibratore ad ago.

- Contenuto d'acqua del calcestruzzo fresco — SIA 262/1, appendice H
- Temperatura dell'aria e del calcestruzzo — SN EN 12350-1
- Per calcestruzzo gettato in opera il provino è vibrato mediante ago vibrante. — SN EN 12350-4
- Calcestruzzo pompato, diametro di spandimento — SN EN 12350-5
- Massa volumica del calcestruzzo fresco in relazione alla prova alla porosità — SN EN 12350-6
- Contenuto d'aria del calcestruzzo fresco — SN EN 12350-7
- Per calcestruzzi auto compattanti, Valz e la viscosità t_{500}-tempo — SN EN 12350-8

Per il calcestruzzo pompato e nell'ambito della prova preliminare, è da comprovare il cambiamento delle caratteristiche del calcestruzzo causato dal pompaggio. La prova è effettuata sul calcestruzzo fresco pompato per una distanza minima di 20 m, definendo le caratteristiche del calcestruzzo prima e dopo la pompa. L'inizio della prova prima della pompa deve corrispondere al tempo di trasporto necessario della consegna in cantiere.

I valori richiesti dei calcestruzzi si riferiscono a:

- calcestruzzo fornito in cantiere: luogo alla consegna sul cantiere
- calcestruzzo pompato: dopo la pompa

La determinazione del fattore acqua/cemento w0/z è eseguita secondo la norma SIA 262/1, appendice H ed è da indicare come valore w/z rispettivamente w/zeq.

6.2. Produzione della prova

Produzione, stoccaggio e trasporto dei provini per tutte le prove di calcestruzzo indurito viene eseguito secondo l'SN EN 12390-2, vibrato con ago vibrante.

Per anelli interni di gallerie il calcestruzzo può essere tolto prima della pompa. Per la prova della durabilità il calcestruzzo sarà tolto dopo la pompa.

Per altri parti d'opera dove è utilizzata una pompa, il prelievo del calcestruzzo avviene sempre dopo la pompa.

Con i calcestruzzi auto compattanti, saranno estratte inoltre delle carote in zone predefinite, per chiarire la tendenza alla scomposizione e la durabilità.

6.3. Calcestruzzo indurito

Per ciascuna prova iniziale sono da testare almeno tre provini provenienti da tre lotti. Per l'attestazione dei requisiti di conformità in materia di esposizione secondo il Paragrafo 2.3.2.2, è sufficiente per ciascuna prova iniziale un provino. Questa deve essere effettuata alla miscela più sfavorevole.

Resistenza alla compressione / Densità apparente

- La resistenza alla compressione è definita mediante provini cubici con la lunghezza dei lati di 150 mm secondo la norma SN EN 12390-3.
- Per calcestruzzi preconfezionati si estraggono in più 9 carotaggi di diametro ed altezza = 50 mm da un elemento prefabbricato e analizzati secondo la norma SN EN 13791.
- La massa volumica del calcestruzzo indurito è definita mediante la norma SN EN 12390-7.

Classe di esposizione

Resistenza al gelo ed alle sostanze di sbrinamento

La durabilità degli aggregati viene determinata secondo l'SN 670.115.

Per l'UTG, vigono in materia di resistenza al gelo i seguenti metodi di prova secondo la norma VSS 40 464.

- La prova diagnostica della resistenza al gelo (BE I F) rispettivi e al gelo ai sali (BE I FT).
- Prova fisica della resistenza al gelo (BE II F) rispettivi e al gelo ai sali (BE II FT)

Una ricetta che dimostra la resistenza ai sali, è convalidata pure come ricetta resistente al gelo/disgelo.

Resistenza ai cloruri

- Resistenza ai cloruri secondo norma SIA 262/1, appendice B.

Resistenza ai solfati

Le attestazioni per ricette resistenti ai solfati avvengono:

- secondo la norma SN EN 12390-8, prova della permeabilità all'acqua sotto pressione
- secondo la norma SIA 262/1, appendice D, prova resistenza ai solfati

Requisiti riguardanti il comportamento AAR

Per l'UTG, vigono in materia di reazione alcali-aggregati i metodi di prova secondo SNR 592042.

- Appendice E, prova microbar
- Appendice F, prova di prestazione del calcestruzzo

7. Esecuzione

7.1. Informazioni generali

Per l'esecuzione valgono per principio le norme SIA 262 e 118/262 con le aggiunte qui di seguito descritte. Le prestazioni necessarie per l'esecuzione di queste aggiunte sono da calcolare nei corrispondenti prezzi unitari, qualora non vi siano delle posizioni separate. In speciale modo le seguenti prestazioni non sono corrisposte separatamente, ma sono da calcolare nei prezzi unitari:

- Irruvidimento delle fughe di lavoro

Il cantiere va chiuso con le dovute precauzioni. Non si possono provocare instabilità o cedimenti del terreno. Scavi temporanei e asportazioni sono da eseguire in modo, che a lavori ultimati si possa ripristinare il terreno allo stato iniziale.

E' data una grande importanza ad una buona preparazione del lavoro. Metodi di costruzione e montaggio sono da pianificare per tempo e da esibire alla direzione lavori. Per le costruzioni precompresse, bisogna tener conto della maggiorata difficoltà sia della posa del ferro che della lavorazione del calcestruzzo, come pure dei termini (tesatura a tappe, termini di disarmo, ecc.).

Per le tolleranze d'esecuzione vale la norma SIA 262, appendice A.

7.2. Scavo e riempimento

Se nel progetto non è prescritto diversamente, per lo scavo valgono le misure in sezione teorica.

Quali misure d'esecuzione e liquidazione, se non indicate altrimenti, valgono le misure secondo l'ordinanza per la prevenzione degli infortuni nell'esecuzione di scavi, pozzi e lavori del genere", come pure secondo la norma SIA 118/267.

Sovraprofili derivanti da imprecisione o da lavori non conformi, così come ritardi evitabili, sono a carico dell'impresario.

L'ubicazione dei depositi definitivi ed intermedi per la terra vegetale viene fissata dalla direzione lavori. Per la formazione adeguata dei depositi, l'impresario è l'unico responsabile.

Se non indicato diversamente dalla direzione lavori, tutte le prestazioni per i depositi intermedi, come pure il ricarico, il maggior trasporto, la pulizia ecc., non sono indennizzate separatamente.

Prima della posa del calcestruzzo magro (di sottofondo) il fondo dello scavo deve essere visionato ed accettato dal progettista; se concordato precedentemente ciò può avvenire anche con la direzione lavori.

Il riempimento delle fosse di scavo ed il riempimento a tergo dei manufatti può essere eseguito soltanto con materiale idoneo e previo accordo con la direzione lavori. Il materiale di riempimento deve venir messo in opera a strati regolari e costipato con attrezzi adeguati.

Se non vi sono esigenze particolari, il valore ME per il riempimento deve essere almeno di 30 MN/m^2.

7.3. Casseri, centinature e impalcature di protezione

Le impalcature devono essere conformi alle norme SIA.

La progettazione e l'esecuzione di casserature come pure dei ponteggi/centinature è di competenza dell'impresario. La responsabilità per la capacità portante e dell'esattezza della posa rimane completamente dall'impresario.

Nella fase d'appalto l'impresario deve consegnare un progetto di massima della centinatura. L'obiettivo di questo progetto di massima è quello di dimostrare il concetto portante della centina mediante il calcolo statico preliminare per le sezioni principali di riferimento.

La struttura portante della centinatura deve di regola sopportare quella del calcestruzzo in maniera da tenere basse le tensioni. In caso da dover utilizzare la capacità portante anche della struttura in calcestruzzo, si dovrà richiedere il consenso al progettista.

La freccia ammissibile delle travi della centinatura e dei casseri che è causato dal peso utile è di 1/700 della luce. Le flessioni sono da compensare con una contro freccia (rialzamento).

Per quanto possibile nel quadro del programma di costruzione e qualora i requisiti rispetto alla superficie del calcestruzzo vengono soddisfatti, l'imprenditore può utilizzare casseri e ponteggi più volte.

Il legno da costruzione impiegato deve essere della classe C24 e può mostrare delle debolezze nella struttura solo nell'ordine del 10%.

La centina comprende tutti i lavori e tutti i materiali dalle fondamenta fino ad includere la travatura. Il progetto della centina deve essere inoltrato a tempo debito all'autore progettuale (di regola 14 giorni prima del collaudo). La statica della centina deve essere elaborata in base alle direttive "Weisungen für die Projektierung von Kunstbauten" (in particolare il capitolo 9 "Statische Berechnungen").

Il progettista comunica il permesso per procedere con il getto in forma scritta.

L'abbassamento della centina viene eseguita sotto il controllo e secondo le istruzioni del progettista.

Nel caso in cui la struttura dei casseri per le superfici del calcestruzzo faccia-vista, non fosse indicata nei piani, deve essere utilizzato per quanto possibile pannelli di cassaforma. Le fughe dei casseri sono da formare in modo concavo. Rivestimenti strutturati devono essere evitati. Per superfici che rimangono a vista vengono richieste esigenze estetiche riguardo all'aspetto (BOK 2, SIA 118/262, vers. tedesca), cosi come anche esigenze legate alle superfici casserate. Divergenze rispetto a queste esigenze sono da definire nella documentazione di appalto.

Per tutti i tipi di casseri, i giunti e le funge devono essere sigillate in modo tale, che il latte di cemento no possa fuoriuscire. Casseri chiusi devono avere nel punto più basso di ogni tappa di getto delle aperture per la pulizia. Tutti gli spigoli del calcestruzzo sono da rompere con listelli triangolari piallati (di regola 20/20 mm).

I casseri sono indennizzati a misura, se necessari al progetto. I distanziatori in metallo possono essere utilizzati solo in casi eccezionali, in seguito dovranno essere completamente tolti.

Qualora non sia stipulato altrimenti, per parti di costruzione non sottoposte a deformazioni e con una temperatura superiore a +5° C, e ricette di calcestruzzo con sviluppo rapido o medio della resistenza (normalmente CEM I e CEM II) sono da mantenere i seguenti termini minimi di disarmo:

- fondamenta, pile, pareti e cordoli: 2 giorni
- solette con luce fino a 5m: 9 giorni

Per ricette di calcestruzzo a lento sviluppo di resistenza, il tempo di disarmo è di 21 giorni (ad esempio, CEM III).

Solette a sbalzo o con una luce maggiore di 5m, come pure pareti di costruzione precompresse sono da disarmare secondo le indicazioni del progettista.

Per non pregiudicare superfici in calcestruzzo a vista con acqua di scolo, soprattutto per parti inferiori di ponti, sono da prendere provvedimenti particolari come naselli oppure chiusure temporanee d'aperture.

Al fine di eliminare deformazioni visuali impreviste, i cordoli dei ponti sono da eseguire in un secondo tempo.

7.4. Trasporti e lavorazione del calcestruzzo

Il trasporto e le condizioni meteorologiche possono modificare sensibilmente la lavorabilità del calcestruzzo. Bisogna tener conto del fatto suddetto e prendere dei provvedimenti quali ad esempio il trasporto con autobetoniera, raffreddamento della stessa, getto durante le ore temperate, ecc. Il calcestruzzo della classe d'esposizione definita è di regola da trasportare con l'autobetoniera.

Siccome ritardi imprevisti e interruzioni di getto non possono essere esclusi, l'inizio della presa del calcestruzzo di costruzione per ponti e gallerie è da ritardare almeno di 4 ore.

Prima della messa in opera il calcestruzzo è da controllare visivamente.

La messa in opera e la costipazione del calcestruzzo sono d'importanza fondamentale per la qualità dell'opera. Il personale di cantiere dev'essere istruito di conseguenza. I lavori sono da sospendere qualora non ci sia la garanzia che il calcestruzzo può fare presa in modo ineccepibile.

Le superfici di calcestruzzo non casserate devono essere tirate sotto profilo e passate al frattazzo; inoltre le solette e le piastre a pressione devono essere costipate con un vibratore superficiale.
La superficie di zone da impermeabilizzare (piastre, solette, ecc.) con riferimento al piano devono rispettare le condizioni della norma SIA 272.

La superficie irruvidita delle fughe di lavoro (prima tappa) dev'essere trattata, dopo 8-12 ore dal getto, con acqua a pressione e inumidita ulteriormente prima della prosecuzione del getto. Le parti staccate devono essere rimosse.

Il calcestruzzo è per principio da tenere umido e al riparo da sbalzi di temperatura, irradiamento solare diretto e gelo, con misure appropriate per una durata minima di 9 giorni. Per il calcestruzzo con CEM III la durata del post trattamento è di 21 giorni

Sulle superfici senza casseri, a titolo di post trattamento, sono stesi fogli di plastica e materassini isolanti o uno strato minimo di sabbia di 50 mm, tenuto umido in continuazione, questi provvedimenti devono essere eseguiti prima possibile.
Come prima protezione contro l'evaporazione precoce, è possibile applicare un agente di spruzzatura qualora sulla superficie del calcestruzzo non venisse applicato un sistema di protezione superficiale secondo la norma SN EN 1504.

Se la superficie serve da supporto per un'impermeabilizzazione, gli agenti spruzzatori sono consentiti solo se la pellicola protettiva viene completamente rimossa prima dell'applicazione dell'impermeabilizzazione e l'impresa di impermeabilizzazione garantisce che il requisito dell'adesione dell'impermeabilizzazione successivamente applicata è garantito.

Una protezione aggiuntiva contro forti sbalzi di temperatura, i raggi solari diretti e il gelo è necessaria anche dopo il trattamento con un agente spruzzatore.

Se la durata di trattamento del calcestruzzo deve essere ridotta, valgono le esigenze della norma SIA 262. Quest'eccezione è ammissibile solo per i tipi di calcestruzzo G(T4) e D(T1) secondo la norma SN EN 206-1/NE: 2013 e deve essere autorizzata dalla sezione manufatti. Inoltre deve essere inoltrato un concetto sul modo di procedere (programma lavori dettagliato, parti d'opera coinvolte, tipi di calcestruzzo, procedimento di verifica secondo SIA 262, ecc.).

In presenza di temperature inferiori ai +5°C per la messa in opera del calcestruzzo si devono prendere provvedimenti speciali. La temperatura del calcestruzzo fresco consegnato deve essere di almeno 10 ° C, per garantire che calcestruzzo incassato e compattato non scenda al di sotto di 5° C.

In presenza di temperature tra 0°C e -5°C si può gettare solo con il consenso della direzione lavori. I casseri e l'armatura devono essere preriscaldati al di sopra dei 0°C.

Sotto -5°C non si può gettare.

Imprecisioni, nidi di ghiaia, spigoli mal fatti, ecc., non devono essere modificati o ulteriormente lavorati senza preavviso alla direzione lavori. La direzione lavori decide, dopo colloquio con il progettista, in che modo tali difetti devono essere eliminati.

Il calcestruzzo gettato sott'acqua dev'essere messo in opera in modo che lo stesso non cada liberamente nell'acqua, che il cemento non sia slavato che non subentri alcuna disgregazione degli inerti e che non si formino strati di separazione con boiacca di cemento. Fino a una profondità d'acqua di 1.0m, il calcestruzzo può essere messo in opera seguendo l'inclinazione naturale con un avanzamento adeguato; sopra 1.0m, si devono impiegare imbuti o contenitori. Per costruzioni di secondo ordine il calcestruzzo può essere gettato a strati con contenitori a scatto o imbuti mobili.

Parti di costruzioni in calcestruzzo sott'acqua possono essere eseguite solamente con imbuti fissi o contenitori chiusi in casseri ben stagni. Inoltre bisogna osservare che il calcestruzzo gettato susseguentemente penetri nel precedente senza che esso entri in contatto con l'acqua e che le linee di scorrimento laterali siano possibilmente corte.

7.5. Trattamento e lavorazione d'acciaio d'armatura e acciaio precompresso

Per ogni struttura dev'essere impiegato solo acciaio della stessa marca, salvo dove secondo il progetto di parti d'opera molto esposti o per garantire una sufficiente copertura dell'armatura è previsto acciaio inossidabile.

Il sistema di precompressione, in modo speciale gli ancoraggi devono essere accettati dal progettista; ancoraggi gemelli non sono permessi. I sistemi di ancoraggio per sistemi di precompressione che per via della collocazione dell'armatura predefinita (armatura a spirale e la staffa supplementare) possono fare in modo che il lavoro non sia eseguito professionalmente, non sono ammessi. Le guaine in acciaio devono avere uno spessore minimo della parete di 0.3mm; per cavi con forza superiore ai 3 MN, lo spessore minimo della parete è di 0.4mm.

L'acciaio d'armatura, quello di precompressione ed elementi di getto, devono essere posati e fissati in maniera tale, che durante il getto del calcestruzzo non possono spostarsi. Per parti d'opera esposti sono sempre da usare legacci inossidabili (p.es. cordoli sui muri e sui ponti).

L'acciaio d'armatura non può esser tagliato durante la posa e in prossimità dei risparmi ed elementi in getto. Se non fosse possibile una posa perfetta senza taglio dell'armatura, bisognerà informare la direzione lavori. La direzione lavori decide alla presenza di grossi diametri dopo colloquio con il progettista se e dove si possono tagliare i ferri d'armatura.

I distanziatori atti a garantire una sufficiente copertura dell'armatura, devono essere almeno della stessa qualità del calcestruzzo che sarà gettato in seguito. Distanziatori e profili in materiale sintetico non sono permessi. Il laboratorio stipula una lista di tutti i distanziatori autorizzati.

Le staffe reggi-cavo devono avere delle barre portanti di almeno 20 mm di diametro. Per impedire il verificarsi di danni alle guaine dei cavi in posti con un'accentuata curvatura degli stessi, sono da prevedere supporti d'appoggio ricurvi.

Prescrizioni per l'esecuzione di manufatti

Tutto l'acciaio d'armatura è da collaudare dalla direzione lavori, rispettivamente dal progettista, almeno un giorno prima dell'inizio del getto. Qualsiasi provvedimento che viene ordinato al collaudo dell'armatura deve essere redatto per iscritto.

La messa in tensione deve per principio seguire un programma di tesatura; normalmente sono previste 3 tappe:

1ª tappa:	30% della tesatura totale, 3 giorni dopo l'ultimo getto di calcestruzzo della struttura portante del ponte (piattabanda);
2ª tappa:	70% della tesatura totale, 17 giorni dopo l'ultimo getto del calcestruzzo della struttura portante del ponte;
3ª tappa:	100% della tesatura totale, 28 giorni dopo l'ultimo getto del calcestruzzo della struttura portante del ponte.

Tutti i protocolli di tesatura sono da controllare dal progettista il quale rilascia il permesso scritto per l'iniezione dei cavi di precompressione.

Si può iniziare il getto del cordolo solamente dopo l'esecuzione della 2. tappa di tesatura.