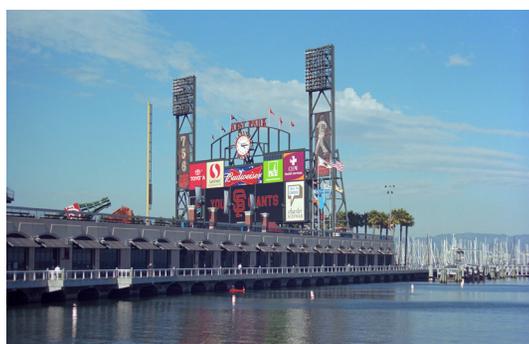


**IL CALCESTRUZZO PER
GETTI SUBACQUEI**





I getti di calcestruzzo sott'acqua (getti subacquei) vengono tipicamente effettuati per la realizzazione di **elementi non strutturali** quali ture (opere provvisorie che costituiscono un diaframma impermeabile per mettere all'asciutto un tratto di terreno sommerso) e **strutturali** quali pareti e platee dei **bacini di carenaggio o prese d'acqua, strutture portuali** (frangiflutti, porzioni di moli), strutture per il **rinforzo degli argini** dei fiumi e dei laghi, per i **getti di fondazione in presenza di acque di falda (ad es. pali trivellati)**, per la realizzazione di chiuse. Il calcestruzzo gettato sott'acqua è anche utilizzato per **appesantire conci** prefabbricati da affondare, per **collegare sezioni di tunnel** già in opera e per **riparare elementi di strutture idrauliche** interessate da danneggiamenti e dissesti dall'erosione e da cavitazione.

Sebbene, in via del tutto generale la progettazione (mix design) e il confezionamento di un calcestruzzo per getti subacquei debba seguire i **principi di base adottati per i calcestruzzi ordinari**, le **particolari condizioni** in cui avvengono i getti, impongono che la **"ricetta"**, sia in termini di ingredienti che di dosaggio dei costituenti, **venga formulata** per conseguire l'obiettivo specifico per questa tipologia di calcestruzzi rappresentato dalla **pratica assenza di dilavamento durante la fase di posa in opera allorché l'impasto allo stato fresco viene direttamente in contatto con l'acqua**. E' utile anche evidenziare come la realizzazione di strutture mediante getti di calcestruzzo sott'acqua, non può prescindere dall'adozione di una serie di accorgimenti relativi alle delicate fase di posa in opera del conglomerato sott'acqua. Relativamente a questi aspetti legati sia alla composizione dell'impasto che alle modalità di getto, utili indicazioni possono essere desunte dalla consultazione del documento **"ACI 304R-00 - Guide for Measuring, Mixing, Transporting,**



and Placing Concrete - Chapter 8 - Concrete placed under water”, al quale questo quaderno tecnico si è ispirato. I calcestruzzi per **getti subacquei** sono **particolarmente esposti durante la fase di posa in opera al rischio di dilavamento della matrice cementizia, alla segregazione, alla formazione di giunti freddi e all'intrappolamento di aria**. Inoltre, non potendo beneficiare, durante la posa, della compattazione del conglomerato si dovrà di questo tener conto per evitare che le strutture realizzate con getti subacquei possano presentare – soprattutto quelle con funzioni strutturali – una scadente resistenza in opera per eccesso di aria e di macro vuoti nella matrice di cemento. La progettazione del calcestruzzo e la modalità di posa in opera, pertanto, debbono avere come obiettivo quello di eliminare questi inconvenienti. Per conseguire questi obiettivi, si debbono adottare nel progetto della miscela i seguenti accorgimenti:

- **aumentare il volume di pasta riducendo il volume degli aggregati** e, in particolare, delle frazioni di dimensioni maggiori a 4 mm;
- **aumentare la coesione e la viscosità plastica** del calcestruzzo.

Nella pratica questi obiettivi si conseguono:

- limitando il **diametro massimo degli aggregati (D_{max}) a 25 mm**. Tuttavia, è opportuno che per le **strutture armate** la pezzatura massima dell'aggregato non superi i **20 mm**. Eccezionalmente, e soltanto per **opere massive non armate** potranno essere prese in considerazione pezzature massime dell'aggregato di **32 e 40 mm**;
- garantendo una **percentuale di sabbia sul volume totale dell'aggregato non minore del 45%**;



- utilizzando un **dosaggio di legante non inferiore a 360 kg/m³** impiegando unitamente al **cemento** materiali ad altissima attività pozzolanica come **il fumo di silice**;

- utilizzando **additivi riduttori di acqua ad alta efficacia neutri o con effetto collaterale di ritardo** conformi rispettivamente ai prospetti 3.1/3.2 e 11.1/11.2 al fine di ridurre drasticamente il contenuto di acqua di impasto onde aumentare la coesione e la viscosità plastica annullando praticamente il rischio di segregazione. La scelta dell'additivo dovrà tener conto dei tempi di trasporto sul cantiere e della durata dei getti per evitare che il calcestruzzo perda di lavorabilità soprattutto quando le distanze di scorrimento sott'acqua sono considerevoli;

- ricorrendo all'impiego di **specifici additivi anti-dilavamento (*anti wash-out: AWO*)** che, senza diminuire la lavorabilità del conglomerato, consentano di aumentare il grado di coesione della pasta di cemento evitando il dilavamento del cemento e delle particelle fini. Questi additivi *anti wash-out* sono costituiti da **prodotti di sintesi di natura organica costituiti da polimeri ad alto peso molecolare** capaci di eliminare il bleeding ed aumentare la coesione anche in quegli impasti che per la minore resistenza meccanica a compressione sono caratterizzati da un minor contenuto di cemento e di parti fini. Il **dosaggio di questi additivi *anti wash-out* si attesta tra 1 e 3 kg/m³**, ove i dosaggi maggiori sono richiesti proprio per i calcestruzzi di minore resistenza a **compressione**. Il dosaggio esatto dell'additivo potrà essere preliminarmente valutato sottoponendo il calcestruzzo (additivato) ad una **prova condotta in accordo alla norma BS 8443:2005 "Determination of washout – Annex A"** in confronto con un analogo impasto confezionato senza l'additivo modificatore di viscosità.





Generalmente, si ritiene che il calcestruzzo possenga proprietà anti-dilavamento allorquando la perdita di massa valutata per immersione sott'acqua non superi il 15%. Si tenga comunque presente che l'aggiunta di un **additivo anti wash-out** ad un calcestruzzo confezionato con 400 kg/m³ di cemento **produce una riduzione del materiale dilavato del 60% e del 90% se utilizzato rispettivamente in misura di 1 o 2 kg/m³**. Dosaggi maggiori di quelli indicati (1-3 kg/m³) sono da evitare. Questi additivi AWO, infatti, presentano effetti collaterali di ritardo e inibizione dell'idratazione del cemento che potrebbero, quindi, determinare indesiderate riduzioni della resistenza meccanica a compressione del calcestruzzo in opera;

- adottando **calcestruzzi di lavorabilità almeno pari alla classe di consistenza S4**. Attesa, infatti, l'impossibilità di eseguire la vibrazione, **il calcestruzzo deve essere in grado di autocompattarsi sotto l'effetto del peso proprio che, purtroppo, è ridotto a causa della spinta idrostatica**. Per questo motivo, la lavorabilità in termini di slump non deve essere inferiore a **180 mm (slump di riferimento 190 ± 10 mm)**. Dati sperimentali, infatti, indicano che la differenza tra calcestruzzo vibrato e non, in termini di resistenza a compressione, si annulla se il getto subacqueo avviene con conglomerati di lavorabilità maggiore di 180 mm.

Fermo restando il rispetto dei requisiti compositivi sopra menzionati la realizzazione di un getto subacqueo non può prescindere dal rispetto di una serie di accorgimenti da adottare durante la posa in opera del conglomerato sott'acqua nel seguito elencati:

- la tubazione per il convogliamento del calcestruzzo sott'acqua deve essere in **acciaio di spessore e peso adeguato** per resistere alle sollecitazioni cui sarà soggetta durante il getto ed, in particolare, per poter sopportare la spinta idrostatica che, nei getti a grande profondità potrebbe determinare indesiderati fenomeni di galleggiamento;



- la tubazione deve avere un **diametro compreso tra 200-300 mm**, sufficiente a far defluire il calcestruzzo evitando intasamenti;
- per getti profondi, la **tramoggia deve essere realizzata in elementi staccabili** in modo che quando la profondità di posa si riduce possano essere facilmente smontabili;
- è opportuno che venga predisposta **una valvola di sfiato della pressione a monte della linea di pompaggio** al fine di prevenire la formazione di bolle d'aria (vuoto);
- **l'ispezione dopo il getto è molto difficoltosa**. Si consiglia, pertanto, di effettuare una pre-ispezione e controllare la posa del calcestruzzo (mediante sub specializzati in queste lavorazioni).

Se la qualità del calcestruzzo è ottimale, e se viene curata attentamente la posa in opera, i conglomerati subacquei presenteranno in servizio eccellenti proprietà meccaniche e durabilità in quanto:

- a) **le condizioni di maturazione sono ideali e, quindi, la resistenza a compressione in opera aumenterà nel tempo anche molti mesi dopo la scadenza canonica dei 28 giorni;**
- a) **le strutture realizzate non sono interessate dal fenomeno del ritiro igrometrico e, pertanto, non sono esposte ad alcun rischio di fessurazione**



via della Vittorina, 60
06024 Gubbio (PG) - Italy
T +39 075 92401
F +39 075 9273965

www.colabeton.it
info@colabeton.it

