

MATRICE DELLE REVISIONI			
REVISIONE	DATA	MOTIVAZIONE	PROPONENTE
00	Marzo 2010	PRIMA EMISSIONE	S.J.S. Engineering s.r.l.

Main job			
AUTORITA' PORTUALE DI BRINDISI PORTO DI BRINDISI			
Customer	Project level	Nr.	
 AUTORITÀ PORTUALE DI BRINDISI	PROGETTO ESECUTIVO	PM01	
	Job title	Code	
Design by  S.J.S. Engineering s.r.l. Roma (00187) Via XX Settembre, n. 89 Civitavecchia RM (00053) Via Aurelia Nord, 8 Taranto (74100) Via Laccolla, n. 29 	CONSOLIDAMENTO DELLA BANCHINA DEDICATA ALL'AMMIRAGLIO MILLO, DELLE BANCHINE DEL MONUMENTO AL MARINAIO E DEL CANALE PIGONATI LOTTO II: MANUTENZIONE STRAORDINARIA E CONSOLIDAMENTO DELLE BANCHINE DEL MONUMENTO AL MARINAIO E DEL CANALE PIGONATI	113PM01DMML-00 Progettista Responsabile Dott. Ing. M. Lentini Designers Dott. Ing. D. Mancarella, Ph.D Dott. Ing. M. Filippone Dott. Ing. B. Lentini Dott. Ing. M. Mele Dott. Arch. A. Adamo Ing. M. Capita	
	Subtitle	File name	
	PIANO DI MANUTENZIONE DELL'OPERA	PM01 – Piano di Manutenzione Pigonati 05sm.doc	
Drawn	Checked	Date	
Ing. D. Mancarella	Ing. M. Lentini	Marzo 2010	

INDICE

1. ARREDI DI BANCHINA.....	2
1.1 BITTE	2
2. STRUTTURE PORTUALI	3
2.1 ISPEZIONE GENERALE OPERE IN MURATURA E CALCESTRUZZO	3
2.1.1 CONTROLLO GENERALE	3
2.1.2 CONTROLLO VISIVO	3
2.1.3 RILIEVI E MISURAZIONI	4
2.1.3.1 GENERALE.....	4
2.1.3.2 RILEVAZIONE ORIZZONTALE E VERTICALE	4
2.1.3.3 INCLINOMETRI	5
2.1.3.4 RILEVAMENTI GEOTECNICI	5
2.1.4 PROVE	5
2.1.4.1 GENERALITÀ	5
2.1.4.2 INDAGINI DI TIPO NON DISTRUTTIVO NON INVASIVE	5
2.1.4.3 INDAGINI INVASIVE.....	5
2.2 MANUTENZIONE DELLE OPERE IN PIETRA E MURATURA	6
2.3 MANUTENZIONE DELLE OPERE IN CALCESTRUZZO.....	6
2.3.1 PULITURA	6
2.3.2 PROTEZIONE	6
2.3.2.1 GENERALE.....	6
2.3.2.2 TRATTAMENTI DI SUPERFICIE.....	7
2.4 RIPARAZIONI DELLE OPERE IN PIETRA E MURATURA.....	9
2.4.1 PULIZIA.....	9
2.4.2 ANCORAGGIO	9
2.4.3 INIEZIONE.....	9
2.4.4 SACCHI IN MATERIALE CEMENTIZIO	9
2.4.5 DRENAGGIO.....	9
2.5 RIPARAZIONE DELLE OPERE IN CALCESTRUZZO	10
2.5.1 GENERALE.....	10
2.5.2 PREPARAZIONE	11
2.5.2.1 PULITURA	11
2.5.2.2 RIMOZIONE DEL CALCESTRUZZO DANNEGGIATO.....	11
2.5.2.3 IRRUVIDIMENTO.....	13
2.5.3 MATERIALI PER RIPARAZIONE E PROTEZIONE.....	13
2.5.3.1 SOSTITUZIONE DEL CALCESTRUZZO.....	13
2.5.3.2 RIEMPIMENTO DEGLI SGROTTAMENTI	14
2.5.3.3 INTERVENTI DI RIPRISTINO SULLE STRUTTURE IN CALCESTRUZZO ARMATO	14
2.5.3.4 PROTEZIONE DEL CALCESTRUZZO	14
2.5.3.5 PROTEZIONE DELLE ARMATURE.....	14
2.5.3.6 METODI ELETTROCHIMICI	15
2.5.3.7 INCREMENTO, SOSTITUZIONE E INTEGRAZIONI DELLE ARMATURE.....	15
2.6 MANODOPERA.....	15



1. ARREDI DI BANCHINA

1.1 BITTE

I sistemi di ancoraggio esistenti dovranno essere ispezionati, con cadenza annuale, al fine di verificare la persistenza del requisito di resistenza alla corrosione, ai raggi UV, e all'acqua di mare. Qualora, nel corso dell'ispezione, dovesse emergere il venir meno di tali requisiti si dovrà procedere alla loro pulizia (compresa eventuale rimozione di prodotti di corrosione), e pitturazione eseguita a tre mani, di cui una a piombo e le altre ad olio di lino cotto e colore.

Nel corso delle ispezioni si dovrà verificare, ed eventualmente ripristinare, la perfetta sigillatura in corrispondenza dei tirafondi e bulloni di ancoraggio.

2. STRUTTURE PORTUALI

La manutenzione delle opere deve avvenire con regolarità. E' necessario svolgere regolarmente ispezioni subacquee con una cadenza almeno biennale. Le ispezioni devono constatare lo stato dei vuoti sul muro di banchina, e dovranno essere opportunamente documentate.

L'ente gestore dovrà valutare sulla base della documentazione fornita dalle ispezioni se svolgere l'intervento di riparazione locale che deve consistere nella saturazione dei vuoti di dimensione rilevante con opportune malte cementizie. E' fondamentale mantenere lo stato del muro nel tempo per impedire ulteriori perdite di materiale lapideo murario o di sedimenti fini dai rinterri. L'ambiente marino, ricco di cloruri ed a causa dell'effetto di bagnasciuga, produce inevitabilmente degrado di qualsiasi materiale. Anche i rivestimenti del muro di banchina, sia calcarenitici che calcarei andranno pertanto visionati con cadenza almeno biennale ed eventualmente sostituiti. Questi ultimi possono altresì essere soggetti ad azioni accidentali dovuti all'urto di imbarcazioni che dovessero erroneamente urtare di prua la banchina nei tratti sprovvisti di parabordi. Per tale motivo, a seguito di tali eventi, si dovrà procedere ad una verifica delle condizioni del ciglio e dei rivestimenti.

In particolare la rottura del ciglio può comportare rischi maggiori di caduta accidentale di quanti dovessero trovarsi a camminare sul bordo della banchina.

Con cadenza almeno triennale si deve effettuare un controllo manutentivo delle pavimentazioni, teso a verificare la pendenza dei pianali di banchina, e la mancanza di disconnessioni tra i diversi elementi di basolato, in modo da intervenire tempestivamente con riparazioni locali e la risigillare quei giunti che mostrassero degrado con eventuale crescita di vegetazione spontanea. Maggiori indicazioni sulle procedure operative sono riportate nei seguenti paragrafi, e nelle indicazioni delle direttive PIANC, "Ispezioni, manutenzione e riparazione delle opere marittime soggette a deterioramento causato dall'ambiente salino", aggiornate di recente.

2.1 ISPEZIONE GENERALE OPERE IN MURATURA E CALCESTRUZZO

2.1.1 Controllo generale

Le tecniche d'ispezione per le opere in pietra, in muratura, in calcestruzzo non armato e in blocchi di calcestruzzo sono solitamente di carattere generale.

2.1.2 Controllo visivo

La tipologia di base d'ispezione delle opere marittime in pietra, muratura e calcestruzzo è rappresentata da un'ispezione visiva della struttura, che inizia con una perlustrazione completa dell'opera. Viene solitamente effettuata un'ispezione subacquea dai palombari, preferibilmente ingegneri con la qualifica di sub. E' consigliabile effettuare riprese video delle ispezioni subacquee,

da integrare con le foto scattate alla parte in superficie dell'opera. Se effettuate periodicamente, tali riprese costituiscono la base delle ispezioni da effettuarsi in seguito.

In fase d'ispezione, occorre prestare attenzione ai segni di:

- (a) Spostamento del muro
- (b) Spostamento del blocco e apertura giunto
- (c) Ribaltamento
- (d) Spostamento differenziale della struttura
- (e) Infiltrazione
- (f) Insabbiamento al piede della diga
- (g) Erosione al piede
- (h) Depressioni e vuoti a monte struttura
- (i) Lesioni alla trave di appoggio?
- (j) Cedimento complessivo delle fondazioni

Tali ispezioni devono essere effettuate lungo l'intera struttura. L'ispettore deve visionare sia la facciata dell'opera che la struttura retrostante. In corrispondenza dei pianali di banchina (sovrastutture e pavimentazioni), potrebbe rivelarsi necessario effettuare carotaggi o ispezioni con altre tecniche non invasive (ad esempio, il georadar) atte a verificare la presenza di eventuali assestamenti e la perdita (fuoriuscita dai giunti) di materiali di rinfiaccio e le condizioni di stabilità

2.1.3 Rilievi e misurazioni

2.1.3.1 Generale

Periodicamente, devono effettuarsi indagini approfondite da operarsi sulle strutture partendo dal rilievo completo della struttura. Ad eccezione di alcune tecniche relativamente nuove e ancora in fase sperimentale come il rilevamento micro-sismico e il georadar, sono molto pochi gli strumenti d'indagine non invasivi.

2.1.3.2 Rilevazione orizzontale e verticale

Una rilevazione regolare sul piano orizzontale fornisce i dati maggiormente utili per l'analisi del deterioramento generale della struttura. Una volta stabiliti i punti fissi di controllo, è possibile rilevare gli spostamenti relativi ed effettivi delle strutture marittime ed effettuarne la rappresentazione su scala temporale. Ciò consente di individuare i movimenti permanenti (abbassamenti) del terreno a tergo della struttura ed eventuali accelerazioni degli stessi. Grazie alle livellazioni topografiche (sulle pendenze) si ottengono inoltre dati in tempo reale su movimenti dannosi in corso per le strutture del fronte banchina. Inoltre, tali indagini sono molto veloci e i dati possono essere elaborati direttamente sul posto. La livellazione consente di ottenere dati sui cedimenti e rotazioni generali della struttura. I capisaldi ed i punti di rilevamento devono essere selezionati accuratamente, in modo da escludere che fenomeni di spostamento della struttura ispezionata o altri movimenti accidentali e possibili danneggiamenti influenzino la livellazione stessa.

2.1.3.3 Inclinometri

Un inclinometro è un dispositivo atto a misurare i cambiamenti nell'allineamento verticale della struttura e delle sue componenti; per le strutture suscettibili di spostamento, l'installazione di inclinometri sull'opera stessa permette di monitorare costantemente i fenomeni di spostamento del muro. Effettuando una serie di misurazioni lungo la linea verticale, è possibile calcolare l'inclinazione di un'opera a gravità

Questi dispositivi devono essere utilizzati con una certa cautela. Devono infatti essere installati sulla struttura in modo da rilevare eventuali fenomeni di rotazione o spostamento dalla verticale.

2.1.3.4 Rilevamenti geotecnici

I rilevamenti geotecnici dovrebbero essere effettuati per le strutture suscettibili di deterioramento o spostamento. Tali rilevamenti comprendono carotaggi, pozzetti esplorativi e test di laboratorio da effettuarsi sui campioni di suolo prelevati. Per ispezionare l'area immediatamente a monte dell'opera si possono invece utilizzare saggi e sondaggi, senza effettuare sbancamenti a monte della struttura.

2.1.4 Prove

2.1.4.1 Generalità

Sottoponendo l'opera ad alcune prove in situ è possibile valutare diversi parametri relativi alla qualità della struttura e dei materiali che la compongono, come la resistenza della struttura stessa e la presenza di fratture e vuoti al suo interno. Queste indagini possono essere di tipo non distruttivo (ispezioni) o invasivo (carotaggi).

2.1.4.2 Indagini di tipo non distruttivo non invasive

Possibili anomalie presenti all'interno della struttura possono essere rilevate tramite indagini effettuate con strumenti magnetici, acustici o di rilevamento sismico.

Questi metodi possono inoltre essere applicati per determinare la lunghezza dei pali in legno che sostengono vecchi muri di banchina in muratura tramite ultrasuoni.

2.1.4.3 Indagini invasive

I carotaggi diagrafici accompagnano gli eventuali carotaggi. La registrazione dei parametri di perforazione (momento di torsione, penetrazione dello strumento di perforazione etc.) permette di valutare la qualità della struttura, così come del calcestruzzo o dei materiali di muratura, nonché di rilevare la possibile presenza di aperture e vuoti nella struttura.

I carotaggi possono essere effettuati a diverse profondità. I campioni prelevati presso la struttura devono poi essere successivamente sottoposti ai seguenti test di laboratorio:

- (a) Rilevamento di possibili aggressioni da parte di agenti chimici
- (b) Test di resistenza

2.2 MANUTENZIONE DELLE OPERE IN PIETRA E MURATURA

La manutenzione delle strutture in pietra e muratura si limita solitamente a interventi di sostituzione della malta o della miscela cementizia utilizzata per ristilare i giunti. Le miscele cementizie ammalorate dall'azione dell'acqua marina o di agenti chimici devono essere sostituite. Se la struttura è stata realizzata con lo scopo di non essere permeata dall'acqua, o è stata riempita con materiale granulare, la nuova miscela cementizia deve essere posata usando tecniche a iniezione o all'interno di appositi sacchi in geotessile. Vi sono inoltre additivi speciali che consentono di iniettare la miscela cementizia direttamente sott'acqua. Nel caso sia presente un sistema di drenaggio dell'acqua accumulatasi a monte del muro, occorre accertarsi che i canali di drenaggio siano sgomberi. Nel caso fossero intasati, devono essere puliti, o in alternativa, devono esserne tracciati di nuovi, al fine di non inficiare le ipotesi progettuali per inefficacia e condurre a maggiori rischi di collasso.

Se si sono verificate fuoriuscite di materiale di riempimento a monte del muro, occorre mettere in atto la seguente procedura: rimuovere il rivestimento, chiudere l'eventuale foro di fuoriuscita del riempimento, versare il nuovo riempimento e, infine, posare nuovamente il rivestimento. Occorre inoltre accertarsi che eventuali strati filtro presenti nella struttura originale siano stati ripristinati.

Se la struttura era originariamente rivestita in materiale di protezione (ad esempio, il granito), tale rivestimento deve essere ripristinato.

2.3 MANUTENZIONE DELLE OPERE IN CALCESTRUZZO

2.3.1 Pulitura

Prima di effettuare interventi di manutenzione su elementi in calcestruzzo occorre effettuare una pulitura accurata.

Se gli organismi marini, in particolare i molluschi, danneggiano la struttura, è necessario staccarli il prima possibile. In particolare, è importante rimuovere i molluschi incrostati sulle componenti in metallo della struttura, per agevolare gli interventi di manutenzione del rivestimento.

La maggior parte degli organismi marini tuttavia non danneggia il calcestruzzo, anzi, gli organismi marini spesso addirittura contribuiscono a mantenere umido il calcestruzzo, prevenendo in tal modo la penetrazione di ossigeno e anidride carbonica e l'azione di lisciviazione esercitata dalle soluzioni acquose.

2.3.2 Protezione

2.3.2.1 Generale

Il calcestruzzo può essere protetto in diversi modi:

- Trattamento della superficie

- Applicazione di un involucro rigido o flessibile
- Protezione catodica
- Utilizzo di inibitori
- Re-alkalizzazione e desalinizzazione
- Incremento del copriferro

2.3.2.2 Trattamenti di superficie

I trattamenti di superficie sono particolarmente utili a proteggere il calcestruzzo non armato e costituiscono un valido strumento di manutenzione per il calcestruzzo armato.

I trattamenti di superficie devono essere scelti in base alle proprietà che li caratterizzano, in modo da selezionare il trattamento maggiormente appropriato. I trattamenti possono essere classificati nel seguente modo:

- Agenti di riempimento parziale dei pori (penetranti idrorepellenti)
- Sigillanti per il riempimento totale dei pori
- Rivestimento delle superfici

Gli agenti di riempimento parziale dei pori comprendono gli idruri di silicio, le silossine, i silicani, i siliconati, gli stereati e gli olii autoindurenti. Questi materiali sono idrorepellenti e bloccano la penetrazione delle soluzioni saline ma non costituiscono una valida barriera contro i gas come l'ossigeno, l'anidride carbonica o i vapori umidi.

I silani e i siloxani possono essere applicati sotto forma di liquido o gel e penetrano fino a una profondità di 4 mm in forma liquida, di 15 mm in forma di gel. I silani penetrano più immediatamente grazie alle ridotte dimensioni delle molecole che li compongono. Grazie alle loro proprietà repellenti, questi materiali resistono inoltre anche alla penetrazione del cloruro. La durata della vita utile dipende dalla profondità di penetrazione. Se l'agente è penetrato abbastanza in profondità la vita utile può prolungarsi fino a 1 anno.

I sigillanti che riempiono totalmente i pori sono di due tipi: quelli che reagiscono a contatto con il calcestruzzo e formano conseguentemente materiale ostruente e quelli utilizzati per riempire fisicamente i pori. La prima categoria include i silicati e i silicocloruri e viene utilizzata di rado ad eccezione dei trattamenti di indurimento e anti-polvere. La seconda categoria è invece costituita da acrilici, poliuretani e materiali epossidici. L'efficacia della prevenzione dell'eccessiva porosità (e quindi della penetrazione dell'umidità e di soluzioni saline aggressive) dipende dalla profondità di penetrazione dei sigillanti parziali o totali nei pori e nei capillari. A sua volta, tale profondità di penetrazione dipende dalla viscosità del materiale e dalla quantità di solidi applicati.

I rivestimenti della superficie possono essere in materiale organico o inorganico. I primi sono in cemento semplice o modificato con polimeri e sono utili nella prevenzione dei fenomeni di carbonatazione e di penetrazione di acqua e di sali aggressivi come il cloruro e i solfati. I rivestimenti organici invece sono a base di polimeri, come i materiali epossidici, il poliuretano, il bitume, il catrame e gli alchidi. Le proprietà di tali rivestimenti includono: resistenza alla penetrazione di acqua e di sali aggressivi, dell'anidride carbonica e di componenti chimici industriali.

I materiali epossidici possono essere applicati su superfici umide e sotto il livello del mare nonché nella zona intertidale. I bitumi sono poco dispendiosi e, in genere, durano a lungo. Nessuno di questi rivestimenti è però resistente ai raggi ultravioletti, ed è quindi necessario proteggerli da essi. Inoltre, hanno uno scarso livello di trasmissione del vapore, fattore che può contribuire a ridurre l'aderenza del rivestimento.

Esistono diversi metodi di applicare rivestimenti rigidi ai componenti in calcestruzzo. I rivestimenti flessibili possono consistere anche in un semplice nastro adesivo impermeabile, a patto che quest'ultimo sia totalmente integro. L'utilizzo di rivestimenti in plastica è una tecnica molto simile, ma può essere messa in atto soltanto sopra il livello del mare e in presenza di acque basse, poiché è necessario posizionare la plastica applicandovi calore.

2.4 RIPARAZIONI DELLE OPERE IN PIETRA E MURATURA

Per queste strutture possono essere utilizzate le tecniche illustrate in seguito:

2.4.1 Pulizia

- (a) idropulizia ad alta pressione
- (b) sabbiatura
- (c) raschiatura manuale e spazzolatura

2.4.2 Ancoraggio

- (a) Ancoraggio interno della struttura (barre o tiranti in acciaio da utilizzarsi come rinforzo)
- (b) Ancoraggio del muro di banchina mediante tiranti d'ancoraggio (consolidamento della struttura).

Tali tecniche di ancoraggio possono essere utilizzate sia in superficie che sott'acqua (utilizzando una speciale camera di spinta per perforazioni subacquee o un batiscopio).

2.4.3 Iniezione

- (a) Iniezioni di cemento o materiali cementizi all'interno di giunti, vuoti e aperture;
- (b) Iniezione di prodotti chimici come il poliuretano o prodotti epossidici all'interno di giunti, vuoti e aperture di minori dimensioni.

2.4.4 Sacchi in materiale cementizio

Sporte o sacchi in geotessile possono essere riempiti di calce e inseriti nei vuoti o nei giunti di dimensioni maggiori, in alternativa all'iniezione di cemento. I sacchi possono essere riempiti precedentemente oppure essere piazzati all'interno dei giunti o delle aperture e riempiti di cemento in seguito. Possono essere usati come unico strumento di riempimento o come casseformi per le iniezioni di cemento da effettuarsi a monte.

2.4.5 Drenaggio

Questa tecnica è finalizzata a consolidare la struttura e a migliorarne la stabilità, nonché a ridurre il livello dell'acqua differenziale tra le due facce del muro, riducendo la pressione dell'acqua.

- (a) Sostituzione dei blocchi
- (b) Sostituzione del riempimento

2.5 RIPARAZIONE DELLE OPERE IN CALCESTRUZZO

2.5.1 Generale

La scelta del metodo ottimale per riparare il calcestruzzo lesionato o deteriorato e di proteggere la struttura da deterioramento dipende dal principio prescelto per la riparazione/protezione e dal metodo ritenuto maggiormente coerente con il suddetto principio. In base a quanto previsto dalla Normativa Europea 1504, parte 9, i principi e i metodi applicati per la riparazione e protezione delle strutture in calcestruzzo semplice, armato e pre-compresso, egualmente validi per le operazioni di manutenzione e riparazione, sono:

Tabella 1 - Calcestruzzo semplice e armato

Principio e definizione	Metodo basato sul principio
Barriera contro l'ingresso di agenti dannosi	1. Trattamenti sulla superficie <ul style="list-style-type: none"> (a) Rivestimento (b) Impregnamento per l'otturazione dei pori (c) Applicazione di membrane (d) Impregnazione con idrorepellente 2. Sigillamento, riempimento degli sgrottamenti, riconversione degli sgrottamenti in giunti
Controllo dell'umidità	1. Trattamenti sulla superficie <ul style="list-style-type: none"> (a) Rivestimento (b) Impregnazione con idrorepellente
Sostituzione del calcestruzzo	1. Sostituzione di calcestruzzo lesionato o deteriorato con malta o con nuovo calcestruzzo 2. Sostituzione di singoli componenti
Rafforzamento strutturale	1. Aggiunta di calcestruzzo 2. Aggiunta o sostituzione delle armature interne 3. Aggiunta di armature esterne 4. Piastre saldate di rinforzo 5. Iniezione di malte cementizie in sgrottamenti e vuoti
Resistenza chimica	1. Trattamento della superficie mediante rivestimento 2. Aggiunta di calcestruzzo o malta
Resistenza fisica	1. Trattamento della superficie mediante rivestimento o impregnazione 2. Aggiunta di calcestruzzo o malta

Tabella 2 - Calcestruzzo armato

Principio e definizione	Metodo basato sul principio
Mantenimento della passivazione dei ferri	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sostituzione del calcestruzzo contaminato (carbonatato e clorurato) 2. Re-alcizzazione con metodo elettrochimico o diffusivo 3. Estrazione del cloruro 4. Aumento della copriferro di calcestruzzo 5. Rivestimento della superficie
Aumento della resistenza	<ol style="list-style-type: none"> 1. Controllo dell'umidità; ad esempio, il contenuto di umidità può essere ridotto applicando un rivestimento di superficie o una guaina d'impregnazione idrorepellente
Controllo anodico e catodico del rinforzo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Applicazione di una protezione chimica o meccanica al rinforzo
Controllo catodico del rinforzo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ridurre la quantità di ossigeno sulle aree catodiche del rinforzo rivestendo la superficie o mediante saturazione
Protezione catodica	<ol style="list-style-type: none"> 1. Applicazione di potenziale elettrico in modo da modificare le aree anodiche delle armature mediante sistemi impressi di corrente o sistemi anodici

Questi metodi richiedono di preparare il calcestruzzo o le armature prima di procedere alla posa dei materiali utilizzati per gli interventi di riparazione e protezione. I metodi di preparazione e posa sono brevemente descritti in seguito:

2.5.2 Preparazione

2.5.2.1 Pulitura

La pulitura è necessaria per rimuovere materiale indesiderato come il rivestimento e altri strati di materiale disgregabile della struttura stessa. Tale operazione è necessaria al fine di garantire l'aderenza tra lo strato pre-esistente e il materiale da applicare per effettuare la riparazione.

La pulizia può essere effettuata manualmente, mediante spazzole o aghi meccanici azionati ad elettricità, tramite sabbiatura o getto idraulico azionato alla pressione di 18 Mpa, con aggiunta o meno di additivi abrasivi. Il metodo della sabbiatura a secco seguita dalla pulizia con idrogetto a pressione pari a 18 Mpa è consigliato per la pulizia dei rinforzi, mentre i prodotti corrosivi e i contaminanti come i cloruri non devono invece essere utilizzati nelle immediate vicinanze della barra di armatura.

2.5.2.2 Rimozione del calcestruzzo danneggiato

Il calcestruzzo lesionato, parzialmente distaccato, contaminato, e, in alcuni casi, anche il calcestruzzo sano, devono essere rimossi. La quantità del calcestruzzo da rimuovere dipende dal principio e dal metodo scelto, nonché dal carico statico che grava sulla struttura da sottoporsi a riparazione.

Il calcestruzzo da rimuovere o le sue parti difettose possono essere demoliti tramite martelli meccanici ad aria o ad azionamento elettrico, mediante idrogetto ad alta potenza, frazionamento idraulico o chimico, micro-esplosioni da effettuarsi tramite posa di piccole cariche esplosive, taglio con sega a punta di diamante e frantumazione meccanica.

Il calcestruzzo difettoso deve essere rimosso sino a una profondità tale da scoprire l'intera circonferenza dell'armatura e da consentire di applicare il materiale sostitutivo a monte di rinforzo tali armature; tale raccomandazione non è valida per i trattamenti elettrochimici e in caso considerazioni di carattere strutturale rendano sconsigliabile un intervento di questo tipo.

I rifiuti edilizi della demolizione devono essere conferiti ad una discarica autorizzata o, preferibilmente, essere recuperati e - destinati ad altri usi, possibilmente all'interno del porto stesso o nelle sue immediate vicinanze.

Nei casi in cui è necessario effettuare interventi di demolizione ingenti, il metodo da utilizzare deve essere scelto soltanto dopo un'approfondita analisi da realizzarsi in via preliminare. Prima dell'intervento è inoltre necessario effettuare alcune prove, in particolare quelle atte a stabilire quali sono gli effetti negativi sulla salute dei lavoratori e sull'ambiente, riconducibili a tale intervento di demolizione.

Oltre a quanto illustrato nel paragrafo 2.5.2.1, un altro metodo per la rimozione del calcestruzzo è l'idrodemolizione, effettuata solitamente a pressione compresa tra i 60 e i 110 MPa (vengono utilizzati maggiori volumi d'acqua a pressione inferiore). Il vantaggio del metodo consiste nel fatto che sul substrato finito non si accumulano polvere ne' contaminanti come il cloruro, inoltre, il substrato a fine lavoro non presenta micro-fratture. Tuttavia, il metodo è più dispendioso della rimozione meccanica e sono necessarie misure di sicurezza maggiori perché il conglomerato da rimuovere tende a schizzare via dal calcestruzzo, costituendo un potenziale pericolo per l'operatore.

Per evitare questi problemi è possibile utilizzare macchinari telecomandati. L'utilizzo dei macchinari telecomandati inoltre permette di regolare la potenza specifica di funzionamento del macchinario a seconda del volume di calcestruzzo da rimuovere.

In alternativa, è spesso possibile utilizzare la tecnica della micro-esplosione, che presenta due principali vantaggi: necessita di una minore quantità di manodopera che può operare senza adottare particolari misure di sicurezza e genera inquinamento acustico soltanto per periodi di tempo molto ridotti.

In sintesi, la micro-esplosione consiste nell'uso controllato e in condizioni di sicurezza di esplosivi al fine di rimuovere il calcestruzzo nel corso di lavori di riparazione, demolizione parziale, modifiche o interventi di costruzione ex-novo, come il taglio e il disarmo delle estremità superiori dei pali. Piccole cariche di esplosivo vengono piazzate in fori appositamente effettuati nel calcestruzzo da rimuovere e detonati a brevi intervalli di tempo. Le strutture circostanti vengono ricoperte da appositi cuscinetti, in modo da proteggerle dalla polvere e dai detriti che schizzano via. Se tale metodo viene messo in atto correttamente, il rinforzo interno al calcestruzzo e le altre strutture adiacenti non risulteranno danneggiate dall'esplosione. Dopo l'esplosione, la superficie trattata deve essere ricoperta e riportata alla forma e posizione originaria mediante attrezzi manuali. Le operazioni di esplosione devono essere gestite da personale specializzato e munito di licenza; ciò può rappresentare una limitazione nell'uso di tale metodo.

Gli altri metodi di demolizione elencati in precedenza si considerano noti a grandi linee.

Se l'armatura è corrosa al punto tale da dovere essere sostituito, può essere rimosso con i normali metodi di taglio dell'acciaio, ma occorre prestare particolare attenzione, applicando il calore

necessario al taglio, a non alterare le caratteristiche del rinforzo residuo che deve ancora essere utilizzato e a non danneggiare il calcestruzzo posato nelle parti adiacenti.

Per il calcestruzzo pre-compresso occorre prestare particolare attenzione nel rimuovere il calcestruzzo, per evitare di esercitare eccessiva pressione sul restante calcestruzzo e di danneggiare i cavi di pre-compressione, fatto che potrebbe mettere a repentaglio l'incolumità fisica del personale o provocare danni strutturali.

La rimozione del calcestruzzo sotto il livello del mare è resa più complessa dalle particolari condizioni in cui si trova la struttura; tuttavia vi sono molte tecniche da potersi utilizzare anche in questo caso.

2.5.2.3 Irruvidimento

Alcuni dei metodi di riparazione del calcestruzzo richiedono che le superfici di applicazione siano ben ruvide, al fine di aumentare l'aderenza. L'irruvidimento può essere effettuato a mano o utilizzando martelli ad azione meccanica, tramite sabbiatura o idrodemolizione.

L'idrodemolizione rappresenta l'opzione ottimale, poiché consente di evitare il formarsi di crepe nascoste o l'allentarsi del conglomerato all'interno dei substrati. Se si utilizza il metodo della frantumazione meccanica è consigliabile in seguito effettuare una pulizia approfondita con acqua.

2.5.3 Materiali per riparazione e protezione

2.5.3.1 Sostituzione del calcestruzzo

Il calcestruzzo rimosso può essere sostituito con nuovo calcestruzzo o con malta, versata nei casseri o applicata con spray. Inoltre, la malta da utilizzare per interventi di entità ridotta può venire applicata a mano.

La malta e il calcestruzzo possono essere a base totalmente cementizia o modificata con polimeri, vale a dire con additivi a base di resina che ne migliorano le caratteristiche in modo da aumentarne la coesione. Anche la malta può essere modificata in questo modo, aggiungendo leganti resinosi al conglomerato. Alle malte e ai calcestruzzi a base cementizia possono essere aggiunti additivi che ne aumentino la resistenza all'azione dell'acqua, ne aumentino o riducano il tempo di stabilizzazione o plastificanti che ne favoriscano il compattamento. Il calcestruzzo sostitutivo può venire compattato con i normali metodi a vibrazione oppure essere auto-compattante.

Il calcestruzzo presente negli elementi in calcestruzzo precompresso può essere sostituito utilizzando gli stessi metodi, ma occorre prestare particolare attenzione al fatto che l'aderenza tra il calcestruzzo e i cavi di pre-compressione sia effettivamente quella originaria. La compressione originaria non può essere ripristinata nell'area sottoposta ad intervento. Inoltre, occorre prestare particolare attenzione in fase di rimozione del calcestruzzo pre-compresso.

E' importante che il calcestruzzo da utilizzarsi per la sostituzione sia trattato adeguatamente in modo da evitare fenomeni di contrazione; il cls deve inoltre essere resistente e durevole. I metodi di trattamento includono l'uso di casseforme a perdere, l'applicazione di materiali bagnati sulla

superficie, l'applicazione di acqua sotto forma di spray e l'applicazione di agenti trattanti sulla superficie.

Gli interventi di riparazione subacquei possono essere effettuati utilizzando calcestruzzo, malta semplice o modificata con polimeri. Il calcestruzzo o la malta possono essere posati utilizzando casseforme rigide o flessibili. E' importante che l'acqua che rimane nella fessura prima della posa del calcestruzzo sia immobile. E' inoltre consigliabile aggiungere degli additivi nella miscela in modo da aumentarne il livello di coesione. La malta a base di polimeri è molto utile per le riparazioni fino a 50 mm di spessore e può essere applicata a mano.

2.5.3.2 Riempimento degli sgrottamenti

Singoli sgrottamenti all'interno del calcestruzzo sano possono essere riempite per prevenire l'entrata di agenti dannosi o per aumentare la coesione delle superfici in calcestruzzo a scopi strutturali. In entrambi i casi, occorre rimuovere le impurità accumulate all'interno delle crepe prima di iniettarvi il materiale; per le crepe formatesi sulla superficie della parte superiore di componenti orizzontali, invece del più diffuso metodo dell'iniezione è possibile utilizzare il metodo a gravità. Le crepe causate dalla corrosione delle armature non devono essere riempite: il calcestruzzo deve essere rimosso e sostituito.

2.5.3.3 Interventi di ripristino sulle strutture in calcestruzzo armato

Potrebbe rivelarsi necessario ingrandire i componenti stessi della struttura per aumentarne il copriferro di calcestruzzo o la resistenza. Altri ottimi metodi per mantenere o aumentare la resistenza della struttura è l'utilizzo di piastre di collegamento: le piastre, in acciaio o in materiale misto, vengono fissate e collegate ai lati esterni dei componenti, aggiungendovi delle armature o con post-tensionamento esterno.

2.5.3.4 Protezione del calcestruzzo

Le superfici in calcestruzzo possono essere protette in diversi modi, come descritto al paragrafo 2.3.2.

2.5.3.5 Protezione delle armature

Le armature applicate all'interno del calcestruzzo sono protette dalla componente alcalina del materiale utilizzato per l'intervento di riparazione. E' inoltre possibile proteggere la struttura ricostituendo il copriferro a seguito di spazzolatura ma c'è il rischio di corrosione alle estremità dell'area riparata. Occorre inoltre prestare particolare attenzione a ricoprire totalmente l'acciaio e ad evitare che il rivestimento venga applicato soltanto al substrato. I rivestimenti che contengono cemento o resine devono essere applicati in modo tale da consentire di posare il materiale con cui si intende effettuare l'intervento di riparazione prima di stendere lo strato di rivestimento; in caso contrario la coesione potrebbe risultare minore.

I rivestimenti disponibili sono: malte cementizie, malte modificate con resina, resine epossidiche, rivestimenti passivanti o anodici.

2.5.3.6 Metodi elettrochimici

Il calcestruzzo armato può essere protetto anche utilizzando metodi elettrochimici, come la protezione catodica, la rialcalinizzazione ed i metodi di estrazione del cloruro.

2.5.3.7 Incremento, sostituzione e integrazioni delle armature

Potrebbe infine rendersi necessario sostituire o incrementare le armature esistenti. I metodi solitamente utilizzati sono la riparazione meccanica, la posa di barre sovrapposte, la saldatura o l'inserimento di armature in fori effettuati con il trapano all'interno del substrato e fissati con getti di sostanze chimiche ancoranti.

2.6 MANODOPERA

Occorre sottolineare che molti dei metodi illustrati contemplan l'utilizzo di materiali appositamente formulati; è quindi molto importante seguire le specifiche fornite dal produttore e ricorrere a esecutori che dispongono di personale esperto e specializzato nella messa in atto del metodo prescelto.

Roma, Marzo 2010

Il Progettista Responsabile
Dott. Ing. Michelangelo Lentini