

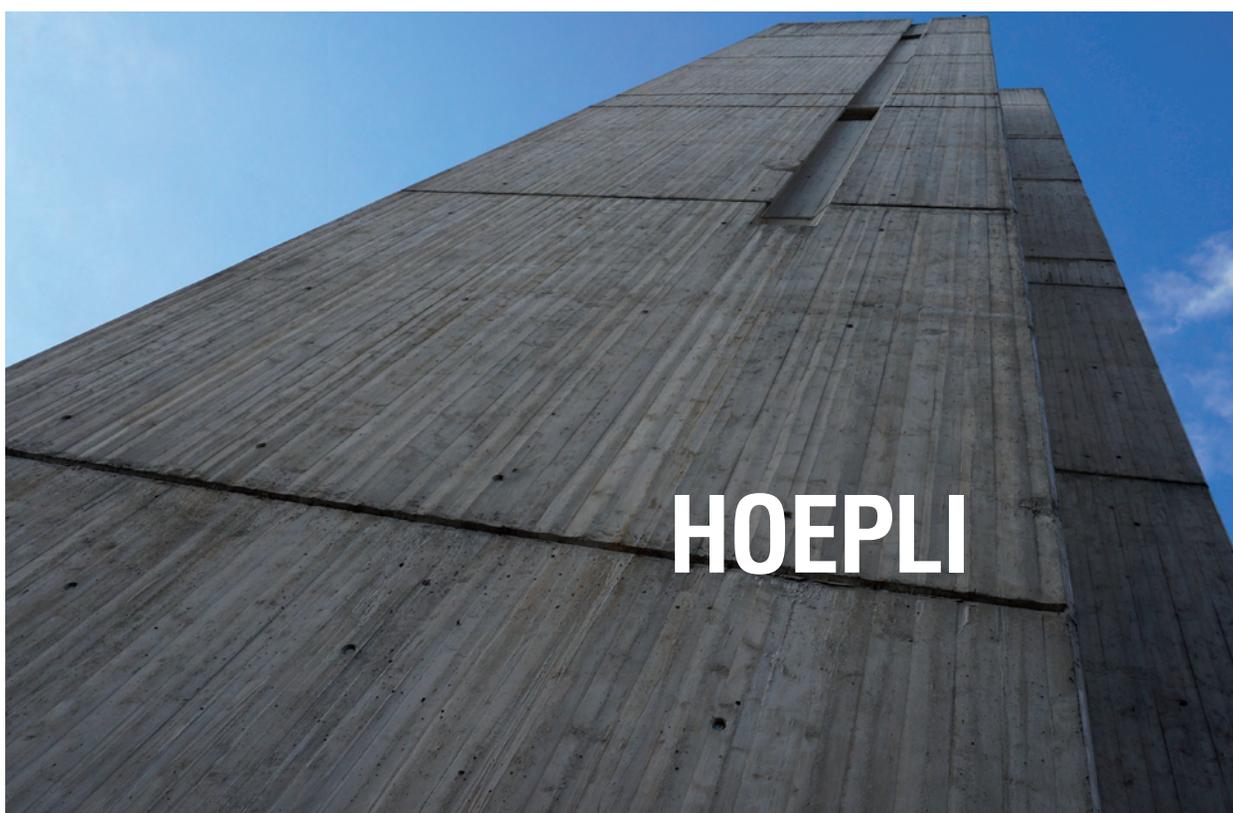
Luigi Coppola, Alessandra Buoso

IL RESTAURO DELL'ARCHITETTURA MODERNA IN CEMENTO ARMATO

Alterazione e dissesto delle strutture in c.a. - Diagnostica

Interventi di manutenzione e adeguamento antisismico

Materiali, tecniche e cantieristica



HOEPLI

Il volume presenta le principali forme di alterazione e dissesto delle opere in c.a., le tecniche di indagine per la corretta individuazione delle cause che le hanno prodotte, i materiali, i metodi di ripristino e manutenzione per progettare e realizzare un durevole intervento di conservazione e adeguamento antisismico. Il testo è contraddistinto da schede fotografiche a colori che aiutano il lettore a riconoscere le forme di alterazione e dissesto più ricorrenti.

Si tratta di una straordinaria guida attraverso centinaia di "cantieri reali" per i quali vengono illustrate le operazioni manuali di preparazione delle superfici, i materiali speciali cui far ricorso, le tecniche e le macchine per una loro corretta applicazione.

PUNTI DI FORZA DEL LIBRO

- Più di 600 fotografie di edifici e infrastrutture in c.a. che presentano forme di alterazione e dissesto.
- Oltre 300 grafici e schemi illustrativi per operare una scelta dei materiali idonei per il restauro.
- Esempi di alterazione, dissesto e restauro di opere ordinarie dell'edilizia civile residenziale e infrastrutturale insieme ad opere di architetti e studi famosi come: Alvar Aalto, BBPR, Santiago Calatrava, Guido Canella, Lucio Costa, Giancarlo De Carlo, Mario Fiorentino, Norman Foster, Gigi Ghò, Zaha Hadid, Le Corbusier, Pierluigi Nervi, Oscar Niemeyer, Giò Ponti ecc.

INDICE

Il calcestruzzo armato: materiale della modernità - Studio, progetto e realizzazione di un intervento di manutenzione, ripristino e adeguamento strutturale di opere in c.a. - Il calcestruzzo armato: il DNA del materiale - I fenomeni e i meccanismi di alterazione e degrado - Le strutture in calcestruzzo armato facciavista - I dissesti strutturali e da sisma - La diagnostica del degrado e del dissesto - Materiali, sistemi, tecniche e cantieristica negli interventi di ripristino. Appendici: Glossario illustrato delle patologie dei materiali. Atlante illustrato dei fenomeni di dissesto strutturale e da sisma. Atlante illustrato delle tecniche diagnostiche. Atlante dei materiali e delle tecniche di ripristino. Voci di capitolato per prodotti e sistemi per il restauro e la manutenzione.

AUTORI

Luigi Coppola è docente di Materiali per il Restauro all'Università di Bergamo, Facoltà di Ingegneria e di Gestione e Manutenzione del Costruito presso l'University of Applied Sciences di Lugano.

Alessandra Buoso, PhD, è ingegnere-ricercatore e cultore di Tecnologia dei Materiali Innovativi in ambito Edile.

www.hoepli.it

Ulrico Hoepli Editore S.p.A.
via Hoepli, 5 - 20121 Milano
e-mail hoepli@hoepli.it

 @Hoepli_1870

€ 69,90

e book disponibile

ISBN 978-88-203-6420-5



9 788820 364205

LUIGI COPPOLA

ALESSANDRA BUOSO

CON IL CONTRIBUTO DI ATTILIO PIZZIGONI

IL RESTAURO DELL'ARCHITETTURA MODERNA IN CEMENTO ARMATO

Alterazione e dissesto delle strutture in c.a. – Diagnostica
Interventi di manutenzione e adeguamento antisismico
Materiali, tecniche e cantieristica



EDITORE ULRICO HOEPLI MILANO

Copyright © Ulrico Hoepli Editore S.p.A. 2015

via Hoepli 5, 20121 Milano (Italy)
tel. +39 02 864871 - fax +39 02 8052886
e-mail hoepli@hoepli.it

www.hoepli.it

Tutti i diritti sono riservati a norma di legge
e a norma delle convenzioni internazionali

Le fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume/fascicolo di periodico dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633.

Le fotocopie effettuate per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale possono essere effettuate a seguito di specifica autorizzazione rilasciata da CLEARedi, Centro Licenze e Autorizzazioni per le Riproduzioni Editoriali, Corso di Porta Romana 108, 20122 Milano, e-mail autorizzazioni@clearedi.org e sito web www.clearedi.org.

ISBN 978-88-203-6420-5

Ristampa:

4 3 2 1 0 2015 2016 2017 2018 2019

Realizzazione editoriale: Pierluigi Angelo Riva
Redazione: Antonella Angela Arosio

Copertina realizzata da Sara Taglialegne

Stampato da L.E.G.O. S.p.A., stabilimento di Lavis (Trento)

Printed in Italy

Ad Anna e Carlotta
A Marta e Raffaele

Prefazione	
1. Introduzione – Il calcestruzzo armato: materiale della modernità (A. Pizzigoni)	1
2. Studio, progetto e realizzazione di un intervento di manutenzione, ripristino e adeguamento strutturale di opere in c.a. ...	7
2.1 Introduzione	7
2.2 Il canovaccio per la corretta progettazione e realizzazione dell'intervento di ripristino	8
2.3 I materiali e i sistemi per la realizzazione dell'intervento di ripristino	10
2.4 I principi alla base della progettazione e realizzazione dell'intervento di restauro di opere in calcestruzzo armato	13
2.5 Gli interventi di ripristino e conservazione delle strutture in calcestruzzo armato	14
2.5.1 Interventi di ricostruzione	14
2.5.2 Rafforzamento strutturale e adeguamento sismico mediante lamine e barre in materiale composito o mediante tessuti in acciaio o in FRP	15
2.5.3 Sigillatura delle lesioni	15
2.5.4 Protezione e decorazione della superficie degli elementi in c.a.	15
2.5.5 Pulitura delle superfici	16
2.5.6 Inibitori di corrosione	16
2.5.7 Protezione catodica	16
2.5.8 Rialcalinizzazione elettrochimica e rimozione dei cloruri	17
3. Il calcestruzzo armato: il DNA del materiale	19
3.1 Introduzione	19
3.2 I costituenti del calcestruzzo	19
3.2.1 Il cemento	20
3.2.1.1 <i>Fenomeni di alterazione/degrado riconducibili al cemento</i>	22
3.2.2 L'acqua d'impasto	23
3.2.2.1 <i>Fenomeni di alterazione/degrado riconducibili all'acqua d'impasto</i>	23
3.2.3 Gli additivi	24
3.2.3.1 <i>Fenomeni di alterazione/degrado riconducibili agli additivi</i>	25
3.2.4 Gli aggregati	25
3.2.4.1 <i>Fenomeni alterazione, degrado e dissesto riconducibili agli aggregati</i>	26
3.2.5 Le aggiunte di tipo I e di tipo II	29
3.2.5.1 <i>Fenomeni alterazione/degrado riconducibili alle aggiunte</i>	29
3.3 Il calcestruzzo indurito	29
3.3.1 Microstruttura della matrice cementizia	30
3.3.2 Resistenza meccanica a compressione del calcestruzzo	30
3.3.3 Resistenza a trazione del calcestruzzo	32
3.3.4 Tenuta idraulica	32
3.3.5 Ritiro idraulico o igrometrico	33
3.4 La realizzazione delle strutture in calcestruzzo armato in cantiere	34
3.4.1 Preparazione dei casseri e applicazione del disarmante	34
3.4.2 Riprese di getto	35
3.4.3 Posizionamento delle armature	36
3.4.4 Posa in opera del calcestruzzo	36
3.4.5 La lavorabilità del calcestruzzo al momento del getto	37
3.4.6 Compattazione dei getti	38
3.4.7 Segregazione e bleeding	39
3.4.8 La maturazione umida dei getti	40
4. I fenomeni e i meccanismi di alterazione e degrado	43
4.1 Introduzione	43
4.2 Durabilità e stati limite per le strutture in calcestruzzo	43
4.3 Cause di degrado del calcestruzzo e delle armature	44
4.3.1 Le strutture aeree fuori terra: corrosione dei ferri indotta dall'anidride carbonica	45
4.3.2 Le strutture aeree fuori terra in climi freddi: degrado promosso dai cicli di gelo-disgelo	47
4.3.3 Le strutture sottoposte a trattamenti con sali disgelanti	49
4.3.4 Corrosione delle armature nelle strutture esposte all'azione dei cloruri	49
4.3.5 Il degrado di tipo chimico	50
4.4 Efflorescenze, dilavamento, colonizzazioni biologiche e deposizione del particolato atmosferico	54
4.5 Distacco delle pellicole pittoriche, degli intonaci e dei rivestimenti di facciata	56
5. Le strutture in calcestruzzo armato facciavista	59
5.1 Introduzione	59
5.2 Suggerimenti per la realizzazione di strutture in calcestruzzo facciavista	65
5.2.1 Fattori progettuali ed esecutivi	65
5.2.1.1 <i>Casseri</i>	65
5.2.1.2 <i>Disarmante</i>	67
5.2.1.3 <i>Modalità di posa in opera</i>	68
5.2.1.4 <i>Modalità di maturazione</i>	68
5.2.1.5 <i>Condizioni climatiche al momento della realizzazione dell'opera</i>	69
5.2.2 Fattori dipendenti dal calcestruzzo	69
5.2.2.1 <i>Tipo di cemento</i>	70
5.2.2.2 <i>Acqua di impasto</i>	70
5.2.2.3 <i>Tipo di aggregato</i>	70
5.2.2.4 <i>Dosaggio di cemento</i>	71
5.2.2.5 <i>Rapporto 'a/c'</i>	71
5.2.2.6 <i>Lavorabilità</i>	71

INDICE

6. I dissesti strutturali e da sisma	73	8.4.1	Il ritiro idraulico dei materiali cementizi per il ripristino delle strutture	141	
6.1	Introduzione	73	8.4.1.1	<i>Fattori compositivi</i>	141
6.2	Cedimenti di fondazione	74	8.4.1.2	<i>Fattori esterni</i>	143
6.3	Quadri fessurativi e deformativi promossi dal ritiro e da carenze statiche e/o costruttive	76	8.4.1.3	<i>Rischio di fessurazione nei materiali da ripristino e ruolo dell'armatura</i>	144
6.3.1	I quadri fessurativi promossi dal ritiro idraulico del calcestruzzo	76	8.4.1.4	<i>La prevenzione del rischio di fessurazione nei materiali da ripristino</i>	145
6.3.2	I dissesti per carenze statiche e/o costruttive	78	8.4.2	I conglomerati cementizi a ritiro compensato	146
6.3.3	La valutazione della pericolosità delle lesioni di tipo flessionale in una trave	82	8.4.3	Interventi di ricostruzione corticali	150
6.3.4	Le fessure di tipo tagliante nelle travi	83	8.4.4	Interventi di ricostruzione parziale della sezione originaria di elementi in calcestruzzo armato	185
6.4	Dissesti nei solai	84	8.4.5	Interventi con aumento della sezione originaria (ringrosso) di elementi in calcestruzzo armato	185
6.5	Danneggiamenti delle strutture portanti e degli elementi secondari causati dall'azione sismica	87	8.4.6	Interventi di ripristino dei solai	189
6.5.1	I dissesti delle fondazioni	87	8.4.7	Gli interventi sulle strutture aggettanti	191
6.5.2	I dissesti dei tamponamenti	87	8.4.8	I materiali per gli interventi di ricostruzione di elementi in calcestruzzo armato: voci di capitolato, accettazione in cantiere e controlli in opera	192
6.5.3	I dissesti del telaio in c.a.	89	8.5	Il ripristino di opere in calcestruzzo armato fessurate: la sigillatura delle lesioni	196
6.5.4	I dissesti dei solai e delle scale	94	8.5.1	I materiali per gli interventi di sigillatura delle fessure negli elementi in calcestruzzo armato: voci di capitolato, accettazione in cantiere e controlli in opera	201
7. La diagnostica del degrado e del dissesto ..	97	8.6	I materiali compositi per rinforzo statico e adeguamento sismico delle strutture in c.a.	202	
7.1	Introduzione	97	8.6.1	Legami costitutivi dei materiali compositi	204
7.2	Il sopralluogo: analisi visiva	97	8.6.2	Principali campi di applicazione dei materiali compositi in edilizia	205
7.3	Il sopralluogo: raccolta dei dati storici	102	8.6.3	Meccanismi di collasso di tipo fragile del sistema calcestruzzo/composito	208
7.4	Le prove in situ ed in laboratorio	105	8.6.4	Accorgimenti tecnologici e di cantiere	209
7.4.1	Le prove in situ	105	8.7	La pulitura delle opere in calcestruzzo armato	213
7.4.1.1	<i>Indagine magnetometrica</i>	106	8.7.1	Pulitura meccanica con spazzole metalliche	215
7.4.1.2	<i>Pull-off (prova di adesione)</i>	106	8.7.2	Pulitura con acqua in pressione	215
7.4.1.3	<i>Termografia ad infrarossi</i>	108	8.7.3	Pulitura con sabbiatrica o idrosabbiatrica	216
7.4.1.4	<i>Sclerometro (martello di Schmidt)</i>	109	8.7.4	Pulitura con laser	216
7.4.1.5	<i>Velocità di propagazione delle onde ultrasoniche</i>	112	8.7.5	Pulitura con ghiaccio secco	216
7.4.1.6	<i>Tomografia sonora</i>	116	8.7.6	Pulitura con acqua nebulizzata	217
7.4.1.7	<i>Metodo combinato SONREB</i>	116	8.7.7	Pulitura con vapore	217
7.4.1.8	<i>Pull-out</i>	118	8.7.8	Pulitura mediante impacchi	217
7.4.1.9	<i>Modalità di campionamento ed estrazione di carote</i>	118	8.7.9	Pulitura mediante l'utilizzo di paste	218
7.4.1.10	<i>Metodi colorimetrici</i>	120	8.7.10	Pulitura di tipo chimico	218
7.4.1.11	<i>Le mappature di potenziale di corrosione libera</i>	122	8.7.11	Pulitura per mezzo di biocidi	219
7.4.2	Le prove in laboratorio	124	8.8	La protezione delle opere in calcestruzzo armato mediante trattamenti con inibitori di corrosione	219
7.4.2.1	<i>Analisi chimica elementare</i>	124	8.8.1	Tecniche e materiali	219
7.4.2.2	<i>Diffrattonometria dei raggi X</i>	127	8.9	Tecniche elettrochimiche per la protezione di strutture esistenti in c.a.	220
7.4.2.3	<i>Microscopia ottica</i>	127	8.9.1	La protezione catodica	220
7.4.2.4	<i>Microscopia elettronica a scansione</i>	128	8.9.1.1	<i>Tecniche e materiali</i>	221
7.4.2.5	<i>Analisi termica</i>	128	8.9.2	Il ripristino di opere in calcestruzzo armato mediante ricalcinizzazione elettrochimica	222
7.4.2.6	<i>Porosimetria</i>	129	8.9.3	Il ripristino di opere in c.a. mediante rimozione elettrochimica dei cloruri	223
7.4.2.7	<i>Umidità</i>	130			
8. Materiali, sistemi, tecniche e cantieristica negli interventi di ripristino	131				
8.1	Introduzione	131			
8.2	I materiali per il ripristino e la manutenzione delle opere in calcestruzzo armato: quadro normativo e analisi del mercato	131			
8.3	Gli interventi di manutenzione e ripristino	137			
8.4	Interventi di ricostruzione e di consolidamento della sezione di elementi in calcestruzzo armato	137			

INDICE

Appendice A		Sk. C.11 Mappature di potenziale	399
Glossario illustrato delle patologie dei materiali		Sk. C.12 Analisi chimica elementale	400
A.1	Introduzione	Sk. C.13 Diffrazione dei raggi X	401
Sk. A.1	Macchie e alterazioni cromatiche	Sk. C.14 Microscopia ottica	402
Sk. A.2	Perdita di boiaccia	Sk. C.15 Microscopia elettronica (SEM)	403
Sk. A.3	Cavillature e fessurazioni diffuse	Sk. C.16 Analisi termica	404
Sk. A.4	Macrobolle	Sk. C.17 Porosimetria	405
Sk. A.5	Colonizzazioni biologiche	Sk. C.18 Misura dell'umidità	406
Sk. A.6	Efflorescenze e subflorescenze		
Sk. A.7	Dilavamento superficiale	Appendice D	
Sk. A.8	Deposito di particolato atmosferico	Atlante dei materiali e delle tecniche di ripristino	407
Sk. A.9	Distacchi di intonaci e rivestimenti e pellicole pittoriche	D.1	Introduzione
Sk. A.10	Vespai e nidi di ghiaia	Sk. D.1	Interventi di ripristino e manutenzione fallimentari
Sk. A.11	Riprese di getto	Sk. D.2	Linee guida per la mitigazione degli effetti dell'azione sismica
Sk. A.12	Pop-out	Sk. D.3	Pulitura delle superfici in calcestruzzo facciavista
Sk. A.13	Distacco dello strato corticale o di usura delle pavimentazioni	Sk. D.4	Ricostruzione delle sezioni in c.a.
Sk. A.14	Macchie di ruggine, fessurazione ed espulsione del copriferro, perdita di sezione delle armature metalliche	Sk. D.5	Interventi di ripristino dei solai in latero-cemento
		Sk. D.6	Adeguamento strutturale mediante sistemi compositi
		Sk. D.7	Sigillatura e iniezione delle strutture in c.a. fessurate e ripristino di vespai
		Sk. D.8	Interventi di adeguamento sismico per la prevenzione del ribaltamento dei tamponamenti
		Sk. D.9	Interventi di ricostruzione e/o di consolidamento di intonaci e rivestimenti
		Sk. D.10	Impermeabilizzazione degli aggetti
Appendice B			
Atlante illustrato dei fenomeni di dissesto strutturale e da sisma		Appendice E	
B.1	Introduzione	Voci di capitolato per prodotti e sistemi per il restauro e la manutenzione	451
Sk. B.1	Cedimenti differenziali del terreno di fondazione	E.1	Introduzione
Sk. B.2	Impedimento alla contrazione da ritiro idraulico o igrometrico	E.2	Prescrizioni di capitolato
Sk. B.3	Carenze statico-costruttive negli elementi inflessi	E.3	Controlli in opera
Sk. B.4	Carenze statico-costruttive nei solai		
Sk. B.5	Carenze nella risposta sismica e danneggiamenti nei tamponamenti	Biografie	455
Sk. B.6	Carenze nella risposta sismica e danneggiamenti nelle travi e nei solai	Simboli	461
Sk. B.7	Carenze nella risposta sismica e danneggiamenti nei pilastri e nei nodi trave-pilastro	Indice Analitico	465
Appendice C			
Atlante illustrato delle tecniche diagnostiche			
C.1	Introduzione		
Sk. C.1	Indagine magnetometrica		
Sk. C.2	Adesione / Pull-off		
Sk. C.3	Termografia ad infrarossi		
Sk. C.4	Indagine sclerometrica		
Sk. C.5	Indagine ultrasonica		
Sk. C.6	Tomografia sonora		
Sk. C.7	Metodi combinati - SonReb		
Sk. C.8	Pull-out		
Sk. C.9	Estrazione di carote		
Sk. C.10	Metodi colorimetrici		

Salutato alla fine del XIX secolo come materiale resistente all'incendio e con le stesse proprietà delle pietre naturali, il calcestruzzo armato, invece, nel corso della sua breve storia come materiale da costruzione, ha evidenziato non poche criticità se non ben progettato (dal punto di vista della composizione) e correttamente posto in opera. Moltissimi, infatti, sono stati gli insuccessi, in termini di durabilità e funzionalità, non solo negli edifici dell'edilizia abitativa, ma anche nelle strutture e infrastrutture progettate da famosi architetti e ingegneri. In particolare, le opere in calcestruzzo armato hanno evidenziato una spiccata vulnerabilità nei confronti delle azioni aggressive ambientali promosse principalmente dall'anidride carbonica presente nell'atmosfera, dai cloruri in acqua di mare e nei sali disgelanti utilizzati per la rimozione del ghiaccio dalle sedi stradali, dai solfati nelle acque e nei terreni. Numerose anche le forme di alterazione e degrado congenite, legate ad errori nella progettazione dei particolari costruttivi, nella cura dell'estetica delle superfici in calcestruzzo facciavista oltre che nella fase di realizzazione delle opere con scadenti lavorazioni di cantiere.

Il risultato di questi errori commessi in passato, cui occorre associare, almeno nella fase di "start-up", una scarsa conoscenza dei fenomeni di degrado e di quelli legati alle deformazioni lente del materiale, è rappresentato da forme di alterazione diffuse e da fenomeni di dissesto che connotano molte delle costruzioni realizzate nel XX secolo. La conferma di una capillare diffusione delle patologie del conglomerato cementizio armato è testimoniata dalla continua crescita degli investimenti nel settore della manutenzione e del ripristino delle costruzioni esistenti che negli ultimi anni, in molti Paesi, hanno superato quelli destinati alle nuove costruzioni. Il settore della manutenzione e del ripristino, inoltre, secondo le stime più attendibili degli analisti immobiliari, è destinato ulteriormente a crescere. Conseguentemente, si rende necessario mettere a disposizione dei progettisti, ma anche delle imprese di costruzione e delle committenze pubbliche e private, strumenti pratici che possano essere di ausilio per una corretta progettazione e realizzazione di un intervento manutentivo e/o di adeguamento strutturale.

In quest'ottica, il presente libro intende suggerire un percorso metodologico che dall'analisi dell'oggetto conduca alla progettazione dell'intervento di manutenzione, ripristino e adeguamento strutturale e antisismico.

Consapevoli del fatto che un corretto intervento di ripristino non possa prescindere dall'eliminazione delle cause responsabili delle patologie di cui una determinata struttura è affetta, il documento suggerisce un percorso per il riconoscimento delle principali forme di alterazione e degrado del calcestruzzo armato e di quelle di dissesto delle opere legate a cedimenti fondazionali, alla carenza di armature nei confronti delle azioni flessionali e taglianti o ad una scadente risposta nei confronti del terremoto. Questo percorso metodologico si basa, quindi, sulla conoscenza dei principali fenomeni di alterazione prodotti da un'errata scelta dei costituenti del conglomerato, da erronee tecniche di posa in opera in cantiere, dall'aggressione dell'ambiente, da carenze strutturali o di risposta all'azione sismica. Al fine di agevolare il progettista nell'individuazione delle cause responsabili del danno, il libro, unitamente ad una trattazione teorica delle principali proprietà chimico-fisiche del calcestruzzo e dei suoi componenti, oltre che delle corrette procedure di realizzazione delle opere in c.a., presenta una carrellata di foto di centinaia di strutture affette dalle principali tipologie di alterazione e degrado e da patologie di dissesto strutturale o di carente risposta all'azione sismica. Per ognuna di queste forme patologiche vengono, inoltre, segnalati gli elementi interessati dal danneggiamento, la cronologia di manifestazione, gli effetti futuri sul calcestruzzo armato, oltre ad indicare eventuali tecniche diagnostiche da utilizzare per la definitiva individuazione delle cause responsabili del danno. A tale scopo, il documento fornisce anche alcuni utili indicazioni sulle modalità di effettuazione del sopralluogo: quali zone sottoporre all'indagine, quali elementi rilevare e quali informazioni "storiche" acquisire per una corretta comprensione sia delle patologie che dei caratteri tipici della struttura. Per quanto attiene nello specifico alle tecniche di indagine, le stesse sono state raggruppate in forma di schede di facile consultazione ove per ognuna vengono indicati i principali dati che possono fornire, l'indice di affidabilità dei risultati ottenuti oltre alle modalità di esecuzione dell'indagine da effettuarsi in sito o in laboratorio.

Il documento, infine, analizza le principali tecniche di intervento per la manutenzione, il ripristino e l'adeguamento strutturale delle opere in calcestruzzo armato spaziando tra quelle maggiormente utilizzate, basate sulla ricostruzione delle

sezioni di calcestruzzo degradate, sulla pulitura delle superfici in calcestruzzo facciavista, sull'iniezione di strutture fessurate o sull'adeguamento strutturale e antisismico mediante l'impiego di materiali compositi, a quelle meno diffuse quali le tecniche di rialcalinizzazione elettrochimica o quelle basate sull'impiego di inibitori migranti. La sezione dedicata agli interventi di ripristino analizza in dettaglio tutti i materiali e sistemi disponibili sul mercato per la concretizzazione dei principi di manutenzione e ripristino indicati nella norma EN 1504-9. Con l'intento di facilitare il progettista nella corretta progettazione dell'intervento di ripristino e l'impresa in una agevole realizzazione dello stesso, il libro presenta una serie di schede di intervento ove vengono illustrate le diverse fasi dell'intervento di manutenzione e adeguamento strutturale, dalla preparazione delle superfici alla pulizia e protezione dei ferri, dalla ricostruzione delle sezioni alla protezione/decorazione.

La scrittura di questo testo muove da un originale documento sviluppato nell'ambito del Progetto CUS (Critical Encyclopaedia for Restoration and Reuse of 20th Century Architecture) che ha visto coinvolta la SUPSI (University of Applied Sciences of Southern Switzerland) di Lugano in collaborazione con altri prestigiosi atenei svizzeri

(quali L'EPFL di Losanna e la Facoltà di Architettura di Mendrisio) ed è stata resa possibile dal contributo diretto e indiretto di numerosi colleghi e amici. Gli autori desiderano, pertanto, ringraziare Sergio Lorenzi e Daniele Forni per i preziosi suggerimenti nella stesura del testo, i compagni di lavoro assiduo della Kerakoll e, in particolare, Davide Caprotti e il suo gruppo di ricerca e sviluppo (Alberto, Antonio, Gianluca, Matteo, Tommaso e Vincenzo) e Marco Ferrini, cui va un particolare ringraziamento per il materiale fotografico fornito relativo a molti cantieri di restauro sparsi sul territorio nazionale. Un ringraziamento speciale per gli Architetti Giuseppe de Vito e Cristina Mosca che, oltre ad aver messo a nostra disposizione il personale archivio fotografico relativo a numerose edifici e opere dell'Architettura Moderna in c.a., hanno sapientemente redatto le biografie dei più importanti architetti e ingegneri citati in questo libro.

Ad Attilio Pizzigoni, infine, docente della Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Bergamo, un ringraziamento sentito per la stesura del Capitolo 1 del presente libro.

Milano, Giugno 2015

LUIGI COPPOLA E ALESSANDRA BUOSO