



PROGRAMMA DI RICERCA 2004 - 2007

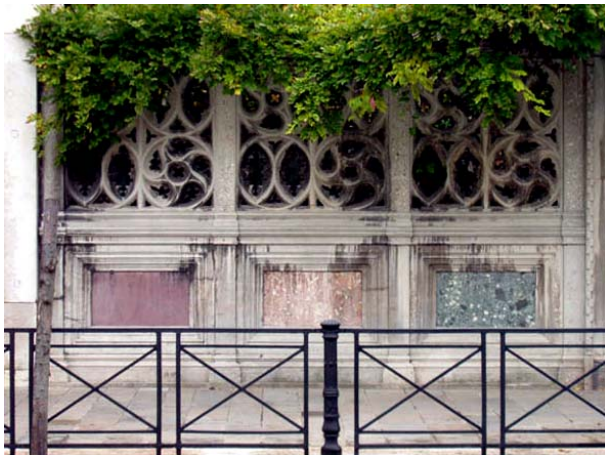
linea 2.3

Metodologie e tecnologie per il restauro e la conservazione degli edifici veneziani

WP2_EDILIZIA MODERNA

DALLA PIETRA ARTIFICIALE AL CALCESTRUZZO ARMATO: PROGETTO DI UN SISTEMA ESPERTO PER LA DIAGNOSTICA

Prof. ING. ARCH. PAOLO FACCIO
Prof. ARCH. MARCO PRETELLI
DOTT.SSA GRETA BRUSCHI
DOTT.SSA ISABELLA DAGA
DOTT.SSA ALICE MATTEINI
DOTT.SSA PAOLA SCARAMUZZA



WP2_1.2.4 Anno 2004

Ricerca bibliografica ed archivistica sulle materie prime e le tecniche di fabbricazione della pietra artificiale cementizia e individuazione di un caso studio nell'ambito dell'edilizia moderna veneziana



WP2_1.2.5 Anno 2005

Analisi sperimentali realizzate *in situ* e in laboratorio volte alla definizione di un percorso metodologico per la diagnostica delle patologie di degrado



WP2_1.2.6 Anno 2006

Interpretazione dei risultati ottenuti nella fase sperimentale, individuazione di markers del degrado e sviluppo di linee guida per l'elaborazione di un sistema esperto per la diagnostica



WP2_1.2.4 Anno 2004

_AA.VV., *Calcestruzzi antichi e moderni: storia cultura e tecnologia*, Atti del convegno di studi di Bressanone 6-9 luglio 1993, Padova, 1993.

_Cavallini M., Chimenti C., *La pietra artificiale. Manuale per il restauro e il rifacimento delle decorazioni plastico-architettoniche delle facciate*, Firenze, 1996.

_Collepari M., *Scienza e tecnologia del calcestruzzo*, Milano, 1991.

_Giola V., *Per una caratterizzazione dei cementi decorativi Liberty*, in AA.VV., *Lo stucco. Cultura, Tecnologia, Conoscenza*, Atti del Convegno di Studi Bressanone 10-13 Luglio 2001, Venezia, 2001, pag.358-363.

_Giola V., Torraca G., *Caratterizzazione di malte storiche. Metodi e problemi per un'indagine su cementi decorativi Liberty*, "Tema", n. 3, 1999, pag. 38-46.

_Nelva R., *Calcestruzzi armati e pietre artificiali nei primi anni di applicazione del "béton armé" in Italia*, "Recupero e conservazione", anno I, n. 3, 1995, pag. 29-39.

_Il Cemento, Rivista tecnica dei Materiali da costruzione, periodico bimensile illustrato diretto da G. Morbelli, Milano, 1904-1915.

MATERIE PRIME

CEMENTO PORTLAND

AGGREGATI

PIGMENTI

«La pietra artificiale a base di cemento presenta in confronto colle altre pietre artificiali grandi vantaggi nelle applicazioni costruttive, e riesce sovente a sostituire in modo perfetto le stesse pietre naturali con grande economia della costruzione. Una delle cause principali cui è dovuta la convenienza delle pietre artificiali è quella della facilità di foggiarle e modellarle come si vuole con pochissima spesa. A questa va poi unito il fatto importantissimo che le pietre artificiali cementizie resistono molto bene all'azione atmosferica, superando in questo tante volte le stesse pietre naturali [...] invero si riuscì non solamente ad imitare alcune pietre naturali in modo così perfetto da illudere l'occhio più esercitato, ma si ebbe anche prova del fatto che questa somiglianza perfetta doveva mantenersi inalterata nel tempo»

Le pietre artificiali nell'architettura, "Il Cemento", anno IV, n.1, 1908, pag.17.

TECNICHE DI FABBRICAZIONE

IN OPERA:
CEMENTI DA
RIVESTIMENTO



FUORI OPERA:
CEMENTI
SCOLPITI



FINITURE DI SUPERFICIE

SCALPELLATURA
SUBBIATURA
MARTELLINATURA
LEVIGATURA A SMERIGLIO
BOCCIARDATURA

descrizione macroscopica: legenda

mix-design	tecnica di posa in opera	textures	lavorazione superficiale	trattamento del profilo
aggregati tondi: provenienza naturale (fiumi, depositi fluviali, alluvionali, cave, ecc.) AT classe granulometrica: 0-3 sabbia fine 3-5 sabbione 5-20 ghiaietto 20-40 ghiaia > 40 ghiaia grossolana	calcestruzzo a strati: gettato in strati di altezza variabile da 16 a 45 cm CS calcestruzzo a getto unico CU calcestruzzo prefabbricato CP vibrato CV non vibrato CN	liscia: superficie omogenea senza cavità TL ruvida: superficie che presenta irregolarità TR granulosa: superficie sgranata per l'emergere del ghiaio e dei nidi di ghiaia TG presenza dell'impronta delle tavole della cassaforma, direzione delle tavole: orizzontale TO verticale TV	disarmo "a strappo": disarmato senza l'utilizzo di prodotti disarmanti DS disarmo con l'uso di disarmanti DD superficie non lavorata NL sasso lavato: superficie lavata dopo il disarmo per lasciare a vista gli inerti SL bocciardato: lavorazione manuale con bocciarda che rende le superfici scabre e simile alla pietra SB martellinato: lavorazione manuale con martellina che rende le superfici scabre e simile alla pietra SM scalpellato lavorazione manuale con scalpello SS tinteggiato ST	spigolo vivo PV profilato in metallo PM listato da pietra PP profilato da tessere vitree PT listato da legno PL colore sistema di riferimento adottato: mazzetta RAL

riprese fotografiche: legenda

18.04.02	h 11.48	D	
----------	---------	---	--

data ora tipo di luce condizioni metereologiche

alterazioni riscontrate: legenda

1. fessurazioni	2. ferri di armatura scoperti	3. delaminazioni superficiali del cls	4. distacchi del cls	5. tracce di ossidazione
<p>estensione delle aree coinvolte puntuali < 20% diffuse 20%-70% estese >70% in relazione all'area della superficie analizzata</p> <p>posizione delle aree coinvolte in relazione all'ambiente (interno/esterno), ed alle condizioni micro-climatiche, geografiche e strutturali (intradosso, estradosso, ecc)</p> <p>irregolari/regolari</p> <p>geometria (ampiezza, lunghezza e profondità)</p>	<p>estensione delle aree coinvolte puntuali < 20% diffuse 20%-70% estese >70% in relazione all'area della superficie analizzata</p> <p>posizione delle aree coinvolte in relazione all'ambiente (interno/esterno), ed alle condizioni micro-climatiche, geografiche e strutturali (intradosso, estradosso, ecc)</p> <p>aspetto della corrosione (generale/localizzata)</p> <p>riduzione del diametro dei ferri</p> <p>tipo di ruggine (compatta/porosa)</p> <p>spessore del copriferro</p>	<p>estensione delle aree coinvolte puntuali < 20% diffuse 20%-70% estese >70% in relazione all'area della superficie analizzata</p> <p>posizione delle aree coinvolte in relazione all'ambiente (interno/esterno), ed alle condizioni micro-climatiche, geografiche e strutturali (intradosso, estradosso, ecc)</p> <p>spessore della delaminazione</p> <p>aspetto del calcestruzzo delaminato (duro, incoerente)</p> <p>presenza di efflorescenze, incrostazioni</p>	<p>estensione delle aree coinvolte puntuali < 20% diffuse 20%-70% estese >70% in relazione all'area della superficie analizzata</p> <p>posizione delle aree coinvolte in relazione all'ambiente (interno/esterno), ed alle condizioni micro-climatiche, geografiche e strutturali (intradosso, estradosso, ecc)</p> <p>spessore del distacco</p> <p>localizzazione (spigoli, superfici, ecc)</p> <p>aspetto del calcestruzzo danneggiato (duro, incoerente)</p>	<p>estensione delle aree coinvolte puntuali < 20% diffuse 20%-70% estese >70% in relazione all'area della superficie analizzata</p> <p>posizione delle aree coinvolte in relazione all'ambiente (interno/esterno), ed alle condizioni micro-climatiche, geografiche e strutturali (intradosso, estradosso, ecc)</p> <p>forma delle macchie (circolare, oblunga, irregolare)</p>
6. macchie di umidità	7. patina biologica	A. interventi pregressi	B. indagini diagnostiche	C. note
<p>estensione delle aree coinvolte puntuali < 20% diffuse 20%-70% estese >70% in relazione all'area della superficie analizzata</p> <p>posizione delle aree coinvolte in relazione all'ambiente (interno/esterno), ed alle condizioni micro-climatiche, geografiche e strutturali (intradosso, estradosso, ecc)</p> <p>forma delle macchie (circolare, oblunga, irregolare)</p>	<p>estensione delle aree coinvolte puntuali < 20% diffuse 20%-70% estese >70% in relazione all'area della superficie analizzata</p> <p>posizione delle aree coinvolte in relazione all'ambiente (interno/esterno), ed alle condizioni micro-climatiche, geografiche e strutturali (intradosso, estradosso, ecc)</p>	<p>estensione delle aree coinvolte puntuali < 20% diffuse 20%-70% estese >70% in relazione all'area della superficie analizzata</p> <p>descrizione dell'intervento</p> <p>posizione delle aree coinvolte</p>	<p>velocità delle onde soniche/ultrasoniche</p> <p>sclerometria</p> <p>magnetometria</p> <p>monitoraggio dell fessure</p> <p>prelievo di campioni</p>	

WP2_1.2.5 Anno 2005

Analisi sperimentali realizzate *in situ* e in laboratorio volte alla definizione di un percorso metodologico per la diagnostica delle patologie di degrado

CAUSE DI DEGRADO IDENTIFICATE NEI CASI STUDIO:

_materiali costitutivi: selce, quarzo, solfati

_fattori ambientali: sali solubili nitrati e solfati, risalita capillare, condensazione superficiale

PRODUZIONE DEI CAMPIONI

CONDIZIONI DI INVECCHIAMENTO ARTIFICIALE:

_cicli gelo-disgelo

_imbibizione con sali provenienti del terreno

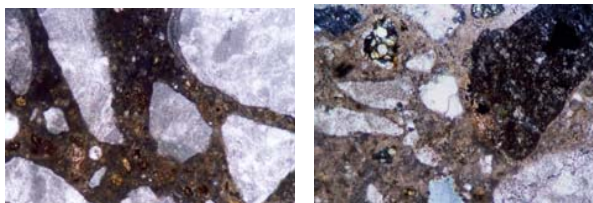
_cicli di wetting-drying con soluzioni saline

ANALISI SPERIMENTALI_ LAMA Laboratorio Materiali Antichi IUAV di Venezia

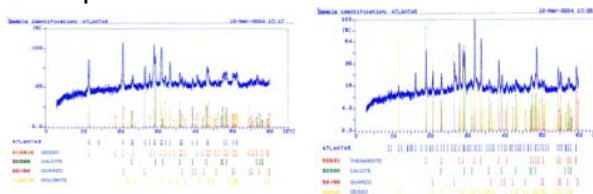
CAMPAGNA DI CAMPIONAMENTO: secondo i criteri e le metodologie descritte nella Normal 3/80 sono stati prelevati 5 campioni di pietra artificiale cementizia dall'Hotel Atlanta-Augustus del Lido di Venezia, edificio costruito nel 1908-1909 dall' Ing. Corrado Rubens.

ANALISI SPERIMENTALI EFFETTUATE

_OSSERVAZIONE MICROSCOPICA (OM) in luce polarizzata trasmessa di una sezione sottile



_DIFFRAZIONE DEI RAGGI X (XRD, radiazione Cu K α /Ni a 40 Kv e 20 mA) su polveri delle superfici esposte dei campioni



INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

COMPOSIZIONE CHIMICO-MINERALOGICA DEL CONGLOMERATO

Aggregati: carbonatici (calcite e dolomite) e silicatici (selce bruna e metamorfite quarzose)

Legante: cementizio a bassa porosità (<20%)

ANALISI MINERALOGICA DEI PRODOTTI DI ALTERAZIONE

Presenza di calcite in prossimità delle armature ossidate

Presenza di gesso in prossimità delle croste nere

WP2_1.2.5 Anno 2005

Analisi sperimentali realizzate *in situ* e in laboratorio volte alla definizione di un percorso metodologico per la diagnostica delle patologie di degrado

CAUSE DI DEGRADO IDENTIFICATE NEI CASI STUDIO:

_materiali costitutivi: selce, quarzo, solfati

_fattori ambientali: sali solubili nitrati e solfati, risalita capillare, condensazione superficiale

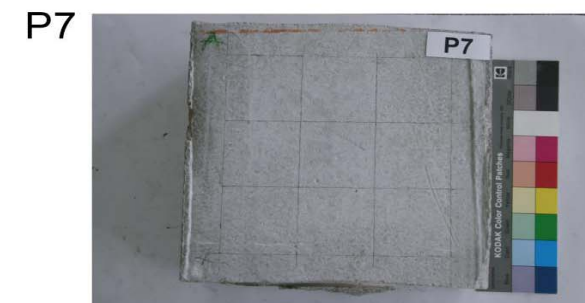
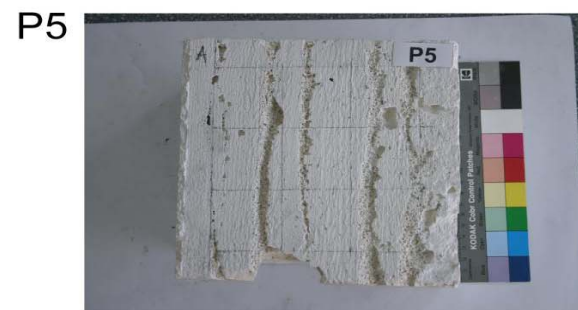
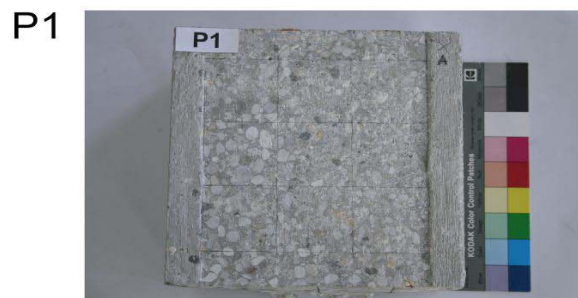
PRODUZIONE DEI CAMPIONI

CONDIZIONI DI INVECCHIAMENTO ARTIFICIALE:

_cicli gelo-disgelo

_imbibizione con sali provenienti del terreno

_cicli di wetting-drying con soluzioni saline



WP2_1.2.5 Anno 2005

Analisi sperimentali realizzate *in situ* e in laboratorio volte alla definizione di un percorso metodologico per la diagnostica delle patologie di degrado

CAUSE DI DEGRADO IDENTIFICATE NEI CASI STUDIO:

_materiali costitutivi: selce, quarzo, solfati

_fattori ambientali: sali solubili nitrati e solfati, risalita capillare, condensazione superficiale

PRODUZIONE DEI CAMPIONI

CONDIZIONI DI INVECCHIAMENTO ARTIFICIALE:

_cicli gelo-disgelo

_imbibizione con sali provenienti del terreno

_cicli di wetting-drying con soluzioni saline

ANALISI SPERIMENTALI_Centro di Formazione Maestranze Edili Mestre

LA PREPARAZIONE DEGLI IMPASTI
miscelatura meccanica



LA COLATURA NEGLI STAMPI
stampi in legno trattati con olio disarmante



L'ARMATURA
ferro dolce Ø 6mm



LA BATTITURA manuale



LA STAGIONATURA
> 28 giorni



IL DISARMO



LE LAVORAZIONI DI FINITURA
spazzolatura
levigatura
bocciardatura
lavaggio con acido muriatico



IL TAGLIO DEI CAMPIONI



**WP2_1.2.5 Anno 2005**

Analisi sperimentali realizzate *in situ* e in laboratorio volte alla definizione di un percorso metodologico per la diagnostica delle patologie di degrado

CAUSE DI DEGRADO IDENTIFICATE NEI CASI STUDIO:

_materiali costitutivi: selce, quarzo, solfati

_fattori ambientali: sali solubili nitrati e solfati, risalita capillare, condensazione superficiale

PRODUZIONE DEI CAMPIONI

CONDIZIONI DI INVECCHIAMENTO ARTIFICIALE:

_cicli gelo-disgelo

_imbibizione con sali provenienti del terreno

_cicli di wetting-drying con soluzioni saline

ANALISI SPERIMENTALI_Istituto di Chimica Inorganica e delle Superfici, CNR di Padova, Dott.ssa M. Favaro

sigla campioni	campioni
P1	pietra artificiale 1
P2	pietra artificiale 2
P3	pietra artificiale 3
P4	pietra artificiale/Campese
P5	pietra artificiale/travertino/NaCl
P6	pietra artificiale/pietra d'Istria
P7	pietra artificiale

Alla fine di ogni ciclo vengono effettuati:

- Rilievo fotografico delle superfici
- Caratterizzazione dei processi di alterazione tramite microscopia a scansione elettronica, microanalisi EDS e diffrattometria ai raggi X su campioni prelevati dalle superfici ed in profondità
- Valutazione della compattezza dei materiali tramite misure ultrasoniche sclerometriche
- Analisi qualitativa e quantitativa dei sali solubili

Invecchiamento accelerato		Tempo
Bagno in soluzione salina (acqua marina)	composizione salina (% w sale/w soluz) NaCl 3.0 MgCl ₂ *6H ₂ O 1.5 Na ₂ SO ₄ *10H ₂ O 1.0	3 gg
Camera climatica/gelo disgelo e all'esterno	ASTM C666: -18 a +5°C; ciclo totale: 6h. 1h a +5°C, 2h passaggio da +5 a -18 °C, 1h a -18°C, 2 h passaggio da +5 a -18 °C	2 gg
T = 25°C		2 gg

WP2_1.2.5 Anno 2005

Analisi sperimentali realizzate *in situ* e in laboratorio volte alla definizione di un percorso metodologico per la diagnostica delle patologie di degrado

CAUSE DI DEGRADO IDENTIFICATE NEI CASI STUDIO:

_materiali costitutivi: selce, quarzo, solfati

_fattori ambientali: sali solubili nitrati e solfati, risalita capillare, condensazione superficiale

PRODUZIONE DEI CAMPIONI

CONDIZIONI DI INVECCHIAMENTO ARTIFICIALE:

_cicli gelo-disgelo

_imbibizione con sali provenienti del terreno

_cicli di wetting-drying con soluzioni saline

ANALISI SPERIMENTALI_Centro di Chimica Inorganica e delle Superfici, CNR di Padova, Dott.ssa M. Favaro



Carbonatazione delle superfici esposte: prova della fenolftaleina

