

# SAIEDUE

## Convegno

### “Massetti e Intonaci nell’Edilizia”

Bologna 21 marzo, 1997

## MASSETTI PER PAVIMENTI

*Prof. Mario Collepardi  
Dipartimento di Scienza dei Materiali e della Terra  
Facoltà di Ingegneria - Università di Ancona*

## MASSETTI PER PAVIMENTI

*Prof. Mario Collepardi  
Dipartimento di Scienza dei Materiali e della Terra  
Facoltà di Ingegneria - Università di Ancona*

I massetti possono essere definiti come strutture stratiformi, sottili (4-8 cm) applicate su substrati in calcestruzzo pre-esistenti (solai o pavimentazioni) la cui superficie è in genere irregolare e necessita, appunto, di un rivestimento superficiale per acquisire la richiesta planarità. Un'altra funzione importante del massetto è quella di consentire l'alloggiamento di tubazioni o cavi di servizio adagiati sul substrato e annegati nel massetto.

In generale, il massetto agisce da strato intermedio tra il substrato e l'adesivo che viene applicato sul massetto stesso per l'incollaggio del rivestimento finale in ceramica, pietra, legno o materiale plastico (moquette, gomma ecc.). Talvolta, per eliminare gli inevitabili difetti del massetto, si interviene - prima di applicare l'adesivo - con una malta fluida rasante, molto spesso autolivellante, per perfezionare la planarità. Lo strato della malta rasante ha anche la funzione di rendere levigata, oltre che planare, la superficie del massetto per i rivestimenti resilienti.

Nella Fig. 1 è mostrata schematicamente la sezione di un pavimento con i vari strati sopra menzionati incluso un foglio di polietilene che agisce come barriera al vapore che potrebbe migrare dal substrato verso il massetto.

Per esplicitare adeguatamente la sua funzionalità, un massetto deve essere **planare**, asciutto e pulito al momento dell'applicazione dell'adesivo per incollare il rivestimento superficiale. Esso, inoltre, deve essere dimensionalmente **stabile** in relazione alle condizioni igrometriche di servizio che, anche in luoghi riparati dall'ambiente esterno, possono prevedere - sia pure discontinuamente o eccezionalmente - presenza di acqua libera per caduta o perdita accidentale da altre fonti. Infine, un massetto deve essere **affidabile** in termini di durabilità e cioè non interagire negativamente con il substrato, la malta autolivellante e l'adesivo.

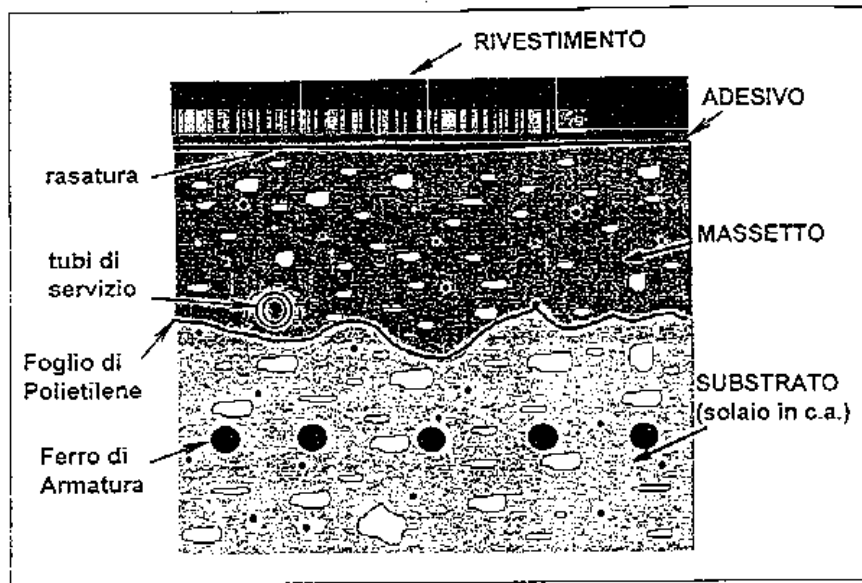


Fig. 1 Rappresentazione schematica di una pavimentazione in calcestruzzo rivestita.

### PLANARITA'

Rispetto a tutte le altre strutture in calcestruzzo, la pavimentazione in generale ed il massetto in particolare presentano alcune significative singolarità:

- estensione superficiale considerevole rispetto allo spessore;
- esposizione all'aria subito dopo il getto.

Queste caratteristiche rendono la pavimentazione ed il massetto particolarmente vulnerabili - rispetto a tutte le altre strutture - a due fenomeni tipici che riguardano i conglomerati cementizi:

- ritiro igrometrico;
- bleeding.

### Il ritiro

A differenza di molti altri materiali da costruzione, il calcestruzzo si contrae se l'umidità relativa (U.R.) dell'ambiente scende al di sotto di un certo valore (circa 95%). Quando ciò si verifica, l'acqua contenuta nel calcestruzzo evapora ed il materiale si accorcia. Tuttavia, poiché l'evaporazione non avviene uniformemente in tutta la struttura, anche il ritiro si manifesta in modo differenziale. Le conseguenze del

ritiro differenziale sono particolarmente evidenti in una struttura - come il massetto - nella quale la faccia superiore (quella esposta all'aria) si asciuga e tende a contrarsi, mentre quella inferiore (protetta dall'evaporazione) non subisce sostanzialmente ritiro e rimane stabile. Le conseguenze di questo diverso comportamento possono portare a due situazioni estreme:

- imbarcamento (*curling*) del massetto se non esiste (per esempio, per effetto della barriera al vapore in polietilene) alcuna aderenza al substrato e la lastra è libera di alzarsi (Fig. 2A);
- fessurazione dello strato superficiale se l'aderenza al substrato vincola la faccia inferiore a rimanere nella dimensione iniziale (Fig. 2B).

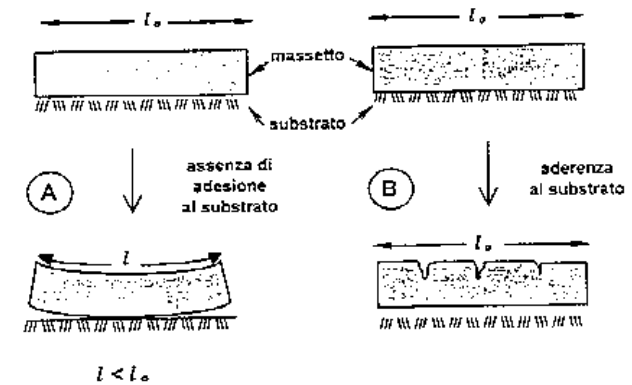


Fig. 2 Imbarcamento (A) e fessurazione (B) di un massetto rispettivamente in assenza ed in presenza di aderenza al substrato.

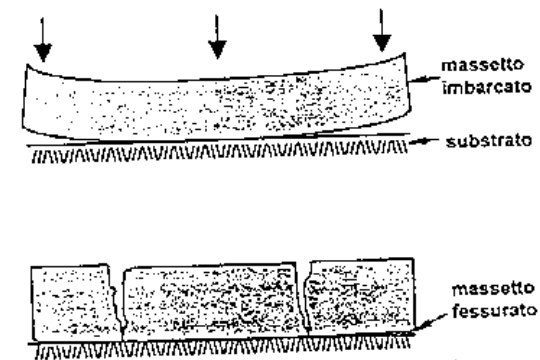


Fig. 3 Rottura a flessione del massetto imbarcato a seguito di carichi in servizio.

In realtà, la fessurazione si verificherà successivamente anche nel massetto imbarcato per effetto dei carichi in servizio a causa dell'imperfetto appoggio sul substrato (Fig. 3).

Nel caso dei massetti, con spessori ( $h_1$ ) necessariamente inferiori a quelli ( $h_2$ ) delle generiche pavimentazioni, il fenomeno dell'imbarcamento - a parità di tutte le altre condizioni - tende ad aggravarsi per ragioni geometriche (Fig. 4).

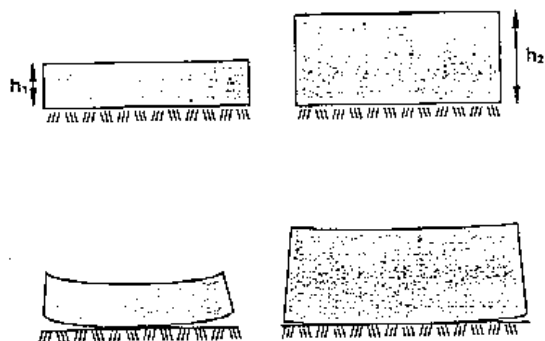


Fig. 4 Influenza dello spessore sull'entità dell'imbarcamento.

In teoria ci sono a disposizione due possibilità per ridurre il ritiro e le sue conseguenze in termini di imbarcamento o fessurazione:

- mantenere umida la superficie superiore del massetto al pari di quella inferiore;
- ridurre quei fattori che sono maggiormente responsabili del ritiro.

La prima soluzione non è di fatto praticabile, soprattutto nei massetti che debbono necessariamente asciugarsi (e spesso rapidamente) prima dell'applicazione dell'adesivo: infatti, l'eventuale umidità residua nel massetto - oltre una certa soglia - migrerebbe lentamente nel rivestimento superficiale con pregiudizio della stabilità di quest'ultimo (distacco del legno, sbollatura dello strato di gomma, ecc.).

La seconda soluzione comporta un'attenta valutazione dei parametri che influiscono sul meccanismo del ritiro. In un conglomerato cementizio - malta o calcestruzzo che sia - sono individuabili due componenti essenziali: la matrice cementizia (detta anche pasta di cemento) e la frazione lapidea. Grazie al processo di idratazione del cemento, gli elementi lapidei sciolti - granuli di sabbia e ghiaia - diventano un materiale composito monolitico, dove i singoli elementi lapidei risultano "incollati" dalle particelle fibrose e laminari che si formano per idratazione del cemento (Fig. 5).

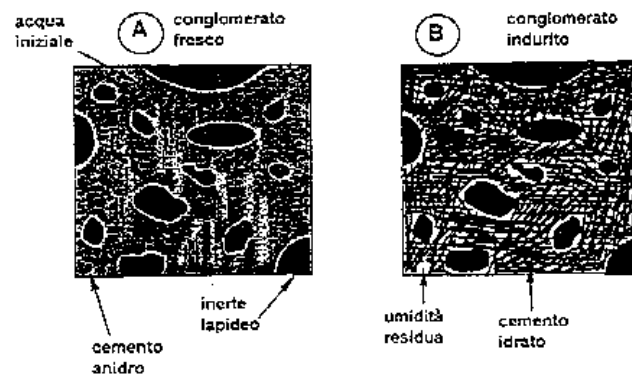


Fig. 5 Rappresentazione schematica di un conglomerato cementizio fresco (A) e indurito (B).

Tuttavia, anche a indurimento avvenuto, i due componenti del materiale composito - matrice cementizia ed elementi lapidei - presentano un comportamento significativamente diverso, nei confronti dell'essiccazione, allorché l'acqua residua abbandona il materiale verso l'ambiente insaturo di umidità (U.R. < 95%). Mentre la microstruttura della roccia che costituisce i singoli elementi lapidei è molto densa e compatta, quella della matrice cementizia si presenta porosa (Fig. 6), e la porosità è tanto maggiore quanto più elevata è la quantità di acqua ( $a$ ) impiegata in relazione al quantitativo di cemento ( $c$ ), cioè quanto più alto è il rapporto in massa acqua/cemento ( $a/c$ ).

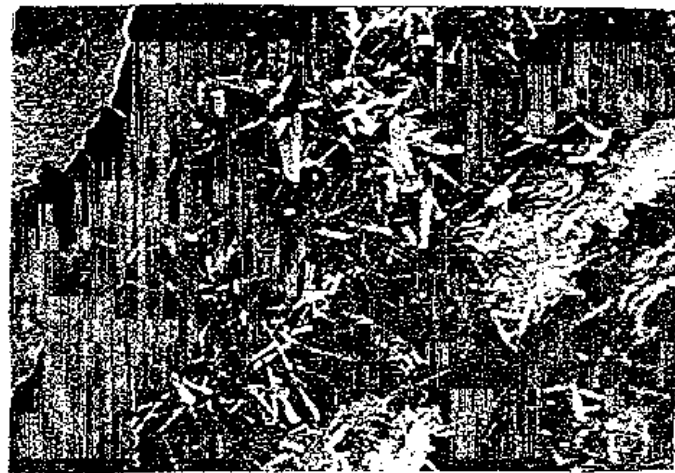


Fig. 6 Microstruttura di una pasta di cemento fotografata al microscopio elettronico a scansione.

Quando l'acqua abbandona il conglomerato cementizio, si verifica una contrazione della matrice cementizia, mentre è trascurabile o nulla la variazione dimensionale della frazione lapidea.

La contrazione che si verifica nella matrice cementizia, a seguito dell'evaporazione dell'acqua, è tanto maggiore quanto maggiore è stato il quantitativo di acqua impiegato nell'impasto e quindi - per un determinato contenuto di cemento - quanto maggiore è il rapporto  $a/c$ .

In sostanza, ci sono due parametri sui quali è possibile intervenire per ridurre il ritiro del conglomerato cementizio:

- ridurre la frazione di componente (pasta di cemento) responsabile del ritiro in favore della frazione lapidea più stabile o esente da ritiro: ciò equivale a dire che, per ridurre il ritiro, occorre aumentare l'inerte lapideo ( $i$ ) e ridurre il cemento ( $c$ ), cioè aumentare il rapporto  $i/c$ ;
- ridurre il rapporto  $a/c$  per diminuire la porosità della matrice cementizia e quindi la sua tendenza a perdere umidità.

Nella Tabella 1 sono mostrati i valori di ritiro misurato dopo 1 mese di esposizione in ambiente con U.R. del 50% per alcuni conglomerati cementizi.

**Tabella 1** Ritiro di conglomerati cementizi esposti all'aria con U.R.= 50% per un 1 mese.

Mix N°	$i/c$	$a/c$	RITIRO ( $\mu\text{m}/\text{m}$ )
A	3.0	0.40	400
B	4.5	0.40	250
C	6.0	0.40	150
D	7.0	0.40	100
E	7.0	0.50	200
F	7.0	0.60	300

Per esempio, a parità di rapporto  $a/c$  (0.40) la miscela A presenta un ritiro maggiore della miscela B per il minor rapporto  $i/c$ . D'altra parte a parità di rapporto  $i/c$  (7), la miscela D presenta un minor ritiro rispetto alle miscele E ed F per un minor rapporto  $a/c$ .

Da un punto di vista pratico, per poter ridurre il rapporto  $a/c$  ed aumentare il rapporto  $i/c$  al fine di diminuire il ritiro, occorre:

- adottare la più bassa consistenza possibile per ridurre l'acqua di impasto;
- impiegare additivi capaci di ridurre l'acqua a parità di consistenza;
- impiegare inerti lapidei assortiti granulometricamente e di maggior diametro massimo (possibilmente 8 mm).

**Tabella 2** Influenza del diametro massimo dell'inerte e della consistenza sul quantitativo di acqua di impasto (valori indicativi).

Diametro massimo dell'inerte (mm)	Acqua* ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) impiegata alla CONSISTENZA DELL'IMPASTO:		
	asciutta	plastica	fluida
4	180	200	220
8	160	180	200
16	140	160	180

*N.B.* I valori acqua di impasto possono essere ridotti fino al 30% con l'impiego di additivi superfluidificanti.

La Tabella 2 mostra l'influenza dei suddetti parametri (diametro massimo, consistenza e presenza di additivi) sul quantitativo di acqua e quindi - per un determinato rapporto  $a/c$  - sul quantitativo di pasta cementizia responsabile del ritiro. Per esempio, in una malta a consistenza plastica, con aggregati aventi diametro massimo di 4 mm, l'acqua di impasto (Tabella 2) è circa  $200 \text{ kg}/\text{m}^3$ , se il rapporto  $a/c$  è di 0.40 il dosaggio di cemento risulterà:

$$\frac{200}{0.40} = 500 \text{ kg}/\text{m}^3$$

Pertanto il quantitativo totale di pasta (acqua + cemento) ammonta a  $200+500=700 \text{ kg}/\text{m}^3$ , mentre la quantità di inerte lapideo (calcolato per differenza attraverso un bilancio di volume) è di  $1500 \text{ kg}/\text{m}^3$ . Quindi il ritiro a 1 mese di questa malta - caratterizzata da un rapporto  $i/c$  di 3 e da un rapporto  $a/c$  di 0.40 - è di circa  $400 \mu\text{m}/\text{m}$  (Tabella 1).

Se si impiega un betoncino a consistenza asciutta, con diametro massimo da 8 mm, l'acqua di impasto (Tabella 2) scende a  $160 \text{ kg}/\text{m}^3$  e con lo stesso rapporto  $a/c$  di 0.40, il dosaggio di cemento diminuisce a:

$$\frac{160}{0.40} = 400 \text{ kg}/\text{m}^3$$

Pertanto la quantità di pasta di cemento nel betoncino scende a  $160+400=560 \text{ kg}/\text{m}^3$ , mentre quella dell'inerte (sempre calcolato per differenza) sale a  $1810 \text{ kg}/\text{m}^3$ . Ne consegue che per questo betoncino - caratterizzato da un rapporto  $i/c$  di 4.5 e da un rapporto  $a/c$  di 0.40 - il ritiro scende a  $250 \mu\text{m}/\text{m}$  (Tabella 1).

Se, infine, a questo stesso betoncino si aggiunge un additivo capace di ridurre l'acqua di impasto da  $160$  a  $115 \text{ kg}/\text{m}^3$  a parità di consistenza asciutta, il dosaggio di cemento - a pari rapporto  $a/c$  di 0.40 - diventa:

$$\frac{115}{0.40} = 288 \text{ kg}/\text{m}^3$$

Pertanto la quantità di pasta cementizia si riduce ulteriormente a  $115+288=403 \text{ kg}/\text{m}^3$ , mentre il quantitativo di inerte sale, per differenza, a circa  $2025 \text{ kg}/\text{m}^3$ . Ne consegue che il ritiro di questo betoncino - additivato con superfluidificante,

caratterizzato da un rapporto  $i/c$  di 7 e da un rapporto  $a/c$  di 0.40 - scende ulteriormente a 100  $\mu\text{m}/\text{m}$  (Tabella 1).

Nella Tabella 3 sono riassunti i valori di ritiro in funzione dei parametri sopra esaminati:

Tabella 3 Influenza del diametro massimo dell'inerte, della consistenza e del superfluidificante sul ritiro igrometrico a 1 mese.

Tipo di Mix	Malta plastica	Betoncino asciutto	Betoncino asciutto e superfluidificante
$D_{\text{max}}$ (mm)	4	8	8
Acqua ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	200	160	115
Cemento ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	500	400	288
$a/c$	0.40	0.40	0.40
$i/c$	3.0	4.5	7.0
ritiro ( $\mu\text{m}/\text{m}$ )	400	250	100

I valori di acqua di impasto riportati in Tabella 2, ed i conseguenti quantitativi di pasta cementizia sopra calcolati, si riferiscono ad inerti granulometricamente ben assortiti (Fig. 7). Se l'inerte è poco assortito, e tende ad un sistema monogranulare, aumentano i vuoti interstiziali tra gli elementi lapidei ed occorre impiegare un maggior quantitativo di pasta cementizia per riempire questi vuoti con conseguente aggravio del ritiro.

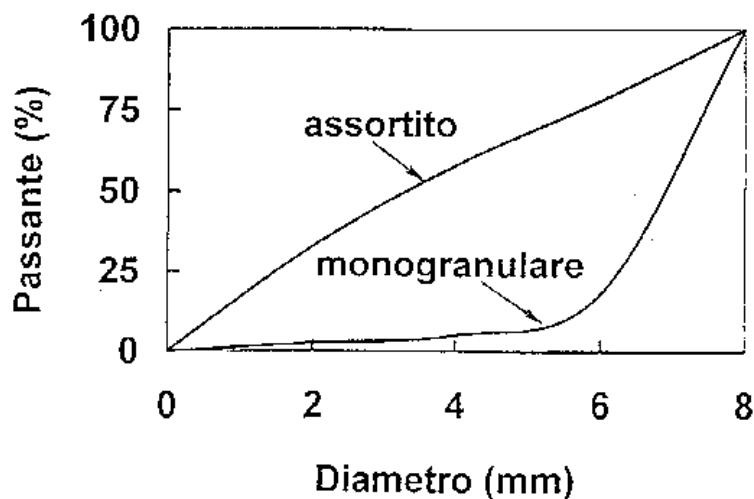


Fig. 7 Distribuzione granulometrica di aggregato assortito o monogranulare, entrambi con  $D_{\text{max}} = 8 \text{ mm}$

## Bleeding

C'è un altro fenomeno nel calcestruzzo fresco - il *bleeding* - che può aggravare le conseguenze del ritiro. In particolare può accentuare il diverso ritiro tra la parte superiore e quella inferiore del massetto. A seguito della risalita d'acqua in superficie (*bleeding*), lo strato superiore del getto di conglomerato cementizio presenta un rapporto  $a/c$  più elevato che in quello inferiore. Inoltre, il fenomeno del *bleeding* è accompagnato dalla sedimentazione degli elementi lapidei più grossi verso la parte inferiore del getto. A seguito di questi due fenomeni, nello strato superiore il rapporto  $a/c$  aumenta e quello  $i/c$  diminuisce rispetto ai corrispondenti valori che si instaurano sul fondo del getto (Fig. 8).

Conseguentemente il fenomeno di imbarcamento, provocato dal maggior ritiro nello strato corticale superiore rispetto a quello dello strato inferiore tende ad aggravarsi laddove maggiore è l'entità del *bleeding* (Fig. 9).

Pertanto l'impiego di un conglomerato a consistenza asciutta è doppiamente favorevole alla riduzione dell'imbarcamento, per i seguenti motivi:

- riduce il rapporto  $a/c$  e quindi il ritiro (Tabella 1);
- evita l'accumulo di acqua di *bleeding* nello strato corticale superiore.

Da un punto di vista pratico, per ridurre il *bleeding* è molto importante che l'applicatore del massetto impieghi inerti granulometricamente assortiti in modo da ridurre i vuoti interstiziali tra i granuli attraverso i quali si verifica preferenzialmente la risalita d'acqua in superficie.

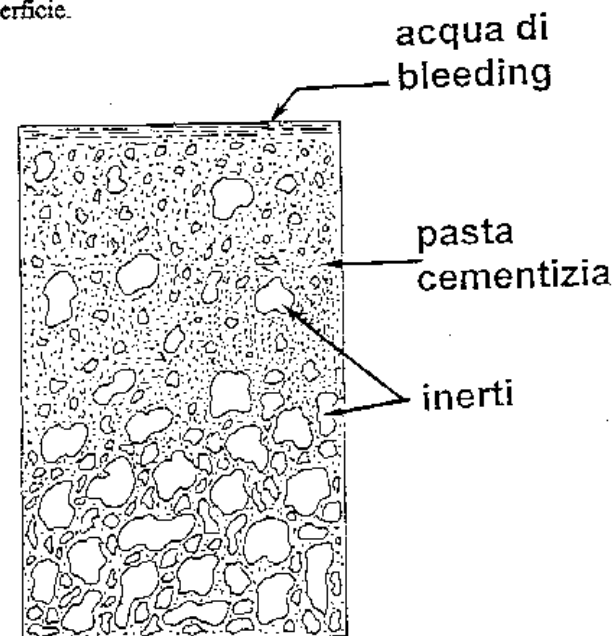


Fig. 8 Bleeding in superficie e sedimentazione degli inerti sul fondo di un getto.

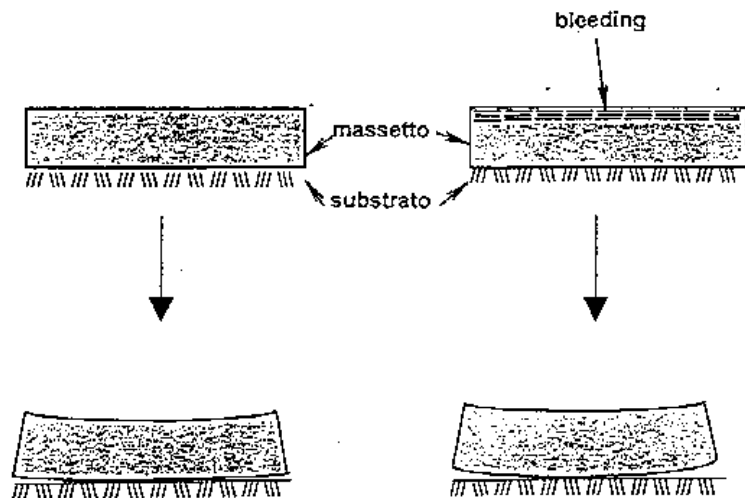


Fig. 9 Accentuazione dell'imbarcamento da ritiro differenziale in presenza di bleeding.

#### ASCIUGAMENTO

Un secondo requisito essenziale per un massetto destinato a supportare un rivestimento superficiale riguarda l'umidità residua che esso può contenere al momento dell'applicazione dello strato successivo (malta autolivellante o direttamente adesivo).

Un valore di umidità residua, eccedente una determinata soglia critica (Tabella 4), può comportare la successiva migrazione dell'acqua dal massetto verso il rivestimento finale. Le conseguenze possono, ovviamente, variare in funzione del tipo di materiale che costituisce il rivestimento stesso. Nel caso del legno, l'umidità residua nel massetto non deve superare il 2-2.5%, pena la instabilità dimensionale del legno con conseguenti rigonfiamenti e distacchi. Nel caso dei rivestimenti in materiali resilienti - come linoleum, PVC, ecc. - l'eccessiva umidità nel massetto al momento della posa provoca successivamente una stagnazione di vapore al di sotto del rivestimento impermeabile con conseguente sbollatura e distacco in superficie.

Con il rivestimento in pietra o ceramica non esistono sostanziali problemi correlati con l'umidità residua nel massetto, a meno che non si impieghino materiali lapidei - come il Verde delle Alpi, il Rosso Levante ed alcune Ardesie - particolarmente sensibili all'umidità residua nel massetto. In questi casi, l'umidità potrebbe attraversare l'adesivo e venire assorbita dallo strato inferiore della pietra provocando una dilatazione differenziale con conseguente imbarcamento delle singole lastre. Questo tipo di problema sussiste anche per alcuni rivestimenti in conglomerati cementizi confezionati con graniglia lapidea sensibile all'umidità.

Tabella 4 Umidità residua indicativa nel massetto cementizio in funzione del tipo di rivestimento.

Tipo di rivestimento	Umidità residua nel massetto
Linoleum	3.0%
PVC semiflessibile	2.5%
PVC in teli	2.0%
Parquet lamellare	2.5%
Listelli di legno	2.0%

Dal punto di vista della rapidità di asciugamento, i leganti a base di cemento sono formulati dal produttore in modo da ridurre i tempi di attesa tra il getto del massetto e la posa del rivestimento. Questo obiettivo, viene normalmente conseguito con l'impiego di leganti speciali a rapido indurimento trattati con:

- additivi riduttori di acqua per diminuire l'acqua iniziale dell'impasto;
- additivi acceleranti per favorire la reazione tra l'acqua e il cemento;
- additivi anti-ritiro per migliorare ulteriormente la stabilità dimensionale.

Nella Fig. 10 sono mostrati i valori di umidità residua nel massetto in funzione del tempo trascorso dal getto con tre leganti due dei quali - Mapecem e Topcem - appositamente formulati per conseguire l'obiettivo dell'asciugamento in relazione alle particolari esigenze esecutive. Si può vedere, per esempio, che l'obiettivo di raggiungere un'umidità residua del 2.5% può essere conseguita in 1-2 giorni con il Mapecem ed in 3-6 giorni con il Topcem. Con un cemento Portland normale lo stesso obiettivo viene solitamente raggiunto in 30-60 giorni.

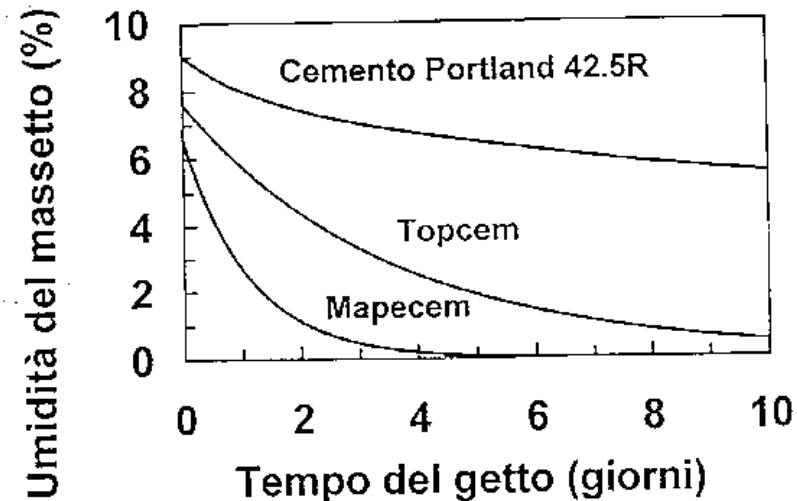


Fig. 10 Influenza del tipo di cemento sulla velocità di asciugamento del massetto.

## PULIZIA

La rimozione di qualsiasi materiale incoerente - polvere, lattime cementizio o residui di lavorazione in genere - è di fondamentale importanza per favorire una buona adesione al massetto degli strati applicati successivamente. In qualche caso - ove si sia manifestato un leggero *bleeding* superficiale - è anche opportuno rimuovere, con levigatura meccanica, lo strato di materiale superficiale divenuto poroso e scarsamente resistente per la risalita d'acqua di *bleeding*.

## STABILITA' ED AFFIDABILITA'

La stabilità dimensionale del massetto è fondamentalmente legata ai problemi di ritiro, dei quali si è già discusso, ma anche alla capacità di non interagire in servizio con i materiali circostanti. Da questo punto di vista, occorre fare una netta distinzione circa il tipo di legante impiegato nei massetti:

- leganti a base di cemento;
- leganti a base di anidrite (solfato di calcio).

Nel caso si impieghi anidrite esiste un ben preciso rischio di interazione negativa con altri materiali circostanti. E' noto, infatti, che il solfato di calcio - in presenza di umidità - può reagire con i tradizionali leganti idraulici a base di cemento portland (presenti nel substrato e nei muri perimetrali) per produrre *in situ* una reazione espansiva dirompente che causa sollevamenti e distacchi della pavimentazione. Per quanto il massetto di anidrite richieda necessariamente la presenza di una barriera (per impedire il contatto con il solaio ed i muri perimetrali e quindi il rischio di reazione dirompente in presenza di umidità) è impossibile avere la garanzia - per difetti insiti nella barriera o per trascuratezze esecutive - che in nessuna parte il massetto di anidrite non venga in contatto con altri materiali a base di cemento portland. Questo rischio esiste comunque nei confronti di molti adesivi a base cementizia come anche delle eventuali fughe riempite anch'esse con materiale a base di cemento.

Per questi motivi, nei casi in cui - per un'evenienza qualsiasi - dovesse esserci una fonte di umidità accidentale, il massetto in anidrite risulta essere meno affidabile rispetto ai massetti confezionati con gli altri leganti idraulici.

## CONCLUSIONI

Per un'applicazione efficace di un massetto cementizio (planare, asciutto, pulito, stabile ed affidabile) occorre che siano conseguiti congiuntamente alcuni obiettivi.

Il produttore di legante dovrà mettere a disposizione un cemento formulato in modo che:

- si richieda il minor quantitativo possibile per confezionare l'impasto;
- l'asciugamento sia rapido e comunque conforme alle esigenze esecutive dell'applicatore;
- il ritiro sia minimo per ottenere la massima stabilità dimensionale;

- sia garantita la massima affidabilità in termini di compatibilità con i materiali da costruzione contigui.
- L'applicatore dovrà curare che:
- gli inerti lapidei siano granulometricamente assortiti e con un diametro massimo di almeno 8 mm per ridurre il dosaggio di cemento e quindi il ritiro;
- che il massetto sia posato alla consistenza raccomandata dal produttore per evitare un eccesso di acqua e di *bleeding* che favoriscono fenomeni di imbarcamento o fessurazione;
- che siano rispettati i tempi di attesa per l'asciugamento del massetto indicati dal produttore;
- che la superficie del massetto sia pulita al momento dell'applicazione dello strato successivo.