

# RPM maltis armadis par meti in sigurece lis vieris cjasis cuintri i dams dal taramot

ALESSANDRO BACHIORRINI \*

**Ristret.** Une part une vore consistent dal patrimoni edilizi dal Friûl, pûr jessint une tiere di periodiche e vivarose attività sismiche, e à ancjemò di jessi metude in sigurece cuintri i dams dal taramot. Tal articul si resone su l'ús di stabiliduris in RPM par rivâ a meti in sigurece lis cjasis vieris e ancjemò abitadis, ilustrant ce che a son e cemût che a “funzionin” tal moment dal taramot. Infin si scrutine i risultâts plui significatîfs des ricercjis sperimentalâs.

**Peraulis clâf.** Maltis armadis a pulvins reatîfs (RPM), stabiliduris armadis in RPM, stabiliduris cuintrismichis.

**Dôs peraulis par scomençâ.** La vore par meti in sigurece cuintri i dams dal taramot lis vieris cjasis ancjemò abitadis al è un vêr bibieç.

Di fat, se di une bande si à di vuardiâ il presit (che nol sedi masse alt in rapuart al valôr de cjase) e si à di tignî cont dal temp necessari par fâ lis voris, di chê altre bande si à di sielzi e impleâ la tecniche mancul invasive par no fâ plui dams che dâ jutori ae struture de cjase; cui che si vi-se ce che al è sucedût in Friûl tal Setembar dal '76 al sa ce che o vuei dî.

In plui si scugne fâ i conts cu la scjarse competence tecniche de lavoranzie edîl: intune tiere dulà che ducj a àn il mât dal clap, a crodin di jes-si muradôrs e a vuelin sparagnâ. Par dî la veretât e je une vore di int che si rangje ben di muradôr, ma muradôr di une volte cuntune tecniche che

---

\* Dipartiment di Siencis e Tecnologjiis Chimichis, Universitat di Udin, Italie. E-mail bachiorrini@dstc.uniud.it

no baste plui; se e fos bastade no saressin coladis cetantis cjasis par la scalçade dal orcolat.

E inmò i materiâi, intun temp di trente agns, pûr cence gambiâ non a son gambiâts une vore e al è facil falâ inte lôr aplicazion. Nome par fevelâ di ciment, al temp dal taramot si doprave cuasi simpri dome il *portland* 325, cumò invezit no lu dopre cuasi nissun par vie dal presit. Al so puest si doprin ciments di misture; ma di ciments di misture a'nd è une sdrume di gjenars diviers e ognidun cun cualitâts particolârs che, magaricussino, dispès nancje i tecnics no rivin adore di tamesâ ducj.

E par ultin (no cate prin pe impuantance), la cuistion de metude in sigurece des cjasis al è ancje un probleme di “filosofie” dal intervent. Vâl a dî: si aial di puartâ la cjase a sopuartâ il taramot cence dams, cualsiedi la sô violence, o pûr al bastial fâ in mût che la cjase e dissipî la energjie dal taramot, disformantsi ma cence rivâ a colâ? Covente dî che pes cjasis vieris ben di râr si pues lâ daûr ae prime filosofie: dut câs al sarès un lavôr une vore invasif e dispendiôs. Par contrari si pues simpri lâ daûr ae seconde filosofie cence disvenâsi, tignint ben iniment che e je une filosofie salvevite e no salvetacuin (ven a stâi salvestruture).

Po ben, lis RPM (acronim di *Reactive Powders Mortars*, ven a stâi Maltis a Pulvins Reatifs) a puedin jessi une gnove vie, seont la seconde filosofie, par rivâ a disberdeâ il bibieç de metude in sigurece des vieris cjasis.

**Ce sono lis RPM.** Prin di viodi parcè che lis RPM a puedin jessi dopratis (e cemût che al covente doprâlis) par rivâ a meti in sigurece lis cjasis, si scugne esplicâ ce che a son.

Une composizion tipiche di une malte a pulvins reatifs e je dade inte Tabele 1 e baste dâi une cucade ae tabele par visâsi che cheste RPM e je une malte une vore particolâr.

Intune malte tradizionâl (che, ae curte, o clamarìn nome malte), i rapuarts jenfri savalon/ciment (*s/c*) e aghe/ciment (*a/c*) a son une vore difarents. Ma, sorelut, par fâ une malte si doprin dome ciment, savalon e aghe (e cjalcine pes maltis “bastardis”) mentri che par fâ une RPM si doprin ancje pulvin di silice, filiots di açâr (o di altri materiâl di buine resistence) e superfluidificant. Naturâl che tantis difarencis a puartin dongje caratteristichis dal dut diviersis che o viodarìn dal moment. Par savênti di plui viodi la leterature (1-40).

Tabele 1. Composizion tipiche di une malte a pulvins reatifs (RPM) e di une malte tradizional (malte).

Components	RPM Kg/m <sup>3</sup>	malte Kg/m <sup>3</sup>
Ciment (c) [CEM I 42,5 R]	934	500
Pulvin di silice (ps) [cinisin]	234	-
Savalon (s)	1030 [fin]	1500 [normâl]
Filiots di açâr	187	-
Aghe doprade	187	250-300
Aghe totâl (a)	215	250-300
Superfluidificant aghiç, ven a stâi		
Superfluidificant sec [acrilic]	42	
12,9	-	
a/c	0,23	0,5-0,6
a/(c+ps)	0,18	-
s/c	1,10	3
s/(c+ps)	0,88	-

Lis primis difarencis si àn tal mût di compuartâsi dai impascj frescs, ven a stâi inte lôr reologjie. Chê di une malte no gambie masse (restant di fonde tixotropiche) pûr dobleant o smiezant il rapuart *a/c*, talmentri che lis resistencis mecanichis a vegnin une vore influençadis. Par contra-ri la reologjie di une RPM si pues gambiâ e fâ passâ di autofolcjant o au-tovualivant a tixotropiche nome gambiant il gjenar di superfluidificant doprât, cence pierdi in resistencis mecanichis.

Po dopo lis difarencis a restin impuantantis anje cuant che a son induridis. Intune malte, di fat, lis resistencis statichis a flession e a compression di râr a van parsore 5 e 35 MPa, mentri che intune RPM dispès a van parsore 50 e 180 MPa. E, soredut, mentri che une malte e à un compuartament crevulîs e si sfrante di bot, une RPM armade cun fibris e à un compuartament quasi cedevul, no si sfrante ma si deforme (Figure 1).

Une idee plui clare de difarence grandonone di compuartament mecanic des RPM a confront des maltis si gjave fûr dal diagramme sfuarç/deformazion di une prove a flession (Figure 2 a çampe). Tignint cont che la estension de zone disot la curve e je proporzionâl ae energie dissipade par deformâ il provin, prin di rivâ (se si rive!) a rompilu e, ancjemò miôr, dal cicli di isteresi a flession (Figure 2 a drete) dulà che la



Figure 1. Roture a flession e a compression di une malte (a çampe) e di une RPM (a drete).

malte no rive a superâ il prin cicli cence sfracaiâsi, mentri che la RPM e sopuarte une vore ben la fadie dai ciclis rivant a dâ interessants riscats di deformazion (viodi zone puntinade).

I valôrs une vore alts des resistencis a la flession e a la compression des RPM a dipindin soredut dal alt tenôr di ciment, de presince di pulvin di silice e dai bas rapuarts  $a/c$  e  $a/(c+ps)$ ; la presince dai filiots e com-

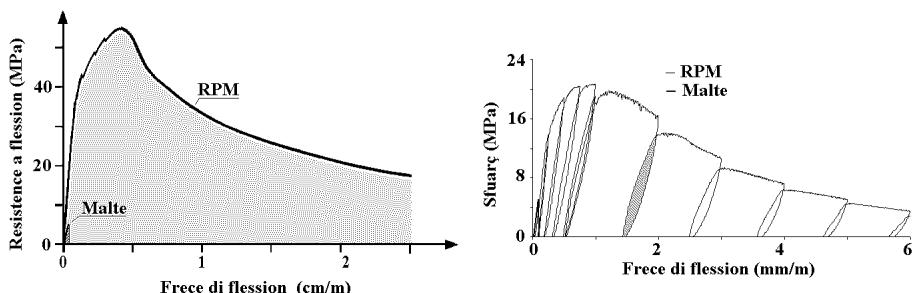


Figure 2. Carateristics compuartsaments mecanics a la flession (çampe) e a la fadie (drete) di malte e RPM.

puarte, di fat, nome une reonte dal 25-30%. Ma si scugne dî che no si ri-varès mai a impastâ dut cun rapuarts  $a/c$  e  $a/(c+ps)$  cussì bas cence il jutori dal superfluidificant. Par altri la zonte dai filiots di açár e je indispensabile par sigurâ il ramificâsi de frature e duncje il dissipament de energjie in vore di deformazion e di sfiliament des fibris; insumis par vê il compuartament cuasi cedevul e la resistance a la fadie des RPM.

Naturalmentri gambiant gjenar di cement, di pulvin di silice, di superfluidificant e, fintremai, di savalon si àn dai gambiaments impuantants di compuartament reologic e mecanic des RPM ma lis difarencis grandononis cun lis maltis a restin. Ae curte si pues dî che, par vê lis RPM cun lis resistencis a la flession e a la compression plui altis, convene doprâ: cement Portland feric CEM I 42,5 R (ven a stâi cence  $C_3A$ ), pulvin di silice blanc (vâl a dî cence incuinants), savalon fin (mancul di 0,5-0,6 mm di diametri), superfluidificant acrilic e filiots di açár trafilât.

Par contrari il gjenar di filiots al pues vê une influence no di pôc. Di fat, se al puest di filiots di açár, o di altris materiâi doleabii, si doprin filiots di carboni, di veri o di altris materiâi crevulîs la reologije e reste chê de RPM ma il compuartament mecanic al è plui dongje di chel de malte che di chel de RPM rinfuarçade cun fibris di açár, viodût che al è massemeno crevulîs. Compuartament compagn si à se i filiots a son di un materiâl che nol rive a peâsi cul cement idrât (par esempli fibris in poliuretani).

Ancje la forme (Figure 3) e, soredu, il “rapuart di forme” (vâl a dî il rapuart lungjece/diametri) a àn, par solit, une incidence no piçule. For-



Figure 3. Difarents filiots doprâts par fâ RPM : 1-açár trafilât, 2-ghise amorfe, 3-nylon, 4-açár par bertuelis, 5-poliester, 6 e 7-twaron, 8-ram incrudît.

mis che a contrastin il sfiliament (esemplis 4 e 5 de Figure 3), naturalmentri, a judin. Il rapuart di forme in teorie al varès di jessi grandonon, pecjât che plui al è alt e plui aghe e covente di doprâ par fâ l'impast e che, al cressi de aghe, lis resistencis si sbassin: in pratiche no conven doprâ filiots cuntun rapuart di forme plui bas di 50 ma nancje plui alt di 80-100 si ben che, cuntune tecniche (41) une vore particolâr (che e mer tarès protezi cuntune patent), al sedi pussibil rivâ a doprâ fibris cun rapuart di forme tor 3000 cence aumentâ la aghe.

Insumis lis RPM a son il risultât dal disvilup tecnologjic des maltis. Disvilup ancjemò in vore e che si à ancje in graciis des ricercjis sperimentâls fatis tai laboratoris dal Dipartiment di Siencis e Tecnologjiis Chimichis de Universitât di Udin cul jutori di valents e ferbints students di inzegnerie (41-50).

Di chestis ricercjis o fevelarìn, in struc, dome di chês che a justifichin la propueste di doprâ lis RPM par meti in sigurece lis cjasis vieris, ven a stâi il studi dal compuartament dinamic des RPM (49) e il scandai sul riscat struturâl di muraduris, disclotheadis e lì lì par colâ, taponadis cun RPM (46).

*Compuartament dinamic des RPM.* Il studi sul compuartament dinamic des RPM al è stât coordenât dal colegh Paolo Pascolo dal Dipartiment di Inzegnerie Civîl e davuelt soreduet tal laboratori di chel Dipartiment. Trê a jerin lis RPM testadis: une (RPM1) di composizion compagne a chê de *Tabele 1*, une (RPM2) compagne ma cun dome  $93,5 \text{ kg/m}^3$  di filiots di açâr e une (RPM3) compagne ma cence fibris di armadure.

I valôrs di resistence statiche a la flession (seont norme EN 196 – part I) a jerin di 56, 48 e 17 MPa. Ma par podê studiâ il compuartament dinamic si scugne lavorâ in condizions une vore difarentis di chês de norme e a covente cognossi i valôrs mezans di resistence di prime crevadure a la flession in condizions di prove dinamiche che, par solit, a son une vore plui bas de resistence statiche. Di fat chei valôrs a jerin di 21, 18 e 7 MPa pai provins cun intai e nome un tic plui alts pai provins cence intai. Vût i valôrs si è proviodût a determinâ i ciclis di isteresi cun velocitâts di deformazion diviersis e viodint di aplicâ un caric limit plui bas dal 20% de resistence di prime crevadure.

Cemût che si spietavisi la RPM3, vâl a dî chê cence fibris, no à mai

passât il prin cicli tant che RPM1 e RPM2 a àn dât fûr curvis dal gjenar di chê di Figure 2 (a drete) fasint previodi un compuartament a la fadie une vore interessant. Prin di provedi a fâ lis provis di fadie in condizions diviersis si à stabilît di fermâ i scandais cuant che si rivave a aumentâ la frece di flession di 1 mm (ven a stâi dal 0,28% de lungjece util dal provin), di mût che il dam ultin al fos inmò limitât (Figure 4). Inte Tabele 2 si cjatin, in struc, i risultâts relativs ai provins cun intai.

De tablee si viôt ben che la resistance a la fadie des RPM armadis e je grandonone cuant che la puartade di sdrindulade dal caric ( $S$ ) no je ecessive, ma ancje cun altis puartadis e reste purpûr preseabile. E si viôt ancje che la resistance a la fadie e dipint, ma no in mût liniâr, de cuantitât des fibris.

Une vore interessante e je stade la verifîche de influence esercitade su la resistance a la fadie par la presince di profii (intais) che a concentrin i sfuarçs. Si è viodût che la resistance a la fadie e cale in presince di intai nome se chest al ven fat par incision sul provin za indurit. Invezit se l'intai al salte fûr de forme dal stamp la resistance a la fadie e miore (Figure 5) cun la cuantitât dal rinfuarç.

Tabele 2. Risultâts des provis di fadie sui provins cun intai. Visâsi che  $S = \sigma_{\max} / \sigma_{\max}$  statiche, e che  $N = n^{\circ}$  di ciclis di fin scandai.

Fibris Kg/m <sup>3</sup>	$\sigma_{\max}$ [MPa]	$\sigma_{\min}$ [MPa]	$\sigma_{\text{mez}}$ [MPa]	$\sigma_{\max}$ statiche [MPa]	S	N
187 (RPM1)	12,93	4,29	10,714	20	0,65	46025657
	13,42	6,72	10,714	20	0,67	741310
	14,01	6,42	10,714	20	0,70	191
	15,82	6,22	10,714	20	0,79	116
93,5 (RPM2)	10,77	5,05	8,571	18	0,60	6338697
	12,93	4,29	8,571	18	0,72	576766
	13,05	3,51	8,571	18	0,73	436515
	16,01	1,07	8,571	18	0,89	316

Chest al dipint dal fat che tes vicinancis des parêts dal stamp i filiots a son plui o mancul paraléi al pêl. Une grumbule tal stamp, par tant, e compuarte un orientament casuâl des fibris e, cun chel, un ramificâsi plui spandût de frature (viodi foto a çampe de Figure 4).



Figure 4. Dams tipics daspò di provis di resistance a la fadie; chei di çampe a son une vore pluï frecuentes di chei di drete.

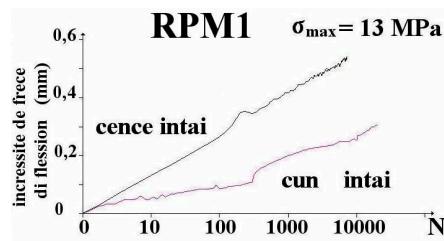


Figure 5. Esempli di sensibilitât al intai de deformazion pa la fadie.  $N$  = n° di ciclis.

*Riscat struturâl di muraduris taponadis cun RPM.* Chest scandai al è stât fat lì de oficine dal ISMEA di Udin cul jutori des sôs maestrancis e in collaborazion cul coleghe Aldo De Marco de Universitât (in chê volte) di Triest. Il finâl de vore e jere chê di viodi se lis RPM a podevin jessi une buine alternative ai bindei in resine epossidiche e fibris di carboni tal riscat struturâl (static) des muraduris disclotheadis.

Dôs placisbandis (cence stabilidure) a son stadiis tiradis sù in modons e malte bastarde seont l'antîc mût di fâ furlan (Figure 6a). Sîs mês dopo a son stadiis disclotheadis al limit de sdrumade (Figure 6c e 6d) cjamantlis te mezarie cuntune binte (Figure 6b). Po dopo si è provedût a justâlis, simpri seont l'antîc mût di fâ furlan (Figure 6e, 6f e 6g). A chest pont une e je stade rinfuarçade cuntun bindel di fibris di carboni e resine epossidiche (Figure 6h) intant chê altre e je stade parzialmentri taponade cuntune stabilidure di RPM (Figure 6i) di 2 cm di spessôr e di composizion un tic difarente di chê de Tabele 1 (ciment CEM II 32,5 1170 Kg/m<sup>3</sup>, nie pulvin di silice e  $a/c = 0,27$ ) par sparagnâ e facilitâ la vore aes maestrancis. Ae fin de stagjonadure (3 dîs pal bindel e 30 dîs pe RPM) lis placisbandis a son stadiis di gnûf cjamadis, te mezarie, cu la binte (Figure 6l).

La placebande taponade cu la RPM, cuant che o vin molât di cjamâ, par vie che la frature e jere daûr a svuincâ la taponadure (Figure 6m a çampe), e sopuartave un caric 10 voltis plui grant di chel che e veve sopuartât la prime volte cence taponadure e e veve une frece di 4,2 cm (Figure 6m a drete); frece che si riduseve a 1,6 cm une volte discjamade la placebande. La placebande rinfuarçade cul bindul di resine e fibris di carboni, cuant che chel si è distacât dibot (Figure 6n, 6o e 6p) riscjant di

fâ sdrumâ dut, e sopuartave un caric cuasi 7 voltis plui grant di chel soquartât la prime volte. La frece in chel moment e jere nome di 3 cm e e je restade di 2,6 cm a placebande discjamade.

In struc si pues dî che lis RPM a son miôr dai bindei di resine epossidiche e fibris di carboni no dome parcé che a dan un rinfuarç plui grant, ma soredut par vie dal fat che a imponin un bon riscat elastic ae deformazion de muradure.



Figure 6. Confront jenfri RPM e resine rinfuarçade tal riscat struturâl di muraduris discloeadis.

**Parcè doprâ lis RPM.** Parcè doprâ lis RPM par meti in sigurece cuintri il taramot lis cjasis vieris? Al pues stâi che la rispuoste si cjati intune antighe liende piemontese. In chê liende si diseve che i pastôrs de mont Pirchiriano a vevin clamât l'arcagnul Michêl par parâsi dal diaul che, cul so buf, ur sdrumave lis cjasis. L'arcagnul Michêl, dismolât, ur varès insegnât a cuei tiere rosse e cret blanc minuçât (vâl a dî a fâ ciment!), a impastâ dut cun aghe e pêi di cjavre e a fâ sù lis cjasis di claps peâts cun chel impast e, soredu, a taponâ ben i mûrs, fûr e dentri, cul midiesim impast. La liende e diseve ancie che il diaul, invelenât, al ves scalçât milante volpis la mont cence mai rivâ a fâ sdrumâ lis cjasis.

Fin culì la liende. Ma, inte realtât, si viôt che chê de mont Pirchiriano, zone di periodiche e vivarose attività sismiche, e je la uniche contrade piemontese dulà che, za par antîc, si cjatavin lis cjasis de puare int cu la stabiliture. E, par chel che o'ndi sai jo, ancie la uniche contrade taliane dulà che si doprave une stabiliture armade cun fibris. Al merte ancie ricuardâ che, stant aes cronicis dai fraris de Sagre di San Michêl (la abazie grandonone che e domine la mont), l'ultin taramot di ete prenapoleoniche, ven a stâi l'ultin cuntun efiet fiscant, pûr rivant a sdrumâ a râs la Sagre al rivâ nome a discloteâ lis cjasutis de vile.

Infin, des notis che dispès a compagnin i quasi 85000 *Verbâi di Accertamento Dams* dal taramot dal '76, si pues travignî che rarementri cjasis cence impuantantis magagnis di projet o di fabriches e cun stabiliture dentri e fûr, a àn vût grancj dams.

Ma parcè po des buinis stabilituris armadis cun fibris a varessin di inressi la resistance dai mûrs al taramot?

Un tecnic al rispuindarès nome: “parcè che lis stabilituris armadis a mudin i mûrs, di sempliçs conglomerâts, in compositis pluristratificâts e parcè che i compositis pluristratificâts, no dome a sopuartin i sfuarçs di tai e di stuarziment une vore miôr dai conglomerâts sempliçs, ma soredu a àn une resistance ae fadie cetant plui grande, par vie che un taramot al somet lis cjasis a curts ma plui o mancul ferbints ciclis di fadie”.

Dut ben, ma parcè un composit pluristratificât al sopuarte une vore miôr sfuarçs e fadie? Par cirî di capîlu si pues cjalâ lis Figuris 7, 8 e 9 e resonâi parsore.

Se la sdrindulade e je perpendicularâ ae façade dal mûr (Figure 7) lis façadis a son sometudis a sfuarçs alternâts di compression e tirament.

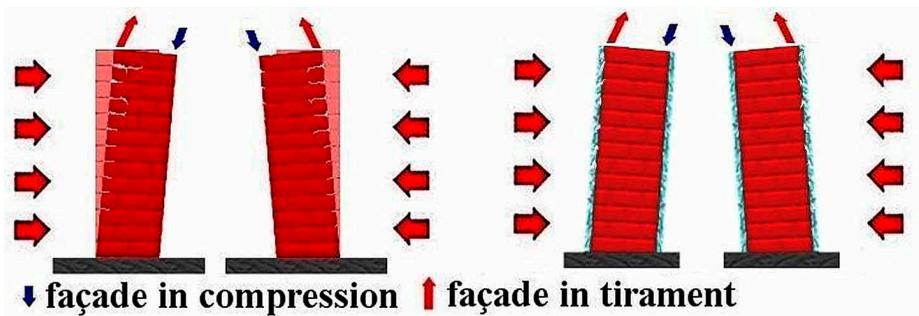


Figure 7. Scheme di compuartament di mûr grê (a çampe) e cun stabilidure (a drete) a une sdrindulade perpendicolâr ae façade.

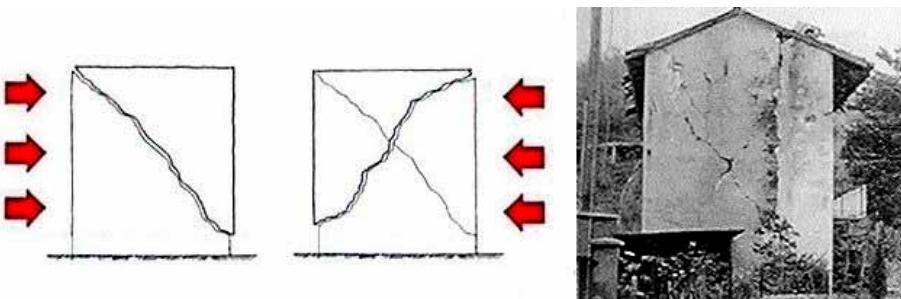


Figure 8. Scheme di compuartament di mûr a une sdrindulade paralele ae façade.

Ducj i difiets de superficie a puedin puartâ a la formazion di une fressurre che si slargje cicli dopo cicli. Al è clâr che se il mûr al è grê lis fressuris si vierzaran soredu int malte che e pee i modons (o i claps), soredu int zone di contat jenfri malte e modon. E chest, no nome parcè che al è propit int zone de malte che si cjatin i difiets plui grancj de superficie dal mûr, ma ancje par vie des difarencis di rigjiditât jenfri malte, zone di contat e modon che a compuartin une concentratzion di sfuarç int zone mancul rigjide. Se il mûr al è taponât cuntune buine stabilidure, il numar di difiets de superficie al sarà une vore plui piçul e e coventará une energjie plui grande par podê rivâ a vê un numar di fressuris avonde profondis par fâ periculâ il mûr. Di fat no dutis lis fressuris, che si vierzaran int stabilidure, a rivaran a sprofondâsi tal mûr dal moment che modons e claps cuasi simpri lis disviaran paralelementri ae superficie cu la conseguence, par altri da râr, di sburtâ il distac de stabilidure

(Figure 10). Se la stabilidure e je armade cun fibris a saran propit lis fibris a promovi, bielzà parenfri la stabilidure, il sviament des fressuris. E plui lis fibris a varan un orientament casuâl mancul al sarà il pericul di distac (o ancje nome di parziâl spelament) de stabilidure e di sprofondament des fressuris tal mûr.

Se la sdrindulade e je paralele ae façade dal mûr (Figuris 8 e 9) l'efiet dominant al sarà chel di tai alternât e tal mûr si vierzaran dôs crevaduris a crôs di Sant Andree. Ancje in chest câs une buine stabilidure (Figure 9) e judarà il mûr a stâ sù (52) aben che il jutori al sedi mancul impuantant che tal câs de sdrindulade perpendicularâr.

Par cumò no si àn dâts sperimentâi su la resistence al taramot di mûrs taponâts cun stabiliduris in RPM. Ma, viodusis lis difarencis grandononis tal compuartament dinamic e te resistence a la fadie jenfri malte e RPM, e tignût cont dal fat che nome lis stabiliduris in malte tradizionâl a fasin rionzi la resistence dai mûrs di almancul 0,3-0,4 ponts Richter, si pues previodi, stazant cun prudence, che taponant i mûrs cun RPM si varès une rionte di resistence di almancul 2 ponts Richter.

**Cemût doprâ lis RPM.** Jo no vuei insegnâ ai gneurs a cori si che no stari a dî a architets, inzegnîrs e maestrancis dut ce che a àn di fâ cu lis RPM par meti in sigurece une cjase. Ma, dal moment che, ancje in dî di vuê, tai cantîrs si viôt a fâ robis di no crodi, o pensi che al sedi almancul il câs di ricardâ ce che dal sigûr no si à di fâ.

- Prin di dut no si à di crodi che lis RPM a sedin il balsim dal mont. Vâl a dî che se une cjase e à magagnis di projjet o di fabriches grandonono-

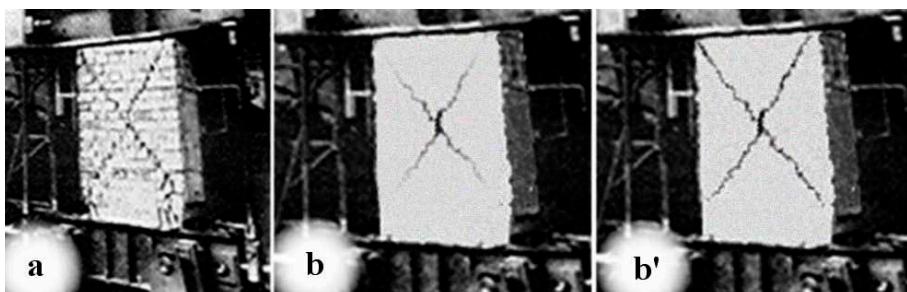


Figure 9. Scandai sul compuartament dinamic di mûrs cence (a) e cun (b, b') stabilidure di malte tradizionâl. I taramots figurâts a jerin di magnitudin 5,5 (a), 5,8 (b) e 6,0 (b').

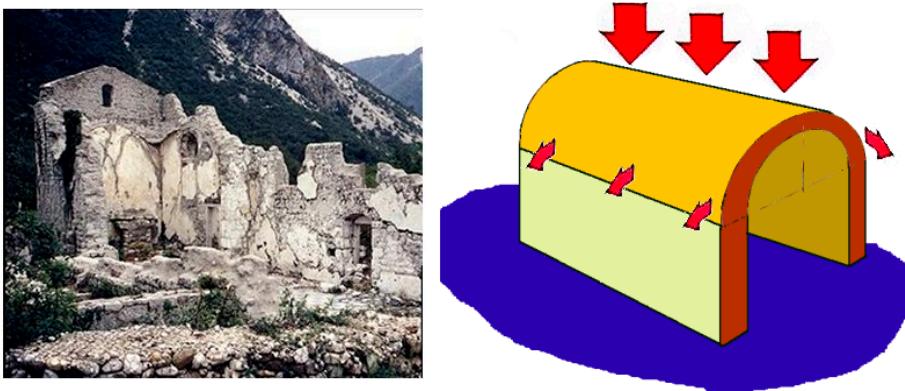


Figure 10. Stabilidure distacade intune gleseute sdrawmade dal taramot pal efet negat f di volt e tet che a sburtin f r.



Figure 11. Efet negat f di un tet che al sburte f r.

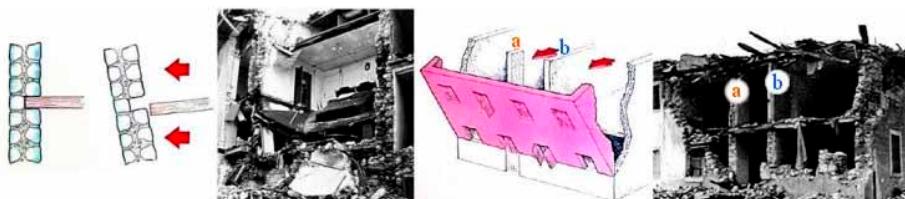


Figure 12. Efiets negat fs di sol rs, pilastris (a) e paradanis (b) dome poi ts.

nis al  e ingjan s pens  di par si dal taramot nome taponant i m rs cu lis RPM. Par esempi: volts (Figure 10) e tets (Figure 11) che a sburtin f r, sol rs, pilastris o paradanis (Figure 12) dome poi ts, a clamin interventions prelimin rs di contrast (53). Pai m rs a casse (Figure 13), tant pericol s che usu i in Fri l, invezit al baste incressi il numar di straponts jenfri lis *stabiliduris* (Figure 14).

- Po no si à di impensâsi che la RPM e sedi une malte cualsisei. Ven a stâi che no si pues gambiâ a gust la sô composizion; par esempli zontâ aghe, no doprâ il pulvin di silice, sparagnâ sui filiots di açâr, doprâ un ciment cualsisei e vie indenant. Chest par vie che ogni gambiament al compuarte une variazion, par solit in negatîf, tal lôr compuartament static e dinamic.

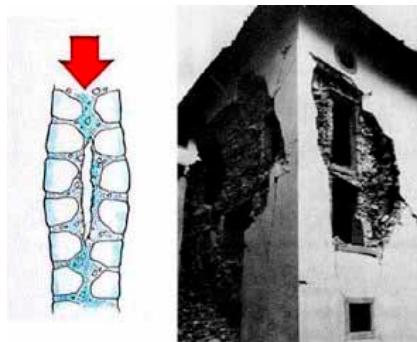
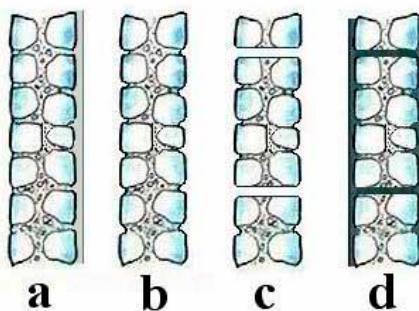
Figure 13. Efets negatîfs di mûr *a casse*.

Figure 14. Scheme di intervent par meti in sigurece un mûr.

- Po dopo no si à di crodi che i vieris mûrs a sedin ducj compagns. Pai mûrs di clap si scugne fâ fâ un scandai di un gjeolic par sigurâsi che no vebin doprât, par fâju, piere di zes; câs une vore improbabil ma che no si pues escludi dal dut stant a la gjelogjie dal Friûl. In plui, sedi pai mûrs di clap sedi par chei di modon, si scugne fâ la *prove di Anstett* su la malte che e pee i claps o i modons, simpri par sigurâsi che nol sedi presint il zes. Tal câs di mûrs di modons cu la *barbe blanche* si scugne fâ la *prove di Anstett* anche sui modons. Al è ben visâsi che i sulfâts a dan, cul ciment, une reazion espansive une vore potente e par tant no si pues fâ di mancul di fâ chescj esams e di tignî cont dai lôr risultâts. Se si cjate zes o sulfâts diviers te malte, o tai modons o tai claps, prin di meti sù la stabilidure in RPM, si scugne piturâ dut (anche i bûs pai straponts) cun trê mans di resine epossidiche spolvarant la ultime, a refût, cun savalon di sfrantoi.
- Infin, e soledut, no si à di sparagnâ te vore. Vâl a dî che al covente tirâ vie lis vieris stabiliduris e netâ une vore ben il mûr (Figure 15b), pussibilmentri par lustradure a savalon, e si scugne fâ i bûs pai stra-

ponts (Figure 15c) a une distance juste un di chel altri (sù par jù un metri, di mancul se il mûr al è *a casse*). In plui, prin di folcjâ i bûs di RPM e di meti sù la stabilidure (2-2,5 cm di spessôr) (Figure 15d), al covente ingorgnâ a refût il mûr, e inmò, cuant che la RPM e à cjapât, al è necessari rifinî la stabilidure cun 2-3 milimetris di RPM cence fibris. Par ultin si scugne tignî travanât il dut par almancul trê setemanis.

## Bibliografie

1. Collepardi M. (1996). Calcestruzzi ad Altissima Resistenza: HPC, DSP ED RPC. *Atti del Seminario CIAS "Evoluzione della sperimentazione per le costruzioni"*. Malta 25-30/04/96, pp. 289-314.
2. Richard D. (1994). Cherezy M.H., Reactive Powder Concrete with High Ductility and 200-800 MPa Compressive Strength. *ACI Spring Convention*, ACI SP-144: 507-518.
3. Richard P., Cheyrezy M. (1995). Composition of Reactive Powder Concretes. *Cement and Concrete Research*, 25.
4. Dugat J., Roux N., Bernier G. (1996). Mechanical properties of reactive powder concretes. *Materials and Structures*, 29: 233-240.
5. Collepardi S., Coppola L., Troli M. e Collepardi M. (1997). Mechanical Properties of Modified Reactive Powder Concrete. *Fifth CANMET/ACI International Conference*, SP 173-1: 1-21.
6. Coppola L., Collepardi M., Troli M. (1995). Materiali cementizi innovativi: dagli HPC verso gli RPC Parte I. I calcestruzzi ad alte prestazioni. *L'Industria Italiana del Cemento*, 697: 189-198.
7. Coppola L., Collepardi M., Troli R. (1996). Materiali cementizi innovativi: dagli HPC verso gli RPC Parte II. L'influenza del cemento e del fumo di silice sulla resistenza meccanica del Reactive Powder Concrete. *L'Industria Italiana del Cemento*, 707: 112-125.
8. Collepardi M., Coppola L. (1990). Le fibre. In *Materiali Innovativi per Malte e Calcestruzzi Speciali*. Treviso: Enco Ed., pp. 1-53.
9. Collepardi M., Coppola L. (1990). Il fumo di silice. In *Materiali Innovativi per Malte e Calcestruzzi Speciali*. Treviso: Enco Ed., pp. 1-41.
10. Coppola L., Troli R., Borsoi A., Zafferoni P., Collepardi M. (1997). Influence of Superplasticizer Type on the Compressive Strength of Reactive Powder Mortars. *Fifth CANMET/ACI International Conference*, SP 173-27: 537-545.
11. Rossi P. (1997). High Performance Multimodal Fiber Reinforced Cement Composites (HPMFRCC): The LCPC Experience. *ACI Materials Journal*, 94: 478-483
12. Collepardi M. (1995). Water Reducers/Retarders. In *Concrete Admixtures Handbook*. New Jersey: Noyes Pub., pp. 286-409.
13. Collepardi M. (1992). Effect of admixtures. *9<sup>th</sup> International Congress on the Chemistry of Cements*. New Delhi, Vol. I, pp. 527-570.
14. Collepardi S., Coppola L., Collepardi M. (1997). Calcestruzzo a polvere reattiva modifi-

- cato. *Atti del Convegno FAST "Ricerche e prospettive Tecnologiche alle soglie del 2000"*. Milano, 10-14 Novembre, pp. 497-504.
15. Bonneau O., Lachemi M., Dallaire E., Dugat J., Aïtcin P.C. (1997). Mechanical Properties and Durability of Two Industrial Reactive Powder Concretes. *ACI Materials Journal*, 94: n°4.
16. Coppola L. (1998). Un ponte verso il 2000. *Enco Journal*, 7: 1.
17. Bachiorrini A. (1998). RPC: Il Materiale strutturale del terzo millennio... nel segno della tradizione. *Colloqui Internazionali "Castelli e Città fortificate". Storia, Recupero, Valorizzazione*. Tricesimo 20-21 Novembre, Atti pp. 9-13.
18. Banthia N., Dubay A. (2000). Measurement of flexural toughness of fiber reinforced concrete using a novel technique – Part 2: performance of various composites. *ACI Materials Journal*, 97: n° 1.
19. Carpinteri A., Ceriani R., Iori I. (1996). Analisi del comportamento di calcestruzzi fibrorinforzati mediante la meccanica della frattura. *Studi e Ricerche*, n° 17.
20. Edginton J., Hannant D.J., Williams R.I.T. (1975). Steel fibre reinforced concrete. *Building Research Establishment, G.B. Current Paper*.
21. Guerrero P., Neaman A.E. (2000). Effect of mortar fineness and adhesive agents on pullout response of steel fibres. *ACI Materials Journal*, 97: n° 1.
22. Hsu L.S., Hsu T.C.T. (1994). Stress strain behaviour of steel fiber high strength concrete under compression. *ACI Materials Journal*, 91: 448-457.
23. Jamal M., Shannag Hansen W. (2000). Tensile properties of fibre reinforced very high strength DSP mortar. *Magazine Of Concrete Research*, 52: n° 2.
24. Jejic D., Zanghellini F. (1977). Mortiers et ciments armés de fibres. *Annales de l'Institut Technique du bâtiment et des Travaux Publics*, 347: 45-84
25. Johnston C.D. (1974). Steel fiber reinforced mortar and concrete: a review of mechanical properties. *ACI International Symposium*, SP 44-7: 127-207.
26. Johnston C.D., Coleman R.A. (1974). Strength and deformation on steel fiber reinforced mortar in uniaxial tension. *ACI International Symposium*, SP 44-10: 177-193.
27. Nallathambi P., Karihaloo B.L., Heaton B.S. (1984). Effect of specimen and crack sizes, water/cement ratio and coarse aggregate texture upon fracture toughness of concrete. *Magazine Of Concrete Research*, 36: n° 129.
28. Narayanan R., Reem K.A., Palanjian A.S. (1983). Steel fiber reinforced concrete beams in torsion. *International Journal of Cement Composites*, 5: 235-246.
29. Oh B.H., Lim D.H., Yoo S.W., Kim E.S. (2000). Shear behavior and shear analysis of reinforced concrete beams containing steel fibres. *Magazine Of Concrete Research*, 52: n° 1.
30. Parameswaran V.S., Rajagopalan K. (1975). Strength of concrete beams with aligned or random steel fibre micro-reinforcement. *Rilem Neville Symposium*, Communication 3.5: 95-103.
31. Plizzari G.A., Cangiano S., Cere N. (2000). Post-peak behavior of fiber reinforced concrete under cyclic tensile loads. *ACI Materials Journal*, 97: n° 2.
32. Shah S.P., Rangan B.V. (1971). Fiber reinforced concrete properties. *ACI Journal*, 68: 126-135.
33. Singh S.P., Kaushik S.K. (2001). Flexural fatigue analysis of steel fiber reinforced concrete. *ACI Materials Journal*, 98: n° 4.
34. Singh S.P., Kaushik S.K. (2000). Flexural fatigue life distribution and failure probability of steel fibrous concrete. *ACI Materials Journal*, 97: n° 6.
35. Soroushian P., Bayasl Z. (1991). Strength and ductility of steel fibre reinforced concrete under bearing pressure. *Magazine Of Concrete Research*, 43: n° 157.

36. Swamy R.N., Magat P.S., Rao C.V.S.K. (1974). The mechanism of fibre reinforcement of cement matrices. *ACI International Symposium*, SP 44-1:1-28.
37. Swamy R.N., Mangat P.S. (1974). A theory for the flexural strength of steel fiber reinforced concrete. *Cement and Concrete Research*, 4: 313-325.
38. Swamy R.N., Mangat P.S. (1974). Influence of fiber geometry on the properties of steel fiber reinforced concrete. *Cement and Concrete Research*, 4: 451-465.
39. Swamy R.N., Mangat P.S. (1974). Influence of fibre aggregate interaction on some properties of steel fiber reinforced concrete. *Cement and Concrete Research*, 4: 307-314.
40. Van Houwaert A., Delauay F., Thimus J.F. (1999). Cracking behavior of steel fiber reinforced concrete revealed by means of acoustic emission and ultrasonic wave propagation. *ACI Materials Journal*, 96, n° 3.
41. Foghini G. (2001). OFR RPM (*Organic Fiber Reinforced Reactive Powder Mortar*) malte e microcalcestruzzi ad altissime prestazioni. Tesi di Laurea, Università di Udine, aa 2000-2001.
42. Girardi M. (1999). *RPC – Conglomerati a polvere reattiva rinforzati con fibre organiche*. Tesi di Laurea, Università di Udine, aa 1998-1999.
43. Marcon C. (1999). *Valutazione dell'influenza delle fibre metalliche sulle proprietà degli RPC*. Tesi di Laurea, Università di Udine, aa 1998-1999.
44. Fardin F. (2000). *RPC – Microcalcestruzzi ad altissime prestazioni*. Tesi di Laurea, Università di Udine, aa 1999-2000.
45. De Carli L. (2001). *GFRRPC (Glass Fiber Reinforced Reactive Powder Concrete) La tenacizzazione per calcestruzzi ad altissime prestazioni*. Tesi di Laurea, Università di Udine, aa 2000-2001.
46. Crallì C. (2001). *Fibre polipropileniche e poliammidiche negli RPMFM (Reactive Powder Mortar Fiber Modified)*. Tesi di Laurea, Università di Udine, aa 2000-2001.
47. Basso Bondini L. (2002). *RPM OFM (Reactive Powder Mortar Organic Fiber Modified) Malte, rinforzate con fibre organiche, ad alte prestazioni*. Tesi di Laurea, Università di Udine, aa 2001-2002.
48. Villanova V. (2002). *Influenza del tipo di cemento e del tipo di fillerizzante (fine e finissimo) sulle proprietà delle malte fibrorinforzate RPMFM*. Tesi di Laurea, Università di Udine, aa 2001-2002.
49. Chivilò A. (2002). *Indagini sul comportamento dinamico di strutture di fondazione in calcestruzzo fibrorinforzato*. Tesi di Laurea, Università di Udine, aa 2001-2002.
50. Dall'Armellina M. (2002). *Malte ad altissime prestazioni meccaniche rinforzate con fibre organiche (OFRPM)*. Tesi di Laurea, Università di Udine, aa 2001-2002.
51. Beltrame L. (2003). *Influenza del tipo di cemento sulle proprietà meccaniche delle malte a polvere reattiva fibrorinforzate*. Tesi di Laurea, Università di Udine, aa 2001-2002.
52. Benedetti D., Pezzoli P. (1996). *Shaking table tests on masonry buildings. Result and comments*. Milano: ISMES Ed., pp 1-120.
53. Benedetti D., Carydis P.G., Croce S., Lucchini A., Pezzoli P. (1996). *Ready-to-use manual. For the practical implementation of repairs and strengthenings to reduce the seismic vulnerability*. Milano: ISMES Ed., pp 1-135.