

Fibris e tele o rêt, la gnove frontiere des maltis armadis cuintrisismichis... tes olmis di Imhotep “Ptahmosi”

A L E S S A N D R O B A C H I O R R I N I *

Ristret. La malte a pulvins reatîfs (RPM) rinfuarçade cun fibris e je un materiâl misclîç modernî une vore bon par tirâ sù stabiliduris cuintrisismichis e rivâ a meti in sigurece lis cjasis vieris e ancjemò abitadis. Par altri (sîcu 4000 agns indaûr Ptamosi al veve mostrât cui siei modons di arzile, savalon, stran e tele di lin) la resistence di un materiâl misclîç di cheste fate e pues jessi ancjemò di plui incressude cubiant l'efiet rinfuarçant di un tiessût cun chel des fibris. Tal articul, i risultâts plui significatîfs des ricercjîs sperimentâls fatis su lis RPM rinfuarçadis cun tiessûts e fibris diversis a son scrutinâts e confrontâts cun chei des RPM rinfuarçadis dome cun fibris, rivant a la conclusion che la resistence al taramot des maltis armadis cun tiessûts e fibris e je une vore plui grande che chê des maltis armadis dome cun fibris.

Peraulis clâf. Malte a pulvins reatîfs rinfuarçade cun fibris (RPMFR), malte a pulvins reatîfs rinfuarçade cun tiessûts (RPMCR), malte a pulvins reatîfs rinfuarçade cun fibris e tiessûts (RPMFaCR), stabiliduris cuintrisismichis.

Tes olmis di Imhotep... tant par scomençâ de fin. Tor i ultins dîs di mai dal 2800 prin di Crist, li di Ankhtue dongje Menfi, al nassè un frutin destinât a jessi ricuardât fin in dì di vuê. So pari lu clamâ Imhotep (“chel ch'al ven in pâs”) e lu tignî dongje di se te buteghe di architêt. Di inteligjence grandonone, al jere ancjemò frutat cuant al mostrà a so pari cemût fâ modons (cun arzile, savalon, stran e tele di lin) cetant resistentis di podê fâ sù une “mastabe” dîs voltis plui grande dal ordenari.

Ma, plui tart, cuant che il faraon Zoser lu nomenà “cjarpentîr di Nek-

* Dipartiment di Siencis e Tecnologjîs Chimichis, Universitât dal Friûl, Udin, Italie.
E-mail: alessandro.bachiorrini@uniud.it

hen” (ven a stâi architè de tombe dal re) volint sigurâ abitançe perpetue al so paron no si infidà plui de condurance dai siei modons e al decidè di doprâ la piere. E di fat al tirà sù la piramide a scjalins di Sakkara (Figure 1) che al pâr che e sedi la prime piramide di cret de storie. Dome che la cualitât dal cret doprât no si le cjate di nissune bande dal Egjit... e nancje tal rest dal mont!

Misteri?

Forsit... ma o vin cetancj jenfrisejns che a podaressin sclârî dut cence discomodâ lis striis o i aliens.

Prin segn: il *Canone di Torino*, un papâr une vore impuartant par cognossi la storie dal Egjit dai faraons ma, magari cussì no, une vore smoç (Figure 2), al nomene Imhotep sicu “Ptahmosi [val a dî fi di Ptah, diu dal sintiment e de cognossince] chel che al mude...”. Ma ce che al varès vût di mudâ e in ce cjosse no si lu sa, al è lâf pierdût.

Secont segn: tun papâr di *Oxyrhynchus* si dîs che il faraon Micerino al screà il cult di “Imhotep, il potent ch’al mude la tiere in cret”.

Tierç segn: te piere di Sehel, plui cognossude tant che *Piere de cjaristie* (Figure 3A), si cjate scrit che il diu Knuhm, intal insium, al mostrà a Imhotep cemût fâ sù la piramide e a Zoser cemût “doprâ minerâi par fâ il cret”.

Cuart segn: la piere funerarie di Irtyesen (Figure 3B), predi e architè dal 2000 prin di Crist, e dîs che lui al jere “depositari dal antîc segret par fâ statuis in cret par colade”.

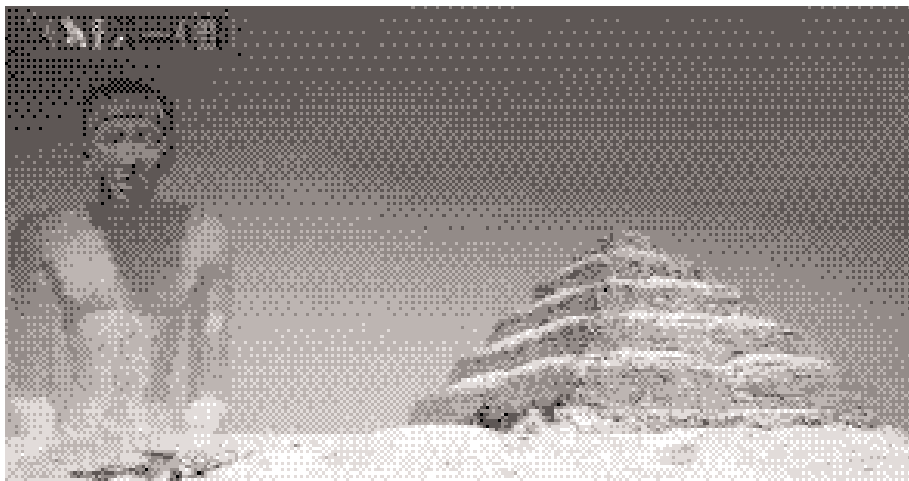


Figure 1. Imhotep e la piramide di Sakkara.

Imhotep al vevie forsit cjatât il mût di discomponi e ricomponi a so plasê i claps?

Il professôr Davidovits, chimic de Universitât di Caen e un dai plui grancj esperts di gjeopolimeris, si è convinçût e di resint al à pandût cemût che al sedi pussibil, doprant asê (o struc di limon) e lat di urtie, o di asedule di prât, o di frambue, o di guselâr o, fintremai, di ulivâr, discomponi cence fadie pierè dolce o granît par tirâ fûr une paste che, misclade cu la arzile, il savalon, la glerie, il “natron” (cjarbonât di sodi naturâl che si cjate facilmentri in Egjit) e cinise di papîr (une vore ricje di cjalcine vive) e, daspò suade sot dal soreli, e cjape la consistence dal clap e la struture dal cret (Figure 4).



Figure 2.
Slambris
dal Canone
di Torino.



Figure 3.
A. Pierè de cjaristie;
B. Pierè di Irtysen.



Figure 4. Struture di un
cret fat di Davidovits par
geosintesi.

Davidovits duncje al crôt che Imhotep, tal tentatîf di rinfuarçâ e rindi salts i modons di arzile, al vebi finît par discuvierzi lis particolârs proprietâts dal impast di pierè dolce, arzile, natron, cjalcine e aghe.

Se e je vere, par mê fortune Imhotep nol à olsât (o al à calculât dibant) meti adun la discuvierte de zoventût cun chê de maturitât, ven a stâi fâ cret rinfuarçât cun fibris e tele, se no jo o varès vût di mudâ mistûr e no sarès culî a scrivi de gnove frontiere des maltis armadis cuintrisismichis, ven a stâi des maltis armadis cun fibris e tele o rêt.

Maltis armadis par fâ stabiliduris cuintrisismichis. Ma se Imhotep nol à fat cret rinfuarçât cun fibris di dulà vegnino lis maltis armadis?

Par chel che o sai jo a forin i romans i prins a fâ maltis rinfuarçadis (cun pêi di nemâi), ma dopo di lôr si scugne spietâ il 1849 par tornâ a

viodi une malte armade (cu la filiade). Ma chês maltis, aben che armadis, a jerin maltis tradizionâls e no vevin avonde proprietâts mecanichis par fâ stabiliduris cuintrisismichis.

Par rivâ a tant e à coventât une lungje ricercje che e à burît fûr la malte a pulvins reatîfs (cognossude cu la sigle RPM) rinfuarçade cun fibris (RPMFR), val a dî une malte fate no dome di ciment (paraltri diferent), savalon e aghe (tant che la malte tradizionâl) ma ancje di pulvin di silice, superfluidificant e fibris (par solit di açâr): viodi la tabelle 1. Cheste malte par cumò e ven doprade, al puest dal beton, par fâ sù oparis di inze-gnerie civîl o mecaniche dulà che a coventin: sveltece di costruzion, durade, resistencis chimichis, mecanichis e a la fadie une vore grandis (Figure 5). Ma in Friûl e meretarès jessi doprade par meti in sigurece lis vie-ris cjasis cuintri i dams dal taramot, come che o vevi ilustrât tal prin con-grès de Societât Sientifiche e Tecnologjiche Furlane.

Tabelle 1. Composizione tipiche di une malte armade cun fibris (RPMFR) e di une malte tra-dizionâl no armade (TM).

Components	RPMFR Kg/m ³	TM Kg/m ³	Components	RPMFR Kg/m ³	TM Kg/m ³
Ciment (c) CEM I 42,5R	934	-	Fibris di açâr OL 13/16	187	-
Ciment (c) CEM II 32,5	-	500	Superfluidificant acrilic sec	12,9	-
Pulvin di silice	234	-	Aghe totâl (a)	215	300
Savalon	1030	1500	a/c	0,23	0,60



Figure 5. Applicazions corintis des RPMFR.

Al va ancje ricuardât che, biel che la durade e la resistance chimiche di une malte armade a divegnin de cualitât e de quantitât dal ciment, dal pulvin di silice, dal savalon, dal superfluidificant e dal rapuart aghe/ci-ment doprâts, lis resistencis mecanichis e a la fadie a dipindin ancje e so-redut de cualitât e de quantitât de fibre zontade (Figure 6).

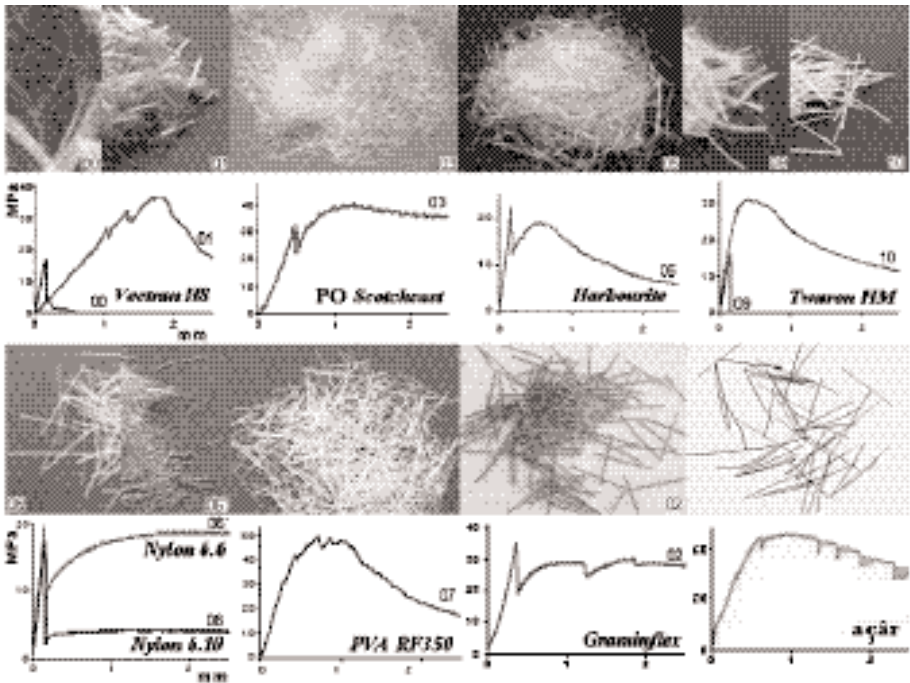


Figure 6. Compuartament mecanic a flection di RPMFR rinfiuarçadis cun fibris diferentis.

Tignût cont che la resistance ae fadie di un materiâl e dipint tant dal so limit elastic che dal so comportament plastic daspò de deformazion elastiche, par incressi ancjemò di plui la resistance ae fadie di une malte armade (e duncje la sô condurance al taramot) si scugne cjatâ la maniere di rionzi il so comportament pseudoplastic: ven a stâi di cjatâ un mût di armâ che al siguri altis resistencis mecanichis ancje daspò di grandis deformazions.

Cjalant la figure 7 si viôt ben che une malte armade cun fibris di açâr e je miôr di chê armade cun fibris di poliolefine (PO) pal limit elastic ma ancje piês pe resistance a grandis deformazions.

Chest, tal câs di stabiliduris cuintrisismichis, al podarès jessi vantazôs stant che il taramot al somet lis struturis a ciclis di fadie plui o mancul complès e violents, e che la resistance ae fadie mecaniche no dipint dome dal limit elastic dal materiâl ma ancje de sô resistance restant daspò deformazions grandonis. Cun di plui, a doprâ fibris organichis par fâ une stabilidure cuintrisismiche si varesin altris doi vantaçs. Prin di dut un

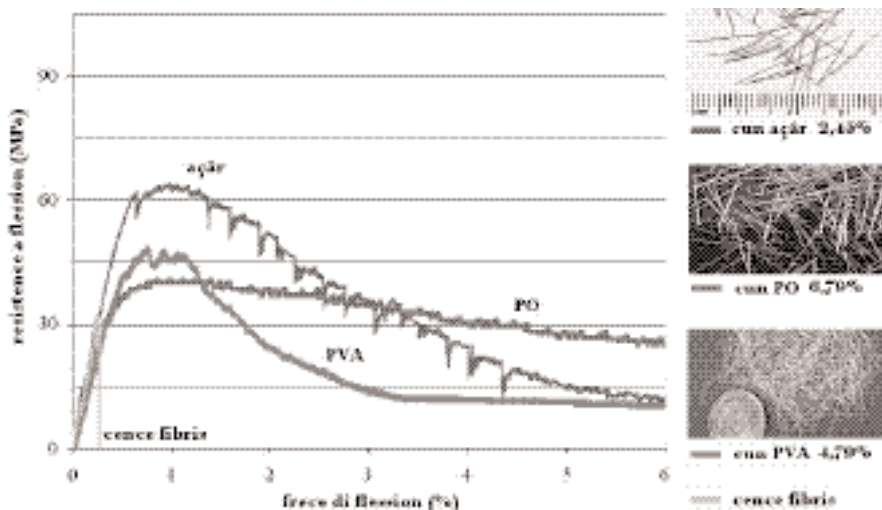


Figure 7. Compuartament a flession di RPMFR rinfuarçadis cun fibris diferentis.

pês specific plui piçul: ricuardin che, par vie de leç fisiche $F = m \cdot a$, plui une strutture e je lizere e plui e resist al taramot. Po dopo lis fibris organichis no bechin e no sgrifin e duncje si podarès fâ di mancul de finidure in malte no armade, sparagnant un grum di bêçs e di timp te vore.

RPMCR, maltis a pulvins reatîfs rinfuarçadis cun tiessûts. Dopo vê sperimentât la plui part des fibris presintis sul marcjât cence rivâ a progrès significatîfs, no vint plui acès al machinari par studiâ il compuartament ae fadie des maltis armadis cun fibris organichis, o jeri daûr a bandonâ la ricercje... chê volte no cognossevi ancjemò la storie di Imhotep!

Ma di bon che mi soi visât di un arc che gno von Pieri mi veve fat cuntun ramaç di noglâr rinfuarçât cun fassis di tele incoladis parsore. Al jere un arc verementri potent, ancje masse par un frut come me, tant al è vêr che mê mari mal veve gjavât di man e brusât tal fogolâr prin che jo o copàs cualchidun. Forsit, forsit... i bindei di tele a varessin podût zovâ al gno câs.

Dit e fat, e je partide la sperimentazion cuntune malte de composizion de Tab. 1, cence fibris ma cun telis o rêts poliaramidichis (Figure 8).

Il mût di disponi il rinfuarç tai provins pe flession e pe compression al è pandût inte figure 9. Cjalait che, tal câs de preparazion dai provins di testâ a

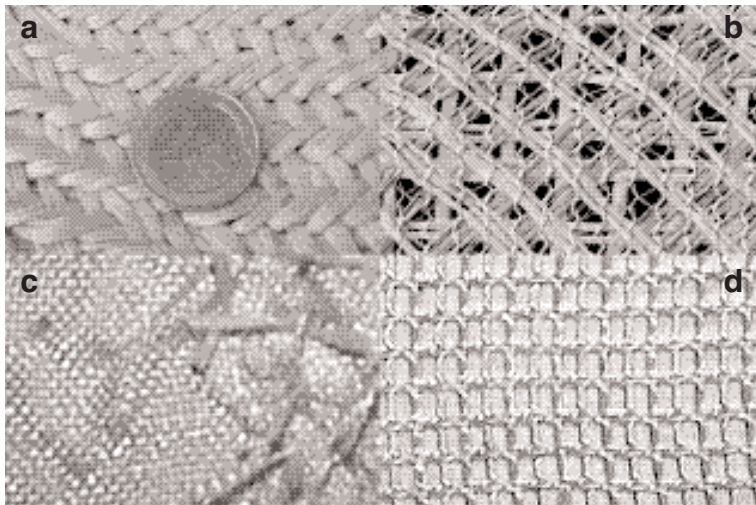


Figure 8. Tiessûts poliaramidics doprâts pal studi.

a) tele di Kevlar 49	985 g/m ²	b) rêt di Kevlar 49	306 g/m ²
c) tele di Twaron HM	405 g/m ²	d) rêt di Twaron HM	70 g/m ²

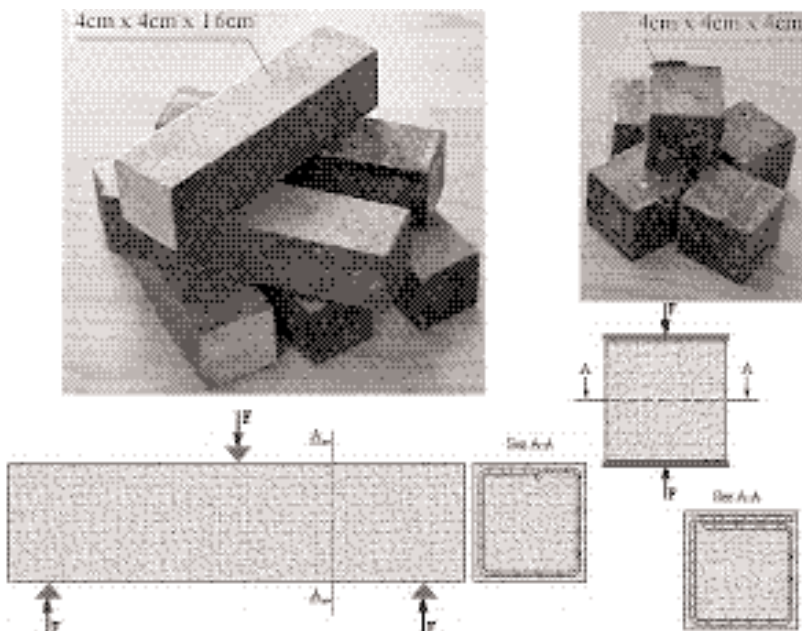


Figure 9. Mût di disponi il rinforç tai provins.

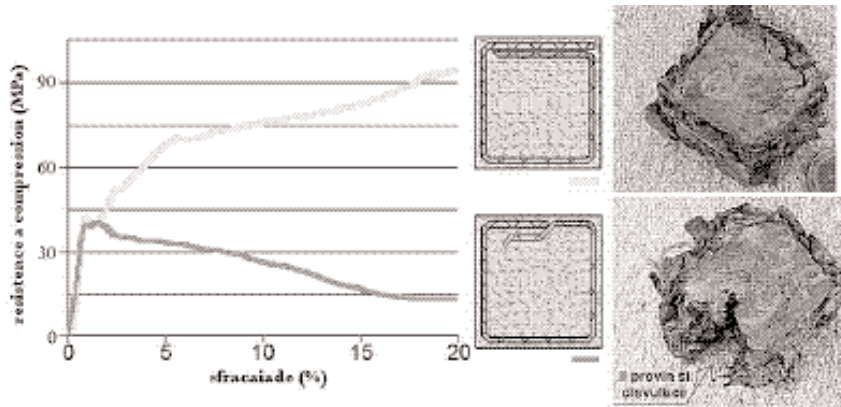


Figure 10. Influence dal mût di disponi il rinforç tai provins sul compartament mecanic a compression.

compression, si scugne sigurâ une buine e largje soreposizion dal bindel se si vûl evitâ il disvuluçâsi dal provin e une pierdite di rezistence, come che si vîot inte figure 10.

Il compartament mecanic a flession dai provins, daspò 28 dîs di stagionadure sot aghe (Figure 11), al è lâf ben dilâ di ce che mi spietavi: 50 MPa di rezistence restante daspò une frece dal 6% a son robis di no

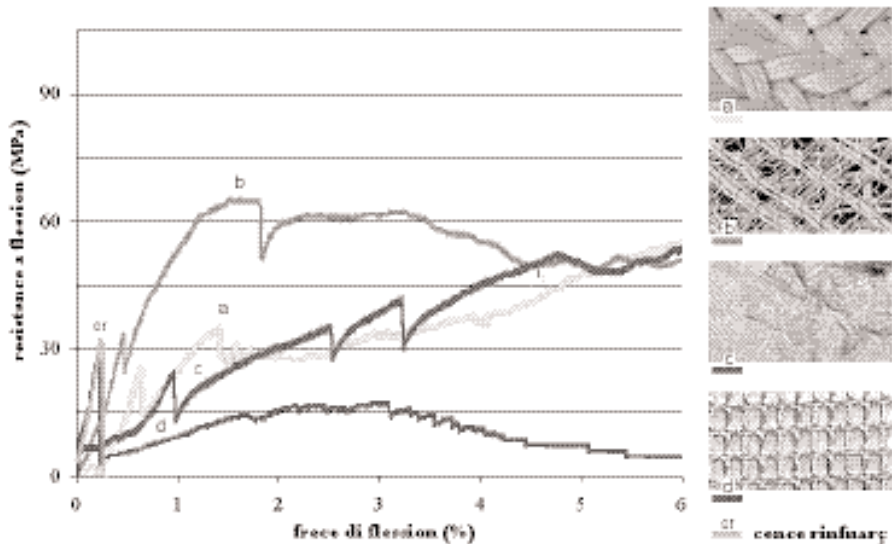


Figure 11. Compartament mecanic aes flession di maltis armadis cun bindei di tele o rêf diviers.

crodi! E, maravee te maravee, a chê frece la resistance e jere ancjemò in cressite. O varès vût gust di viodi fin a ce frece che la resistance e sarès lade sù ma cul machinari che o ai jo no si podeve lâ pluì indenant.

Dome la rêt di Twaron HM, par altri avonde lizere e rare, no à dât un supuart just.

La cause dal compuartament pseudoplastic cetant esasperât si le viôt ben (Figure 12) tal mût di nassi e di propagâsi de scjavaçade. La continuitât strutturâl e la resistance a tirament dal tiessût de armadure a aviersin miôr des fibris, che a puedin disfilâsi dal ciment (provin B), il propagâsi de scjavaçade inviant la nassite di cetantis scjavaçadis secundariis (provin A) e, duncje, il consum di une vore di energjie in lavôr di deformazion. Se però la resistance a tirament dal tiessût de armadure no e je avonde alte chest si sbreghe (provin C) e si varà une sole scjavaçade e un limitât consum di energjie.

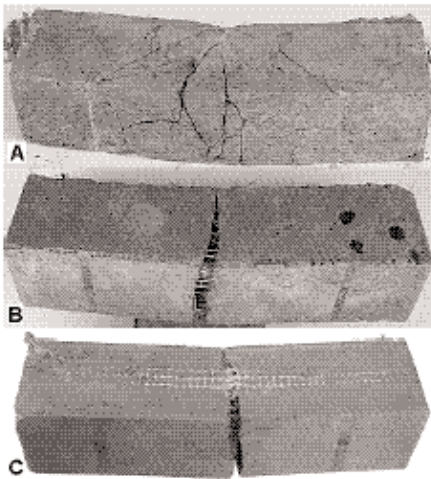


Figure 12. Influence dal tip di rinfuarç sul mût di rompisi dai provins.

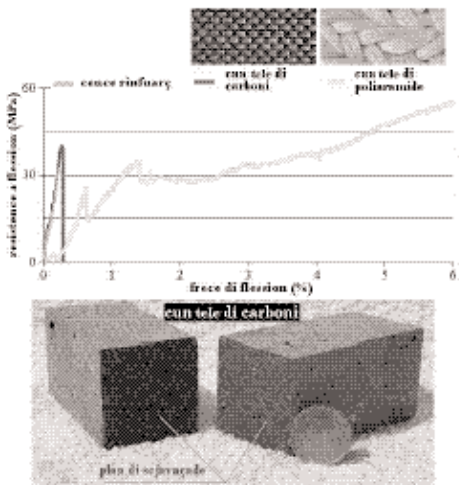


Figure 13. Compuartament crevadiç di un provin rinfuarçât cun tele di carboni.

Distès, ancje se la resistance al tirament de armadure e je grandone ma il materiâl de armadure al è crevadiç, sicu il carboni, si varà une sole scjavaçade e un consum di energjie in lavôr di deformazion une vore limitât, tant che e conferme la figure 13.

Al pâr dal compuartament mecanic a flession ancje chel a compres-

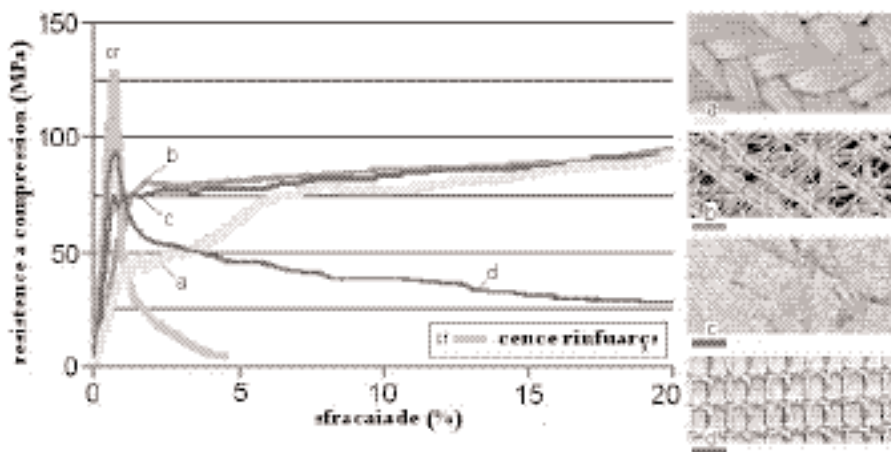


Figure 14. Comportament mecanic a compression di maltis armadis cun bindei di tele o rêr diviers.

sion mi a dât di maravee (Figure 14). Mai viodût nuie che, daspò une sfracaiade dal 20% (!), al pandès une resistance ancjemò plui grande di chê de prime crevadure. E ancje la rêr di Twaron HM, plui lizere e rare, pûr confermant la sô debolece strutturâl, e garantîs pûr simpri une resistance finâl di dute sigurece.

RPMFaCR, maltis a pulvins reatîfs rinfuarçadis cun fibrîs e tiessûts.

Passionât pai risultâts otignûts o ai pensât ben di viodi ce che al sucedeve doprant tiessûts e fibrîs. Zontant lis fibrîs però, par tignî costante la consistence dal impast, o ai scugnût comedâ un fregul la composizion de malte, val a dî inçressi la aghe e il superfluidificant acrilic par podê dismuellâ ancje lis fibrîs (Tabele 2).

Tabele 2. Composizion des RPMFaCR.

Components	Kg/m ³	Components	Kg/m ³
Ciment (c) [CEM I 42,5 R]	934	fibrîs di açâr OL 13/16 (13mm, RF72)	137,5
		o fibrîs di PVA RF350 (12mm, RF60)	37,5
		o fibrîs di PO Scotchcast (25mm, RF66)	41,3
Pulvin di silice (fs) [cinisin]	234	aghe totâl (a)	233,5
Savalon fin (Φ_{\max} 0,5mm)	1030	superfluidificant acrilic sec	13,9
a/c	0,25	a/(c+fs)	0,20

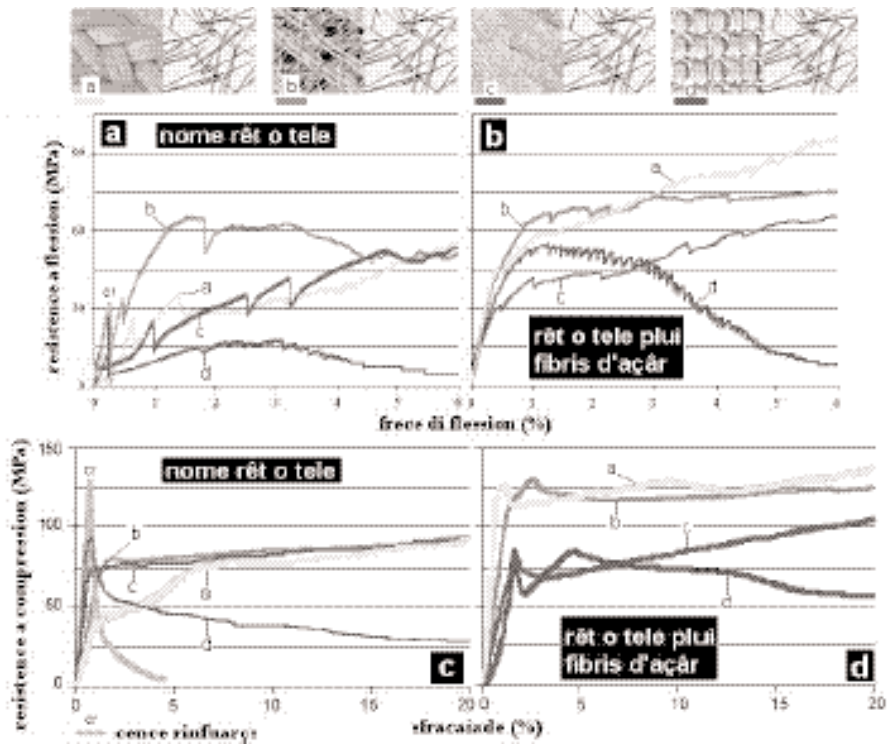


Figure 15. Paragon jenfri il comportament mecanic des RPMCR (a e c) e chel des RPMFaCR cun fibris di açâr OL 13/16 (b e d).

Tignint cont che si veve di scandaiâ, sedi l'efiet dal tip di tiessût doprât, sedi chel de fibre, o ai scomençât il studi tignint salt il tip di fibre e mudant chel dal tiessût.

I risultâts, simpri daspò 28 dîs di stagjonadure sot aghe, des maltis armadis cun fibris di açâr e diferents tips di telis o rêts a son pandûts (e confrontâts cun chei des maltis armadis dome di tele o di rêt) inte figure 15.

De figure si viôt avonde ben che, no cate la porosità plui grande par vie de incressite de aghe dal impast, la zonte des fibris e alce in mût impuartant lis resistencis mecanichis de malte armade: soledut cun piçulis deformazions. Il contribût dât des fibris al è ancjemò plui evident tal câs de rêt di Twaron HM plui lizere e rare.

Ma, tignint cont de evoluzion de ricercjie, e confrontant la curve dal açâr de figure 7 cu lis curvis de figure 15b (Figure 16), al è plui just dî che

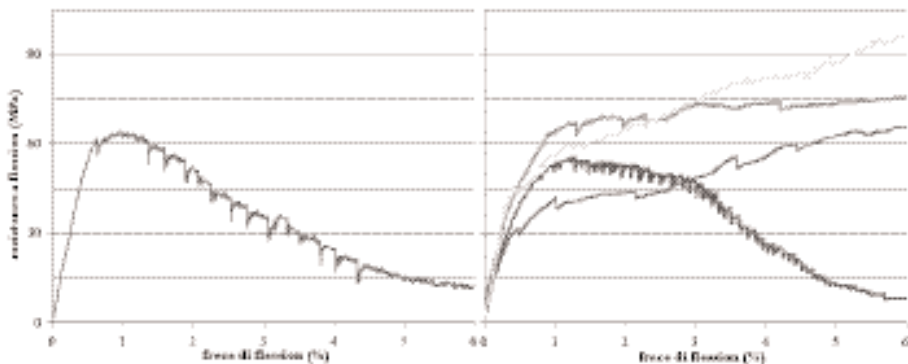


Figure 16. Paragon jenfri il compuartament mechanic a flession de RPMFR e chel des RPMFaCR, dutis cun fibris di açâr OL 13/16).

e je la tele o la rêta a dâ jutori ae resistance mecaniche de malte armade cun fibris di açâr: so redut cun grandis deformazions.

Par preseâ miôr la figure 16 e la impuartance dal jutori dât (ae resistance) dal tiessût, si scugne visâsi che la RPMFR e veve un rapuart a/c pluî piçul e un tenôr di fibris pluî grant des RPMFaCR.

Invezit par scandaiâ l'efiet dal tip di fibre tignint salt il tiessût o ai decidût, tant par scomençâ, di doprâ la tele di Kevlar 49 (la pluî penze) e, par chel che al compet pes fibris organichis, o ai doprât dome chês che o vevi a svuaç e, so redut, che a siguravin une buine resistance, ven a stâi

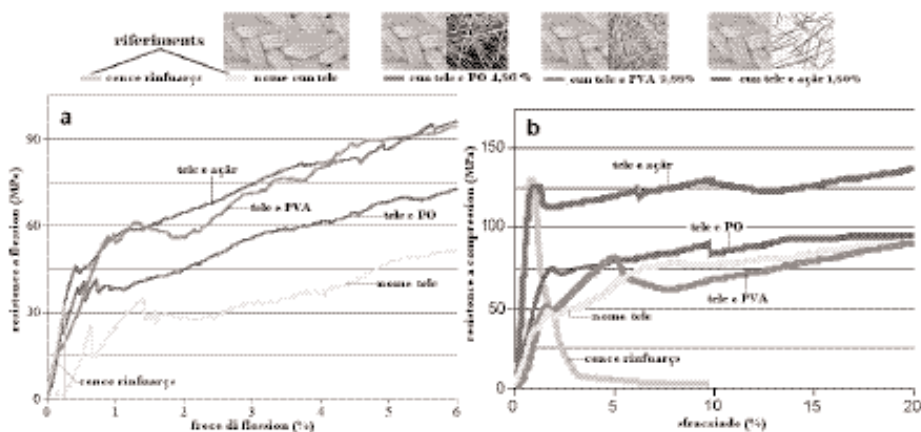


Figure 17. Influence dal tip di fibre doprade sul compuartament mechanic des RPMFaCR di composizion de tabelle 2.

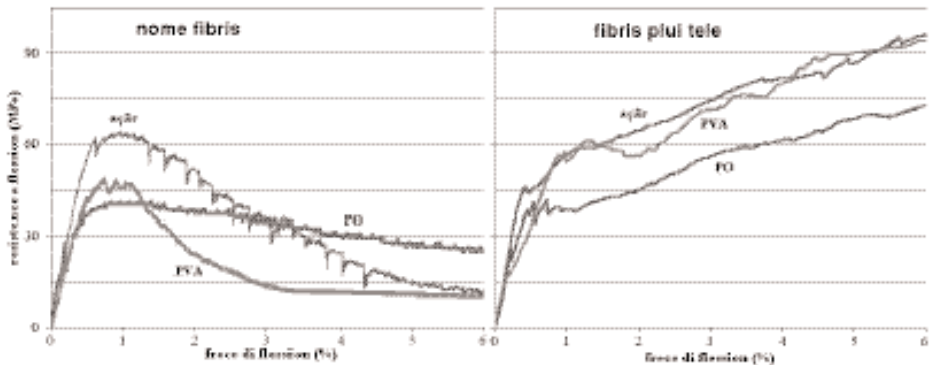


Figure 18. Paragon jenfri il compartament mechanic a flession des RPMFR e chel des RPM-FaCR.

lis fibris di poliolefine Scotchcast e lis fibris di polivinilalcul RF350. La composizion dai impascj des RPMFaCR e jere chè de tabelle 2.

I risultâts, daspò 28 dîs di stagjonadure sot aghe, a son pandûts inte figure 17.

La figure si comente di bessole. La cubie tele-fibre, cualsisei che e sedi la fibre, e puarte ae formazion di une malte armade cuntun compartament pseudoplastic dal dut straordenari.

Cun di plui si viôt ben che, almancul pe resistance a flession, no si scugne doprâ fibris di açâr par vê resistencis grandononis. Chest fat al è soreduet impuartant tal câs dal implei par fâ sù stabiliduris cuintrisismichis, tignût cont che la fadie mecaniche sopuartade des stabiliduris dilunc il taromot e je, te pratiche, dome la fadie di flession.

Cjalant la figure 18, dulà che si confrontin lis curvis di resistance a flession cuintri deflection des maltis armadis dome cun fibris (a çampe) cun chês des maltis armadis ançe cun tele (a drete), si viôt ben un altri fat une vore impuartant tal câs des stabiliduris cuintrisismichis: ven a stâi che il jutori dât de tele al ripaie cun bondance de pierdite di resistance mecaniche tes maltis armadis dome cun fibris, cuant che la deflection si fâs plui grande dal 1%. E ancjemò che, cjalant la figure 18, si varès di tignî cont che lis maltis armadis dome cun fibris a vevin un rapuart a/c plui bas e un tenôr di fibris plui alt di chei des maltis armadis cun fibris e tele.

Conclusions. Tancj agns di studi par rivâ a concludi ce che si viôt ben te figure 19, val a dî che se si arme une malte cun fibris si incessin lis resi-

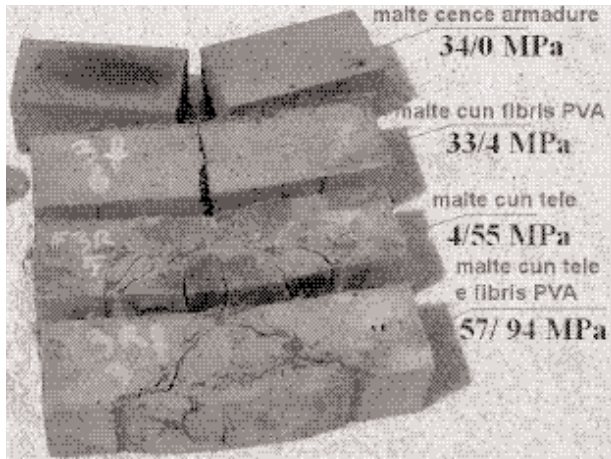


Figure 19. Rîsultat di une prove di roture a flession di une malte plui o mancun rinfuarçade. I valôrs pandûts a son chei de resistence di prime scjavaçade e finâl ae frece di flession dal 6%.

stencis mecanichis e si dâ lôr une buine pseudoplasticitât. Ma armant cun tiessûts e, soredut, cun fibrils e tiessûts si gjavin fûr resistencis e pseudoplasticitâts straordenariis.

Chest al conferme la impuartance de discuierte dal zovin Imhotep. Ma o crôt che Ptahmosi si infoti de mê conferme e che cumò al sedi daûr a riduçâ pal tant timp che o ai metût par discuvierzi... la aghe cjalde.

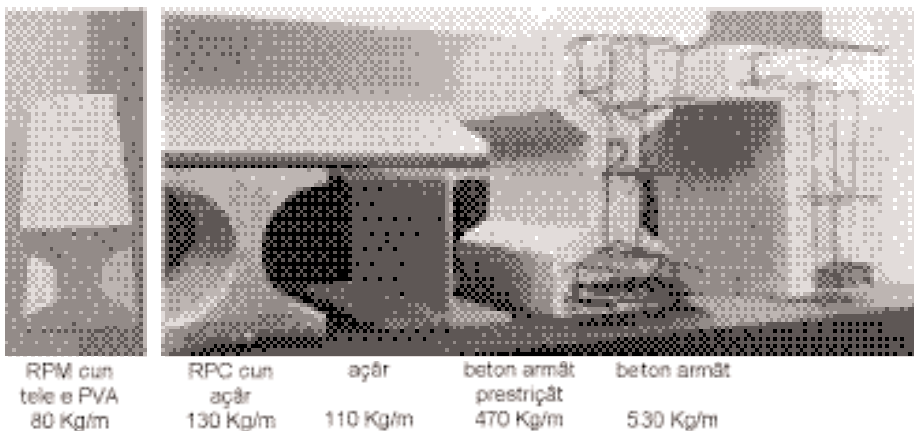


Figure 20. Volum e pès unitari di tràfs di puartance compagne.

Pensîrs a torzeon. Ma parcè lis maltis a pulvins reatîfs armadis (ancje dome cun fibris di açâr) sono cussì pôc dopradis aben che a dedin prestazions une vore straordenariis?

Di surie di laboratori che o soi, o vevi crodût che a limitâ il lôr implei a fossin so redut fastidis di cantîr. Invezit no! I problemis a son so redut: ignorance, normative e pôre di spindi.

La tecnologiè des RPM armadis e je masse pôc cognossude, no dome de int comun ma ancje, magari cussì no, dai esperts dal setôr. E fintremai che la ignorance e paronarà i cjâfs di chei che si vendin par “esperts” lis maltis armadis a restaran masse pôc dopradis.

Ancje parcè che la ignorance dai esperts e vûl dî leçs indaûr cui timps: duncje normative che e ingherdee impen di distrigâ i regolaments dal costruî, blocant, di fat, l’implei des gnovis tecnologiis.

A rivuart de pôre di spindi si scugne dî che al è dome un fals probleme. E je vere che 1m^3 di RPMRF al coste une vore di plui di 1m^3 di beton armât: 4-6 voltis di plui seont lis RPMRF e i betons che si confrontin. Ma e je ancje vere che une RPMRF e à une durade une vore plui lungje e duncje si sparagne tanton te manutenzion des oparis. Cence calculâ che dispès ai sparagns di manutenzion si zontin altris indots. Pensait dome a lis autostradis talianis (che a son simpri daûr a comedâ) e a lis relativis inressitis dai coscj di traspuart.

In plui, vint une resistence superiôr, s’int dopre une vore di mancûl, come che e pant la figure 12, ridusint ancje la masse de struture. Cheste riduzion de masse e compuarte un sparagn di materiâi e di energjie pe lôr produzion e, duncje, un minôr impat ambientâl; ma e compuarte ancje un sparagn di timp di costruzion e duncje di bêçs. Ma, so redut, al è ben calculâ che, plui une struture e je lizere e plui, a paritât di condizions, e resist al taramot.

Ma, par tornâ al implei des maltis armadis par fâ stabiliduris cuintrisismichis, mi plâs sierâ cuntune provocazion: stant che dome lis stabiliduris in malte tradizional a fasin rionzi la resistence dai mûrs al taramot di almancul 0,3-0,4 ponts Richter, e che une stabilidure in malte armade dome cun fibris di açâr e varès di fâ rionzi la resistence di almancul doi ponts Richter, quale varessie di jessi la rionte doprant une stabilidure cun tele aramidiche penze e fuarte e fibris di PVA?

Isal cualchidun che al à bêçs e voie par controlâ?

O... vino di domandâi al divin Imhotep, tant che fi dal diu de cognossince?

Ringraziamenti. La plui part dai risultâts sperimentâi pandûts in chest articul ju ai cjatâts cul jutori dai inzegnîrs (in chê volte students) Riccardo Buffoli, Massimo Conte, Giovanni Migotto, Daniel Polito, Daniele Pontoni e Alessandro Scubla. O cjati just graciâju, no dome pal jutori, ma ancje pe pazience pandude tal sopuartâmi dutis lis voltis che o bruntulavi cuintri il mont che al va a tombolon, Universitât in primis.

Bibliografie

- Davidovits J. (1988). *The Famine Stele provides the Hieroglyphic Names of Chemicals and Minerals involved in the Construction of Pyramids*. Presented at the Vth International Congress of Egyptology. Cairo (Egypt).
- Davidovits J. (1984). X-Ray Analysis and X-Ray Diffraction of Casing Stones from the Pyramids of Egypt, and the Limestone of the Associated Quarries. *Science in Egyptology Symposium*, pp. 511-520.
- Davidovits J., Bonett A., Mariotte A.M. (1982). Disaggregation of Stone Materials with Organic Acids from Plant Extracts, an Ancient and Universal Technique. *Proceedings of the 22nd Symposium on Archaeometry*. Bradford (UK): University of Bradford, pp. 205-212.
- Davidovits J., Al Iaga F. (1981). Fabrication of Stone Objects, by Geopolymeric Synthesis, in the Pre-Incan Huanka Civilisation (Peru). *Abstract of the Paper presented at the 21st International Symposium for Archaeometry Brookhaven National Laboratory*. New-York (USA), pp. 21.
- Davidovits J. (1993). Des bétons antiques aux géopolymères. *Arts et Métiers Magazine*, 180: 8-16.
- Shah S.P., Rangan B.V. (1971). Fiber Reinforced Concrete Properties. *ACI Journal*, 68: 126-135.
- Johnston C.D. (1974). Steel Fiber Reinforced Mortar and Concrete: a Review of Mechanical Properties. *ACI International Symposium*, 44-7: 127-207.
- Johnston C.D., Coleman R.A. (1974). Strength and Deformation on Steel Fiber Reinforced Mortar in Uniaxial Tension. *ACI International Symposium*, 44-10: 177-193.
- Swamy R.N., Magat P.S., Rao C.V.S.K. (1974). The Mechanism of Fiber Reinforcement of Cement Matrices. *ACI International Symposium*, 44-1: 1-28.
- Swamy R.N., Mangat P.S. (1974). A Theory for the Flexural Strength of Steel Fiber Reinforced Concrete. *Cement and Concrete Research*, 4-2: 313-325.
- 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.
- Swamy R.N., Mangat P.S. (1974). Influence of Fiber Aggregate Interaction on some Properties of Steel Fiber Reinforced Concrete. *Cement and Concrete Research*, 7-41: 307-314.
- Parameswaran V.S., Rajagopalan K. (1975). Strength of Concrete Beams with Aligned or Random Steel Fibre Micro-reinforcement. *Rilem Neville Symposium*, 3-5: 95-103.
- Jejcic D., Zanghellini F. (1977). Mortiers et ciments armés de fibres. *Annales de l'Institut Technique du bâtiment et des Travaux Publics*, 347: 45-84.
- Narayanan R., Reem K.A., Palanjian A.S. (1983). Steel Fiber Reinforced Concrete Beams in Torsion. *The International Journal of Cement Composites*, 5-4: 235-246.
- Soroushian P., Bayasl Z. (1991). Strength and Ductility of Steel Fibre Reinforced Concrete Under Bearing Pressure. *Magazine of Concrete Research*, 43.

- Richard D., Cherezy M.H. (1994). Reactive Powder Concrete with High Ductility and 200-800 MPa Compressive Strength. San Francisco: *ACI Spring Convention*, pp. 507-518.
- Richard P., Cheyrezy M. (1995). Composition of Reactive Powder Concretes. *Cement and Concrete Research*, vol. 25, n. 7.
- Coppola L., Collepari 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.
- Collepari M. (1996). Calcestruzzi ad altissima resistenza: HPC, DSP ED RPC. Atti del seminario CIAS, *Evoluzione della sperimentazione per le costruzioni*, pp. 289-314.
- Dugat J., Roux N., Bernier G. (1996). Mechanical Properties of Reactive Powder Concretes. *Materials and Structures*, 29: 233-240.
- Carpinteri A., Ceriani R., Iori I. (1996). Analisi del comportamento di calcestruzzi fibrorinforzati mediante la meccanica della frattura. *Studi e Ricerche*, n. 17.
- Collepari S., Coppola L., Troli M., Collepari M. (1997). Mechanical Properties of Modified Reactive Powder Concrete. Roma: *Fifth CANMET/ACI International Conference*, pp. 1-21.
- Coppola L., Troli R., Borsoi A., Zafferoni P., Collepari M. (1997). Influence of Superplasticizer Type on the Compressive Strength of Reactive Powder Mortars. Roma: *Fifth CANMET/ACI International Conference Superplasticizers and Other Chemical Admixture in Concrete*, V.M. Malhotra.
- Rossi P. (1997). High Performance Multimodal Fiber Reinforced Cement Composites (HPMFRCC): The LCPC Experience. *ACI Materials Journal*, 94-6: 478-483.
- Collepari S., Coppola L., Collepari M. (1997). Calcestruzzo a polvere reattiva modificato. Milano: Atti del convegno FAST, *Ricerche e prospettive tecnologiche alle soglie del 2000*, pp. 497-504.
- 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*, vol. 94-4.
- Van Houwaert A., Delauay F., Thimus J.F. (1999). Cracking Behaviour of Steel Fiber Reinforced Concrete revealed by Means of Acoustic Emission and Ultrasonic Wave Propagation. *ACI Materials Journal*, vol. 96-3.
- 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*, vol. 97-1.
- Guerrero P., Neaman A.E. (2000). Effect of Mortar Fineness and Adhesive Agents on Pullout Response of Steel Fibers. *ACI Materials Journal*, vol. 97-1.
- Jamal M., Shannag, Hansen W. (2000). Tensile Properties of Fibre-Reinforced very high Strength DSP Mortar. *Magazine of Concrete Research*, vol. 52-2.
- Oh B.H., Lim D.H., Yoo S.W., Kim E.S. (2000). Shear Behaviour and Shear Analysis of Reinforced Concrete Beams Containing Steel Fibres. *Magazine of Concrete Research*, vol. 52-1.
- Plizzari G.A., Cangiano S., Cere N. (2000). Post-Peak Behaviour of Fiber-Reinforced Concrete under Cyclic Tensile Loads. *ACI Materials Journal*, vol. 97-2.
- Singh S.P., Kaushik S.K. (2000). Flexural Fatigue Life Distribution and Failure Probability of Steel Fibrous Concrete. *ACI Materials Journal*, vol. 97-6.
- Singh S.P., Kaushik S.K. (2001). Flexural Fatigue Analysis of Steel Fiber-Reinforced Concrete. *ACI Materials Journal*, vol. 98-4.
- Bachiorrini A. (2003). RPM: maltis armadis par meti in sigurece lis vieris cjasis cuintri i dams dal taramot. *Gjornâl Furlan des Siencis / Friulan Journal of Science*, 3: 97-113.
- Bachiorrini A., Foghini G. (2005). Perché e come adoperare fibre organiche per rinforzare malte. *Enco Journal* 28: 15-20.