

IL LEGANTE DEL “CALCESTRUZZO” ROMANO DEL PONTE DI AUGUSTO A NARNI

Introduzione

Il terremoto del settembre 1997 colpì poco Terni, città umbra posta vicino al Lazio; più duro è stato il recente terremoto del 16 dicembre 2000 che ha creato danni particolarmente nel territorio fra Terni e Narni. Narni è posta a circa 10 km a sud-ovest in prossimità del confine con il Lazio; era una città della Sabina ancora più antica di Roma. La strada consolare romana, la via Flaminia, congiungeva Roma e Fano, sul mare Adriatico, passando per Narni. Narni sta su una collina elevata che guarda una stretta valle dove il fiume Nera, affluente del Tevere, scorre: la strada attraversava la valle e il fiume con un ponte ardito, noto come il Ponte di Augusto in quanto fu eretto nel 27 a.C. durante i lavori di ampliamento della strada consolare fatti eseguire dall'imperatore.



Figura 1 – Carta delle vie consolari romane.
La città di Narni è a nord di Roma



Figura 2 – Rovine del Ponte di Augusto sul fiume Nera

Il ponte è uno dei più grandi mai eretti dai romani: probabilmente aveva quattro archi, era circa 170 metri di lunghezza; degli archi solo uno è ancora in piedi e non è il maggiore, la sua corda è circa 20 metri di lunghezza e l'altezza del suo intradosso è circa 27 metri.

La Soprintendenza di Perugia, particolarmente dopo l'ultimo terremoto, si è interessata alla sicurezza del ponte ed ha istituito una commissione con l'incarico di monitorarlo. Anche l'Università di Perugia se ne è occupata e negli'anni 1999 e 2000 sono state fatte due tesi di laurea sull'argomento; una ricerca d'ateneo è stata finanziata presso l'Università di Firenze. A queste ricerche ha sempre collaborato il comune di Narni, il quale ha anche finanziato alcuni lavori.

La ricerca ha vari obiettivi che possiamo riassumere in questo modo:

- ✓ una ricerca storica;
- ✓ il rilievo dell'arco, delle rovine, delle pile, delle spalle e del fiume. Questo è ottenuto con la fotogrammetria digitale con la restituzione tridimensionale;
- ✓ un'analisi della natura, origine e resistenza dei materiali;
- ✓ una valutazione del grado di sicurezza statica dell'arco con il metodo degli elementi finiti, tenendo conto degli studi di J. Heyman, sugli archi in conci di pietra;
- ✓ una proposta di metodo per il rinforzo strutturale dell'arco.

Lo studio presentato a questo convegno riguarda appunto il terzo dei problemi elencati. Per questo scopo fu naturale iniziare una collaborazione con il C.N.R.-Centro di Studio sulle Cause di Deterioramento e sui Metodi di Conservazione delle Opere d'Arte, in particolare per conoscere la composizione del calcestruzzo impiegato dai romani. Infatti l'arco, le pile e le spalle del ponte sono formate da paramenti in conci di travertino i quali formavano una casseratura nella quale veniva gettato il calcestruzzo allo stato fluido. Questo calcestruzzo alle analisi del laboratorio di resistenza dei materiali dell'I.S.R.I.M. di Terni presentava caratteristiche di resistenza paragonabili ai calcestruzzi moderni: dunque ancora più interessante diventava conoscerne la composizione, l'origine ed il modo di confezionarlo.

Il lavoro presentato è una prima sintesi degli studi sul calcestruzzo del ponte di Augusto ed è il frutto della collaborazione degli enti citati.

Scopo del lavoro

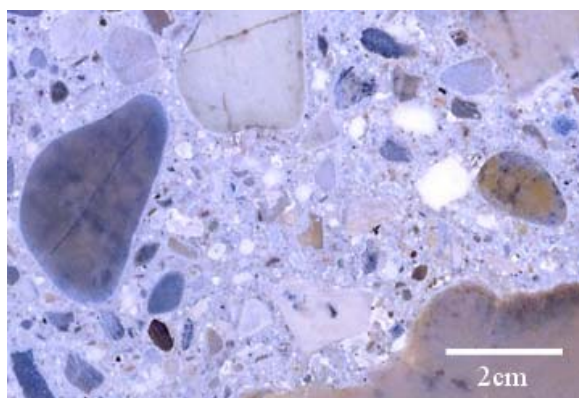
L'obiettivo di queste prime indagini è rivolto a comprendere la natura dell'impasto utilizzato dalle maestranze romane per realizzare il calcestruzzo e quindi individuare la pietra da calce utilizzata e l'eventuale miscelazione di questa con additivi al fine di aumentarne le caratteristiche coesive e di durabilità. A tale scopo è stata studiata in particolare la frazione legante e i frammenti biancastri (grumi) poco coerenti, diffusamente presenti nell'impasto. Questi vengono usualmente interpretati come parti di calce non ben amalgamati nell'impasto.

Metodo di studio

- ✓ studio mineralogico-petrografico in sezione sottile;
- ✓ analisi TG, XRF, XRD sono state condotte sulla porzione legante separata dall'aggregato mediante disaggregazione ad ultrasuoni e successivo selezione della porzione minore di 63mm. Lo stesso tipo di analisi sono state condotte sui frammenti bianchi poco coerenti (grumi);
- ✓ analisi EPMA è stata condotta sulla frazione legante e sui grumi.

Aspetto macroscopico della malta

La malta presenta una elevata coesione ed è costituita da un legante relativamente abbondante di colore avana e da un aggregato in cui si possono osservare macroscopicamente tre classi granulometriche. Una è rappresentata da clasti di dimensioni decimetriche e di forma angolosa di natura carbonatica (calcari, travertini). Le altre due classi sono invece distribuite in



maniera omogenea e presentano rispettivamente una granulometria di 1-2cm e l'altra di circa 0.5cm. Queste frazioni granulometriche sono costituite da granuli di forma arrotondata la cui natura è prevalentemente carbonatica (calcari selciferi, scaglia rossa, ecc.). Omogeneamente diffusi nell'impasto sono presenti inoltre numerosi grumi biancastri di aspetto più o meno coerente e di dimensioni variabili dal millimetro al centimetro.

Figura 3 - Macrofotografia: si osserva il colore chiaro del legante e la presenza di "granuli bianchi"

Studio in sezione sottile petrografica

Legante: si presenta abbondante (rapporto legante/aggregato = 0.75 ± 0.10) e di aspetto eterogeneo, la distribuzione tra i granuli è omogenea. La grana è microspartita e la birifrangenza elevata. Si osservano inoltre numerosi "grumi" di aspetto omogeneo e con grana microspartita

simile a quella del legante. Generalmente questi presentano un aspetto compatto e più raramente si osservano dei grossi pori al loro interno.

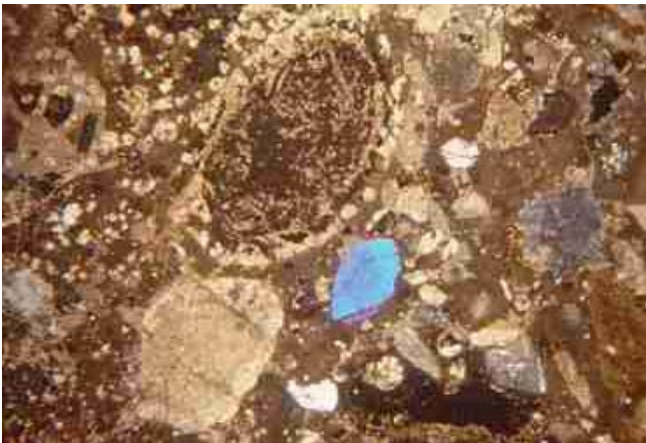


Figura 4 - Micrografia in sezione sottile (6.2x, luce polarizzata). Si osserva il legante omogeneamente distribuito e granuli di aggregato costituiti prevalentemente da frammenti carbonatici



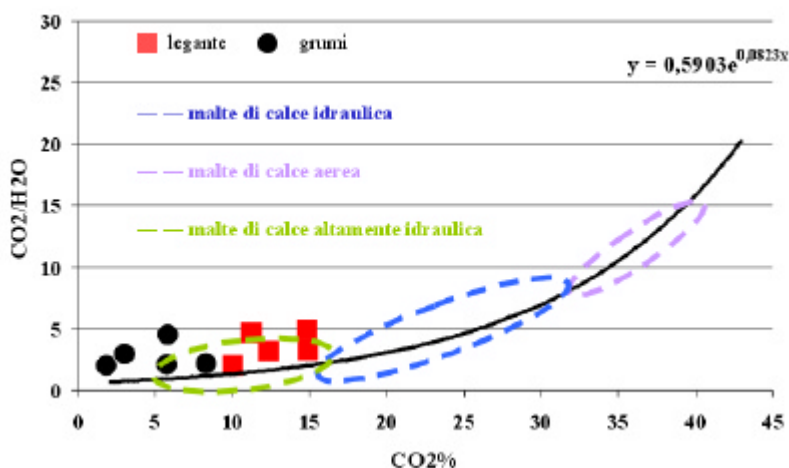
Figura 5 - Micrografia in sezione sottile (6.2x, luce polarizzata). Si osserva un grosso filamento di calcedonio

Aggregato: è costituito prevalentemente da frammenti di calcari micritici fossiliferi di forma arrotondata che talvolta presentano bordi di reazione con il legante. Secondariamente sono presenti frammenti di calcedonio sempre con evidenti bordi di reazione, frammenti di travertino, granuli di quarzo, feldspati, pirosseni, ossidi.

La porosità osservabile ha dimensioni comprese tra 200-600mm ed è costituita dalle camere dei fossili, dalle cavità dei travertini e dalle cavità dei grumi. Non si osservano fratture da ritiro.

Discussione dei risultati e Conclusioni

Le analisi chimiche e mineralogiche effettuate sulla frazione legante e sui grumi bianchi, indicano una omogeneità di composizione ed una natura eminentemente idraulica. Ciò è confermato sia dal calcolo su base chimica dell'indice di idraulicità ($I_{medio} = \frac{SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3}{CaO + MgO} = 1.20 \pm 0.09$) che risulta assai elevato rispetto alle normali malte realizzate con un Portland 325 ($=0.42$), sia dai dati diffrattometrici, dove oltre alla presenza di calcite si evidenziano quantità rilevanti di silicati di calcio idrati (Tobermorite 11A e 14A).



Si osserva che i campioni indagati cadono nel campo delle malte di calce altamente idrauliche.

Figura 6 - Diagramma CO₂/H₂O-CO₂ relativo ai campi di appartenenza di malte di calce altamente idraulica ed aerea ricavati dai dati termogravimetrici (TG). Si osserva che i campioni indagati cadono nel campo delle malte di calce altamente idrauliche.

L'alta idraulicità potrebbe far pensare alla presenza nell'impasto di pozzolana che spesso veniva aggiunta nelle malte romane. Tuttavia lo studio in sezione sottile dei nostri campioni indica l'assenza di questo additivo e quindi l'alta idraulicità doveva essere ottenuta per altra via.

L'idraulicità può essere infatti ottenuta anche dall'utilizzo di calcari marnosi e/o selciferi. I nostri campioni presentano però composizione chimica differente rispetto ai litotipi citati (come visibile dal diagramma CaO + MgO- SiO₂- Al₂O₃, relativo ai dati XRF), in particolare per l'elevata quantità di SiO₂.

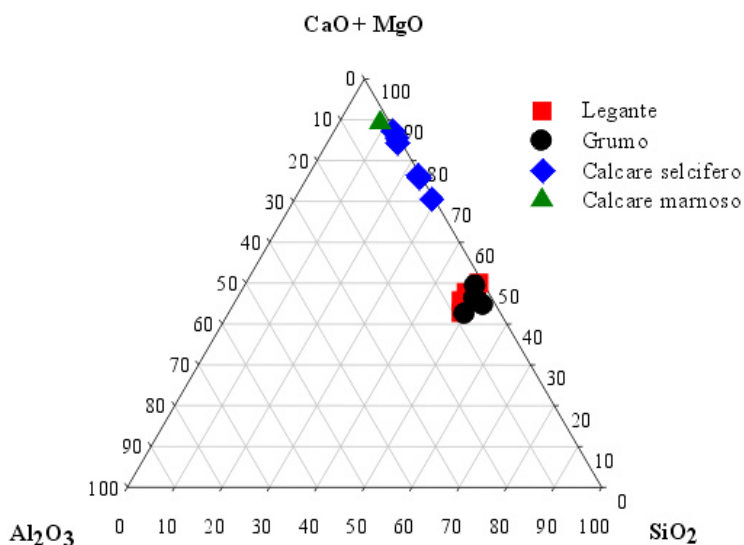
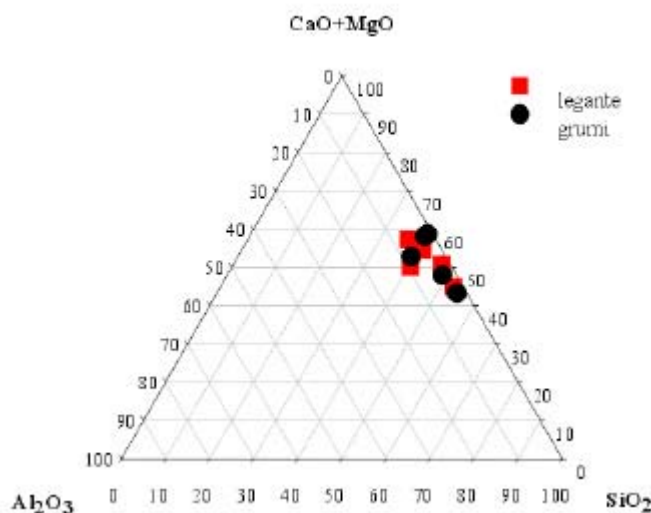


Figura 7 - Diagramma relativo ai dati XRF: si osserva che i grumi e il legante mostrano la stessa composizione. Al contrario dati di letteratura presi come riferimento su calcari marnosi e selciferi risultano più poveri di SiO₂.

Figura 8 - Diagramma relativo ai dati EPMA: si osserva che i grumi e il legante mostrano la stessa composizione, in accordo con il dato XRF.



L'ipotesi quindi più probabile è quella di una miscelazione della calce con materiali ricchi in SiO₂ a meno che una prospezione di dettaglio della zona limitrofa al manufatto, evidenzi la presenza di litotipi a chimismo compatibile con quello del legante che potrebbero essere rappresentati dagli affioramenti di calcari marnosi selciferi osservati in carta geologica.

Bibliografia

CANOVA R. (1995), "Le pietre dell'edilizia medievale pisana: caratterizzazione chimico-mineralogica petrografica e fisica del "calcarea selcifero superiore" dei Monti d'oltre Serchio", Tesi di Laurea - Università degli Studi di Pisa.

Carta Geologica 1:25000 Foglio 138 Terni

MOROPOULOU A., MARAVELAKI P., BORBOUDAKIS M., BAKOLAS A., MICHAELIDIS P., CHRONOPOULOS M. (1998), "Historic mortars technologies in Crete and guidelines for compatible restoration mortars", Revue Compatible Materials for the Protection of European Cultural Heritage Pact 55.

HEYMAN J. "The stone skeleton", International Journal of Solid and Structures, 1966.

VITRUVIO "De Architectura", Libro II, Giulio Einaudi Editore, 1997.

Note illustrative Carta Geologica Fogli 138-144, Terni- Palombara Sabina

POLIZZZI G. (1999), "Le calcareniti nell'edilizia storica della Sicilia occidentale" Tesi di Dottorato Università degli Studi di Palermo.