

# LA LEZIONE DEI ROMANI: DURABILITÀ E SOSTENIBILITÀ DELLE OPERE ARCHITETTONICHE E STRUTTURALI

M. COLLEPARDI

Facoltà di Ingegneria Civile “Leonardo da Vinci”  
Politecnico di Milano

## RIASSUNTO

Gli argomenti della durabilità e della sostenibilità nelle moderne costruzioni, cioè di opere che durino per una lunga vita di servizio e che siano compatibili con il rispetto ambientale, sono temi di grande attualità.

L'esame della storia delle costruzioni dell'epoca Romana consente di trarre utili insegnamenti su questi argomenti. A questo scopo nell'articolo sono analizzati tre *case history* che includono:

- 1) un'opera architettonica come il Pantheon a Roma;
- 2) un'opera di ingegneria strutturale come l'acquedotto che attualmente funge da ponte stradale a Nimes, in Francia;
- 3) un sito archeologico situato a Cosa, sull'Argentario, in Toscana.

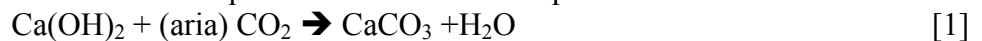
## 1. INTRODUZIONE

Una delle ragioni del successo dell'Impero Romano nell'espandersi fino ai confini del mondo da loro conosciuto era anche dovuto, in gran parte, alla loro grande abilità di costruire strade, ponti, acquedotti ma anche templi e monumenti bellissimi.

Le ragioni per riflettere sulla lezione dei Romani mi vengono anche suggerite da due temi di grande attualità nella ricerca scientifica e tecnologica nel settore dei materiali da costruzione: la **durabilità** e la **sostenibilità** delle strutture in calcestruzzo nell'architettura e nell'Ingegneria civile. Il suggerimento nasce dalla considerazione che questi temi – ancorché mai esplicitamente menzionati con questi termini nella letteratura antica, da Plinio il Vecchio e Vitruvio – siano in realtà ben presenti nel modo di concepire il costruito da parte dei Romani, come cercherò di dimostrare in questo articolo.

## 2. IL CALCESTRUZZO DEI ROMANI

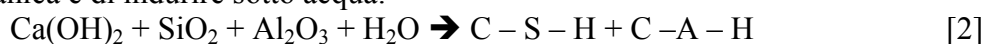
La calce, più esattamente la calce idrata –  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  – è un legante aereo, in quanto mescolato con acqua indurisce solo all'aria per formare carbonato di calcio:



Soprattutto in passato la calce idrata veniva utilizzata in forma di “grassello” che chimicamente è una miscela di  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ed acqua, ottenuto “spegnendo” la calce viva ( $\text{CaO}$ ) con un quantitativo di acqua in eccesso rispetto a quello richiesto per ottenere la calce idrata  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Sebbene ci siano testimonianze (Plinio il

Vecchio) che gli Egiziani conoscessero il modo di produrre la calce, tuttavia essa fu largamente impiegata solo successivamente dai Greci e soprattutto dai Romani.

Inizialmente fu impiegata sotto forma di malta aerea capace di indurire solo all'aria, mescolando calce idrata, acqua e sabbia normale. Successivamente si scoprì che sostituendo la sabbia normale con una sabbia di origine vulcanica (tipo quella esistente presso Pozzuoli, *pulvis puteolana*, la malta diventava idraulica, era in grado, cioè, di indurire anche sotto acqua e di raggiungere una maggiore resistenza meccanica. In questo contesto, si potrebbe definire pozzolanica una sabbia capace di trasformare una malta da aerea in idraulica nonostante il legante impiegato (calce) sia di per sé stesso aereo. L'effetto è fondamentalmente dovuto alla presenza, nella pozzolana, di silice ( $SiO_2$ ) ed allumina ( $Al_2O_3$ ) reattive nei confronti della calce per il loro stato amorfo e vetroso si otteneva lo stesso effetto sostituendo la sabbia normale con argilla cotta macinata nota come *cocciopesto* (mattoni o tegole finemente macinate). Sia la sabbia di origine vulcanica (pozzolana naturale) che il cocciopesto (pozzolana artificiale) hanno la capacità di reagire con la calce trasformandola in alluminati di calcio idrati ( $C-A-H$ ) e, soprattutto, in un idrosilicato di calcio ( $C-S-H$ ) capace di produrre una maggiore resistenza meccanica e di indurire sotto acqua:



In particolare dopo la scoperta del comportamento idraulico da parte di miscele di calce e pozzolana, iniziò l'uso della calce per produrre calcestruzzi mescolando calce, sabbia pozzolanica, acqua e rottami di mattoni o più frequentemente di pietra. Le murature in calcestruzzo sono state ampiamente costruite nell'antichità e sono citate nelle opere di Plinio il Vecchio (*"Storia Naturale"*) e di Vitruvio (*"De Architectura"*). Il calcestruzzo (*opus caementitium*) era costituito da rottami di pietra o mattoni, mescolati con calce, sabbia ed acqua; nelle opere idrauliche la sabbia veniva sostituita dalla pozzolana naturale o dal cocciopesto.

Il rottame di pietra usato per confezionare il calcestruzzo, veniva indicato in latino, anche da Livio e Cicerone, con il termine di *"caementum"* dal verbo *"caedo"* che significa "taglio in pezzi", da cui deriva anche l'italiano *"incido"* (cioè "taglio dentro"). Val la pena di segnalare, secondo Gorla (2), la curiosa trasformazione etimologica di *"caementum"* che, divenuto *"cementum"* nel passaggio dal latino classico a quello volgare, conservò originariamente il significato di "rottame di pietra", per poi assumere, attraverso un tipico processo di sineddoche, il significato di tutto il conglomerato formato, cioè, da acqua, legante, sabbia e rottame di pietra, cioè quello che oggi è definito "calcestruzzo". In sostanza si indicò a lungo, fino al Medioevo, con il termine "cemento" quello che oggi è correttamente indicato con il nome di "calcestruzzo". Solo alla fine del diciottesimo secolo, i vocaboli italiani "cemento" e "calcestruzzo" assunsero l'attuale significato di legante e conglomerato.

Per gli amanti della glottologia può essere interessante conoscere l'etimologia di "calcestruzzo": esso deriva dal latino "*calcis structio*", cioè struttura a base di calce; divenne poi "calcestrutto" ed infine "calcestruzzo". Anche il vocabolo inglese molto noto ed elegante di *concrete* (calcestruzzo) viene dal latino "*concretum*", ma presenta, rispetto al nostro "calcestruzzo", una origine etimologica meno sofferta e più lineare. Cicerone scriveva infatti "*concretum corpus ex elementis*" che significa "corpo composto di elementi diversi" che include appunto il significato di "conglomerato", talvolta usato in italiano in luogo del vocabolo "calcestruzzo".

Nella maggior parte delle opere dei Romani, il calcestruzzo fu in realtà impiegato come riempimento tra i paramenti esterni in mattoni o in pietra che fungevano come casseforme permanenti (Figura 1). Infatti, nelle antiche costruzioni in calcestruzzo, i paramenti in mattoni o in pietre squadrate, che fungevano da casseforme permanenti, venivano rapidamente riempiti di malta nella quale venivano poi conficcati a mano, più o meno regolarmente, i rottami di pietra e mattoni.



Figura 1. Esempio di calcestruzzo romano gettato tra paramenti in mattoni

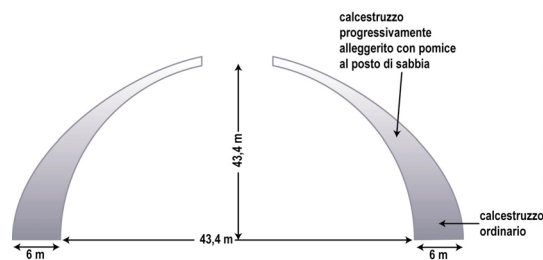


Figura 2. Schema della sezione della cupola del Pantheon

La scoperta della pozzolana segnò un rivoluzionario progresso nelle antiche costruzioni in calcestruzzo. Scrive Vitruvio nel capitolo VI del secondo dei suoi dieci libri sull'Architettura che la pozzolana di Baia o di Cuma "*fa gagliarda non solo ogni specie di costruzione ma particolarmente quelle che si fanno in mare sott'acqua*" (4).

La capacità del calcestruzzo di calce-pozzolana non solo di indurire all'interno di casseforme impenetrabili all'aria, ma anche e soprattutto sott'acqua, era ben nota a Vitruvio che, nel capitolo XII del quinto libro (4), a proposito delle costruzioni dei porti, scrive: "*Queste costruzioni nell'acqua così sembrano doversi fare: si prenda l'arena da quelle regioni che da Cuma si estendono fino al promontorio di Minerva ("pozzolana" n.d.a.) e si adoperi in modo che nella miscela due parti di arena corrispondono ad una di calce. Indi nel luogo, che sarà stato stabilito, si calino dentro l'acqua cassoni senza fondo formati con travicelli e legami in legno rovere, e fortemente si fissino con ritegni: di poi con rastrelli si eguagli e si spur-*

*ghi quella parte di fondo di mare che rimane dentro i medesimi, indi vi si gettino cementi ("rottami di pietre" n.d.a.) mescolati con la miscela formata come di sopra si è scritto, fintantoché venga riempito di costruzione il vuoto interno dei calcestruzzi".*

Con la caduta dell'Impero Romano, soprattutto lontano da Roma, iniziò un lento ma inesorabile declino nelle qualità delle costruzioni e si è molto discusso fino alla metà del diciottesimo secolo (2) su quale fosse il segreto che i Romani possedevano per la produzione del loro durabile calcestruzzo. In realtà il segreto, tutt'altro che nascosto, era rintracciabile tra le righe delle opere di Vitruvio. E' già stato menzionato il brano di Vitruvio sull'importanza dell'impiego delle pozzolane, ma val la pena ancora di citare altri brani tutti presi dal secondo dei suoi dieci libri, quello dedicato alle caratteristiche dei materiali, per garantire il successo nella costruzione.

A proposito della sabbia Vitruvio scrive (6): *"Nelle costruzioni fatte con cementi (nota: con rottame di pietra, cioè nelle costruzioni in calcestruzzo) deve in primo luogo aver cura di trovar l'arena che sia atta al mescolamento della materia e che non sia commista alla terra..... Fra tutte sarà ottima quella, che sfregata colle mani, cigola; quella ch'è terrosa manca d'asperità; però se sparsa sopra una bianca veste, poi scossa e scrollata non lascerà macchia né terra attaccata sarà pure idonea.... La sabbia marina poi ha questo di più, che i muri quando sarà tirato sopra di quelli l'intonaco, trasudando e salsedine, si dissolvono"* (e per questo nel primo libro Vitruvio consiglia di lavare con acqua fluviale la sabbia marina). Non sono questi preziosi suggerimenti per i materiali destinati alle costruzioni durabili?

A proposito della calce scrive Vitruvio (4): *"Avendo spiegato i diversi generi dell'arena, si dee porre in opera tutta la diligenza intorno alla calce affinché sia cotta di pietra bianca o di selce; e quella che sarà di pietra più compatta e più dura sarà utile nella fabbricazione (del calcestruzzo) quella di pietra porosa nell'intonacato"*. Val la pena di sottolineare che le indicazioni sulla compattezza e sul colore bianco della pietra da cuocere indirizzassero i *calcis coctores* verso la scelta di una pietra che oggi noi sappiamo essere di calcare puro, e quindi verso un alto contenuto di CaO nel prodotto della cottura e verso un'elevata grassezza della calce spenta, Ca(OH)<sub>2</sub>; al contrario la presenza di impurità, che rendevano il calcare poroso e colorato, finivano con il diminuire il contenuto di CaO nella pietra cotta e, quindi, con l'aumentare la magrezza della calce spenta. E per non lasciare dubbi sulla qualità della calce Vitruvio suggerisce ancora (4): *"Quando poi sarà fatta la macerazione ("spegnimento" n.d.a.) e diligentemente preparata per l'opera, si prenda un'ascia, e come si fende il legname, così si faccia alla calce macerata nella vasca: se coll'ascia si incontreranno sassolini (nota: noi oggi sappiamo che i "sassolini" erano in realtà dovuti ad un eccesso di cottura del CaO) non sarà ben macinata; se si estrarrà fuori il ferro asciutto e netto indicherà esse-*

*re la calce magra e secca; se poi rimarrà attaccata intorno al ferro a guisa di glutine, indicherà essere grassa e ben macerata, e sarà ciò prova più che sufficiente per crederla ben preparata”.*

Ed, inoltre, a proposito delle proporzioni nelle malte Vitruvio suggeriva (4): *“Quando la calce sarà estinta, allora si mescoli alla materia in guisa che, se l’arena fosse fossile, si confondono tre parti di questa ed una calce. Se sarà fluviale o marina una di questa con due di arena e così vi sarà giusta proporzione del miscuglio. E se nella fluviale o marina si aggiungerà una terza parte di mattone pesto e vagliato, ciò formerà la composizione della materia ancora migliore per l’uso”.* Per la confezione del calcestruzzo Vitruvio suggerisce: pezzi di tufo con una malta costituita da pozzolana (2 parti) e calce (1 parte); per i pavimenti: 3 parti di rottami di mattoni ed una parte di calce oppure cinque parti di pietra frantumata (per dimensione contenibile in una mano) con due parti di calce; oppure ancora: due parti di pietra frantumata con una parte di cocchiopesto ed una parte di calce.

Ed, infine, a proposito della messa in opera, sia Vitruvio che Plinio il Vecchio, nella sua *“Storia naturale”*, raccomandano di battere e costipare tanto le malte degli intonaci quanto i calcestruzzi soprattutto nelle fondazioni con l’uso di mazze di ferro (2), la qualcosa evidenzia quanto fosse importante, per la buona riuscita della costruzione, l’impiego di malte e calcestruzzi con la minore quantità di acqua possibile.

Il declino della qualità nelle costruzioni iniziata con la caduta dell’impero Romano e proseguito per tutto il Medioevo può essere spiegato non già sulla base di un segreto non tramandato ma piuttosto per aver disatteso le raccomandazioni di Vitruvio. Ed infatti le fornaci di calce inizialmente molto curate nei dettagli costruttivi furono sostituite da rudimentali forni di campagna che generavano molto incotto nella calce; furono sempre più impiegate sabbie sporche ed inquinate da argilla; si abbandonò l’uso della pozzolana vulcanica e del cocchiopesto; ed infine si trascurò la tecnica di costipare adeguatamente malte e calcestruzzi confezionati con poca acqua.

Con il risveglio umanistico, in particolare dopo il quattordicesimo secolo, si tradussero e si rilessero i testi latini di Plinio il Vecchio e di Vitruvio del quale fu tradotta in italiano la sua opera (dal latino tramandata da Giovanni Sulpicio da Veroli) per la prima volta nel 1484 a Venezia in un’edizione priva di disegni e con non pochi errori nel testo. Nel 1511 il domenicano Giovanni Monsignori, più noto come Fra Giocondo, curò una riedizione dell’opera di Vitruvio corretta e ricca di illustrazioni, cui seguirono numerosissime altre traduzioni fin quasi alla fine dell’800 tra le quali quella qui utilizzata per le citazioni in italiano (4).

### 3. ALCUNI ESEMPI ISTRUTTIVI DI COSTRUZIONI

Di seguito sono illustrati tre esempi di costruzioni romane in calcestruzzo dove appaiono evidenziati i concetti di durabilità e sostenibilità; si tratta di una costruzione architettonica (il Pantheon di Roma), di un’opera dell’ingegneria idrau-

lica (l'Acquedotto di Nimes in Francia) e di un'opera marittima (il Porto di Cosa sull'Argentario).

### 3.1 Il Pantheon

Oltre ad essere un capolavoro dell'Architettura mondiale, per la bellezza della forma, l'arditezza della tecnica costruttiva, l'illuminazione straordinaria all'interno del monumento, è la costruzione dell'antica Roma conservatasi più intatta fino ai giorni nostri. Non credo si possa citare al mondo un'opera in calcestruzzo più durabile del Pantheon.

Fu costruito in soli 7 anni con Adriano Imperatore dal 118 al 125 d.C. edificando una cupola emisferica su una precedente costruzione eseguita circa un secolo prima da Marco Agrippa figlio di Lucio, come appare scritto sul frontone del portico.

L'arditezza della costruzione sta soprattutto nella cupola in calcestruzzo del diametro record di 43,3 m (più grande di quello della cupola della Basilica di San Pietro) costruita con sabbia ordinaria ed inerti leggeri (pomice) legati con calce e pozzolana. La cupola, che poggia su una struttura circolare in mattoni spessa 6 m, è stata realizzata gettando entro casseforme in legno un calcestruzzo sempre più leggero con massa volumica decrescente dal basso verso l'alto grazie al diverso rapporto pomice/sabbia. Nella parte bassa si conficcavano nella malta pezzi di travertino o mattone successivamente battuti con mazze metalliche mentre nella parte più alta si impiegavano anche anfore vuote per alleggerire - unitamente all'impiego della pomice - il calcestruzzo. Ciò ha consentito, tra l'altro, di realizzare l'ardito progetto di costruire una struttura perfettamente semi-sferica (essendo l'altezza della cupola uguale al suo diametro di 43,3 m) con lo spessore della cupola che si riduce da 6 a 1,2 m in corrispondenza dell'apertura circolare (*oculus*) con diametro di 8,7 m nella sommità (Figura 2).

### 3.2 Pont du Gard

Pont du Gard a Nimes, in Francia, l'antica *Nemansis* dei Romani, faceva parte di un acquedotto che portava l'acqua dalla sorgente di Uzès fino alla città di Nimes per oltre 50 Km per lo più attraversando zone interrate.

Sono due gli aspetti che più colpiscono questa opera dell'ingegneria idraulica ed architettonica al tempo stesso costruita da Marco Agrippa all'epoca dell'imperatore Augusto (2-19 d.C.):

- 4) la incredibile precisione nella pendenza dell'acquedotto che doveva trasportare per gravità l'acqua da Uzès a Nimes per 50 km contando solo su un dislivello di 17 m, pari cioè ad una pendenza di 1 m ogni 3 km, cioè dello 0,3%. Per la realizzazione di questo obiettivo gli ingegneri Romani attraversarono colline scavando in sotterraneo e costruirono il ponte che attraversava il fiume

Gard al fine di mantenere quella minima pendenza dello 0,3‰ capace di garantire il flusso dell'acqua per gravità;

- 5) la bellezza artistica del ponte che presenta un'altezza di 49 m per una lunghezza di 273 m; il ponte attraversa il fiume con 4 arcate al piano inferiore (con una luce di 24,5 m ed uno spessore di oltre 6,36 m per resistere alla corrente del fiume), sei arcate al piano intermedio (con uno spessore minore di 4,54 m) e 35 arcate nel piano superiore (con uno spessore ancora minore di 3,06 m) sopra le quali scorre l'acquedotto vero e proprio (Figura 3).

Il Pont du Gard è un altro esempio di capolavoro ingegneristico ed architettonico costruito per durare a lungo. Non subì, infatti, degrado grazie all'impiego di malta pozzolanica che rivestiva la superficie interna dell'acquedotto. Tuttavia nel Medioevo fu impropriamente utilizzato come ponte stradale, per il quale non era stato costruito, e si verificarono preoccupanti fessure alla base del secondo piano di archi. Il dissesto fu riparato nel XVIII secolo riportando il monumento alla sua architettura originale ed affiancandolo con un ponte stradale senza modificare l'aspetto del Pont du Gard come costruito dai Romani.



Figura 3 - Le tre arcate di Pont du Gard per sostenere l'acquedotto in alto

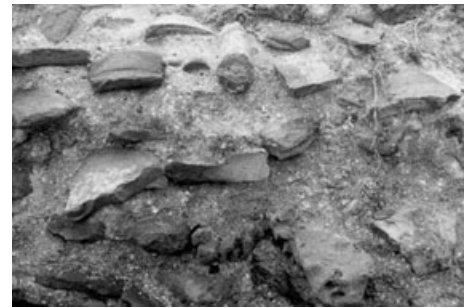


Figura 4 - Calcestruzzo romano con rottami di anfore impiegato per il molo di Cosa

### 3.3 Cosa

*Cosa* è una località sul Mar Tirreno in Toscana, in prossimità del Monte Argentario. Nell'antichità il suo porto, costruito dai Romani (*Portus Cosanus*), svolse un ruolo di grande importanza per l'attività della pesca (5).

Nell'area del porto di Cosa esistono ancora alcune antiche strutture destinate in passato a diverse funzioni (6). La più grande di queste strutture, attualmente tutta sommersa dall'acqua di mare, fungeva da frangiflutti. Su questa struttura, furono costruiti due dei cinque grandi moli in calcestruzzo ancora esistenti a distanza di oltre due millenni. Inoltre, tre muri in terrapieno (due dei quali a struttura poligonale) si spingevano dalla costa verso il mare per alcuni chilometri. L'insieme di queste costruzioni formava un ingegnoso sistema di canali che collegavano al ma-

re la laguna naturale riservata all'allevamento dei pesci. Certamente da un punto di vista squisitamente estetico, ciò che rimane di quelle strutture è di secondaria importanza soprattutto in un paese come l'Italia così ricco di straordinarie costruzioni, talvolta ancora integre come il Pantheon. Ciò che rimane delle strutture portuali di Cosa è ben poco per l'abbandono delle attività originali nei secoli successivi. In un interessante articolo il canadese Ted Bremner (6) ha esaminato alcuni aspetti riguardanti la scelta dei materiali e la straordinaria durabilità del materiale delle strutture di Cosa che possono essere sicuramente catalogate nella categoria dei calcestruzzi leggeri a prolungata durabilità.

I cinque moli in calcestruzzo (larghi 7 m, lunghi 5 m ed alti 5 m) furono costruiti nel 237 a.C.; nella costruzione di questi moli si possono riconoscere due tipi di calcestruzzo, entrambi a base di calce-pozzolana come legante, ed entrambi con aggregati leggeri (Figura 9): nello strato inferiore del calcestruzzo, parzialmente sommerso in acqua, furono impiegati, come aggregati naturali leggeri, tufi provenienti da un'area vulcanica a 60-80 km a nord-est di Cosa; nel calcestruzzo dello strato superiore, tutto fuori acqua, furono impiegati, come aggregati artificiali leggeri, rottami di anfore (Figura 5), presumibilmente scarti di lavorazione di un impianto locale per la produzione di contenitori ceramici destinati al trasporto del vino.

L'impiego di aggregati leggeri – naturali o artificiali – fu tenuto in grande conto dai costruttori Romani per ridurre i carichi in servizio derivanti dal peso proprio della struttura (si pensi al Pantheon) o, come per il Porto di Cosa, per alleviare la fatica nel trasporto e messa in opera dei materiali.

Inoltre, dallo studio dei calcestruzzi del Porto di Cosa emerge un altro importante aspetto della civiltà dei Romani: la capacità di riciclare materiali di scarto di altre lavorazioni (nel caso specifico rottami di anfore) per la costruzione di opere durabili, un tema questo di grande attualità nel mondo moderno dove spesso si invocano durabilità e sostenibilità senza però spesso metterle in atto.

Un'altra importante considerazione sulla scelta dei materiali riguarda l'origine della pozzolana impiegata nelle strutture del Porto di Cosa: un esame comparato (eseguito dall'università della Pennsylvania) sulla pozzolana presente nei moli del Porto di Cosa e su quella utilizzata nelle costruzioni di Pozzuoli ha evidenziato che si tratta di materiale lavico proveniente dalla stessa area (6). Si deve quindi concludere che i costruttori del Porto di Cosa non si fermarono davanti alle difficoltà di un trasporto per alcune centinaia di chilometri, da Pozzuoli a Cosa, per utilizzare quella pozzolana che già a quell'epoca godeva fama di materiale indispensabile per le opere a lunga durabilità.

La straordinaria durabilità a lungo termine delle strutture in calcestruzzo a base di calce-pozzolana riceve una conferma dalle opere portuali di Cosa: i moli, pur essendo continuamente immersi in acqua marina ed esposti alle sollecitazioni fortemente abrasive derivanti dal moto ondoso in presenza della sabbia e della ghiaia

della costa, hanno conservato sostanzialmente le dimensioni originali dopo oltre 2000 anni dalla loro costruzione.

#### 4. CONCLUSIONI

L'analisi di tre costruzioni appartenenti all'architettura (come il Pantheon), all'ingegneria idraulica (come l'acquedotto sul Pont du Gard) ed all'ingegneria marittima, come i resti del Porto di Cosa, mettono in evidenza che i Romani, abilissimi architetti e costruttori, misero in atto le seguenti regole:

- a) impiegare materiali durabili (per esempio pozzolane vulcaniche naturali o artificiali come il cocchiopesto);
- b) alleggerire le strutture con materiali (tufo ed anfore) in relazione ai carichi statici (Pantheon e Pont du Gard) ed alla loro messa in opera (Porto di Cosa);
- c) recuperare dalle costruzioni demolite i mattoni per produrre pozzolane artificiali, cocchiopesto) e scarti di altre lavorazione (rottami di anfore) per una intelligente allocazione dei rifiuti di altre lavorazioni;
- d) trasportare anche a lunga distanza (da Pozzuoli a Cosa) materiali pozzolanici necessari a garantire la durabilità dell'opera.

#### BIBLIOGRAFIA

- (1) M. Collepari, "Scienza e tecnologia del calcestruzzo" Terza Edizione, Ed. Hoepli, Milano (1987)
- (2) C. Goria, "Evoluzione storica dei leganti e dei conglomerati: dall'empirismo alla loro conoscenza razionale", in Cemento: Storia, Tecnologia, Applicazioni, Ed Fratelli Fabbri Editori, Milano (1976)
- (3) J.P. Adam, "L'arte di costruire presso i Romani, materiali e tecniche", Ed. Longanesi & C., Milano 1984
- (4) B. Galliani, "Dell'Architettura, Libri Dieci di M. Vitruvio Pollione", Ed. A. Dozio, Milano (1832)
- (5) A.M. Mc Cam, "The Roman Port and Fishery of Cosa – A center of Ancient Trade, Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA, 1987, pp 347
- (6) T.W. Bremner, "Una "Cosa" molto antica", Enco Journal, N° 9, pg 1-3, 1998