

”ARCO ARMATO” COME SOLUZIONE ADEGUATA AL CONSOLIDAMENTO SISMICO

Prof. Ing. Lorenzo Jurina

Politecnico di Milano

Parole chiave: arco armato, consolidamento, archi, volte, miglioramento sismico.

SOMMARIO: Lo studio propone una nuova *tecnica attiva* in grado di *migliorare notevolmente la resistenza a rottura di un arco e il suo comportamento sismico*; essa consiste nel disporre all’estradosso (o intradosso) dell’elemento curvo una serie di cavi metallici, posti in trazione, in grado di impedire la formazione di cerniere con apertura estradosale (o intradosale) e di imporre contemporaneamente un incremento della forza assiale, con aumento della duttilità.

LA TECNICA: Gli archi e le volte raggiungono il collasso quando, all’incrementarsi dei carichi, la curva delle pressioni risulta tangente in più punti ai profili esterni dell’arco, dando luogo a rotazioni localizzate tra i conci (cerniere) in numero tale da generare un meccanismo di collasso.

Si può constatare, in base alle numerose prove e alle osservazioni in situ, che in fase di collasso le cerniere danno sempre luogo a *fessurazioni alternate* tra le fibre di estradosso e quelle di intradosso dell’arco.

Se si fosse in grado di impedire almeno una tra le due famiglie di cerniere, nella struttura non si potrebbe formare alcun meccanismo di collasso. La struttura, originariamente continua, potrebbe al massimo degradarsi ad “arco a tre cerniere”, che non arriva quindi al collasso per cinematismo.

Per ottenere questo risultato è stata pensata un’*armatura diffusa resistente a trazione*, all’estradosso, oppure, in modo duale, all’intradosso.

Se invece di limitarsi ad un semplice accostamento tra muratura e cavi, questi ultimi venissero anche posti in trazione (facendoli funzionare da “*tiranti attivi*”) si otterrebbe una distribuzione di forze applicate sull’arco in direzione radiale, provocando una benefica compressione assiale e, di conseguenza, la centratura della curva delle pressioni.

Per realizzare un’adeguata “forzatura” tra le funi e l’arco è sufficiente fissare le funi agli estremi dell’arco ed allontanarle dall’estradosso mediante distanziatori. Analogo risultato si ottiene con comuni tenditori, posti ad esempio alle estremità dei cavi, a patto di consentire lo scorrimento tra il cavo e la muratura lungo la linea di contatto.

Il posizionamento dei cavi all’estradosso risulta particolarmente semplice in assenza di materiale di riempimento, come capita frequentemente nelle volte di copertura. Se la rete di cavi viene posta all’intradosso invece che all’estradosso, si ottengono risultati concettualmente analoghi; rimane aperto il problema del fissaggio del cavo all’arco, che è certamente meno agevole rispetto al caso estradosale dove è sufficiente il semplice accostamento.

Notiamo che la tecnica proposta è in grado di incrementare notevolmente il carico di rottura degli archi e delle volte quando il meccanismo di collasso sia di tipo prevalentemente *flessionale*. Numerose applicazioni del metodo e sperimentazioni hanno dimostrato che il miglioramento ottenuto, in termini di portata dell’arco, può superare l’800%. Il metodo proposto risulta meno efficiente quando il meccanismo di collasso è *a taglio*, caso peraltro molto più raro.

L'armatura descritta viene usualmente realizzata tramite cavi e trefoli in acciaio inox. Sarebbe possibile anche l'uso di materiali compositi fibro-rinforzati, ma trattandosi di interventi di tipo "attivo" è importante adottare materiali che siano poco influenzati da fenomeni viscosi, pena la necessità di frequenti ritesature.

Qualunque sia il materiale adottato, i vantaggi dell'uso di tiranti di rinforzo post-tesati sono evidenti e si possono riassumere nel ridotto ingombro, costi contenuti, leggerezza, grande resistenza, elevata duttilità globale dell'insieme muratura-cavi, immediata riconoscibilità e possibile reversibilità dell'intervento.

Con l'uso dei cavi prolungati fino a terra, si ottiene, oltre che una notevole resistenza per quanto riguarda i carichi verticali applicati agli archi, una elevata *capacità di resistere a carichi orizzontali da sisma* (soprattutto se si tratta di portali affiancati), lavorando a presso-flessione. Questo intervento potrebbe consentire di ottenere addirittura un "adeguamento" alla norma sismica vigente, e non solo un "miglioramento".

L'applicazione del teorema cinematico ha permesso di quantificare l'incremento di resistenza della struttura ai carichi orizzontali (incremento del moltiplicatore μ) al variare dell'azione N di tiro imposta al cavo. Al crescere della tesatura del cavo cresce la massima accelerazione cui la struttura è capace di resistere prima di collassare; a questo punto il rischio è quello del collasso della muratura per compressione, oppure del cavo per trazione. Per tale ragione, prioritariamente, andrebbe valutato il limite di rottura delle murature e del cavo in acciaio inox; tenuto conto del più piccolo tra i due valori ottenuti, si ricava il tiro limite N_{lim} , al quale il cavo può essere pretesato senza che nessuno dei due materiali raggiunga il limite di rottura.

CONCLUSIONI: Dalle osservazioni formulate si può affermare che la tecnica dell'"*arco armato*" mostra considerevoli incrementi di resistenza e di duttilità nei confronti dell'arco semplice e della più tradizionale tecnica della cappa in c.a. La sua applicazione in zone caratterizzate da eventi sismici appare interessante, soprattutto tenendo in conto il trascurabile incremento delle masse in gioco.

bibliografia:

Jurina L., 2009, Prove a collasso su archi in muratura consolidati con la tecnica dell'arco armato: risultati di una sperimentazione, Atti di IF CRASC'09 I convegno di Ingegneria Forense, IV convegno su CRolli, Affidabilità Strutturale, Consolidamento, Napoli.

Jurina L., 2003, The "reinforced arch method": a new technique in static consolidation of arches and vaults. Proc. of the European Conference "Innovative Technologies and Materials for the Protection of Cultural Heritage." December 16-17, 2003, Athens, Greece.

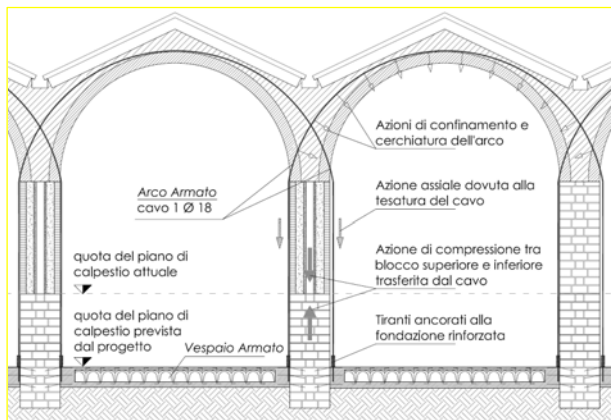


Figura 1. Schematizzazione del funzionamento della tecnica dell' "arco armato" nell'ipotesi del consolidamento dell'Arsenale della Cittadella di Pisa.