

## CAPITOLO V

# CONCLUSIONI

### 5.1. Conclusioni

L'indagine sviluppata con la presente tesi ha avuto lo scopo di evidenziare la possibilità di un'analisi unificata di numerose tipologie strutturali ricorrenti nelle costruzioni in calcestruzzo armato e in muratura. Si è analizzato il comportamento di tali materiali evidenziandone il comportamento comune di tipo elastico perfettamente plastico con diversa resistenza a trazione e a compressione.

Il comportamento perfettamente plastico, anche in presenza di tensioni di trazione, è ritenuto accettabile con riferimento a calcestruzzi comunque dotati di armature diffuse o rinforzati con fibre. Nel caso delle murature tale comportamento corrisponde alla condizione di resistenza a trazione nulla.

Su tali basi sono stati analizzati elementi lastra rettangolari corrispondenti a pannelli murari o elementi piani corrispondenti a travi parete in cemento armato. È stata individuata la resistenza limite con l'applicazione dei teoremi classici del calcolo a rottura e successivamente è stata sviluppata un'indagine numerica basata sul legame costitutivo perfettamente plastico adottato.

L'adozione di un dominio di resistenza alla Rankine per il materiale costituente tali elementi bidimensionali ha prodotto risultati numerici soddisfacenti nel confronto con le applicazioni teoriche, anche utilizzando "mesh" molto fitte nell'indagine numerica.

I risultati ottenuti consentono complessivamente una valutazione approssimata della resistenza ultima per gli esempi analizzati.

Per il caso della parete soggetta a puro taglio l'andamento della  $\tau_{lim}$  ricavata per via numerica è molto prossimo a quello ottenuto con l'analisi teorica di tipo statico, risultando quasi coincidente per rapporti  $h/l$  molto piccoli.

Per il caso della parete con carico orizzontale e verticale l'andamento della  $\tau_{lim}$  nelle tre analisi svolte risulta omotetico ed in particolare il moltiplicatore cinematico è molto prossimo a quello

numerico per rapporti  $h/l$  molto elevati; lo stesso moltiplicatore diverge invece notevolmente per pareti tozze, che comunque non corrispondono a geometrie reali.

Per la lastra con armatura inferiore e carico concentrato i risultati sono di più complessa lettura: in generale il carico ultimo valutato numericamente si presenta crescente al crescere dell'altezza in rapporto alla luce, tuttavia per valori molto piccoli del parametro  $\beta$  (rapporto tra la resistenza a trazione e a compressione della matrice) e corrispondenti percentuali di armatura ( $\bar{\mu}$ ) molto elevate l'andamento del carico ultimo numerico presenta dei tratti costanti per rapporti altezza luce tra  $1/2$  e  $1$  (vedi *figure 4.36, 4.39*). Per tali rapporti non c'è dunque incremento del carico ultimo, e questo appare in contrasto con i risultati dell'analisi limite in cui l'andamento dei carichi limiti è sempre crescente.

Il confronto con i risultati dell'analisi limite è stato illustrato solo per alcuni casi. La maggior parte dei diagrammi rivelano un accordo tra il moltiplicatore statico e i risultati numerici. Solo per valori di  $\beta$  molto elevati è il moltiplicatore cinematico ad avvicinarsi ai dati numerici. Da ciò si intuisce che dovrebbe essere migliorata a livello teorico la valutazione dei meccanismi di rottura.

Per entrambi i casi di cui ai *paragrafi 4.4 e 4.5* (di pareti soggette a carico tagliante e carico tagliante e carico verticale superiore) l'analisi numerica e teorica hanno portato all'individuazione di parametri influenti per la valutazione del carico limite.

Inoltre le distribuzioni di sforzi e di deformazioni individuate per via numerica chiariscono il comportamento di tali elementi, in particolare nella fase ultima.

Per il caso della parete soggetta a solo carico tagliante la distribuzione delle tensioni principali (*figure 4.17, 4.18*) rivela una zona fortemente sollecitata al centro della parete dove le tensioni hanno raggiunto il limite sia a trazione che a compressione. Si nota anche una distribuzione a fasce di cui una tesa ed una compressa, nella zona centrale si osserva che una delle direzioni principali è a circa  $40^\circ$  rispetto all'asse orizzontale. Non stupisce quindi che il moltiplicatore statico sia più vicino di quello cinematico a quello numerico. Le funzioni spostamento, come si vede dalla deformata al collasso e dall'illustrazione dell'andamento delle deformazioni al collasso (in nota al *paragrafo 4.4*), sono di natura più complessa di quelle ipotizzate. Si nota inoltre una leggera divergenza per pareti ad altezza maggiore

Per il caso della parete con carichi verticali e orizzontali, la rottura è prevalentemente per trazione. La zona più scura, nel diagramma della distribuzione delle tensioni  $\sigma_1$  (mostrato al *paragrafo 4.4.2* nella *figura 4.27*) è molto ampia, ed in essa è ovunque raggiunta la tensione

limite a trazione, mentre al contrario, la parte al limite di compressione in basso a destra (nella *figura 4.28*) è più limitata. Mentre la fascia tesa è immediatamente riscontrabile non altrettanto può dirsi per le tensioni negative che si dispongono a ventaglio. Per il caso della lastra con carico concentrato in mezzeria la distribuzione delle tensioni al collasso rivela un vasta zona di tensioni  $\sigma_1$  che hanno raggiunto il limite a trazione nella zona inferiore e al centro della lastra. Mentre le tensioni di compressione hanno raggiunto il limite solo in un piccolo nucleo superiore.

Uno sviluppo ulteriore dello studio qui presentato potrebbe essere l'estensione dell'indagine ad altre tipologie strutturali bidimensionali più complesse.

Interessante sarebbe anche considerare risultati ottenibili adottando altri domini di resistenza per il materiale.

La possibilità inoltre di confrontare i risultati dell'indagine numerica con i dati di un'indagine sperimentale potrebbe senz'altro fornire un contributo per convalidare e correggere il modello.