
APPENDICE B

METODI DI PROGETTO

Progetto secondo NTC 2018, EC8 e ACI 318

I metodi basati sul confronto delle resistenze consentono di adottare una strategia di progetto ottimale, ripartendo uniformemente le resistenze sulla sezione superiore e inferiore del nodo. Questo è ovviamente solo uno dei possibili modi di garantire il soddisfacimento delle formule normative, ma rappresenta quasi sempre lo scenario più economico seppur meno conservativo. Una ripartizione asimmetrica di momenti produrrebbe infatti uno sbilanciamento di domanda che, per continuità di ancoraggio delle barre, si rifletterebbe in un aumento di armatura in entrambe le facce del pilastro. Al fine di testare l'efficacia di tali metodi nello scenario peggiore, si è quindi proceduto calcolando la somma delle resistenze delle travi, amplificandola per il coefficiente dinamico ed infine dividendola per due.

L'unica eccezione a questo approccio è stata applicata nel caso della normativa italiana, la quale consente la ripartizione uniforme solo a patto che i momenti di analisi nelle colonne superiore e inferiore siano fra loro concordi. In caso contrario la resistenza del pilastro in opposizione va sommata a quella delle travi e la sollecitazione risultante affidata al pilastro rimanente. Come si può evincere dai diagrammi delle sollecitazioni, riportati in Figura 1, i momenti sollecitanti in corrispondenza dei livelli 3 e 4 della colonna A ricadono in questa fattispecie, poiché tendono le fibre dallo stesso lato del pilastro. Questo regime tensionale è diretta conseguenza dell'effetto dei carichi verticali e dell'elevato fattore di struttura considerato, che riduce l'entità delle forze elastiche laterali applicate alla struttura. Secondo la norma italiana quindi le resistenze delle due facce orizzontali di tali nodi non possono essere sommate fra loro e, in particolare, al livello 3 tutta la resistenza andrà affidata alla faccia inferiore mentre al livello 4 a quella superiore. Per entrambi i nodi, al fine di poter condurre una stima del momento di progetto corrispondente alla faccia resistente (attiva), si è quindi dovuto stimare il valore del rapporto di resistenza fra tale faccia e quella opposta (passiva). In modo volutamente ottimistico si è ipotizzato di poter ottenere un rapporto di resistenza pari a 2 e si è quindi proceduto di conseguenza alla stima del momento di resistente minimo da garantire sulla faccia attiva.

Le somme dei momenti resistenti delle travi per ciascun nodo del telaio sono riportate in Tabella 1, mentre nelle successive sono riassunti i valori di progetto delle minime resistenze da garantire ai pilastri di ogni nodo, secondo le formulazioni previste dalle normative considerate.

Level	Col. A $\sum Mb, Rd$ [kNm]	Col. B $\sum Mb, Rd$ [kNm]	Col. C $\sum Mb, Rd$ [kNm]	Col. D $\sum Mb, Rd$ [kNm]
1	127.9	309.4	309.4	181.5
2	127.9	309.4	309.4	181.5
3	98.5	254.0	254.0	155.6
4	98.5	254.0	254.0	155.6

Tabella 1: somma dei momenti resistenti delle travi in corrispondenza delle intersezioni con le colonne (direzione +X)

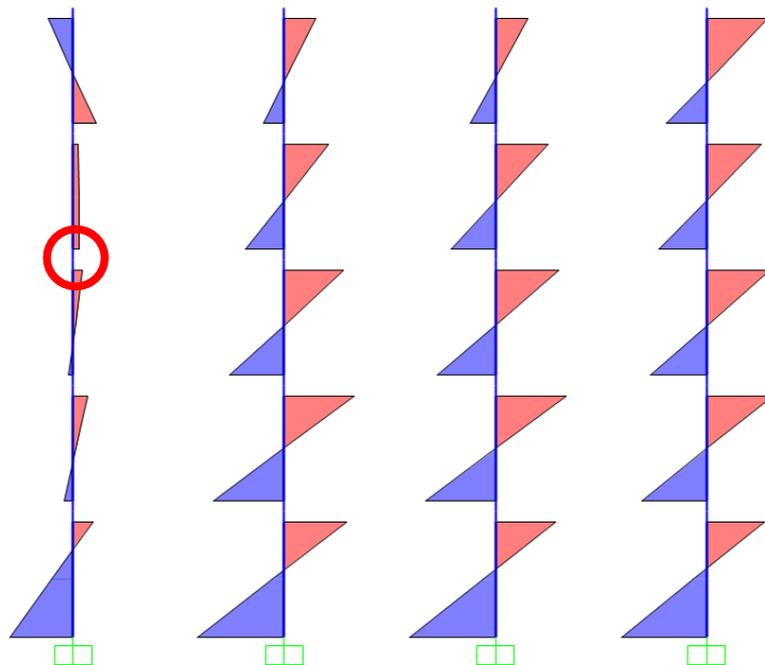


Figura 1: distribuzione dei momenti di analisi sui pilastri

Joint Flexural Demand - NTC 2018					
Level	Face	Col. A Mc,Rd [kNm]	Col. B Mc,Rd [kNm]	Col. C Mc,Rd [kNm]	Col. D Mc,Rd [kNm]
1	Bot	-83.1	-201.1	-201.1	-118.0
	Top	83.1	201.1	201.1	118.0
2	Bot	-83.1	-201.1	-201.1	-118.0
	Top	83.1	201.1	201.1	118.0
3	Bot	-365.7	-165.1	-165.1	-101.1
	Top	-182.9	165.1	165.1	101.1
4	Bot	-182.9	-165.1	-165.1	-101.1
	Top	-365.7	165.1	165.1	101.1

Tabella 2: resistenze minime da garantire ai pilastri di ogni nodo secondo la norma NTC 2018

Joint Flexural Demand - EC8					
Level	Face	Col. A Mc,Rd [kNm]	Col. B Mc,Rd [kNm]	Col. C Mc,Rd [kNm]	Col. D Mc,Rd [kNm]
1	Bot	-83.1	-201.1	-201.1	-118.0
	Top	83.1	201.1	201.1	118.0
2	Bot	-83.1	-201.1	-201.1	-118.0
	Top	83.1	201.1	201.1	118.0
3	Bot	-64.0	-165.1	-165.1	-101.1
	Top	64.0	165.1	165.1	101.1
4	Bot	-64.0	-165.1	-165.1	-101.1
	Top	64.0	165.1	165.1	101.1

Tabella 3: resistenze minime da garantire ai pilastri di ogni nodo secondo la norma EC8

Joint Flexural Demand - ACI 318					
Level	Face	Col. A Mc,Rd [kNm]	Col. B Mc,Rd [kNm]	Col. C Mc,Rd [kNm]	Col. D Mc,Rd [kNm]
1	Bot	-76.7	-185.6	-185.6	-108.9
	Top	76.7	185.6	185.6	108.9
2	Bot	-76.7	-185.6	-185.6	-108.9
	Top	76.7	185.6	185.6	108.9
3	Bot	-59.1	-152.4	-152.4	-93.3
	Top	59.1	152.4	152.4	93.3
4	Bot	-59.1	-152.4	-152.4	-93.3
	Top	59.1	152.4	152.4	93.3

Tabella 4: resistenze minime da garantire ai pilastri di ogni nodo secondo la norma ACI 318

Progetto secondo circolare NTC 2018 e NZS 3101 metodo A

La procedura di calcolo dei momenti di progetto sui pilastri secondo l'approccio di amplificazione proposto nella circolare applicativa della norma italiana e secondo il metodo A della norma neozelandese è sostanzialmente la stessa. L'unica, decisiva, differenza è rappresentata dal set di sollecitazioni di partenza: mentre le NTC 2018 prevedono di amplificare i momenti corrispondenti alla generica combinazione sismica, includendo quindi gli effetti dei carichi verticali, la norma NZS 3101 ricava i momenti di progetto a partire dai momenti derivanti dalla sola applicazione delle forze laterali (modo principale dominante o analisi statica equivalente). Nelle tabelle seguenti vengono quindi riportati i momenti di progetto corrispondenti ai vari pilastri dei vari livelli a partire

dalla somma dei momenti resistenti delle travi. Per il calcolo secondo la norma neozelandese si è assunto un coefficiente di amplificazione uniforme per tutti i livelli pari a $\omega \cdot \beta = 1.41$. Tale valore corrisponde al valore massimo associato alle caratteristiche dinamiche della struttura in oggetto.

$$\begin{cases} \omega_{max} = 0.6 \cdot T_1 + 0.85 = 0.6 \cdot 0.93 + 0.85 = 1.41 \\ \beta_{max} = 1 \end{cases}$$

Column A					
Level	Face	Mc,Ed [kNm]	$\sum Mb,Rd$ [kNm]	α	Mc,Rd [kNm]
1	Bot	-23.3	127.9	5.0	-115.8
	Top	10.1			50.4
2	Bot	-16.9	127.9	7.5	-127.7
	Top	5.1			38.5
3	Bot	-10.8	98.5	37.2	-400.5
	Top	-7.3			-272.5
4	Bot	-5.6	98.5	-5.9	33.1
	Top	-27.2			161.2

Column B					
Level	Face	Mc,Ed [kNm]	$\sum Mb,Rd$ [kNm]	α	Mc,Rd [kNm]
1	Bot	-73.8	309.4	2.5	-188.0
	Top	84.1			214.3
2	Bot	-83.2	309.4	2.7	-226.5
	Top	64.6			175.8
3	Bot	-70.7	254.0	2.8	-200.2
	Top	45.9			130.0
4	Bot	-52.2	254.0	4.3	-223.5
	Top	24.9			106.7

Column C					
Level	Face	Mc,Ed [kNm]	$\sum Mb,Rd$ [kNm]	α	Mc,Rd [kNm]
1	Bot	-71.9	309.4	2.6	-187.4
	Top	82.4			214.8
2	Bot	-84.1	309.4	2.6	-221.1
	Top	68.9			181.1
3	Bot	-74.6	254.0	2.6	-193.2
	Top	52.9			137.0
4	Bot	-61.9	254.0	3.6	-222.8
	Top	29.8			107.4

Column D					
Level	Face	Mc,Ed [kNm]	$\sum Mb,Rd$ [kNm]	α	Mc,Rd [kNm]
1	Bot	-68.3	181.5	1.6	-111.5
	Top	76.2			124.4
2	Bot	-78.2	181.5	1.6	-127.5
	Top	66.5			108.5
3	Bot	-74.9	155.6	1.5	-115.5
	Top	56.2			86.8
4	Bot	-64.5	155.6	1.8	-116.2
	Top	47.8			86.1

Tabella 5: resistenze minime da garantire ai pilastri di ogni nodo secondo la circolare alla norma NTC 2018

Column A						Column B					
Level	Face	MEc [kNm]	ΣMob [kNm]	φ	Mc,Rd [kNm]	Level	Face	MEc [kNm]	ΣMob [kNm]	φ	Mc,Rd [kNm]
1	Bot	-46.1	127.9	1.9	-85.8	1	Bot	-73.0	309.4	2.6	-187.8
	Top	43.2					Top	83.3			
2	Bot	-47.7	127.9	2.0	-94.9	2	Bot	-83.8	309.4	2.7	-223.8
	Top	35.9					Top	66.8			
3	Bot	-42.9	98.5	1.9	-81.4	3	Bot	-72.7	254.0	2.7	-196.5
	Top	24.6					Top	49.5			
4	Bot	-35.1	98.5	2.8	-98.4	4	Bot	-57.1	254.0	3.9	-222.7
	Top	10.6					Top	27.6			

Column C						Column D					
Level	Face	MEc [kNm]	ΣMob [kNm]	φ	Mc,Rd [kNm]	Level	Face	MEc [kNm]	ΣMob [kNm]	φ	Mc,Rd [kNm]
1	Bot	-72.7	309.4	2.6	-187.6	1	Bot	-45.5	181.5	2.7	-121.1
	Top	83.2					Top	43.2			
2	Bot	-83.6	309.4	2.7	-223.7	2	Bot	-47.4	181.5	2.8	-134.5
	Top	66.7					Top	35.7			
3	Bot	-72.6	254.0	2.7	-196.6	3	Bot	-42.8	155.6	3.0	-128.9
	Top	49.3					Top	24.3			
4	Bot	-57.0	254.0	3.9	-223.5	4	Bot	-35.0	155.6	4.5	-157.3
	Top	27.2					Top	10.0			

Tabella 6: resistenze minime da garantire ai pilastri di ogni nodo secondo il metodo A della norma NZS 3101

Progetto secondo NZS 3101 metodo B

Per la determinazione dei momenti di progetto in accordo al metodo B proposto dalla norma neozelandese si è assunto per ogni colonna di ogni livello un punto di flesso posto esattamente a metà dell'interpiano. Le forze sismiche di piano sono invece state ripartite con le seguenti percentuali: 17% ad ognuna alle due colonne laterali (A e D) e 33% ad ognuna alle due colonne centrali (B e C). Anche in tal caso il coefficiente di amplificazione è stato assunto uniforme per tutti i livelli e pari a $\omega \cdot \beta = 1.41$.

Nelle tabelle seguenti sono riassunti i passaggi di calcolo ed i momenti di progetto risultanti.

Level	ΣMob _i [kNm]	ΣMEb _i [kNm]	φ _{0i}	EE _i [kN]	Eo _i [kN]
1	928.2	550.0	1.69	18.5	31.3
2	928.2	517.6	1.79	31.7	56.8
3	762.1	419.0	1.82	41.6	75.7
4	762.1	287.1	2.65	55.3	146.7
5	590.8	126.7	4.66	77.5	361.3

Tabella 7: amplificazione delle forze elastiche di piano secondo il metodo B della norma NZS 3101

Joint Flexural Demand - NZS 3101 Method B					
Level	Face	Col. A Mc,Rd [kNm]	Col. B Mc,Rd [kNm]	Col. C Mc,Rd [kNm]	Col. D Mc,Rd [kNm]
1	Bot	-95.9	-229.1	-229.1	-133.6
	Top	84.6	207.3	207.3	122.3
2	Bot	-100.5	-238.0	-238.0	-138.2
	Top	80.0	198.4	198.4	117.7
3	Bot	-100.5	-238.0	-238.0	-138.2
	Top	55.8	153.0	153.0	96.4
4	Bot	-95.8	-230.6	-230.6	-136.4
	Top	43.1	128.2	128.2	83.6

Tabella 8: resistenze minime da garantire ai pilastri di ogni nodo secondo il metodo B della norma NZS 3101