

CTE Nuoro, 17-24.11.2007

**PROGETTAZIONE DELLE STRUTTURE
DI CALCESTRUZZO CON GLI EUROCODICI**

ALLA LUCE DI

NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI
ANNESI TECNICI NAZIONALI PER GLI EUROCODICI

ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI NUORO

1

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

CONTENUTI

- CORRELAZIONE NORME TECNICHE / EUROCODICI
- METODO SEMIPROBABILISTICO AGLI STATI LIMITE
- AZIONI SULLE COSTRUZIONI
- ANALISI STRUTTURALE
- MATERIALI
- VERIFICHE A SFORZO ASSIALE E MOMENTO
- VERIFICHE A TAGLIO E TORSIONE

2

CORRELAZIONE NTC / ECs

COMPETENZE DELLE NORME TECNICHE – NTC

- PRINCIPI BASE DEL METODO AGLI STATI LIMITE
- DATI BASE DI VALUTAZIONE DELLE AZIONI
- COEFFICIENTI DI SICUREZZA DI AZIONI E MATERIALI
- FORMULE DI COMBINAZIONE
- PRESCRIZIONI SUI MATERIALI
- PRESCRIZIONI SUI CONTROLLI E COLLAUDO

3

COMPETENZE DEGLI EUROCODICI - ECs

- SISTEMATICO SUPPORTO APPLICATIVO
PER LE REGOLE DI CALCOLO

RAPPORTO NTC – ECs

- COERENZA DEI FORMATI DEL METODO AGLI SL
- ANNESI TECNICI NAZIONALI

NOVITA': AZIONE SISMICA

4

PROGETTO STRUTTURE IN CALCESTRUZZO

EUROCODICI COINVOLTI:

- **EC0 PRINCIPI** (TUTTO NELLE NTC)
- **EC1 AZIONI** (DETTAGLI DI NEVE E VENTO)
- **EC2 CALCESTR.** (TUTTE LE REGOLE APPLICATIVE)
- **EC7 GEOTECNICA** (TUTTO NELLE NTC)
- **EC8 SISMICA** (TUTTO IN NTC)

ORDINANZA OPCM 3274 CONGLOBATA IN NTC

5

NORME TECNICHE - NTC

- | | |
|----------------------------|--------------------|
| 1 - INTRODUZIONE | 5 - PONTI |
| 2 - SICUREZZA (STATI LIM.) | 6 - GEOTECNICA |
| 3 - AZIONI | 7 - SISMICA |
| 4 - COSTRUZIONI | 8 - ESISTENTI |
| CALCESTRUZZO | 9 - MATERIALI |
| ACCIAIO | CLS-ACC-LEGNO-MURI |
| LEGNO | PREF-ISOLATORI |
| MURATURA | 10-PROGETTI |
| MISTE ACC/CLS | 11-COLLAUDO |
| ALTRI | 12-RIFERIMENTI |

6

METODO AGLI STATI LIMITE - SL

STATI LIMITE ULTIMI – SLU (RESISTENZA)

$$R_d \geq E_d(F_d)$$

CON

$R_d = R_k / \gamma_M$ RESISTENZA DELLA SEZIONE

$E_d = E_d(F_d)$ EFFETTO DELL'AZIONE

$F_d = \gamma_F F_k$ AZIONE SULLA STRUTTURA

7

STATI LIMITE DI ESERCIZIO – SLE (FUNZIONALITA')

$$E_k \leq E_{lim}$$

- TENSIONI NEI MATERIALI

- FESSURAZIONE

- DEFORMAZIONE

+ DURABILITA'

8

AZIONI SULLE COSTRUZIONI

- PERMANENTI **G**

G_1 PESI PROPRI

G_2 OPERE PORTATE

- VARIABILI **Q**

SOVRACCARICHI - VENTO - NEVE - ...

- PRECOMPRESSIONE **P**

9

VALORI RAPPRESENTATIVI

Q_k VALORE CARATTERISTICO (O NOMINALE)
(FRATTILE 95 % DEI PICCHI)

$\psi_0 Q_k$ VALORE RARO
(MASSIMO CONTEMPORANEO POSSIBILE)

$\psi_1 Q_k$ VALORE FREQUENTE
(FRATTILE 95 % TEMPORALE)

$\psi_2 Q_k$ VALORE QUASI PERMANENTE
(FRATTILE 50 % MEDIA TEMPORALE)

10

COMBINAZIONI DELLE AZIONI

- FONDAMENTALE (SLU)

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_P P + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} \psi_{02} Q_{k2} + \dots$$

- CARATTERISTICA (SLE IRREVERSIBILE)

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} Q_{k2} + \dots$$

- FREQUENTE (SLE REVERSIBILE)

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \dots$$

- QUASI PERMANENTE (SLE DI LUNGA DURATA)

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \dots$$

11

TIPI DI VERIFICHE

EQU SL DI EQUILIBRIO COME CORPO RIGIDO
(TERRENO ININFLUENTE: GALLEGGIAMENTO)

STR SL DI RESISTENZA DELLE STRUTTURE
("TERRENO FORTE – STRUTTURA DEBOLE")

GEO SL DI RESISTENZA DEL TERRENO
("TERRENO DEBOLE – STRUTTURA FORTE")

12

COEFFICIENTI PARZIALI

	γ_{G1} fav	γ_{G1} sfa	γ_{G2} fav	γ_{G2} sfa	γ_Q fav	γ_Q sfa	γ_{φ}	γ_C	γ_{cu}
EQU	0,9	1,1	0,0	1,5	0,0	1,5	1,25*	1,40*	1,4*
STR	1,0	1,3	0,0	1,5	0,0	1,5	1,25*	1,40*	1,4*
GEO	1,0	1,0	0,0	1,3	0,0	1,3	1,25*	1,40*	1,4*

*PER IL CALCOLO DELLE SPINTE ATTIVE

13

COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE

CAT.	DESTINAZIONE	q_k (kN/m ²)	ψ_0	ψ_1	ψ_2
1	ABITAZIONI ...	2,00	0,7	0,5	0,3
2	UFFICI, SCUOLE ...	3,00	0,7	0,5	0,3
3	TEATRI, NEGOZI, ...	4,00	0,7	0,5	0,3
4	TRIBUNE, MERCATI, ...	5,00	0,7	0,7	0,6
...
8	PARCHEGGI	2,50	0,7	0,7	0,6

14

AZIONI SULLE COSTRUZIONI

PESI DEI MATERIALI
SOVRACCARICHI VARIABILI
AZIONE SISMICA
VENTO
NEVE
AZIONI TERMICHE
AZIONI ECCEZIONALI

15

PESI DEI MATERIALI

SOLITA TABELLA

PARETI DIVISORIE

Q_k (kN/m)	q_k (kN/m ²)
$\leq 1,00$	0,40
1,00÷2,00	0,80
2,00÷3,00	1,20
3,00÷4,00	1,60
4,00÷5,00	2,00

16

SOVRACCARICHI VARIABILI

SOLITA TABELLA DI q_k (kN/m²)

CARICHI CONCENTRATI Q_k (kN)
(SOLO VERIFICHE LOCALI)
EDIFICI DA 2,00 A 6,00 SU 5×5 CM
AUTORIMESSE 2 ×10,00 SU 20×20 CM

AZIONI ORIZZONTALI H_k (kN/m)
(SOLO VERIFICHE LOCALI)
DA 1,00 A 2,00 (A 1,2 m DAL CALPESTIO)

17

AZIONE DEL VENTO

PRESSIONE CINETICA DI RIFERIMENTO

$$q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2 \quad (\text{DENSITA' DELL'ARIA } \rho = 1,25 \text{ kg/m}^3)$$

PRESSIONE DI PICCO

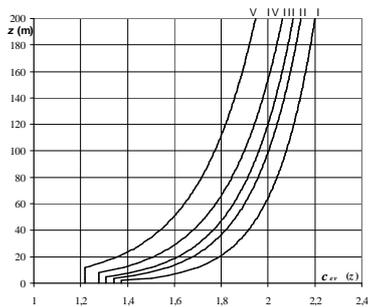
$$q = c_e(z) q_b \quad (c_e \text{ COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE})$$

PRESSIONE SULLE PARETI

$$p = c_p q \quad (c_p \text{ COEFFICIENTE DI FORMA})$$

18

COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE c_e PER CATEGORIE DA "I" A "V"



CATEGORIE DI ESPOSIZIONE PER ZONE DA 1 A 9 E PER CLASSI DA "A" A "D"

ZONE 1,2,3,4,5

A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**

* Categoria II in zona 1,2,3,4
 Categoria III in zona 5
 ** Categoria III in zona 2,3,4,5
 Categoria IV in zona 1

ZONE GEOGRAFICHE PER IL VENTO

8



CLASSI DI RUGOSITA' DEL TERRENO

- CLASSE "A" AREE URBANE
- CLASSE "B" AREE SUBURBANE
- CLASSE "C" AREE RURALI
- CLASSE "D" PRATERIE ...

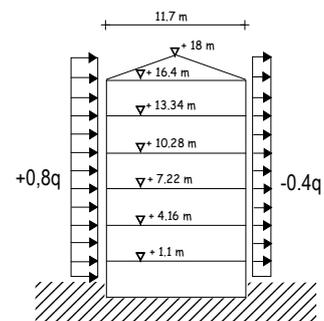
VELOCITA' DI RIFERIMENTO

$$v_b = v_{bo} \quad \text{PER} \quad a_s \leq a_0$$

$$v_b = v_{bo} + k_a (a_s - a_0) \quad \text{PER} \quad a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

ZONA	LOCALIZZAZIONE	v_{bo} (m/s)	a_0 (m)	k_a (1/s)
1	NORD	25	1000	0,010
2	EMIGLIA ROMAGNA	25	750	0,015
3	CENTRO SUD	27	500	0,020
4	SICILIA + RC	28	500	0,020
5	SARDEGNA EST	28	750	0,015
6	SARDEGNA OVEST	28	500	0,020
7	LIGURIA	28	1000	0,015
8	TRIESTE	30	1500	0,010
9	ISOLE E MARE	31	500	0,020

COEFFICIENTI DI FORMA c_p



CARICO DA NEVE

$$q_s = \mu_i C_E C_t q_{sk}$$

q_{sk}	VALORE CARATTERISTICO AL SUOLO
μ_i	COEFFICIENTE DI FORMA DELLA COPERTURA
C_E	COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE (= 1,0)
C_t	COEFFICIENTE TERMICO (= 1,0)

25

VALORE CARATTERISTICO AL SUOLO

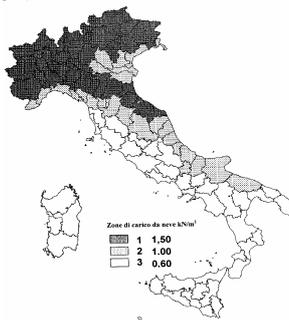
$$q_{sk} = q_{s0} \quad \text{PER } a_s \leq 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = q_{s1} [1 + (a_s / k)^2] \quad \text{PER } a_s > 200 \text{ m}$$

ZONA	q_{s0}	q_{s1}	k
	(kN/m ²)		
1 ALPINA	1,50	1,39	728
1 MEDITERRANEA	1,50	1,35	602
2 CENTRO NORD	1,00	0,85	481
3 CENTRO SUD	0,60	0,51	481

26

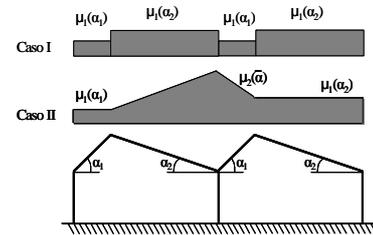
ZONE DI CARICO DA NEVE



27

COEFFICIENTE DI FORMA

CASO 1 NEVE SENZA VENTO
CASO 2 NEVE CON VENTO



28

AZIONE TERMICA

APPROCCIO ANALITICO
CALCOLO DI TRASMISSIONE CALORE

TIPO DI STRUTTURA	ΔT (°C)
CALCESTRUZZO ESPOSTE	± 25
CALCESTRUZZO PROTETTE	± 15
ACCIAIO ESPOSTE	± 35
ACCIAIO PROTETTE	± 20

29

AZIONI ECCEZIONALI

"ROBUSTEZZA" PER EVITARE DANNI SPROPORZIONATI

VERIFICHE "QUANDO RICHIESTE" CON COMBINAZIONE

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} Q_{1k} + \psi_{22} Q_{2k} + \dots$$

INCENDI
ESPLOSIONI
URTI

30

INDICE DI EC2 – PARTE 1-1

- 1 – GENERALITA' (RIFERIMENTI, SIMBOLI,...) ignorato
- 2 – BASI (COEFFICIENTI γ_M , COMBINAZIONI) vedi NTC
- 3 – MATERIALI (f_c - f_{ct} - E_c - ... - LEGGI σ - ϵ) applicato
- 4 – DURABILITA' (CLASSI ESP.+ COPRIFERRI) applicato
- 5 – ANALISI STRUTT. (ELASTICA LINEARE) applicato
- 6 – RESISTENZA SLU (VERIFICHE N-M, V, T) applicato

31

INDICE DI EC2 – PARTE 1-1

- 7 – ESERCIZIO SLE (TENS., FESS., DEFORM.) applicato
- 8 – ARMATURE (DETTAGLI DI BUONA PRATICA) esperienza
- 9 – ELEMENTI (PARTICOLARI COSTRUTTIVI) esperienza
- 10- PREFABBRICATI (CONNESSIONI, APPOGGI) specialistico
- 11- CALCESTRUZZO LEGGERO (DATI SPECIFICI) ignorato
- 12- CALCESTRUZZO SEMPLICE (DATI SPECIFICI) ignorato

32

APPROCCIO PROGETTUALE

- 1 **ANALISI STRUTTURALE**
DALLE AZIONI ALLE SOLLECITAZIONI
- 2 **VERIFICHE DI RESISTENZA (SLU)**
SFORZO ASSIALE, MOMENTO, TAGLIO...
- 3 **VERIFICHE DI ESERCIZIO (SLS)**
TENSIONI, FESSURAZIONE, FRECCE

33

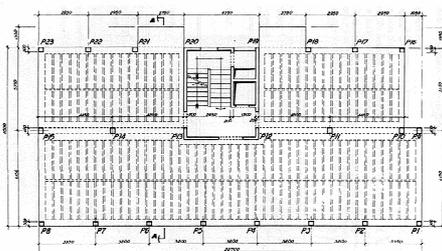
ANALISI STRUTTURALE

- ANALISI ELASTICA
- ANALISI ANELASTICA NON LINEARE
- ANALISI ELASTICA CON RIDISTRIBUZIONE DEI MOMENTI
- ANALISI ELASTICA O ANELASTICA DEL 2° ORDINE

34

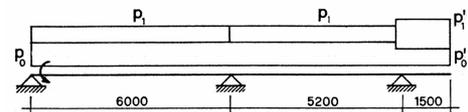
CALCOLO ELASTICO LINEARE DEGLI SFORZI

NULLA E' CAMBIATO
ESEMPIO: PLURIPIANO (CON NUCLEO DI CONTROVENTO)

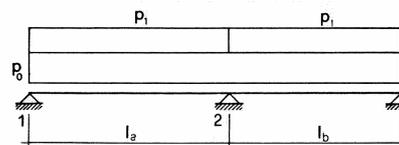


35

SCHEMI PARZIALI SOLAI

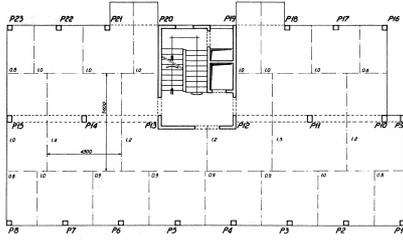


SCHEMI PARZIALI TRAVI



36

AREE DI INFLUENZA PILASTRI

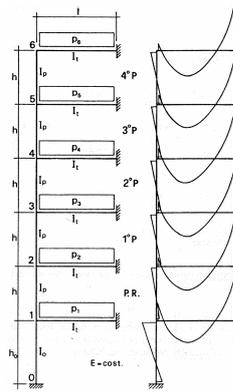


CALCOLO SFORZI ASSIALI

COME SEMPRE

37

PILASTRO DI BORDO



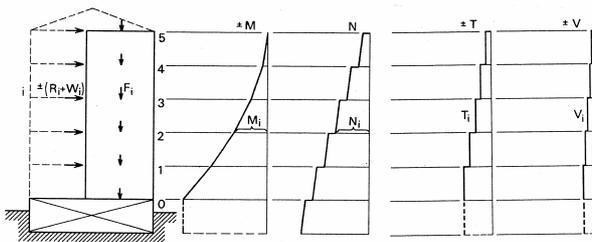
SOLUZIONE TELAIO

VERIFICHE PRESSOFLESS.

COME SEMPRE

38

CALCOLO NUCLEO DI CONTROVENTO



COME SEMPRE

39

COMBINAZIONE DEI CARICHI

DA SEMPRE:

"... SOTTO LE COMBINAZIONI PIU' GRAVOSE DEI CARICHI ..."

O IL MAGICO

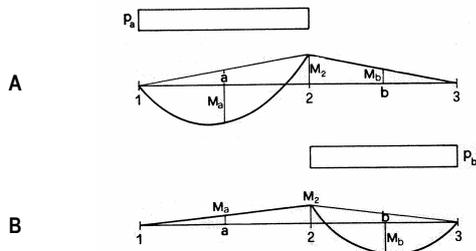
"PIELLEQUADRODODICESIMI"

O MEGLIO

PROGRAMMINO AUTOMATICO

40

SOLUZIONE



g_1 = PESI PROPRI g_2 = CARICHI PERMANENTI q = VARIABILI

41

3 COMBINAZIONI DI CARICO

TOTALE A+B ($M_2 = \text{MAX}$)

$$(\gamma_{G1}g_1 + \gamma_{G2}g_2 + \gamma_Qq_k) A + (\gamma_{G1}g_1 + \gamma_{G2}g_2 + \gamma_Qq_k) B$$

PARZIALE A ($M_a = \text{MAX}$)

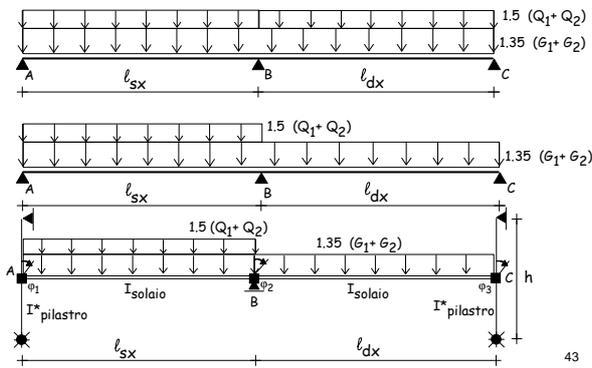
$$(\gamma_{G1}g_1 + \gamma_{G2}g_2 + \gamma_Qq_k) A + \gamma_{G1}g_1 B$$

PARZIALE B ($M_b = \text{MAX}$)

$$\gamma_{G1}g_1 A + (\gamma_{G1}g_1 + \gamma_{G2}g_2 + \gamma_Qq_k) B$$

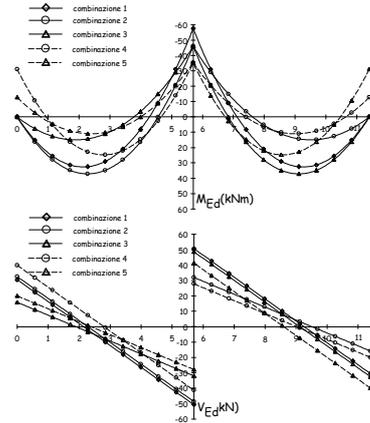
42

CALCOLO SOLAI - SLU



43

DIAGRAMMI INVILUPPO



44

MATERIALI: CALCESTRUZZO

CLASSI DI RESISTENZA (DA EN 206-1)

- C 8/12	molto bassa		
- C12/15	" "		
- C16/20	bassa (c.a.)		
- C20/25	"	- C50/60	alta (prove)
- C25/30	"	- C55/67	"
- C30/37	media (c.a.p.)	- C60/75	"
- C35/45	"	- C70/85	"
- C40/50	"	- C80/95	NO
- C45/55	"	- C90/105	NO

45

PROSPETTO 3.1 - CORRELAZIONI

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 \text{ (MPa)}$$

$$f_{ctm} = 0,30 f_{cm}^{2/3} \quad \text{PER } \leq C50/60$$

$$f_{ctm} = 2,12 \ln(1 + f_{cm}/10) \quad \text{PER } > C50/60$$

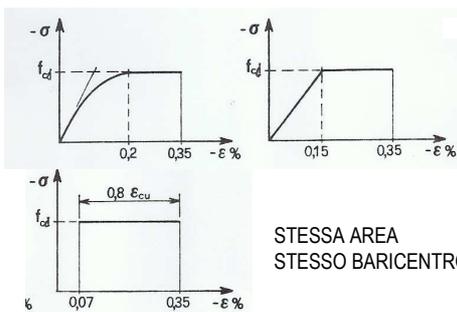
$$E_{cm} = 22 (f_{cm}/10)^{0,3} \quad \text{PER TUTTI}$$

+ DATI DETTAGLIATI SU RITIRO E VISCOSITA'

46

MODELLI $\sigma - \epsilon$ PER IL CALCESTRUZZO

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c \approx \alpha_{cc} 0,83 R_{ck} / \gamma_c \quad \alpha_{cc} = 0,85 \quad \gamma_c = 1,5$$



47

MATERIALI : ACCIAIO DA C.A.

ACCIAIO **B450C (SISMICO)** ϕ DA 6 A 40

SNERVAMENTO NOMINALE	$f_{y,nom}$	450 N/mm ²
ROTTURA NOMINALE	$f_{t,nom}$	540 N/mm ²

SNERVAMENTO CARATTERISTICO $f_{yk} \geq f_{y,nom}$

ROTTURA CARATTERISTICO $f_{tk} \geq f_{t,nom}$

SOVRARESISTENZA $(f_y/f_{y,k}) \geq 1,13$

PER CAPACITY DESIGN $(f_y/f_{y,k}) \leq 1,35$

SNERVAMENTO $(f_y/f_{y,nom})_k \leq 1,25$

ALLUNGAMENTO $(A_{gt})_k \geq 7\%$

48

ACCIAIO **B450A (NON SISMICO)** ϕ DA 5 A 10

SNERVAMENTO NOMINALE $f_{y,nom}$ 450 N/mm²
 ROTTURA NOMINALE $f_{t,nom}$ 540 N/mm²

SNERVAMENTO CARATTERISTICO $f_{yk} \geq f_{y,nom}$
 ROTTURA CARATTERISTICO $f_{tk} \geq f_{t,nom}$
 SOVRARESISTENZA $(f_t/f_y)_k \geq 1,05$
 SNERVAMENTO $(f_y/f_{y,nom})_k \leq 1,25$
 ALLUNGAMENTO $(A_{gt})_k \geq 3\%$

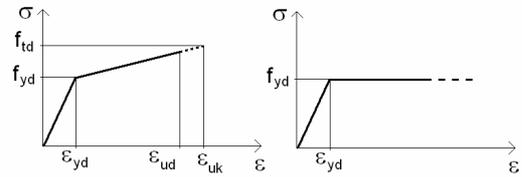
+ ACCIAIO INOX (COME B450C)

49

MODELLI $\sigma - \epsilon$ PER L'ACCIAIO

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_S \quad f_{td} = f_{tk} / \gamma_S \quad \gamma_S = 1,15$$

$$\epsilon_{ud} = f_{yd} / E_s \quad \epsilon_{ud} = 0,9 \epsilon_{uk}$$



50

MATERIALI : ACCIAIO DA C.A.P.

(VALORI IN N/mm ²)	BARRE	FILI	TREFOLI
ROTTURA CARATT. f_{ptk}	≥ 1000	≥ 1570	≥ 1820
CARATT. A 0,1% $f_{p(0,1)k}$		≥ 1420	
CARATT. A 1% $f_{p(1)k}$			≥ 1670
CARAT. DI SNERV. f_{pyk}	≥ 800		
ALLUNGAMENTO A_{gt}	$\geq 3,5\%$	$\geq 3,5\%$	$\geq 3,5\%$

51

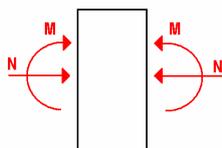
RILASSAMENTO

- Trefolo $\Delta\sigma_p/\sigma_{pi} = 0,4312 \times 10^{-3} e^{6,7r} (t/1000)^{0,75(1-r)}$
- Stabilizz. $\Delta\sigma_p/\sigma_{pi} = 0,0165 \times 10^{-3} e^{9,1r} (t/1000)^{0,75(1-r)}$
- Barre $\Delta\sigma_p/\sigma_{pi} = 0,0792 \times 10^{-3} e^{8,0r} (t/1000)^{0,75(1-r)}$

- con $r = \sigma_p/f_{pk}$ e $t_{\infty} = 500.000$ ore

52

VERIFICHE DI RESISTENZA A SFORZO NORMALE



$$N_{Rd} > N_{Ed} \quad M_{Rd} > M_{Ed}$$

53

IPOTESI DEL CALCOLO DELLA SEZIONE

- SEZIONI PIANE (BERNOULLI)
- PERFETTA ADERENZA DELLE ARMATURE
- CALCESTRUZZO NON RESISTE A TRAZIONE
- MODELLI $\sigma - \epsilon$ CON ϵ_u DI ROTTURA

54

SOLO N

$N_{Rd} = A_c f_{cd} + A_s f_{yd}$

55

SOLO M

$f_{cd} b \bar{x} - A_s f_{yd} = 0 \quad \bar{x} = A_s f_{yd} / f_{cd} b \quad z = d - \bar{x} / 2$

$M_r = A_s f_{yd} z$

56

PRESSOFLESSIONE

$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed})$

57

$b \bar{x} f_{cd} + A'_s f_{yd} - A_s f_{yd} = N_{Ed}$

$\bar{x} = (N_{Ed} + A_s f_{yd} - A'_s f_{yd}) / (b f_{cd})$

$M_{Rd} = b \bar{x} f_{cd} (y_c - \bar{x} / 2) + A'_s f_{yd} y'_s + A_s f_{yd} y_s$

58

PRESSOFLESSIONE DEVIATA !!!

$$\left(\frac{M_{Edy}}{M_{Rdy}} \right)^\alpha + \left(\frac{M_{Edz}}{M_{Rdz}} \right)^\alpha < 1$$

59

APPROSSIMATO (EC2)

$\alpha = 1,0$ CAUTELATIVO

SEZIONE QUADRATA

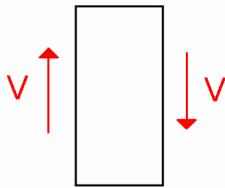
$\alpha = -\log 2 / \log (M_{RNd} / \sqrt{2} M_{Ry})$ M_{RNd} SU DIAGONALE

SEZIONE RETTANGOLOARE

$1,0 < \alpha < 3,5$ TABELLATO

60

VERIFICA AL TAGLIO



$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

61

SPERIMENTAZIONE SUL TAGLIO

ELEMENTI SENZA STAFFE

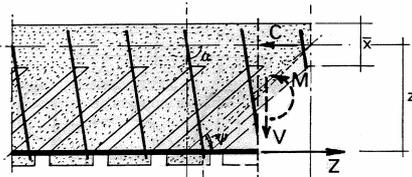
RESISTENZA AL TAGLIO NON TRASCURABILE
 ... DOVUTA A f_{ct} PIU' ALTRI CONTRIBUTI
 FESSURAZIONE DA TAGLIO = ROTTURA ($V_o \approx 0,7 b d f_{ct}$)
 FESSURAZ. DA MOMENTO = PETTINE ($V_R < V_o$)

TRAVI CON STAFFE

FESSURAZIONE = TRALICCIO ($V_R > V_o$)
 ALTRI CONTRIBUTI ($\text{ctg } \theta > 1$)

62

TRAVE CON STAFFE



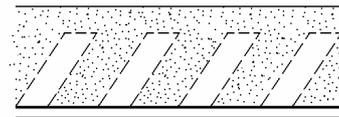
TRALICCIO AD INCLINAZIONE VARIABILE

$$V_{Rd} = 0,9 d a_s f_{yd} \text{ctg } \theta \quad 1,0 \leq \text{ctg } \theta \leq 2,5$$

$$\text{ctg } \theta = \sqrt{(1-\omega)/\omega} \quad \omega = a_s f_{yd} / b f_{cd}$$

63

ELEMENTI SENZA STAFFE



FORMULA EMPIRICA - FESSURE DA MOMENTO

$$V_{Rd} = [0,18 (1-\sqrt{200/d}) (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d$$

$$\rho_l = A_s / b_w d$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$$

64

ELEMENTI SENZA STAFFE

SENZA FESSURE ($\sigma_c < f_{ctd}$)

TENSIONE PRINCIPALE DI TRAZIONE

$$V_{Rd} \approx 0,7 b d \sqrt{(f_{ctd}^2 + \sigma_c f_{ctd})}$$

CON CAUTELA!

SOLO PER ELEMENTI IN C.A.P. IN SEMPLICE APPOGGIO

65

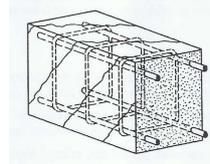
VERIFICA ALLA TORSIONE

TORSIONE DI CONGRUENZA

(SECONDARIA)

TORSIONE DI EQUILIBRIO

(PRINCIPALE)



DUE ORDINI D'ARMATURA

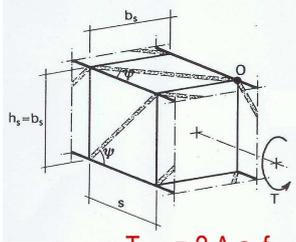
STAFFE TRASVERSALI

FERRI LONGITUDINALI

+ CALCESTRUZZO COMPRESSO

66

TRALICCIO SPAZIALE AD INCLINAZIONE VARIABILE



STAFFE $T_{Rsd} = 2 A a_s f_{yd} \operatorname{ctg} \theta$

FERRI LONGITUD. $T_{Rld} = 2 A a_l f_{yd} / \operatorname{ctg} \theta$

$$\operatorname{ctg} \theta = \sqrt{a_l/a_s} \quad a_l = A_l/u \quad a_s = A_s/s$$

67

INTERAZIONE M - T

COMBINAZIONE LINEARE
SULL'ARMATURA TESA

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} + \frac{T_{Ed}}{T_{Rld}} \leq 1$$

INTERAZIONE V - T

SOMMA DEI FLUSSI
SULLE STAFFE

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} + \frac{T_{Ed}}{T_{Rsd}} \leq 1$$

68

IMMAGINI TRATTE DA

G. TONIOLO, CEMENTO ARMATO: CALCOLO AGLI STATI LIMITE
VOLL. 2A - 2B (ZANICHELLI)

69