



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO: 906

DATA: 12/03/2014

A P P U N T I

STUDENTE: Urban

MATERIA: Costruzione di Strade Ferrovie e Aeroporti

Prof. Baglieri

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

**ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.**

DEFINIZIONI

• TERRE

CONTEN. D'ACQUA: $W = \frac{M_w}{M_s} \% = \frac{M - M_B}{M} \%$

INDICE DEI VUOTI: $e = \frac{V_v + V_w}{V_s}$

Porosità: $m = \frac{V_v + V_w}{V}$

PESSO SPECIFICO DEL VACUO: $\gamma_{sol} = \frac{M_g}{V_g}$

PESSO SPECIFICO APPARENTE: $\gamma = \frac{M}{V} = \frac{M_g + M_w}{V_g + V_w + V_v}$

DENSITA' SECCO: $\gamma_s = \frac{M_g}{V}$

• MIX BITUMINOSO

MASSA VOLUTICA: $MV = \frac{M}{V}$

su 3 campioni
 \rightarrow

MASSA A SECCO	M_D	$M_V = \frac{M_D}{M_w - M_{SSO}} \cdot \gamma_w$
MASSA IN ACQUA	M_w	
MASSA CARP. SALTATO A SUP. SECCA	M_{SSO}	

VVA: $VVA = \frac{V_A + V_{BE}}{V}$

VFA: $VFA = \frac{V_{BE}}{V_{BE} + V_A}$

γ_w : DENSITA' H₂O A 25°C
 H: FACT CORREZIONE ESPOS. BITUMI

MMVT: $MMVT = \frac{M}{V_G + V_{BE}}$

sullo scarto
 \rightarrow con PIGNORIMO

PIGNORIMO

MMVT: $MMVT = \frac{M_A}{(M_A + M_p) - (M_{p+g} + H)} \cdot \frac{\gamma_w(T)}{0,997}$

$\left\{ \begin{array}{l} M_A: \text{MIX} \\ M_{p+g}: P_c + M_p + M_{H_2O} \\ M_p: H_2O + P_c \end{array} \right.$

vol. vuoti: $V = 100 \left(1 - \frac{MV}{MMVT} \right)$

VVA: $VVA = V + \frac{\% B_{mix} \cdot MV}{\rho_{BITUME}}$

VFA: $VFA = \frac{VMA - V}{VMA}$

• AGGREGATI

MASSA SOL. ALIQUANTE: $MV_A = \frac{M_{SECCO}}{V_{VACUO, SECCO}}$

MASSA SOL. EFFETTIVA: $MV_B = \frac{M_s}{V_6} \rightarrow V_6 = V_{VACUO, SECCO} + V_{PERI SUPERFICIE}$

MASSA SOL. SALTATO A SUP. SECCO: $MV_{SSO} = \frac{M_{SSO}}{V_6}$

PERC. CASSAMENTO: $A = 100 \cdot \frac{M_{SSO} - M_s}{M_s}$

● CARTE DI CONTROLLO

SERVE PER DISTINGUERE LA VARIABILITÀ CAUSATA DA QUELLA SISTEMATICA

CRITERI

$$\begin{cases} UCL + 3\sigma \\ \dots + 2\sigma \\ \dots - \text{MEDIA} \\ \dots - 2\sigma \\ LCL - 3\sigma \end{cases}$$

CRITERI DI INTERVENTO

- 8 punti sopra/serie media
- sopra UCL/LCL

ERRORE SISTEMATICO

- \bar{X} VARIA
 - SALTO REPENTINO
 - TREND
 - ANDAR. IRREGOLARE
- σ VARIA

● ACCETTAZIONE: VERIFICA DI CONFORMITÀ DEL MATERIALE/LAVORAZIONE \bar{x}

LIMITI → $PWL = (P_u + P_l) - 100$

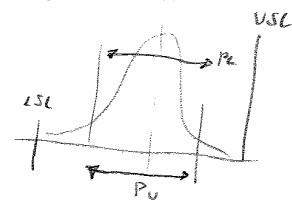
INDICAZIONE
GRADO DI CONFORMITÀ
ENTRARE I LIMITI

INDICI DI QUALITÀ

$$Q(u) = \frac{USL - \bar{x}}{\sigma}$$

$$Q(L) = \frac{\bar{x} - LSL}{\sigma}$$

→ P_u e P_l
CON TABELLA



PROCEDIMENTO ACCETTAZIONE

- I. CARATTERIZZAZIONE RANDOIA
- II. CALCOLO DI MEDIA E σ
- III. DETERMINAZIONE INDICI DI QUALITÀ Q
- IV. CALCOLO TAVOLE TABELLA P_u E P_l
- V. CALCOLO PWL

COSTI PATIENZO

- EVITA ASSESTAMENTI DEL MATERIALE IN ESERCIZIO
- MIGLIORA LE CARATT. MECCANICHE → AUMENTA RIGIDITÀ
- REDUCE L'INFLUENZA DELL'ACQUA → AUMENTA RESISTENZA

AVVIENE:

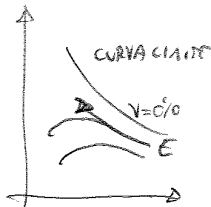
- ESPULSIONE ARIA
- MIGRAZ. ACQUA
- COMPRESS. ARIA INTERNA

→ INFLUENZIATO DA

- TIPO TERRENO
- CONTENUTO W
- EN. COSTIPAZIONE
- REGALITÀ
- SPESORE E RIGIDITÀ SUPPORTO

↳ NECESSITÀ DELLO STUDIO PROCTOR, VALUTA LA COMPATTABILITÀ DELLA TERRA

- DEFINISCE CONDIZIONI OTTIMALI (W_{OPT} , FORMA CAMPANA)
- STABILISCE I CRITERI DI CONTROLLO (γ_{SDMX})

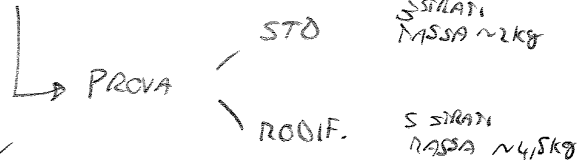
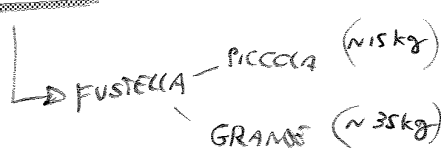


(A₀A₁) TERRA FINE LINGOSA. W_{OPT} ALTO, CAMPANA APPUNNITA

RE: (A₂B) SABBIA GROSSA - APPUNNITA, A RIVERA ALTEZZA
 W_{OPT} MEDIO ~ 10%

(A₁A) GNIAIA SABBOSA W_{OPT} BASSO, γ_{SDMX} ALTI, PIÙ APPUNNITA DI A₁B

PROVA PROCTOR: PROCEDURA Sperimentale NECESSARIA A INDIVIDUARE LA CURVA PROCTOR



PROCEDURA:

1. ESSICCO, DISSELEGO
2. VACUO AC 25mm
3. SECCO FUSTELLA
4. VALIA W DI N 2%
5. NATURO IN ARIA
6. PROVA

↳ 4 COMBINAZIONI POSSIBILI

↳ VALIA EN. COMPATTAZIONE

PROVA PROCTOR

• PROCEDURA SPERIMENTALE

2 STAMP,
 PICCOLO $d = 101,6 \text{ mm}$ (PER A₃ E FINI, SE P_{25mm} PASSA TUTTO AL 5mm)
 GRANDE $d = 152,4 \text{ mm}$
 $h = 116,4 \text{ mm}$

• 2 PROCEDURE

STANDARD : 3 SMATI
 MODIFICATO : 5 SMATI, PISTELLO PIU' BASSO E CARICA PIU' IN ALTO } CARICA L'ENERGIA DI COMPATTAZIONE

• PREPARAZIONE:

- i) ESSICCO A 50°C - DISGLEGO
- ii) VAGLIO A CIEVELLO 25mm (SE T > 35% NON SI PUO' PROSEGUIRE)
- iii) SCELGO 70A STAMPA PICCOLO E GRANDE
- iv) FORNO I SINGOLI CAMPIONI, CON W% VARIABILE DEL ±2%
- v) NATURAZIONE ALL'ARIA APERTA PER 12h

DALLA PROVA SI OTTENE LA CURVA PROCTOR SU DIAGRAMMA $\gamma_s - W$

CBR

METODO ENERGETICO DI VALUTAZIONE DELLA PORTANZA

EVSTELLA $d = 152,4 \text{ mm}$
 DISCO SPARTITORE $h = 61,3 \text{ mm}$

PREPARAZIONE:

- i) ESSICCAZIONE T=50°C - DISAGREGAZIONE
- ii) VAGLIO AL 25mm
- iii) UMOIDIFITO (W_{opt} SE RILEV, W_{max} SE ALMO)
- iv) INSERISCO DISCO SPARTITORE E COSTITUISCO IL MATERIALE IN STAMPA (PROCTOR)
- v) RA SATURA, ROVERSCHIAMENTO E RIRIDIZIONE DISCO

vi) STAMPA NELLA PRESSA

vii) SQUACCIAMENTO CON PISTONCINO

viii) APPLICO CARICO CON $V^0 = \text{cost}$

ix) LEGGO PRESSIONE AL 2,5, 5 mm (A 0,5, 1, 2,5, 2, 3, 4, 7, 9)

ACCA PLEVA \rightarrow

• CBR = MAX

$$\left(\frac{100 \cdot \frac{P_{2,5 \text{ mm}}}{P_{100 \text{ kg/cm}^2}}}{100 \cdot \frac{P_{5 \text{ mm}}}{P_{105 \text{ kg/cm}^2}}} \right) [\%]$$

• N.B. RICOSTRUISCO LA CURVA $p-s$
 TRASLANDO L'ASSE δ IN POSO
 DA ADDOLCIRE LA CURVA



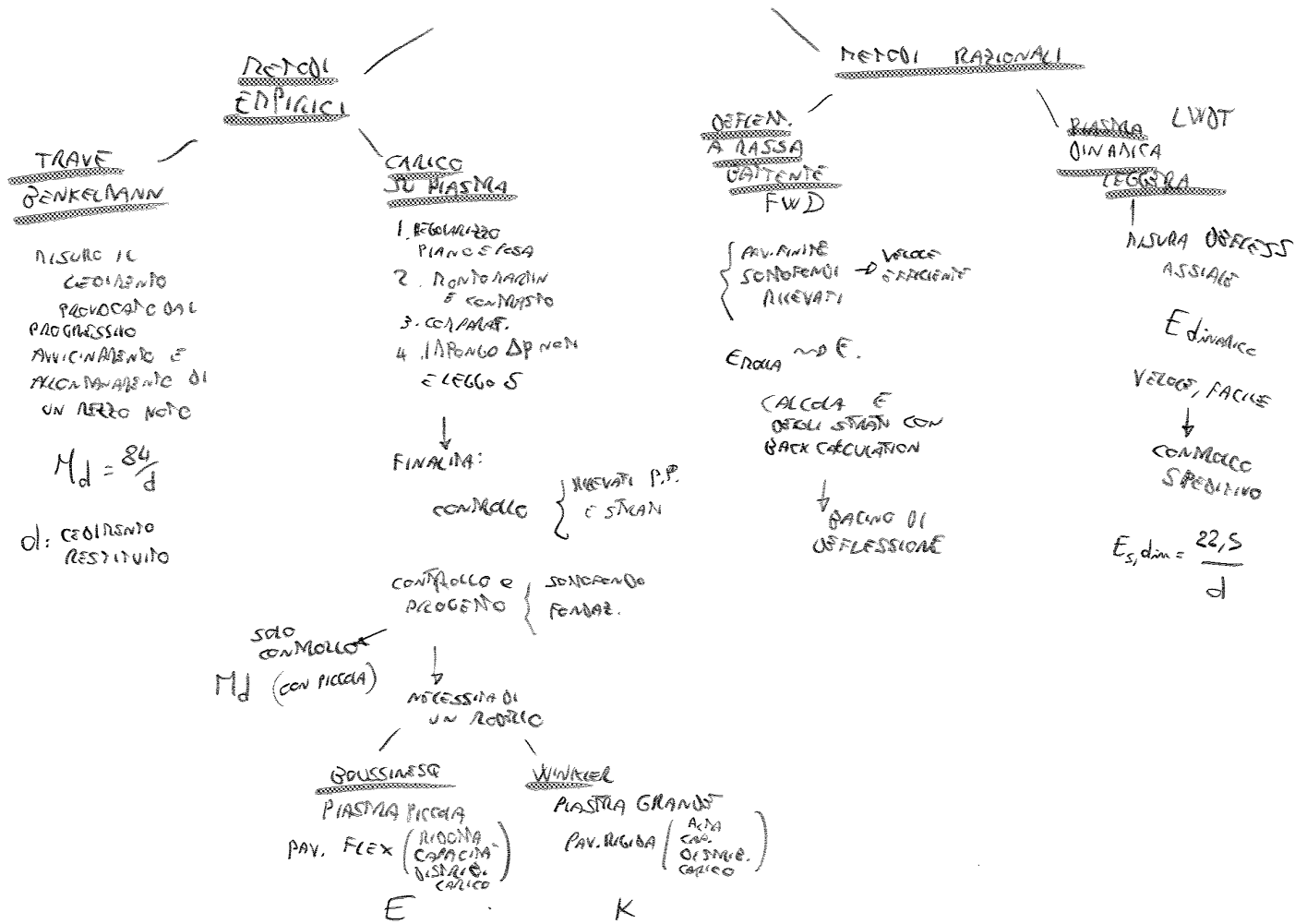
• CBR A SATURAZIONE

SI ESEGUE LA PROVA CON 49g DI INDENTAZIONE IN ACQUA

\rightarrow I VALORI MAX DI CBR SI OTTENGONO PER VALORI LEGGERMENTE INFERIORI ALLA $\gamma_{s, \text{MAX}}$ PICCOLA
 LO SFASAMENTO E' DOVUTO ALL'ARIA OCCUPATA NEI POREI

- PORTANTA: CARICO SPECIFICO (P) CHE PROVOCA UN AFFLESSO CEDIMENTO (S)
- CAP. PORTANTE: ABILITADINE A SOPPORTARLE, SENZA CEDIMENTI INDEBITI, LE SOLLECITAZIONI

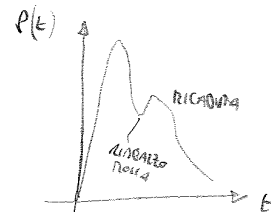
SI MISURA IN SITU



● FWD: $E_{pot} = E_{realla} \quad \rightarrow \quad K \cdot L \cdot x$

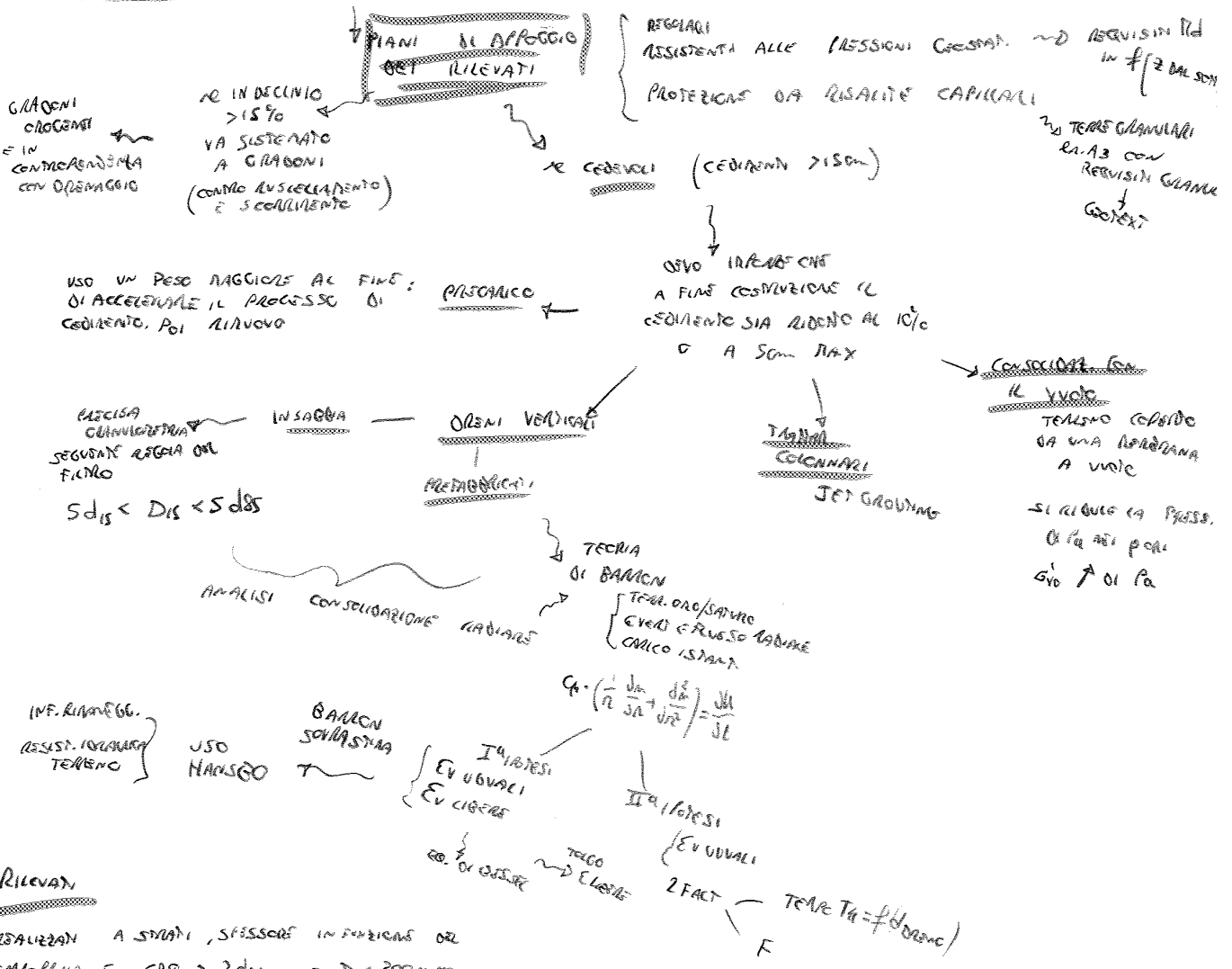
$$Mgh = \frac{1}{2} k x^2 \quad ; \quad x = \sqrt{\frac{2Mgh}{k}}$$

$$P_{max} = k \cdot x = \sqrt{2Mghk} = p_{max} \pi a^2$$



II. COSTRUZIONE DEL CORPO STRUTTURALE

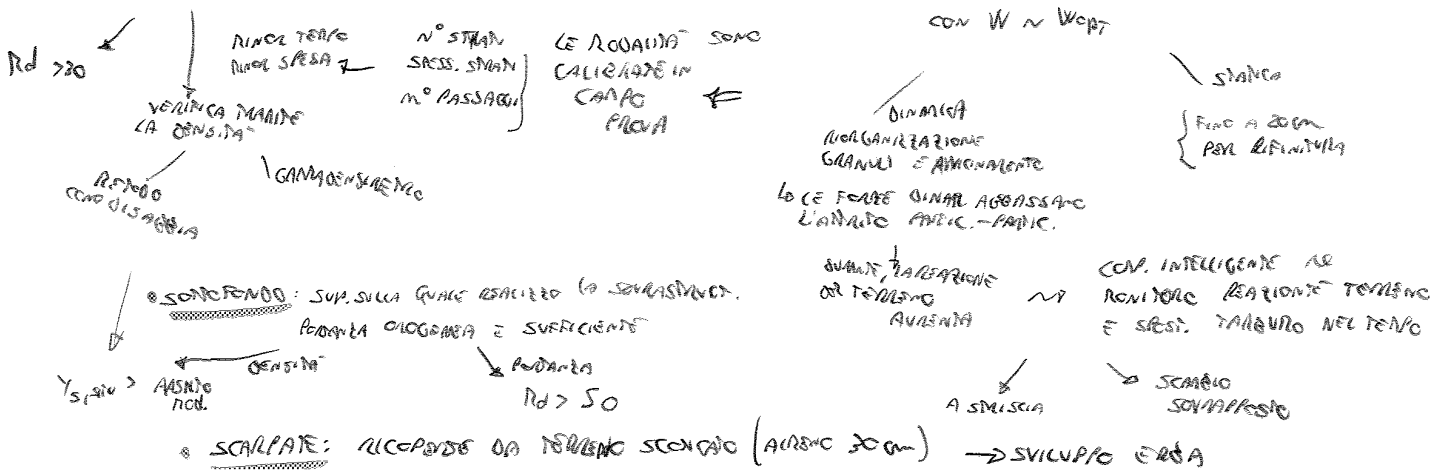
- i. PICCHIAMENTO, TRACCIAMENTO
- ii. SPACCHIAMENTO GENERALE → TAGLI ALBERI, ARBUSTI E CESPUGLI. ESTIRPATIONE RADICI E CEPPE
- iii. SCOTCIAMENTO: ASPORTAZIONE DEI PRIMI CM (NSO) DI TERRENO VEGETALE, CONSERVATO PER IL RICOPRIMENTO DELLE SCALPATE
- iv. SCANCIAMENTO: APERTURA SEDE STRADALE, SCAVO AZI I CASSONEMI, BONIFICA P.d.P., SPALAMENTO



Rilevan

- ADAZZAZZAN A STRADI, SPESORE IN FUNZIONE DEL CARICO PLOVA E CIR > 2dmax E D < 300mm
- A PIANI INCLINATI
- STRADI VERIFICATI DOPO LA SPESA

COMPANAZIONE: PER ONDEMP I REQUISITI DI PORTANZA E DENSITA' CON W N Wcsp



CALCOLO CEDIMENTO RESIDUO

DA CAPITOLO, A FINE COSTRUZIONE DEVE ESSERE:

$$\begin{cases} S_{RES} < 10\% S \\ S_{RES} < 5 \text{ cm} \end{cases}$$

↓ STIMA CEDIMENTO RESIDUO
AL TERMINE DEI LAVORI

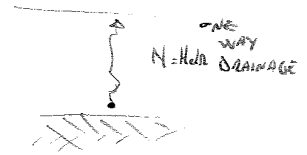
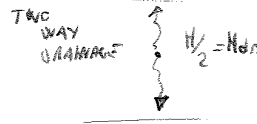
CI RIFARIAMO AL CALCOLO DEL GRADO DI CONSOLIDAZIONE DEL SO

$$U_m = \frac{S(E)}{S_c} \leq 1$$

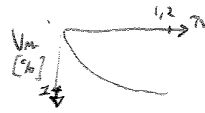
↳ con $U_m = f(T_v)$

DA CUI TIME FACTOR: $T_v = \frac{c_v \cdot t}{H_{dr}^2}$

c_v : COEFF. CONSOLIDAZIONE
 t : TEMPO TRA INIZIO CONSOLIDAZIONE E FINE LAVORI



1. STIMO T_v , DA T_v RICOVO U_m



2. $S_{RES} = S - S_i - U_m \cdot S_c$

DRENI VERTICALI

LA CONDIZIONE È RADIALE

COEFF. DI CONSOLIDAZIONE PER FLUSSO RADIALE

TEORIA DI BARCELON
 TERR. OMOGENEO E SATURO
 c_x e k_x COSTANTI
 È SOLOLENTICALE E FLUSSO RADIALE
 CARICO INSTANTANEO

$$c_h = \left(\frac{1}{\alpha} \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{\partial^2 u}{\partial r^2} \right) = \frac{\partial u}{\partial t}$$

2 IPOTESI SULLE E_v
 E_v UGUALI
 E_v LIBERE: CARICO UNIFORME NELLA
 TRAVE CON EQ. PRESS. → PIÙ DIFFICILE
 → RITORNO 2 IPOTESI DI E_v LIBERE

\bar{u} : PRESS. MEDIA H_2O

U_m : GRADO DI CONSOLIDAZIONE

↓ BARCELON
 SOTTOSTIMA EFFICIENZA

$$f(T_v, F) \rightarrow f(d_w, d_e)$$

PASSO AD HANSGO
 INFLUENZA ALTERNANZA
 RESIST. IDRAULICA DEL TERRENO

● ESCAVATORE

SCAVO E CARICO

↓ CINGOLI ↓ COMATI (+ AGILI)

DA USARE IN POSIZIONI ONNATE
↳ SOPRA DUNE

CAPACITÀ HEAD O SMUCK

CARICO DI RIBALTAMENTO (TC)

→ $Q = 0,75 TC$

CAPACITÀ IDRAULICA DI SOLLEVAMENTO (CI) → $Q = 0,87 CI$

f (POSIZIONE)



min → CAPACITÀ NOMINALE DI SOLLEVAMENTO
f (POSIZIONE)

+ SLIAMENTO
↳ TRASCINAMENTO

+ $E_c = E_{CB} + E_f$

↓ CICLO BASE ↓ CORREZIONI
MIN. PROF. SCAVO
ANGOLO
DISTRIBUZIONE

VERIFICO

● NOTOLIVELLAMICE

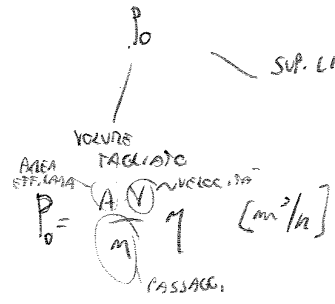
FINIT. SCARPA
LINEA
PREPAR. SITI CANTIERE
SPANDIMENTO
RESALINIFICAZIONE

SCAVO
↳ TRASPORTO

→ NOLTE VELOC, PAVIMENTI DI 600m o 8km

→ LATA ORIENTABILE COMPLETAMENTE E PRECISA

▷ DETALIO
RIGIDO
ADJUSTATO : AUMENTA LA MANOVABILITÀ, MINOR R. RAGGIO DI CURVATURA



SUP. LIVELLATA
 $P_0 = V(L_c - l_0) \cdot 10^3 \eta$
ERRATALE - OVERLAP

$\eta = \frac{f}{\text{Distanza}}$
 $L = \frac{D}{V \eta} \text{ m} : \text{TEMPO DI LAVORO}$

● GRUPPI / AUTOCARRI

→ SECON IN FUNZIONE DELL'ESCAVATORE / PATA

NO CACCIA SU STRADA SU STRADA

$N_{GRUPP} = \frac{P_{CACCIA}}{P_{GRUPP}}$

$Q_c = Q_n \cdot f$

$E_c = E_{fisso} + E_{var.}$
Mancata

SOLLEVARE PER CORSO IN MARE A UGUALE RESISTENZA TOTALE
↳ DA ABACHI TRAVO MAX A PESO COLLO CANTO

● RULLI

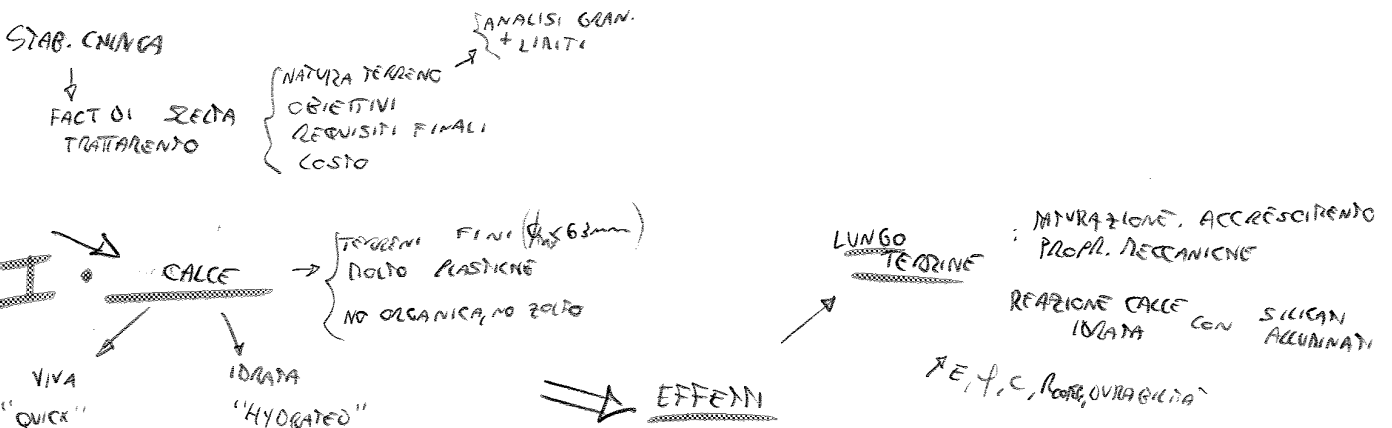
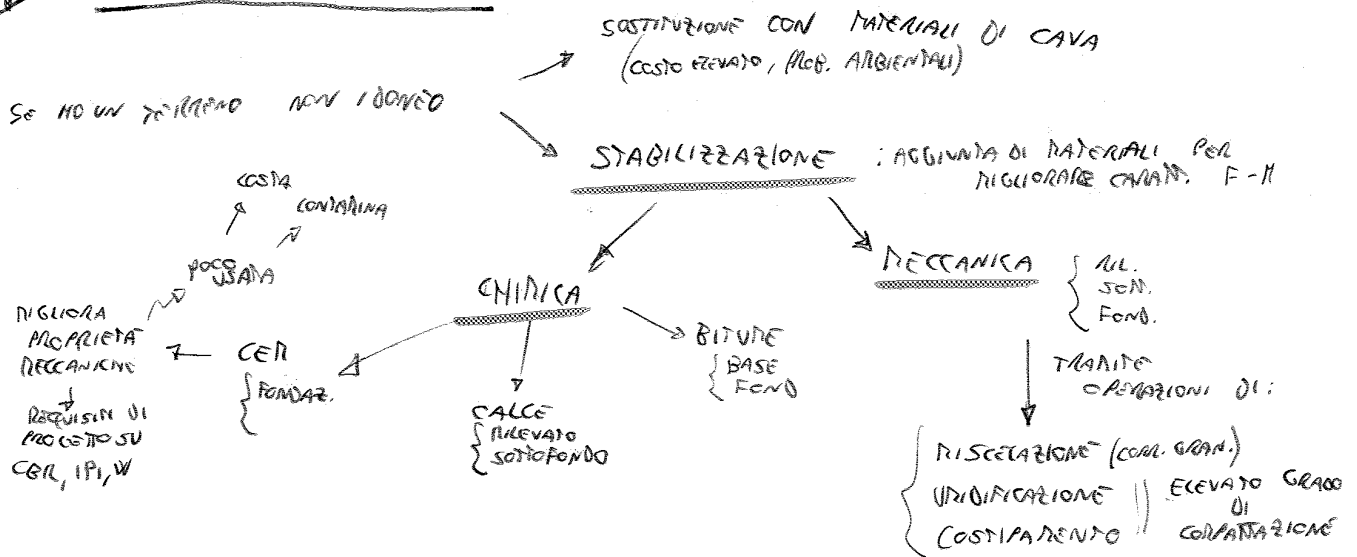
FORMAZIONE
REGOLAZIONE
COMPACTAMENTO

LISCI : PROCESSIONE RIDOTTA, SOLO PER AFFINIZIONE SUPERFICIALE
LISCI VIBRANTI : MIGLIORI RISULTATI
PIEDI RONTONE : PER ACCONSARE MATERIALI AD ALTA COESIONE
COMATI : PESANTI E CON 4/5 RUOTE (o 3/4), SU MATERIALI PIENSI POCO SPESSE
COSTIP. f (PES/QUOTE)

$P_0 = \frac{L \cdot V \cdot H}{P} \eta$

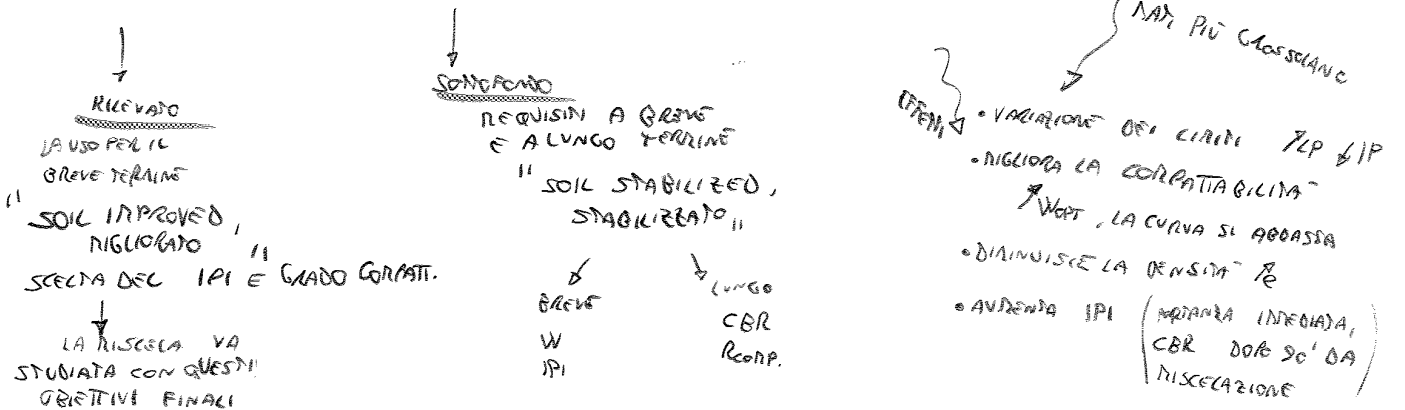
P : PASSATE L : LUNGHERA H : SPESORE
 $\eta \rightarrow \text{DIVERSI} \rightarrow 0,75$

V. STABILIZZAZIONE TERRE



PROGETTO:

1. ACCERTAMENTO IDONEITA' TERRE
2. SELEZIONE CALCE
3. STUDIO MISCELA → DOSAGGIO OPT

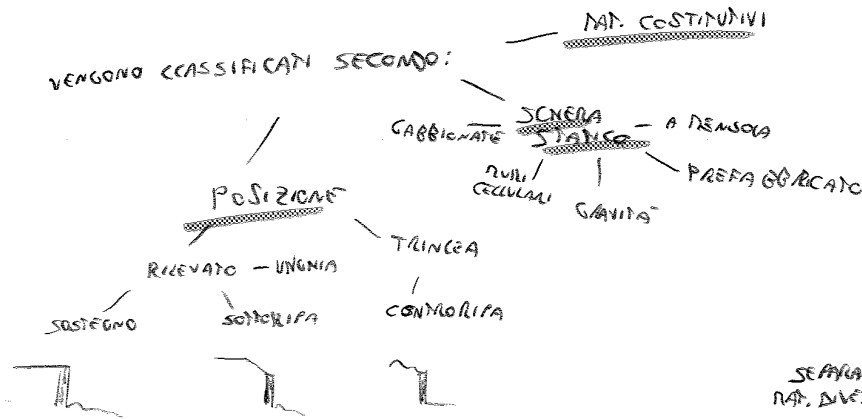


REALIZZAZIONE:

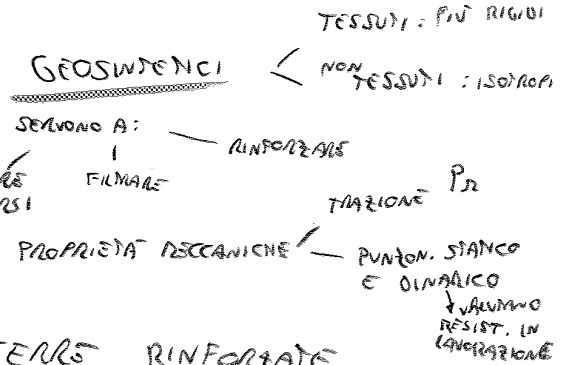
1. SPANDIMENTO RIPOSCO
2. SPANDIMENTO CALCE E ACQUA
3. MISCELAZIONE BREVILIZZAZIONE
4. COMPATTAZIONE
5. MATURAZIONE

VII. MURI DI SOSTEGNO

VENGONO CLASSIFICATI SECONDO:



SERVONO A DIMINUIRE L'INGOMBRO STRADALE IN CASO DI DISLIVELLI ECESSIVI



I. TERRE ARMATE

CONTENIMENTO DI RILEVANI E ALTRO AMMASSO RINFORZI METALLICI

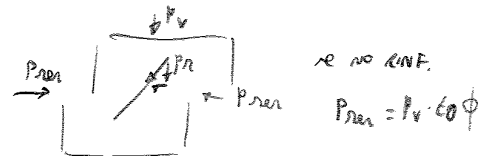
IL TERRENO DI RIFERIMENTO COSTITUISCE L'OPERA STESSA

IL RINFORZO AVVIENE AMMASSO L'ATTIVO TRA AZIANDITA' E TERRENO

II. TERRE RINFORZATE

AMASSO DI TERRENO RESO SOLIDALE CON ELEMENTI DI RINFORZO COE GEOSINTETICI

TERRENO RINFORZATO A_1 E A_2



con RINFORZO $P_{vd2} = P_{vd1} \cdot \tan \alpha + (P_v + P_{vd1} \cdot \tan \alpha) \cdot \tan \phi$

LA RESISTENZA DEL RINFORZO RESISTE DI:

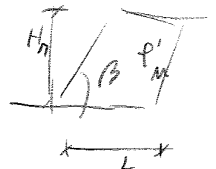
- LAVORAZIONE
- CREEP
- DEGRADO

VERIFICA LUNGHEZZA RINFORZO

AZIONI DI RESISTENZA TRA RINF. E GROUND

PROGETTO TRAMITE ABACCHI E METODI SEMPLIFICATI

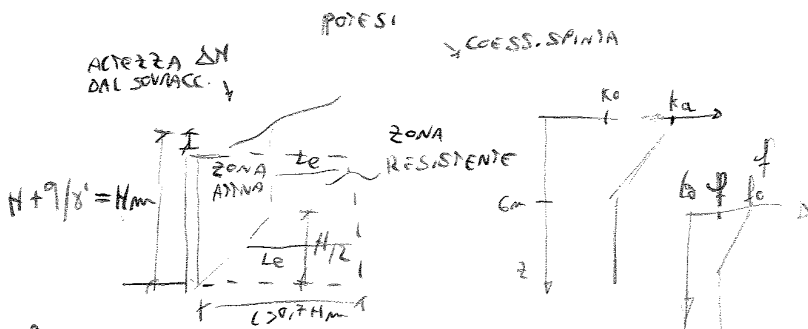
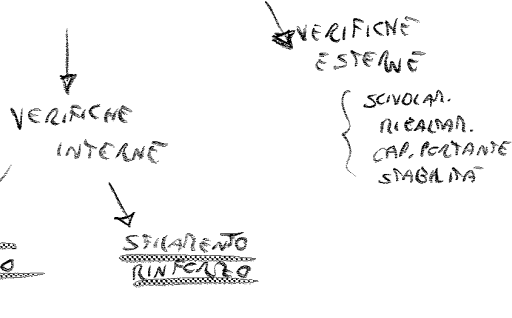
NOTO $\beta, p', m \rightarrow$ CALCOLO K_0 L/H_n



1. LUNGHEZZA RINFORZO L

2. SPAZIATURA E.C. $S = \frac{P_R}{K \cdot z + q}$

↓ VARIABILE

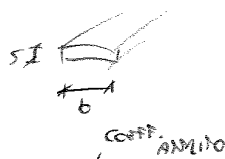


STIRAPPO

$$T_{max} = K \cdot \gamma \cdot z \cdot \text{AREA PARABOLLO}$$

$$T_{max} < \frac{S_{adm} \cdot A_s}{\gamma_F} \cdot A_s$$

CONDANDO -1mm OSSIDAZIONE -1mm



STIRAZIONE

$$T = K \cdot \gamma \cdot z \cdot \Delta N \cdot \Delta V = 2 \cdot L_e \cdot (b - b_s) \cdot \gamma \cdot z \cdot f(z)$$

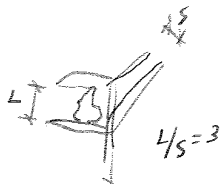
$L_e = \dots$

⇒ CALCOLO L_e, b, s

QUALIFICAZIONE GEOMETRICA

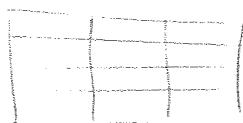
- INDICE DI FORRA : VALUTATO CON UN CALIBRO.

M_1 DEL CAMPIONE. VALUTO E CALCOLO LA MASSA DI CAMPIONI M_2 CHE PASSA NEL CALIBRO IN S



$$SI = 100 \cdot \frac{M_2}{M_1} \quad (\text{10 NZ SCARICAMENTO CUBICI, TUNNI PASSANO})$$

- INDICE DI APPIANIMENTO : AGGREGATO SUDDIVISO IN CLASSI DIMENSIONALI, DA 63/80mm, E OGNIUNA DI ESSA VIENE VAGLIATA IN STACCIO A BARILE



M_2 : SOMMA DELLE MASSE PASSANTI AI VARI STACCI

M_1 : MASSA TOTALE DELLE CLASSI

$$F_1 = 100 \cdot \frac{M_2}{M_1}$$

QUALIFICAZIONE MECCANICA

4 PROVE: LA, DEVAL, SIMULAZIONE + SKID, LA_{H2O}

- RESIST. ALLA FRANTUMINAZIONE : SI VALUTA TRAMITE LA PROVA LOS ANGELES

AGGREGATI IN UN TAMBURO, CON SFERE RETACOLICHE (CERCA ABRASIVA) E SEMI. DOPO 5000 GIRI VALUTO :

$M_{1,60}$: MASSA DI MATERIALE TRATTENUTO AL 1,6 mm

$$LA = 100 \cdot \frac{M_0 - M_{1,60}}{M_0}$$

M_0 : MASSA INIZIALE (Skg)

SE LA ALTO, LA RESISTENZA E' MOLTO BASSA

- RESIST. ALL'USURA : SI VALUTA ATTRAVERSO LA PROVA CON LICRO DEVAL

CAMPIONE IN TAMBURO INSIEME. CARICA ABRASIVA E H₂O CHE AALGAMA IL TUMBO. DOPO 12000 GIRI SI HA:

$M_{1,60}$: MASSA TRATTENUTA AL 1,6mm

$$M_{DE} = 100 \cdot \frac{M_0 - M_{1,60}}{M_0}$$

- SENSIBILITA' AL GELCO : SI VALUTA CON LA PROVA LOS ANGELES, DOPO UN TEST LA NOMACE SI SOTTOBONE IL MATERIALE A UN'ULTERIORE PROVA LOS ANGELES A CUI SI

$$\Delta LA = 100 \cdot \frac{LA_2 - LA_1}{LA_1}$$

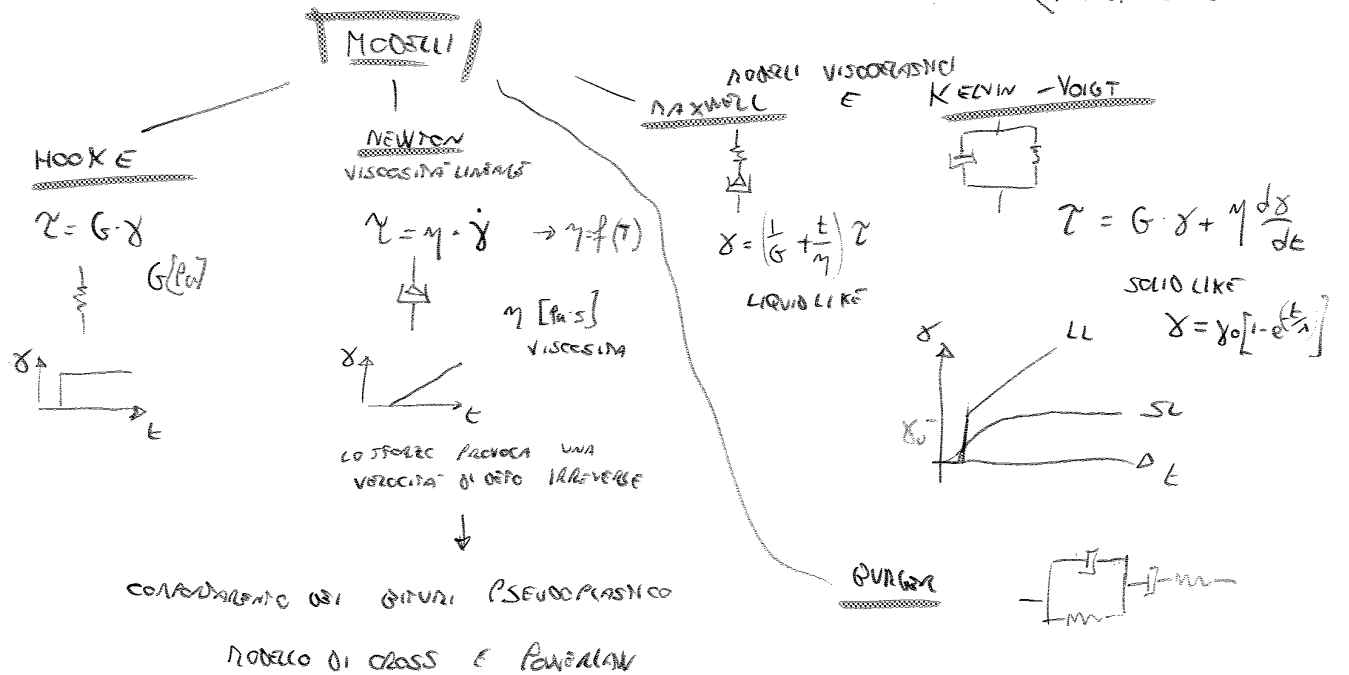
AGGIUNGO 10 CICLI DI GELCO/DISGELCO (-17,5 ÷ 20°C)

LA_2 : POSTICILLO GELCO-DISGELCO

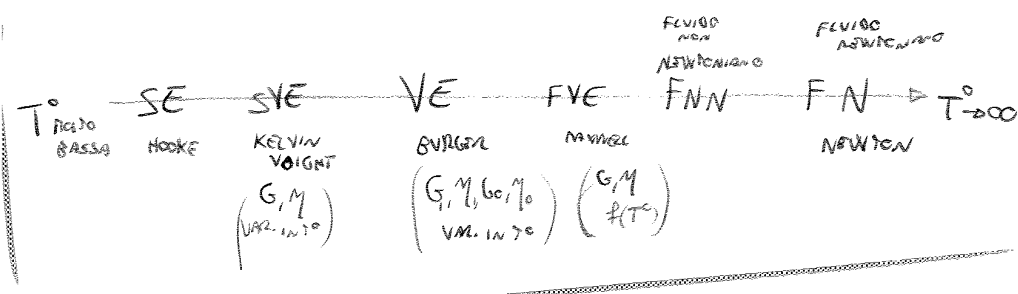
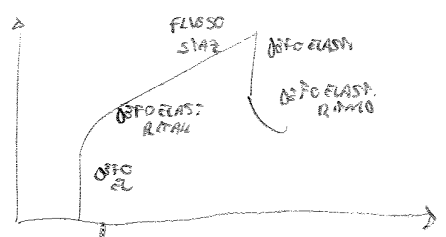
LA_1 : SULL'ORIGINALE

su 15% RIVOLUZIONE (SE LA DOPO GELCO

● REOLOGIA, GIUNTI MATERIALI VISCOELASTICI IL CUI COMPORTAMENTO È \neq $\left. \begin{array}{l} T \\ E \text{ DI CARICO} \\ \text{(INVECCHIAMENTO)} \end{array} \right\}$



$$\gamma = \left(\frac{1}{G_0} + \frac{t-t_0}{\eta_0} \right) \dot{\tau} + \frac{\tau}{G_1} \left(1 - e^{-\frac{t-t_0}{\lambda_1}} \right)$$



PROVE REOLOGICHE

REGIME CONTINUO o SINUSOID.
DI TAGLIO
OSR
 DYNAMIC SHEAR RHEOMETER

PIANO-PIANO

$$\gamma = \frac{\varphi \cdot R}{h}$$

$$\gamma = f(R)$$

PIATTO-CONCO (OBL. θ)

$$\gamma = \frac{\varphi}{\theta}$$

$$h = r \tan \theta$$

NON VA BENE PER I RIGHEGGI

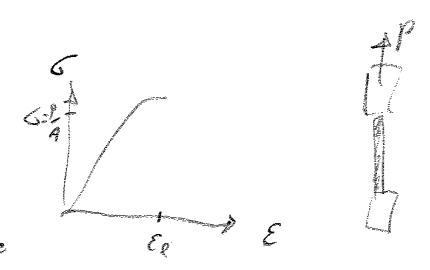
A TEMPERATURE MEDIO/ALTE
 $10 < T_c < 65^\circ C$

FLESSIONALE
GBR
 GEOMETRIA ROTONDA
 REGIME CONTINUO
 IL COMPONE A MASSIMO SUBIESTE UNA DEPRESSIONE $\ln(t)$

$\rightarrow S(E)$
 A T° BASSE
 -30° A $-5^\circ C$

$$S = \frac{PL^2}{4bn^3 \delta(t)}$$

TIRAZIONE
DTT
 A REGIME CONTINUO



CONDIZIONI DIFFERENTI A SECONDA DEL TIPO DI MATERIALE
 \downarrow FRAGILE
 \downarrow DUTTILE

INVECCHIAMENTO: PROCESSI DI ALTERAZIONE CHIMICO-FISICO DEI BITUMI DOVUTI ALLE ALTE T°

BREVE TERMINE
 FASI DI MISCELAZIONE E COSTITUZIONE
 volatilizzazione
 ossidazione
 acilizzazione

LUNGO TERMINE
 VITA DI SERVIZIO
 { ossidazione
 polimerizzazione

EFFETTI
 \rightarrow INCREMENTO DI E
 \rightarrow AUMENTO DEL GRADO DI ELASTICITA'
 \rightarrow DIVENTA "FRAGILE"

\downarrow
RTFOT
 FOLIO FISSANTE CON RUOTA
 FORZA CARICONE, CON GESTIONE MANIA

PAV
 BITUME IMPIANTO IN UN CONTENITORE AD ALTA PRESSIONE E ALTA T°
 SIMULA L'INVECCHIAMENTO DOPO 7-10 ANNI

METODI EVOLUTI

LIMITI SUPERPAVE

→ COL MODIFICATI NON SEMPRE È EFFICACE

→ SI AGGIUNGONO METODI EVOLUTI SU

ORDALANENIO

AL DSR A $T_{MAX} = COST$

CICLI RIPETUTI DI CASER-RECOVERY A DIVERSE TENSIONI

CASER → RECOVERY IN → SA × 10

$\frac{OSTROTA}{TENSIAS} = J_{m,r}$: INDICE PRESTAZIONALE

$J_{m,r,1}$ e $J_{m,r,2}$

FANCA

TIME SWEEP TEST

DSR A $T = COST$, SINUSOIDALE FINO A ROTTURA

ACCUMULO RICORDARI FINO A ROTTURA G^* VA A DIMINUIRE

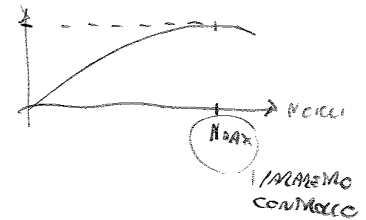
INTERPRETAZIONE CON APPROCCIO ENERGETICO

$$DER = \frac{\sum_{i=1}^N W_{d,i}}{W_{m,i}}$$

CURVIA DISSIPATED ENERGY RATIO
LESIONE

DER = N NON SI DANNEGGIA
DER ≠ N NO DANNO

DER

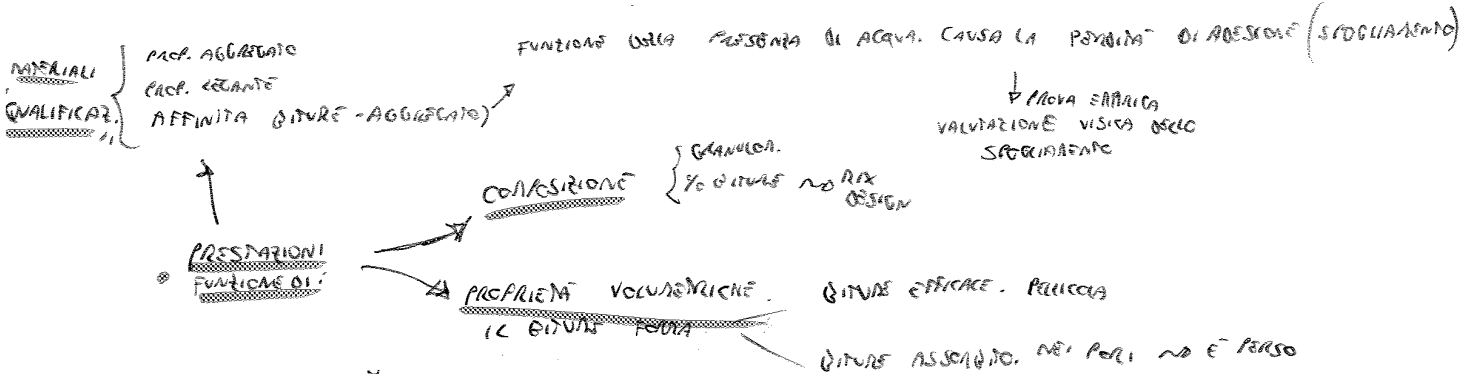


IL MATERIALE È STRESSATO FINO A ROTTURA.

LA PROVA È PIÙ RAPPRESENTATIVA

XII. MIX BITUMINOSI

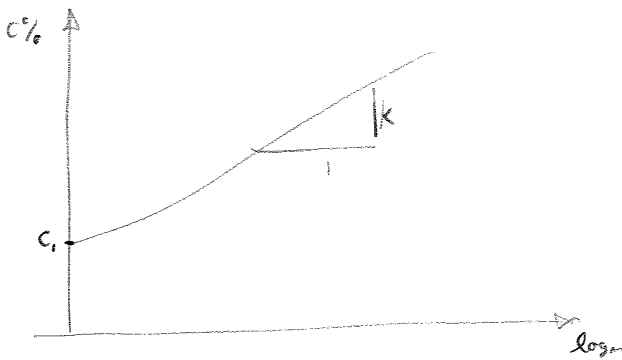
COSTITUENTI DA :
 - FASE SOLIDA
 - LEGANTE BITUMINOSO + FILLER → COESIONE MOLECOLARI
 - ARIA



MSSA VONA. MV → M SECCA / M ACQUA / M SSO
 VOLUM. VVON
 VRA → TIPO V NA AGGIUNGO VEFF. MARENS IN LUCE L'ADRES-SAL. OSGLI AGGIUSTAN
 VFA → $\frac{VEFF.}{VVONPER.}$ → f (CARICO DI COMPANAZIONE)
 MVT → MAX DENSITA' AGGUA + VEFF. MA NON DIPENDE DALLA CAP. MA PICO METRICO

COMPANAZIONE: FORNISCE LE CARAN. IDONEE
 ↓ DEV'ESSERE LAVAGNABILE
 PROPRIETÀ RISGELA → FUNZIONE DI T₀ → NEZZI SPASS. SINTATO
 NO CO. DIFFEREN ASSIC. ADEG. CARAN. NECCANICHE GARANTISCE IMPERMEABILITA' NO CASSIOAR.

⇒ LA SI CARANERAZZA IN LAG



MARSHALL
 STABO CLIMATICO
 MIGLIO GAMBONN' SOCCUPILATO
 ↓ NON SI AVLA COMPANAZIONE (ASSENZA REORGANIZZAZIONE)
 PRESSA BITUMINOSA
 DIVERSE FUNZIONI
 PROVINC INCLINATE (S E L)
 ↓
 MISURA ALTEZZA PROVINC AD OGNI GIRO
 RETE DI LAVAGNABILITA' →

$$C\% = 100 (1 - v)$$

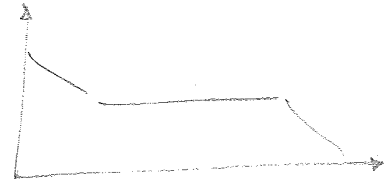
AUTOSORSSIONE: $C_1 = C\% (M \geq 1)$

$$k = \frac{\Delta C}{\Delta \log(m)} = \text{LAVAGNABILITA'}$$

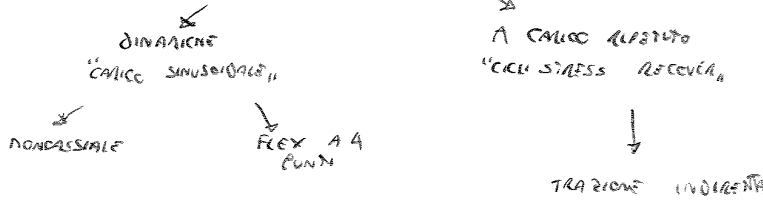
$$C(m) = C_1 + k \log(N)$$

RIGIDEZZA

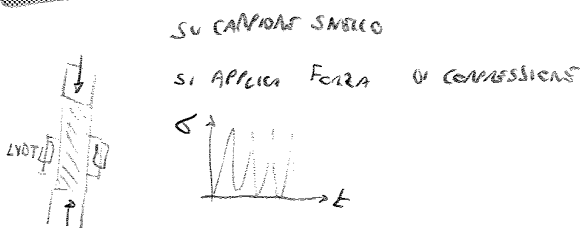
f
 $\left\{ \begin{array}{l} T^0 \\ \omega \text{ e } \epsilon_{carico} \\ \text{STAT. TENSIONAG} \\ \text{INIECUNAMIDIO} \end{array} \right.$



PROVE DI CARATTERIZZAZIONE

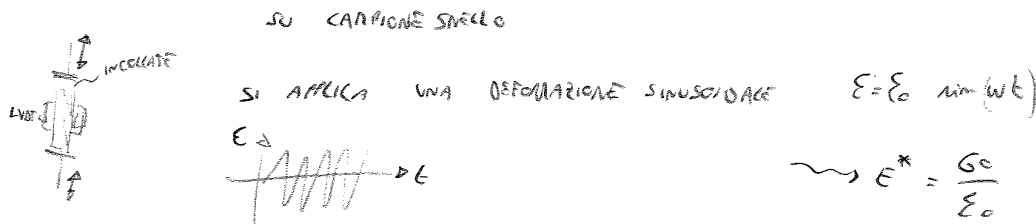


PROVA DINAMICA NONDRESSALE ASTM



$$\rightsquigarrow E^* = \frac{G_0}{\epsilon_0}$$

PROVA DINAMICA DRESSALE EN



$$\rightsquigarrow E^* = \frac{G_0}{\epsilon_0}$$

PROVA DINAMICA DI FLESSIONE SU QUATTRO PUNTI

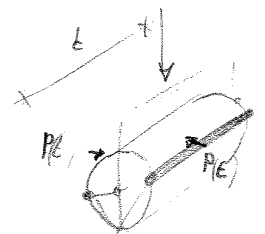
$$\rightsquigarrow E^* = \frac{23 PL^3}{108 bh^3 \delta}$$

PROVA A CARICO RIPETUTO DI TRAZIONE INVERTITA

SU CAMPIONE CILINDRICO CALICATO DIASIMMETRICO, LVDT IN TESTA
DAL RISULTATO FLESSIONE RICAVARE UNA PSEUDO FREQUENZA



$$\rightsquigarrow \text{MODULO DI RIGIDEZZA} : S_m = \frac{P}{\Delta r_2} (0.277 + \nu)$$



Δr_2 : SPOSTAMENTO REVERSIBILE (REVERSIBILE)

CURVE MAESTRE : REGISTRARE PIU' PUNTI, VARIANDO $E, \omega/T^0$, CARICO CORE PER I CILINDRI



OSSE CURVE MAESTRE

LA CURVA NON PRESENTA ASIMMETRIA OBLIQUA PER VIA DELLO SCHELETTO LITICO

RESIST. A TRAZIONE INDIRETTA → PER RILASCIARE UN PARAMETRO DI RES. A ROTTURA

USATA PER { CONTROLLO IN DIX DESIGN E COSTRUZ.
RESIST. A TRAZIONE A BASSE T°
OVVERO ACCIAIO

FORNITO IN CASSICIMA NOMOTONA
IN CONTROLLO (EFG (j = COST))

$$R.T.I = G_T = \frac{2 \cdot P}{\pi d t} \quad \text{IN CAMP. CILINDRICO}$$

- OVVERO ALL'ALTEVA: 6 CAMPIONI

3 NON
CONDIZIONATI
RTI

3 SATURATI
IN H₂O
RTI₂

$$\rightarrow ITS_R = \frac{RT_{I2}}{RT_{I1}}$$

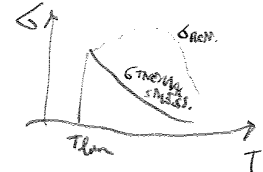
RESIST. A ROTTURA TERZICA . CAMPIONI IN CERTA RESISTANZA E BLOCCATI AGLI ESTREMI (INCOLLATI)

INFERNO GRADIENTE
TENZIONICO DI
RAFFICENDIMENTO

→ MONITORO LO STATO
DI COAGIONE A TRAZIONE
NEL CAMPIONE

EFFETTO PER QUANTO
ALTO DI RESISTANZA INDICATA
A DIVERGENT

→ G_{MAX} A DIVERG
T_C



LA DIMENSIONE PIU' CHE CURVE E' LA RISERVA DI RESISTENZA
A T_{lim} NO ROTTURA QUANTO ALLE TENSIONI DI COAGIONE

MIX DESIGN MARSHALL

I) DEFINISCO LA GRANULOMETRIA DEGLI AGGREGATI
 ESSA DEVE RISPETTARE DETERMINATI LIMITI, FUSI GRANULOMETRICI IN FUNZ. AL TIPO D'USO
 COMBINATE IN MODO DA CREARE IL MINIMO SCARTO DALLA CURVA MEDIA AL FUSO

II) STIRO LA %B DI PRIMO TENTATIVO CON FORMULA DI DURIEZ

$$%B = \bar{k} \sum \epsilon^{1/5}$$

K: INDICE DI RICCHEZZA (4 ÷ 3)

ε: IN FUNZIONE DELLE % DI CLASSI GRANULOMETRICHE

LIMITI DI %B: $4,8\% \leq \%B \leq 5,8\%$

III) CONFEZIONO ~~5 MISCELE~~ DIFFERENTI AVENDO LA STESSA CURVA GRANULOMETRICA MA CON CINQUE PERCENTUALI DI BITUME DIVERSI

$$\%B+1 \quad \%B+0,5 \quad \%B \quad \%B-0,5 \quad \%B-1$$

REALIZZO 4 CARICHI PER RISCALA, 20 IN TUTTO, E LI COSTIPRO → COMPAT. MARSHALL
 SOCCOLI PER RACCIA
 NON SI FA COMPARAZIONE IN OPERA

IV) SOTTOPONGO I CAMPIONI ALLA PROVA MARSHALL

PROVA: VALUTAZIONE DELLA STABILITÀ E DELLO SCORRIENTO TRAMITE DUE GUANESSE CON MARSHALL "VELOCITÀ" DI AVVICINAMENTO COSTANTE. CARICHI CONDIZIONATI A 60°C

V) MEDIANTE I VALORI DI MV, MMVT, PESATA IORISTANCA E PICNOMETRICO, OTTIAMO V

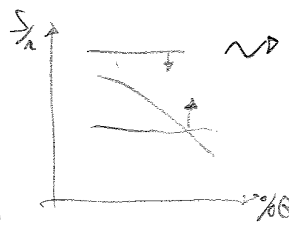
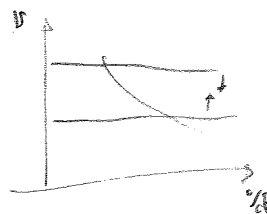
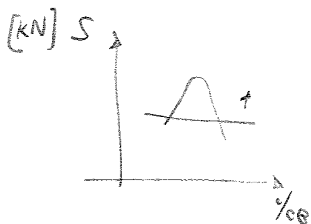
$$V = \left(1 - \frac{MV}{MMVT}\right) \cdot 100 \quad \rightsquigarrow \quad V \text{ DEVE SODDISFARE I LIMITI CIRCA}$$

VI) CALCOLO I VALORI MEDI DI S, s, R DI OGNI RISCALA

- i) CONSEGNO I VALORI DI S PER $h > 63,5 \text{ mm}$
- ii) SCARTO LE ALTEZZE COMPRESSE $60,5 < h < 66,5 \text{ mm}$
- iii) MEDIO S E SCARTO LE PIAQUE AVANTI S CON SCARTO SUPERIORE AL ±15%
- STESSA COSA PER s, SCARDANDO PERÒ LE PIAQUE CON SCARTO SUPERIORE AL ±20%
- iv) CALCOLO \bar{S} , \bar{s} SUI CARICHI RIMASTI E DETERMINO LE RIGIOMETRE $R = \frac{S}{s}$

s [mm]

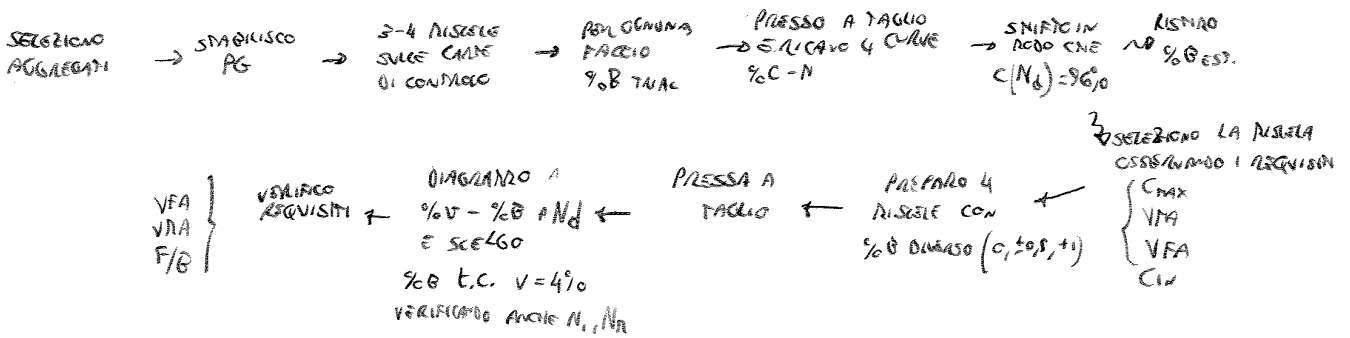
S [KN]



S DEVE SODDISFARE VALORI LIMITI DI MINIMO

R DEVE RISPETTARE DEI RANGE

- vi) LA SELEZIONE DELLA CURVA CARATTER. AVVIENE SULLA BASE DEI REQUISITI DI %C AN, Nd, Nr ORE LO SHIFTING.
 INOLTRE AGGIUNGO UN REQUISITO SU VMA, RIFERITO ALLE COND. DI RIFERIMENTO E SCELTO A PARTIRE DA QUELLO OTRA MISCELA DI TENTATIVO
- vii) SI PREPARANO LE RESECE DIVERSE VARIANDO DEL 0,25% LA QUANTITA' DI BITUMI DI QUALI SCELTA
- viii) DIAGRAMMO I RISULTATI OBTENUTI A Nd E DETERMINO %b CON LI SPANDENDO A $v(Nd) = 4\%$ E VERIFICO GLI ALTRI REQUISITI (VFA, VMA, F/B)



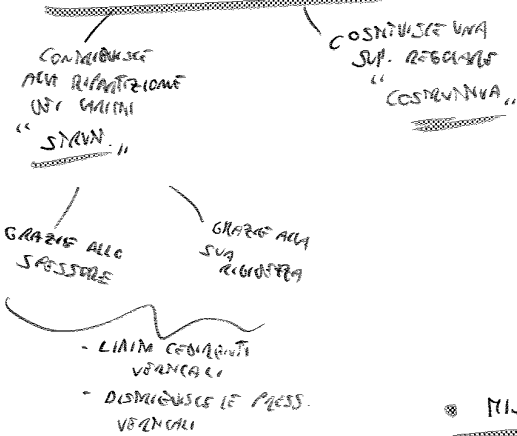
● MIX DESIGN CIRS

SI ISPIRA AL SUPERAVE VARIANDO I LIMITI E COORDINANDO REQUISITI VOLVASTMICI CON ALCUNI MECCANICI

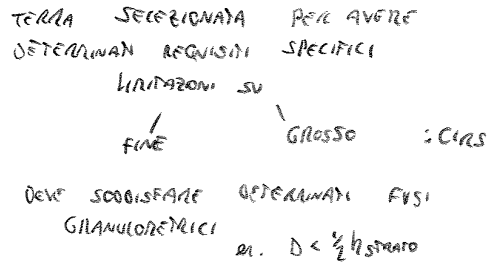


XIII . MISTI GRANULARI E MISTI CEMENTATI

● STATO DI FONDAZIONE



● MISTO GRANULARE



● MISTI CEMENTATI

MISTO GRANULARE STABILIZZATO A CER (NON E' CLS!)

RINFORZO NELLE STRATIGIE

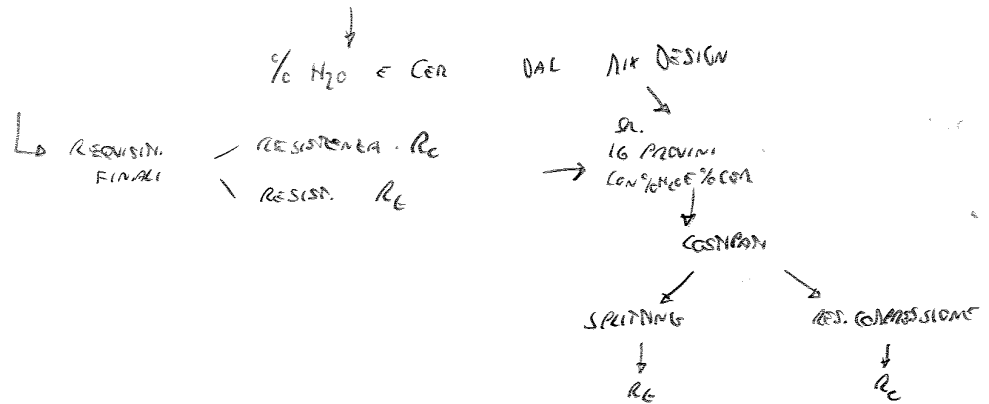
SUPPORTO LASTRE CLS NELLE ALIBIE

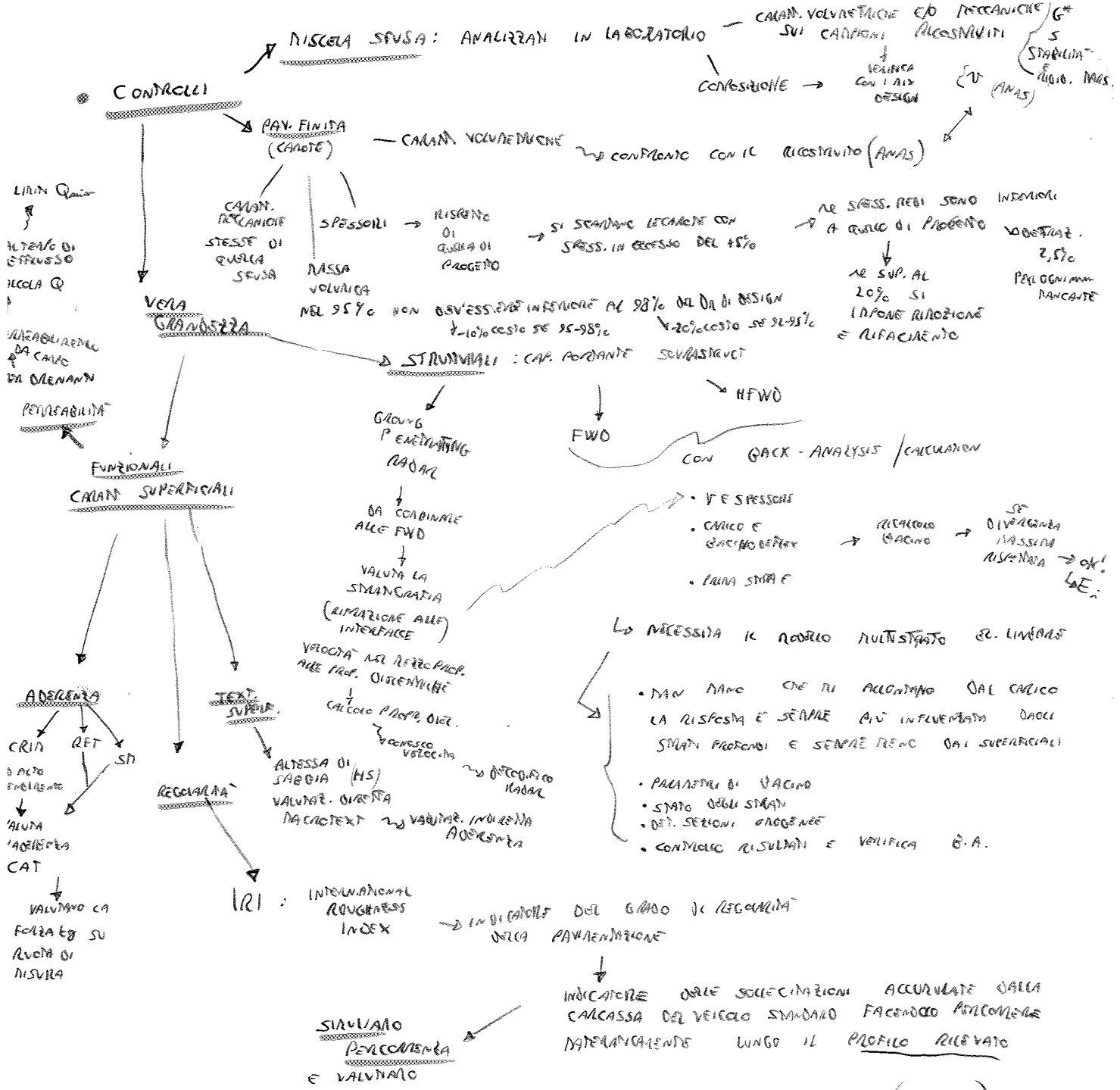
AVANZA LA CAP. PORTANTE
DIMINUISCE LA DEFORMAZIONE
AUMENTA DURABILITA'

$$E_{MG} = 200 \div 250 \text{ MPa} ; E_{RC} = 1800 \div 2500 \text{ MPa}$$

PER TRAFFICO PESANTE

→ SI QUALIFICA COME RG (AGGREGATO) MOLFUSO STATO PER MISCELA UNIFORME

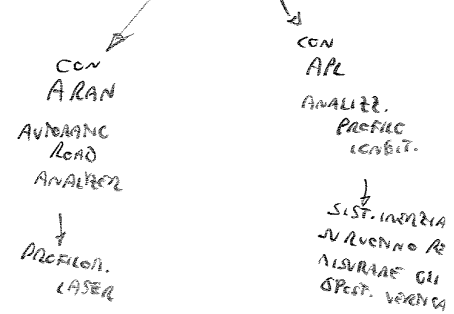




$$IRI = \frac{1}{L} \int_0^L |z_2(x) - z_1(x)| dx$$

$$[m/km] \text{ o } [mm/m]$$

$z_2(x)$: QUOTA CALCISSA
 $z_1(x)$: QUOTA RUOTA
 L : 300m: TRATTO DEFAV. CHE CONTERA L'IRI
 IMPENSIBILE ALLE DISTANZIONI NEI 1,4m < λ < 25m

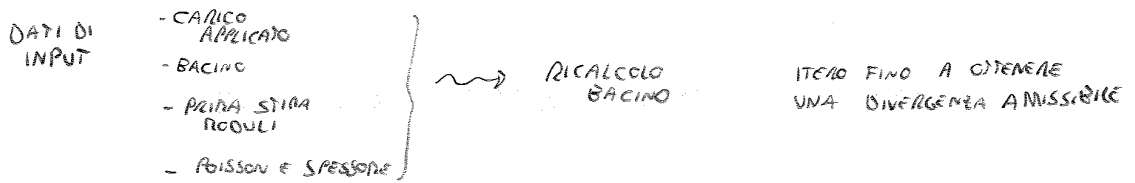


L'IRI FORNISCE UN GIUDIZIO GLOBALE SULLA PAVIMENTAZIONE, A RAPPRESENTAZIONE DEL CONTO DI GUIDA

DRENANTI: MOLTO POROSI (V ~ 18%) CON AGGREGATI DI ALTA QUALITÀ (BASALTI) E GIUNTI ODIFICATI

CONTROLLO STRUMENTALE

SI EFFETTUA FWD O HFWO (NE ACROBATI). TRAMITE UN PROCESSO DI BACK-ANALYSIS



SPESSORI DELLA PAVIMENTAZIONE INDIVIDUATI TRAMITE GEWISS PENETRATING RADAR (GPR) VALUTA LA STRATIGRAFIA, IRRADIAZIONE ALLE INTERFACCIE, CALCOLO PROPRIETÀ DIELETTICHE E DECORRICO RADAR, NECESSITANO LA CALIBRAZIONE TRAMITE CAROTE

ADERENZA

i) TRAMITE SKID TESTER SUL CAMPIONE UNICO. VALUTAZIONE TRAMITE EPN DELL'ATTITO ADERENTE. USURA INDIRETTAMENTE LA MICROTEXTURA, NO CRITI IN CARICATO

ii) SCRIB, SIDEWAY FORCE COEFFICIENT ROUTINE INVESTIGATION MACHINE. AMBITO AD ALTO RENDIMENTO CHE VALUTA DI CONTINUO L'ADERENZA DELLA SUPERFICIE STRADALE

$$CAT = \frac{F_m}{P}$$

F_m : FORZA LATERALE SU RUOTINE PER MANTENERE INCLINAZIONE DI 20°

P : FORZA VERTICALE

iii) CON RUNWAY FRICTION TESTER, SKIDODOMETER

TESSITURA SUPERFICIALE (AMBITO AEROSUOVE)

VALUTAZIONE DIRETTA DELLA MACROTEXT DELLA PAVIMENTAZIONE
 NE MS ALTO NO SCARSA TESSITURA

$$H_S = \frac{V}{A}$$

A: AREA CON REGIA DIAMETRI
 V: VOLUME

REGOLARITÀ

TRAMITE MODELLO ANALITICO DI AUTO, CALCOLO IRI, GRADO DI REGOLARITÀ, CON SIMULAZIONE MATEMATICA DI PERCORRENZA SUL PROFILO LONGITUDINALE MISURATO CON ARAN O APL



$$IRI = \frac{1}{L} \int_0^L |z_2(x) - z_1(x)| dx$$

$$L = 320 \text{ m}$$

IRI SENSIBILE SOLO ALLE DISTORSIONI: $1,4 \text{ m} < \lambda < 25 \text{ m}$

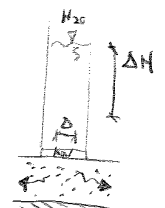
$\left. \begin{array}{l} 0,6 \\ \dots \\ 5 \end{array} \right\}$
 : ASSENZA IRREGOLARITÀ
 : MANUTENZIONE URGENTE

- FORNISCE UNA VALUTAZIONE GLOBALE SULLA PAVIMENTAZIONE, A RAPPRESENTARE IL CONFCAT
- NON EFFICACE CON DISTORSIONI LOCALIZZATE
- FORTEMENTE SENSIBILE AL E NON APPLICABILE PER LA MAGGIOR PARTE DELLE STRADE

→ PROFILO LONGITUDINALE DA ARAN, AUTOMATIC ROAD ANALYZER, O DA APL, ANALYZE. PROFILO LONGITUD. MISURAZIONE A LASER, ARAN, O CON SISTEMA INERZIALE, APL.

PERMEABILITÀ

CONTROLLO FANCO SULLE PAVIMENTAZIONI DRENNANTI ($V \approx 15\%$) VALUTAZIONE CON PERMEABILIMETRO DA CARPO, TRAMITE TEMPO DI EFFLUSSO, DELLA PORTATA [l/min]



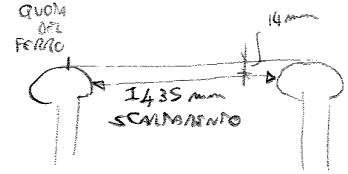
XVI. SOVRASTRUTTURA FERROVIARIA

REALIZZATA SUL PIANO DI FONDAZIONE

PIANO ORZ. FERRO : REALIZZA IL PIANO DI ROTOLAMENTO
 FUNZIONE : MANTENERE LA CORONA TRAVESSINE



CON MASSICCIA
 SENZA MASSICCIA



LO SCALZAMENTO PUO' ESSERE ADOTTO NE FERROVE DI SERVIZIO O MONTAGNA

- REQUISITI
- SICUREZZA
 - ALTA DURABILITA'
 - BASSO COSTO MANUTENZIONE
 - BASSO COSTO ALTO CAPACITA'

- COMPONENTI
- ROTOLE
 - TRAVESSINE
 - ORGANI DI ANCIAMENTO
 - MASSICCIA

RODIA : UIC 60 (CEE) [60,34 kg/m]

PROFILLO "VIGNOLE"

RODIA INCLINATA di 1/20

- EVITA SCALZAMENTO
 - EFFETTO DIFFERENZIALE IN CURVA → SALA RIGIDA

- SUPPORTO E GUIDA CONVOLTO
- TRASMISS. CARICHI
- CIRCUITO EL. LINEA



COMPENSARE ALL'INCLINAZIONE DELLA ROTOLA CONVOLTO

TRAVESSINE : POGGIANA SULLA MASSICCIA

- MANTENGONO LO SCALZAMENTO
- TRASMETTONO I CARICHI ALLA MASSICC.
- DEVONO AVERE ADEGUATA RESISTENZA SIA VERTICALE CHE ORIZ.

→ PASSO 60 cm

LEGGI IN VIA SOSTITUTIVA

$$P_{LEGGI} = 2,5 \approx P_{CA}$$

CA → SISTEMA DI AUMENTO MOLTO STABILE

CLASSIFICATE IN FORMA E DIMENSIONE

- FLEX O DISTAB. ORIZZONTALE
- SUPP. DI SCALZA PONDANZA
- ISOLAZ. ECCENTRICO (EVITANO DISP. SEGNALI)

- POCO VITA SVAMP.
- ALTI COSTI
- BASSA RESIST. TRASVERSALE

NONO BLOCCO → MOLTO AN. DURABILE, BASSA MANUTENZIONE
 MIGLIORE ADATTO TRAV-BALLAST

NONO BLOCCO STANDARD. ALTA RESISTENZA
 DISPERS. ACC. UNIFORME



BLOCCO → DUE ELEMENTI COLLEGATI CON UN TIRANTE

PIU' DEFORMABILE MA CON UNA MAGG. RESIST. LATERALE

MASSICCIA : COSTITUITA DA ELEN. DI ROCCIA FRANTUMATA DI GROSSA PORELLA (ALTE ATTIVE)

LA < 20-25

- DISTAB. CARICHI VERTICALI AL SOTTOFERRO
- ASSICURA CONDIZ. GEOM. DI PROGRESSO ORZ. BINARIO
- ASSORBE SPACCHI NEL BINARIO DAI CONVOLTI E DALL'INTERFERENZA
- DIFESA ACQUA METEORICA

TRAVESSINE SENPRE NELLA COMPLETTA RESISTENZA

SONO FORMO/SUBBALLAST
 PRIMO DI ELEN. CANT. TRA BALLAST E PIANO DI FONDAZIONE

LENO DI FONDAZIONE IN TERRA SUPERCOMPACTATA

XVII. TERMO DEL BINARIO

DILATAZIONE/CONTRAZIONE TERMICA:

$$\Delta l = \alpha \cdot l \cdot \Delta T$$

$1,2 \cdot 10^{-5}$

NON TRASCURVABILI

FORZE TERMICHE (NEL TOR. VINCOLATO)

$$F = E \cdot \epsilon \cdot A = E \frac{\Delta l}{l} A = \alpha E A \Delta T$$

237

LE TESTATE DELLE ROTATIVE, NON SACCATE, SONO GIUNTE CON GANASCE E STIRATE CON CHIAVARE

PRESSIONI SUI PIANI DI STRECCATURA

COMPRESSIONE

$$\Delta T > 0$$

LUCI: CHIUSE $l=0$

UNA VOLTA MAGGIORI NO INCREMENTI DI TENSIONE

L'ORGANO DI CHIAVARE

PERMETTE UN'AMPIA DI LUNGA

UNA VOLTA MAGGIORI NO INCREMENTI DI TENSIONE

TENSIONE

$$\Delta T < 0$$

LUCI: APERTE $l=14mm$

IL ROLAMENTO È CONTRASTATO DA:

$$R_g \approx 58,86KN$$

$$\Delta T_g = \frac{R_g}{237 \cdot A}$$

È PUNTUALE SUGLE GIUNTE E SI OPPOE ALLO SPST.

RES. ATTIVO GIUNTE (SOPRACCIO)

RES. ATTIVO APPOGGI

MASSICIA

DAL NOV. RELATIVO TRAN. MASS.

ANACOM

$$R_A = \frac{2 \cdot 8,8}{0,6} = 29,3KN$$

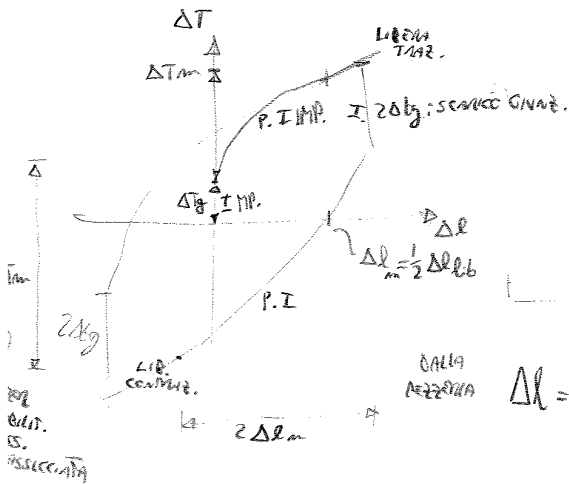
ZANACOM

DAL NOV. RELATIVO ZONIA-TRAV

$$R_m = 8,8 KN/m \text{ SU CCS}$$

$$R_m = 5,9 KN/m \text{ IN LEGNO}$$

QUELLO CHE SI CONSIDERA NEI CALCOLI AGU APPOGGI



$$\Delta l = \alpha \cdot x \cdot \Delta T = R_m \cdot x \cdot \frac{x}{EA}$$

ΔT DANNO SIA STAN DI COAZIONE CHE ΔL

INFERSE SOLO PREVALENTE LA DILATAZIONE DELLA ROTATA

SI MOBILITA LENTAMENTE CON IL ROLAMENTO DELLA ROTATA

libera la rotata