



**Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino**

**Appunti universitari**

**Tesi di laurea**

**Cartoleria e cancelleria**

**Stampa file e fotocopie**

**Print on demand**

**Rilegature**

NUMERO : 172

DATA : 03/10/2011

# A P P U N T I

STUDENTE : Piazzolla

MATERIA : Cantieri e Impianti Infrastrutture II  
Prof. Caposio

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.**

# CANTIERI E IMPIANTI PER INFRASTRUTTURE 2

---

POLITECNICO DI TORINO

I Facoltà di Ingegneria

Corso di laurea in Ingegneria Civile

Appunti di CANTIERI E IMPIANTI PER INFRASTRUTTURE 2

Autore: PIAZZOLLA DAVIDE

Anno 2011 II° Semestre

**[CANTIERI E IMPIANTI PER INFRASTRUTTURE 2]**

Redazione del piano di sicurezza e coordinamento.....	40
Soggetti responsabili della sicurezza.....	42
Programma lavori: Cronoprogramma per la sicurezza.....	43
Sicurezza in cantiere.....	43
Riduzione del rischio.....	44
Stima dei costi della sicurezza.....	44
b) Computo metrico estimativo .....	45
c) Analisi di prezzo.....	45
<b>Cap. 8 Collaudi.....</b>	<b>49</b>

## CAP.2 GENERALITA'

### a) ITER LEGISLATIVO PER QUADRO NORMATIVO OPERE STRUTTURALI

Con il decreto ministeriale del 1996 si mettono le basi per la concezione del calcolo strutturale in termini di tensioni totali. Dopo l'entrata in vigore della legge 380/2001 del Testo Unico, nascono poi nel 2005 le Norme Tecniche per le Costruzioni che entrano in vigore due anni dopo. A causa dei molti errori e concetti che non erano stati ben espressi, nel 2008 nascono le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni che poi, grazie ad un regolamento nel 2009 chiamato Istruzioni per l'Applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, entra in vigore. Ecco che allora il calcolo strutturale con le tensioni ammissibili del D.M. 1996 viene abrogata.

### b) PROCEDURE PER ESEGUIRE OPERE STRUTTURALI NEI CANTIERI

1. Se l'opera è in un contesto urbanistico, c'è bisogno del **permesso di costruire** per farla rientrare nel piano regolatore, cioè onore di urbanizzazione da pagare al comune per poter costruire.
2. Il committente deve denunciare l'**inizio lavori** al comune per le opere accessorie ed opere strutturali.
3. Il direttore dei lavori deve poi nominare il collaudatore statico e redarre la documentazione in cantiere formata da relazione di calcolo, progetto struttura, denuncia inizio lavori e giornale dei lavori (nel giornale c'è l'allibramento cronologico dello sviluppo delle opere in corso d'opera).
4. Inoltre, il direttore dei lavori deve fare prelievi e campionatura sui materiali delle opere strutturali e portarle in laboratori ufficiali per avere i certificati delle prove.
5. Se sono necessarie in corso d'opera, sia il direttore dei lavori che il collaudatore dovranno fare eventuali prove di carico.
6. Per l'ultimazione delle opere strutturali, il direttore dei lavori deve redarre una relazione finale con i certificati sui materiali, le prove di carico, tesatura e sistemi di messa in coazione.
7. Se il costruttore esegue in proprio, deve richiedere una terna di collaudatori per fare il **collaudo statico** con la relativa relazione, se invece il costruttore non esegue in proprio, basta un solo collaudatore. Inoltre il collaudo va fatto entro 60 giorni e il collaudatore deve essere un ingegnere o architetto con almeno 10 anni di iscrizione all'albo.
8. Infine l'ente regionale beni ambientali deve vidimare la relazione di collaudo e il committente dovrà richiedere la licenza d'uso o di abitabilità al comune.

### c) PRODOTTI DA COSTRUZIONE

I prodotti da costruzione sono regolamentati dalla direttiva 89/106 recepita dal D.P.R. 246 del 1993 ed entrata in vigore lo stesso anno. Le caratteristiche dei prodotti da costruzione devono riferirsi all'allegato A dell'articolo 1, ed essi sono:

- RESISTENZA MECCANICA
- SICUREZZA IN CASO DI INCENDIO
- IGIENE, SALUTE ED AMBIENTE
- SICUREZZA NELL'IMPIEGO
- PROTEZIONE CONTRO IL RUMORE

dei solai) perché è vero che si riduce la quantità di materiale da mettere in cassero, ma poi non è detto che il cantiere abbia la capacità di produrre un cemento con elevata resistenza.

- **Lavorabilità:** è un parametro essenziale in cantiere perché indica la consistenza del CLS e più il materiale è fluido, maggiore sarà la lavorabilità. L'inconveniente è che se aumenta il rapporto acqua/cemento (non deve essere superiore ad un certo valore), il CLS avrà una resistenza caratteristica più bassa. Allora bisogna saper ottimizzare il materiale in modo da avere delle caratteristiche adeguate al tipo di impiego.
- **Durabilità:** è importante che il CLS sia duraturo nel tempo in modo che siano minimi gli interventi di manutenzione straordinaria. A causa del fatto che questo materiale è facilmente aggredibile da sostanze chimiche, bisogna assegnare un giusto spessore del copri ferro e creare un CLS il più possibile impermeabile, riducendo i vuoti nella progettazione ed applicando vernici esterne.
- **Economicità:** è il parametro ultimo da tenere in conto perché la parte economica è quella che non dovrebbe troppo incidere sui parametri del CLS, perché se voglio un costo ridotto avrò materiali più scadenti e minore qualità del MIX DESIGN. Una cosa da tenere in conto per non far lievitare troppo il prezzo finale è usare il meno possibile additivi (solo se strettamente necessario) poiché hanno prezzi molto elevati.

## f) COMPONENTI DEL CLS E RELATIVA MARCATURA

Tutti i componenti del CLS hanno l'obbligo della certificazione e quindi della marcatura CE. In base al tipo di componente ci sono dei sistemi di attestazione diversi:

- **Cemento:** sistema 1+: organismo notificato che rilascia l'attestazione di conformità con prove di prodotto, produzione, prelievi e prove (ente esterno che controlla quindi più affidabile)
- **Additivo:** sistema 2+: organismo notificato che rilascia l'attestazione di conformità con prove di prodotto e di produzione
- **Cenere volante:** sistema 2+. La cenere volante è un buon legante e serve a ridurre il quantitativo di cemento per aumentare la presa a lungo periodo e per ridurre il calore d'idratazione (reaz. esotermica)
- **Aggregato:** sistema 2+, sistema 4: il produttore stesso rilascia l'attestazione di conformità in base al controllo iniziale e di processo, il tutto effettuato sotto la propria responsabilità (attenzione che è meno affidabile perché non c'è un ente esterno che controlla)
- **Acqua:** senza specifica marcatura

## CAP.3.1 VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLE RESISTENZE

Per giungere al concetto di MIX DESIGN, c'è bisogno che tutti i materiali del conglomerato cementizio siano accettati e certificati. Questo perché potrebbe arrivare in cantiere un materiale scadente che può avere la resistenza caratteristica indicata in progetto, ma poi la vita utile del CLS sarà molto ridotta.

### a) PROGETTAZIONE PRELIMINARE DEI COMPONENTI

Si fa un'analisi di valutazione dei componenti da usare nel MIX DESIGN in base alla miscela che vogliamo ottenere. Quindi bisogna avere un'idea della quantità di cemento, acqua, aggregato ed eventuale additivo (da usare solo se non c'è stato altro modo per ottenere le prestazioni richieste) che bisogna disporre.

### b) CARATTERISTICHE DI ACCETTAZIONE DEGLI AGGREGATI

Sono idonei alla produzione di CLS, gli aggregati di origine:

- **Naturale:** sono prodotti da frantumazione come il **pietrisco** (a spigolo vivo), oppure **ghiaie** da letto di fiume o da cave alluvionali (arrotondati, tondeggianti).

Hanno masse volumiche del granulo che vanno dai 2100 ai 2900 kg/m<sup>3</sup> (elevata resistenza meccanica perché minimi vuoti all'interno), mentre le masse volumiche in mucchio vanno dai 1300 ai 1800 kg/m<sup>3</sup>.

Tra le ghiaie, in base alla dimensione, abbiamo una classificazione in base all'intervallo granulometrico:

○ Sabbia fine:	0,110 / 0,375	mm
○ Sabbia media:	0,375 / 1	mm
○ Sabbia grossa:	1 / 2	mm
○ Ghiaietto:	2 / 10	mm
○ Ghiaia:	10 / 30	mm
○ Ghiaia grossa:	30 / 60	mm
○ Ciottoli:	60 / 100	mm

Quindi per una buona miscela bisogna scegliere tutte le classi disponibili in modo da avere un'adeguata curva granulometrica. Inoltre questi aggregati hanno origine da rocce **magmatiche**, **sedimentarie** e **metamorfiche**.

- **Artificiale:** si usa l'**argilla espansa** che deriva dalla cottura dell'argilla. Poiché è un materiale con una bassa massa volumica, avrà anche una bassa resistenza meccanica e perciò in Italia è usata solo come rivestimento.
- **Da riciclo:** derivano in genere da demolizioni del CLS e vengono riutilizzati come aggregato, con una certa percentuale di impiego e una certa resistenza massima in base all'origine del materiale.

TAB. 1

**UNI 9858 PROSPETTO II**  
**CLASSI DI ESPOSIZIONE IN FUNZIONE DELLE CONDIZIONI AMBIENTALI**

Classe di esposizione		Esempi di condizioni ambientali
1	Ambiente secco	- Interni di abitazione od uffici *
2	a) senza gelo	- interni con umidità elevata (>70%) - elementi strutturali esterni - elementi strutturali in acqua o in terreni non aggressivi
	b) con gelo	- elementi esterni esposti al gelo - elementi in terreno od acqua non aggressivi ma esposti al gelo - elementi interni con umidità elevata ed esposti al gelo
3	Ambiente umido con gelo e uso di Sali	- elementi interni ed esterni esposti al gelo ed ai sali antigelo
4	a) senza gelo	- elementi parzialmente o completamente sommersi in mare o situati nella zona di battigia - elementi in aria ricca di salsedine (zona costiera)
	b) con gelo	- elementi parzialmente o completamente sommersi in mare o posti nella zona di battigia, esposti al gelo - elementi in aria ricca di salsedine ed esposti al gelo
Le seguenti classi possono presentarsi da sole od assieme alle precedenti		
5	a)	- ambiente debolmente aggressivo (gas, liquidi o solidi) - atmosfera industriale aggressiva
	b)	- ambiente moderatamente aggressivo (gas, liquidi o solidi)
	c)	- ambiente fortemente aggressivo (gas, liquidi o solidi)
* Questa classe di esposizione resta valida se durante la costruzione la struttura od i componenti non si trovino esposti a più severe condizioni per un prolungato periodo di tempo.		
** Gli ambienti chimicamente aggressivi per la presenza di ioni solfato e di anidride carbonica e aggressiva sono classificati nella UNI 8981.		

TAB. 3

**TABELLA DI CORRELAZIONE TRA UNI 9858 E LA UNI prEN206**  
**linee guida sul cls strutturale Presidenza C.S. LL. PP – STC**  
**(dicembre 1996)**

AGGRESSIVITA'	CLASSI DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE		R <sub>CK</sub> minima [N/mm <sup>2</sup> ]	COPRIFERRO minimo [mm]	
	UNI 9858	LINEE GUIDA/prEN206		CAO	CAP
Non significativa	1	XO	≥ 15	15	30
Moderata	2a	XC1 XC2	≥ 30	20	30
Normale	2b-5a	XC3 XD1	≥ 37	25	35
Alta	3-4a-5b	XC4 XD2 XS1	≥ 37 ≥ 40	35	40
Molto alta	4b-5c	XD3 XS2-XS3 XF4 XA3	≥ 45	35	40

TAB. 5

**UNI 8520-2:2002 CARATTERISTICHE FONDAMENTALI. Prospetto 1 pag. 1/2**

Caratteristica	Valori limite		Riferimento												
	Categoria A	Categoria B													
<b>Minerali nocivi</b>  Gesso, anidrite, <sup>1)</sup> selce, calcedonio, opale, quarzo microcristallino reattivo ≤ 0,5 % <sup>2)</sup> Miche e scisti cristallini ≤ 1 % <sup>3)</sup>  Se l'esame evidenzia la presenza di solfuri quali pirite, bienda, galena, ecc., si deve verificare che il contenuto totale di zolfo, determinato secondo UNI EN 1744-1, punto 11, sia ≤ 0,1%  Le quantità di cui sopra devono essere determinate con analisi petrografiche. 1) Deve essere soddisfatto il requisito per il contenuto in solfati da determinare secondo UNI EN 1744-1, punto 12. 2) Un contenuto di silice amorfa e reattiva oltre il valore limite prescritto rende necessaria la caratterizzazione dell'aggregato mediante verifica della potenziale reattività in presenza di alcali (UNI 8520-22). Quanto all'impegno nei cis di aggregati contenenti minerali reattivi, è opportuno riferirsi alla UNI 8981-8. 3) Se il contenuto in miche e schisti cristallini supera il valore limite prescritto, si deve effettuare la prova di confronto con cis confezionato con aggregati di caratteristiche note (UNI 8520-21)	Gesso, anidrite, <sup>1)</sup> selce, calcedonio, opale, quarzo microcristallino reattivo ≤ 1 % <sup>2)</sup> Miche e scisti cristallini ≤ 2 % <sup>3)</sup>	Non richiesto	UNI EN 932-3												
	<b>Granulometria</b>  Classi granulometriche separate e distinte; oltre alla sabbia due classi granulometriche per l'aggregato grosso. <sup>1) 2)</sup>  1) La separazione tra aggregato grosso e fine è riferita allo staccio 4 UNI EN 933-2. L'aggregato fine (sabbia) può essere caratterizzato in funzione del suo passante allo staccio 0,5 UNI EN 933-2 (prospetto A) oppure dal suo modulo di finezza (prospetto B).  Prospetto A – Percentuale passante allo staccio con luce di maglia 0,5 mm <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Sabbia grossa</td> <td>Sabbia media</td> <td>Sabbia fine</td> </tr> <tr> <td>5-45</td> <td>30-70</td> <td>55-100</td> </tr> </table> Prospetto B – Modulo di finezza <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Sabbia grossa</td> <td>Sabbia media</td> <td>Sabbia fine</td> </tr> <tr> <td>4,0-2,4</td> <td>2,8-1,5</td> <td>2,1-0,6</td> </tr> </table> Il passante allo staccio 0,5 UNI EN 933-2 ed il modulo di finezza sono parametri della costanza delle forniture della sabbia, i cui valori e le fluttuazioni possono, ove richiesto, essere concordate. 2) Per i controlli sulla omogeneità granulometrica (alla produzione o alla fornitura) degli aggregati e per la loro caratterizzazione, vedere appendice A 3) Sui misti le determinazioni devono essere effettuate separatamente sulla frazione fine e sulla frazione grossa.	Sabbia grossa	Sabbia media	Sabbia fine	5-45	30-70	55-100	Sabbia grossa	Sabbia media	Sabbia fine	4,0-2,4	2,8-1,5	2,1-0,6	Classi granulometriche separate e distinte <sup>1) 2)</sup>  Misti rientranti in un fuso granulometrico da concordare per escursione e diametro massimo <sup>1) 2) 3)</sup>	
Sabbia grossa	Sabbia media	Sabbia fine													
5-45	30-70	55-100													
Sabbia grossa	Sabbia media	Sabbia fine													
4,0-2,4	2,8-1,5	2,1-0,6													

Segue nella pagina successiva

Prof. Ing. G. Caposio - CANTIERI II - Parte 2 - A.A. 10/11

**[CANTIERI E IMPIANTI PER INFRASTRUTTURE 2]**

TAB. 7

**UNI 8520-2:2002 CARATTERISTICHE AGGIUNTIVE. Prospetto 2**

Caratteristica	Valori limite			Riferimento
	Categoria A	Categoria B	Categoria C	
Contenuto di contaminanti leggeri	Per aggregati fini ≤ 0,5% Per aggregati grossi ≤ 0,1 %	Per aggregati fini ≤ 1% Per aggregati grossi ≤ 0,3 %	- -	UNI 1744-1 PUNTO 14.2.2
Resistenza a compressione	Nota - I contaminanti leggeri possono provocare danni di natura estetica ma non funzionale. R ≥ 100 N/mm <sup>2</sup>	R ≥ 80 N/mm <sup>2</sup>	-	UNI 8520-17
Indice di forma	La prova può essere richiesta ed è significativa solo nel caso di campioni estratti direttamente da un banco litoide. In alternativa è più significativa la prova di confronto in cls con aggregati di caratteristiche note.			
Coefficiente di appiattimento	Il valore e la sua fluttuazione devono essere concordati tra le parti			UNI EN 933-4
Resistenza alla frammentazione	Coefficiente Los Angeles LA ≤ 30 %	-	-	UNI EN 933-3
Resistenza ai cicli di gelo e disgelo	Materiale disgregato dopo 10 cicli ≤ 4%	-	-	UNI EN 1097-2 punto 5
Degradabilità mediante soluzione solfatica	Materiale disgregato dopo 5 cicli ≤ 20 %	-	-	UNI EN 1367-1
Confronto in calcestruzzo delle proprietà meccaniche rispetto ad aggregati di caratteristiche note	Resistenza alla compressione ≥ 85% e modulo elastico a compressione ≥ 85% rispetto al calcestruzzo di riferimento	Resistenza alla compressione e modulo elastico a compressione ≥ 75% rispetto al calcestruzzo di riferimento	-	UNI EN 1367-2
Potenziale reattività in presenza di alcali	Espansione dei prismi di malta: - prova accelerata (16 giorni) espansione < 0,10 %. Se l'espansione è ≥ 0,10 % è necessario effettuare la prova a lungo termine; - prova a lungo termine espansione ≤ 0,05% a 3 mesi ei ≤ 0,10% a 6 mesi.			UNI 8520-22

Anidrite che regolano il tempo di presa del cemento e che allora tendono ad alterare le quantità di progetto. Infatti se a causa di essi il tempo di presa del cemento diviene troppo corto, mentre si manipola il CLS si starà già indurendo senza che nessuno se ne accorge e quando si fa poi il costipamento, si vanno a rompere i legami che si erano appena creati e si perde il 30-40% della resistenza meccanica finale. Poi c'è la Silice amorfa che partecipando alle reazioni crea instabilità volumetrica all'ammasso perché lo gonfia, mentre gli Scisti cristallini se in grandi quantità creano superfici preferenziali nel CLS.

- *Resistenza ai cicli di gelo e disgelo*: la norma stabilisce dei limiti alla perdita di massa (< 2%) che può avere l'aggregato dopo una serie di 20 cicli di gelo e disgelo con temperature che vanno dai -10°C a + 35°C.
- *Resistenza a compressione cubica*: è una prova poco significativa poiché la rottura dipende dalla giacitura del reticolo cristallino. La resistenza a compressione deve essere > 120 Mpa
- *Resistenza alla frantumazione*: è la perdita di massa per urto, abrasione, rotolamento e la legge stabilisce una prova chiamata **Los Angeles** con valori massimi del 32% se CLS semplice, 28% se CLS armato, 24% se CLS precompresso.
- *Poteniale reattività in presenza di alcali*: poiché gli alcali rendono gli aggregati reattivi, si fanno delle prove per stabilirne il valore limite che può avere l'aggregato.
- *Contenuto di sostanza humica negli aggregati*
- *Contenuto di solfati solubili in acido*
- *Contenuto di cloruri solubili in acqua*
- *Degradabilità mediante soluzione solfatica*
- *Confronto in CLS delle proprietà meccaniche rispetto ad aggregati di caratteristiche note*

## c) CARATTERISTICHE DI ACCETTAZIONE DEI CEMENTI

### - Quadro normativo sui cementi

La legge base che gestisce le caratteristiche tecniche e i requisiti dei leganti idraulici è la 595/1965. Qualche anno dopo nel 1968 uscì il regolamento attuativo per le norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi con successivi aggiornamenti fino all'ultimo e più importante decreto ministeriale del 1993, il quale modificò tutta la norma sui cementi portland adeguandola alla normativa europea.

### - Caratteristiche tecniche e requisiti dei leganti idraulici

Il legante idraulico per eccellenza è il cemento. È un materiale finissimo che dopo esser stato macerato con il clinker e messo a cuocere in un forno ad alte temperature, viene miscelato con acqua formando un impasto plastico che indurisce nel tempo.

La prima fase di idratazione del legante è la **presa**, cioè il tempo che intercorre tra la miscelazione del legante con acqua e il momento in cui perde la sua plasticità (la fase di presa inizia dopo 45 min e finisce dopo 12 ore se cemento normale, se cemento alluminoso allora inizia dopo 30 min e finisce dopo 10 ore). La seconda fase viene chiamata **indurimento** ed è il tempo (avviene dopo la fase di presa) che serve per sviluppare le proprietà meccaniche del legante.

Inoltre è importante sapere che più il grano di cemento è piccolo e maggiore sarà la rapidità di idratazione.

**[CANTIERI E IMPIANTI PER INFRASTRUTTURE 2]**

**TAB. 8**

<b>D.M. 3/6/68 (G.U. 180-17/7/68)</b>											
<b>NORMALE</b>											
Giorni Tipo	3		7		28						
	FLESSIONE [N/mm <sup>2</sup> ]	COMPRESSIONE [N/mm <sup>2</sup> ]	FLESSIONE [N/mm <sup>2</sup> ]	COMPRESSIONE [N/mm <sup>2</sup> ]	FLESSIONE [N/mm <sup>2</sup> ]	COMPRESSIONE [N/mm <sup>2</sup> ]					
PORTLAND	-	-	4	17,5	6	32,5					
POZZOLANICO	-	-	4	17,5	6	32,5					
D'ALTOFORNO	-	-	4	17,5	6	32,5					

<b>AD ALTA RESISTENZA</b>											
Giorni Tipo	3		7		28						
	FLESSIONE [N/mm <sup>2</sup> ]	COMPRESSIONE [N/mm <sup>2</sup> ]	FLESSIONE [N/mm <sup>2</sup> ]	COMPRESSIONE [N/mm <sup>2</sup> ]	FLESSIONE [N/mm <sup>2</sup> ]	COMPRESSIONE [N/mm <sup>2</sup> ]					
PORTLAND	4	17,5	6	32,5	7	42,5					
POZZOLANICO	4	17,5	6	32,5	7	42,5					
D'ALTOFORNO	4	17,5	6	32,5	7	42,5					

<b>AD ALTA RESISTENZA E RAPIDO INDURIMENTO</b>											
Giorni Tipo	24 ore		3		7		28		90		
	FLESSIONE [N/mm <sup>2</sup> ]	COMP. [N/mm <sup>2</sup> ]	FLESSIONE [N/mm <sup>2</sup> ]	COMP. N/mm <sup>2</sup>	FLESSIONE [N/mm <sup>2</sup> ]	COMP. N/mm <sup>2</sup>	FLESSIONE [N/mm <sup>2</sup> ]	COMP. [N/mm <sup>2</sup> ]	FLESSIONE [N/mm <sup>2</sup> ]	COMP. [N/mm <sup>2</sup> ]	
PORTLAND	4	17,5	6	32,5	-	-	8	52,5	-	-	
POZZOLANICO	4	17,5	6	32,5	-	-	8	52,5	-	-	
D'ALTOFORNO	4	17,5	6	32,5	-	-	8	52,5	-	-	
ALLUMINOSO	4	17,5	6	32,5	-	-	8	52,5	-	-	
SBARRAM. DI RITENUTA	-	-	-	-	-	-	-	22,5	-	35,0	

- LIMITI MINIMI -TOLLERANZA 5%

Prof. Ing. G. Concia - CANTIERI II - DATA 2 - A.A. 1974

**[CANTIERI E IMPIANTI PER INFRASTRUTTURE 2]**

TAB. 10

pag. 10 UNI ENV 197/1

*ADULTERAZIONE fino al 5%*

**PROSPETTO I - Tipi di cemento e composizione - Percentuali in massa<sup>1)</sup>**

Tipo di cemento	Denominazione	Sigla	Clinker (K)	Loppa d'altiforno granulata (S)	Microsilice (D <sup>3)</sup> )	Pozzolana naturale (P) Industriale (Q <sup>4)</sup> )	Cenera silicica (V) calcica (W)	Scisto calcinato (T)	Calcare (L)	Costituenti secondari <sup>2)</sup>
I	Cemento Portland	I	95-100	-	-	-	-	-	-	0-5
	Cemento Portland alla loppa	II/A-S	80-94	8-20	-	-	-	-	-	0-5
	Cemento Portland alla microsillice	II/B-S	65-79	21-35	-	-	-	-	-	0-5
	Cemento Portland alla microsillice	II/A-D	90-94	-	6-10	-	-	-	-	0-5
	Cemento Portland alla microsillice	II/A-P	80-94	-	-	6-20	-	-	-	0-5
	Cemento Portland alla pozzolana	II/B-P	65-79	-	-	21-35	-	-	-	0-5
	Cemento Portland alla pozzolana	II/A-Q	80-94	-	-	6-20	-	-	-	0-5
	Cemento Portland alle ceneri volanti	II/B-Q	65-79	-	-	21-35	-	-	-	0-5
	Cemento Portland allo scisto calcinato	II/A-V	80-94	-	-	-	6-20	-	-	0-5
	Cemento Portland al calcare	II/B-V	65-79	-	-	-	21-35	-	-	0-5
II	Cemento Portland al calcare	II/A-W	80-94	-	-	-	6-20	-	-	0-5
	Cemento Portland al calcare	II/B-W	65-79	-	-	-	21-35	-	-	0-5
	Cemento Portland al calcare	II/A-T	80-94	-	-	-	-	6-20	-	0-5
	Cemento Portland al calcare	II/B-T	65-79	-	-	-	-	21-35	-	0-5
III	Cemento Portland composito	II/A-L	80-94	-	-	-	-	-	6-20	0-5
	Cemento Portland composito	II/B-L	65-79	-	-	-	-	-	21-35	0-5
	Cemento Portland composito	II/A-M	80-94	-	-	-	-	-	6-20	0-5
IV	Cemento Portland composito	II/B-M	65-79	-	-	-	-	-	21-35	0-5
	Cemento Portland composito	II/A-N	80-94	-	-	-	-	-	6-20	0-5
	Cemento Portland composito	II/B-N	65-79	-	-	-	-	-	21-35	0-5
V	Cemento Portland composito	II/A-O	80-94	-	-	-	-	-	6-20	0-5
	Cemento Portland composito	II/B-O	65-79	-	-	-	-	-	21-35	0-5

*Costituenti*

*Spiega e poni la causazione per arrivare sullo scisto calcinato e di calcare*

*Spiega*

*loppa: sostituzione di portland dal 5% al 5% (per il 5% di CH e O<sub>2</sub>) la loppa si trova da estrazione - Portland: 11 al 55% - lo binario di massa più per il 5% di portland x dove la portland*

*pendenza del portland rispetto al 100%*

*tutte le tipologie hanno valori: 80-94% K 65-79% K*

*+ loppa - clinker divide la loppa in 3 parti e quindi per il 5% mettere fino a 55%*

*divide la loppa in 3 parti e quindi per il 5% mettere fino a 55%*

*oltre con Teloni, il clinker, ma per essere diminuito altrimenti non si sviluppa la reazione*

*1) I valori del prospetto si riferiscono al nucleo del cemento, escludendo scisto di calcio e gli additivi.*

*2) I costituenti secondari possono essere filler oppure uno o più costituenti principali, sempre che questi non siano inclusi come costituenti principali nel cemento.*

*3) La proporzione di microsillice è limitata al 10%.*

*4) La proporzione di loppa non ferrosa è limitata al 15%.*

*5) La proporzione di filler è limitata al 5%.*

(segue)

- *Proprietà: dosaggio 8% di cemento // > D*

- **Disarmanti:** vengono applicati sulle casseforme che saranno a contatto con il calcestruzzo fresco, e serviranno a facilitarne il distacco una volta indurito. Inoltre, questo significa che le superfici del CLS saranno più “pulite” e quindi si possono usare per getti faccia – vista.
- **Stagionanti:** vengono definiti anche antievaporanti e vengono applicati sulle superfici libere del CLS esposte all’aria per mantenerlo umido.

N.B: per un calcolo approssimativo e non definitivo del quantitativo di cemento da inserire nella miscela, si decide il valore della resistenza meccanica che deve avere in Mpa e aggiungendo uno zero si ottengono i Kg di cemento da utilizzare. Es: per 35 Mpa = 350 Kg, per 45 Mpa = 450 Kg.

## e) MIX DESIGN

Per il progetto del MIX DESIGN bisogna saper dosare il quantitativo di acqua e di cemento e avere una buona curva granulometrica degli aggregati; l’aggiunta di additivo avviene in una seconda fase.

### - Curva granulometrica:

Si parte da una curva granulometrica **ideale**, cioè quella distribuzione granulometrica ottimale corrispondente alla massa volumica in mucchio massima dell’aggregato, fino a raggiungere la curva granulometrica **reale**. Questo significa che il numero dei vuoti nel mucchio deve essere bassissimo, così da avere una massima densità dell’aggregato che serve anche a diminuire la quantità di cemento da utilizzare.

- La prima curva venne inventata da **Fuller**; era una curva costruita per punti dove la percentuale in passante dell’aggregato era data dal diametro massimo dell’aggregato (che rimaneva invariato) e dalla variazione del diametro dei setacci.

Per il calcolo del diametro massimo dell’aggregato, ci sono delle limitazioni date dalla dimensione minima della sezione ( $D < 25\% S$ ), dal traferro tra i tondini di acciaio ( $D < (t - 5)$ ), dalla dimensione del copriferro ( $D < 1,3c$ ) e quindi si arriva a definire un valore massimo di circa  $D < 32$  mm per un armatura poco densa.

In definitiva la formula per il calcolo della % in passante era espressa da:  $p_i = 100 \sqrt{\frac{d}{D_{max}}}$

- Ma questo tipo di curva si presentava ancora molto lontana da quella reale, allora gli studiosi **Fuller – Thompson**, modificarono la prima curva trovando un’equazione più vicina alla realtà ma che ancora non teneva conto della variazione della curva al variare del materiale. Essa era formata da un primo tratto di curva con distribuzione ellittica per un campo di esistenza che andava da 0 a  $D/10$ , e da un secondo tratto di curva con distribuzione lineare che andava da  $D/10$  a  $D$ .

- Infine lo studioso che arrivò più vicino alla curva granulometrica ideale fu **Bolomey**, il quale mise un parametro all’interno dell’equazione che teneva conto della tipologia del materiale e della consistenza voluta del CLS. Questo parametro (contrassegnato dalla lettera B) dava dei valori diversi in base alla tipologia di aggregato (se ghiaia o pietrisco) con delle variabilità in base alla lavorabilità del CLS (quindi se umido, plastico o fluido), e facendolo aumentare, la curva saliva verso l’alto aumentando la % in passante.

Per la misura della consistenza si utilizza un apparecchiatura chiamata **cono di Abrams**, cioè un tronco di cono aperto alle due estremità con calpestacci per tenerlo fermo e maniglie per tirarlo su. La prova serve a misurare la deformazione in mm (abbassamento al cono) del CLS sotto l’azione del peso proprio, e consiste nel riempire il cono di CLS con 3 fasi di riempimento, dove per ogni fase viene riempito di  $1/3$  e lo si compatta con 25 colpi di

**- Determinazione del quantitativo di acqua:**

L'acqua da utilizzare nella miscela deve essere ben calibrata per evitare di avere troppi vuoti interstiziali a calcestruzzo indurito. L'acqua totale è data da un insieme di tipologie d'acqua differenti in base alla loro natura:

$$A_{TOT} = A_P + A_b - A_U + A_S \quad (l/m^3)$$

$A_P$  = **acqua di presa**: è l'acqua che serve per far avvenire la reazione e quindi è in relazione con il dosaggio di cemento. Inoltre è moltiplicato per un coefficiente  $\mu$  che varia tra 0.23 e 0.28.

$A_b$  = **acqua di bagnatura**: è molto importante perché serve a lubrificare e quindi deve essere proporzionale alla superficie specifica dell'aggregato. Infatti per il calcolo è necessario essere a conoscenza dei valori di massa volumica e volume compattato dell'aggregato, che però sono incogniti. Per ricavarli si procede per iterazione tramite sostituzione di equazioni, considerando la massa totale degli aggregati.

$A_U$  = **acqua di umidità**: acqua che si forma all'interno dell'aggregato e quindi da sottrarre nel calcolo

$A_S$  = **acqua di saturazione**: è l'acqua che si infila nei vuoti permeabili dell'aggregato ma che è trascurabile perché quando si sceglie l'inerte, si prende senza adsorbimento.

Con l'aggiunta dell'additivo, in base all'utilizzo che se ne vuole fare può cambiare il quantitativo d'acqua da mettere nell'impasto. Ecco perché si considera in un secondo momento, e in questo modo imponendo una lavorabilità di base, si può ridurre il quantitativo d'acqua sottraendolo da quello totale.

## CAP.3.3 PROVE COMPLEMENTARI

### a) SCLEROMETRO

È una prova non distruttiva che serve a misurare la durezza superficiale di un materiale.

Lo **sclerometro** è una specie di martelletto che viene posizionato in modo perpendicolare alla superficie, e prima di iniziare la prova si deve pulire la zona scelta con una mola o una spazzola dura. Sullo strumento c'è un indicatore dell'indice di rimbalzo che segna delle tacche in base al valore ottenuto dalla prova sul materiale, quindi dopo aver eseguito almeno una decina di misure in punti diversi nella stessa zona (distanti circa tra 2 e 5 cm l'uno dall'altro), si fa la media dei valori ottenuti per trovare la misura precisa della **durezza** del materiale.

Questa prova risulta un po' incerta e quindi solo indicativa a causa del fatto che il materiale in certi punti può essere più o meno duro, e inoltre questo strumento deve essere tarato spesso in laboratorio.

### b) PULL – OUT

È una prova non distruttiva che serve a misurare la **resistenza meccanica** del calcestruzzo. Lo strumento è un **tassello** particolare che viene messo nel CLS fresco e che, dopo l'indurimento, si prova ad estrarre con un martinetto estrattore misurando la forza che serve per toglierlo. In base all'angolo delle ali del tassello, cambia il rapporto tra la forza di estrazione e la resistenza a compressione. L'unica pecca di questo metodo è che non è una prova significativa per calcestruzzi ad alta resistenza.

### c) ULTRASUONI

È una prova non distruttiva che serve a misurare la **densità** del CLS, il **modulo di elasticità** e la **resistenza a compressione** in base alla misura della velocità di propagazione di impulsi sonori nel CLS indurito.

La prova viene effettuata lungo tutto il materiale (quindi è una prova molto significativa) attraverso un apparecchio di eccitazione che misura il tempo che intercorre a far passare il segnale ultrasuoni tra sorgente e captatore posti da una parte all'altra del materiale.

### d) METODO COMBINATO SONREB

È una prova non distruttiva che è costituita dalla combinazione di due metodi già visti, che sono lo sclerometro e il metodo ultrasonico. Con i risultati delle due prove si costruisce una tabella che serve a creare un nomogramma e che, in base ad una serie di coefficienti, si trova il valore effettivo della resistenza caratteristica del calcestruzzo indurito. Questo metodo è molto raffinato perché sopperisce alle mancanze di precisione dei due strumenti separati.

## CAP.5 PROGETTAZIONE DEL CONGLOMERATO BITUMINOSO

Si può effettuare inizialmente una progettazione di prima approssimazione dei vari elementi, per poi arrivare ad un calcolo iterativo che permette di trovare i valori esatti da utilizzare per il mix del conglomerato bituminoso.

### a) SCELTA DEL TIPO DI BITUME

La struttura fisica del bitume è costituita da un mare di **olio maltenico** dove all'interno si trovano disperse le **micelle**, cioè molecole costituite da **resine** ed **asfalteni**. In base al grado di dispersione delle micelle, si indica con **SOL** quando il grado è elevato, si indica con **GEL** quando invece il grado è basso. Le resine (che aderiscono a qualsiasi materiale) hanno una funzione molto importante perché servono a tenere separati gli asfalteni, che tendono invece ad aggregarsi tra loro; infatti quando le resine sono in scarsa quantità, gli asfalteni raggiungono grosse dimensioni.

Il bitume ha sia proprietà elastiche che viscosi, a differenza che il carico venga applicato velocemente o lentamente. Se invece si fa variare la temperatura, si può notare che aumentandola, il materiale perde elasticità ed aumenta la componente viscosa, se lo si lascia gelare invece risulta più elastico ma più fragile. Inoltre per soddisfare le temperature stagionali in una certa zona, è importante che il bitume resista ad una differenza di temperatura limite che varia dal **punto di rottura fraass PRF** (rottura per congelamento) al **punto di rammollimento PR** (liquefazione del bitume). Questo campo termostatico è da considerare maggiore delle temperature massime estive ed invernali.

In base a queste ipotesi si fanno delle prove per stabilirne le caratteristiche fisiche:

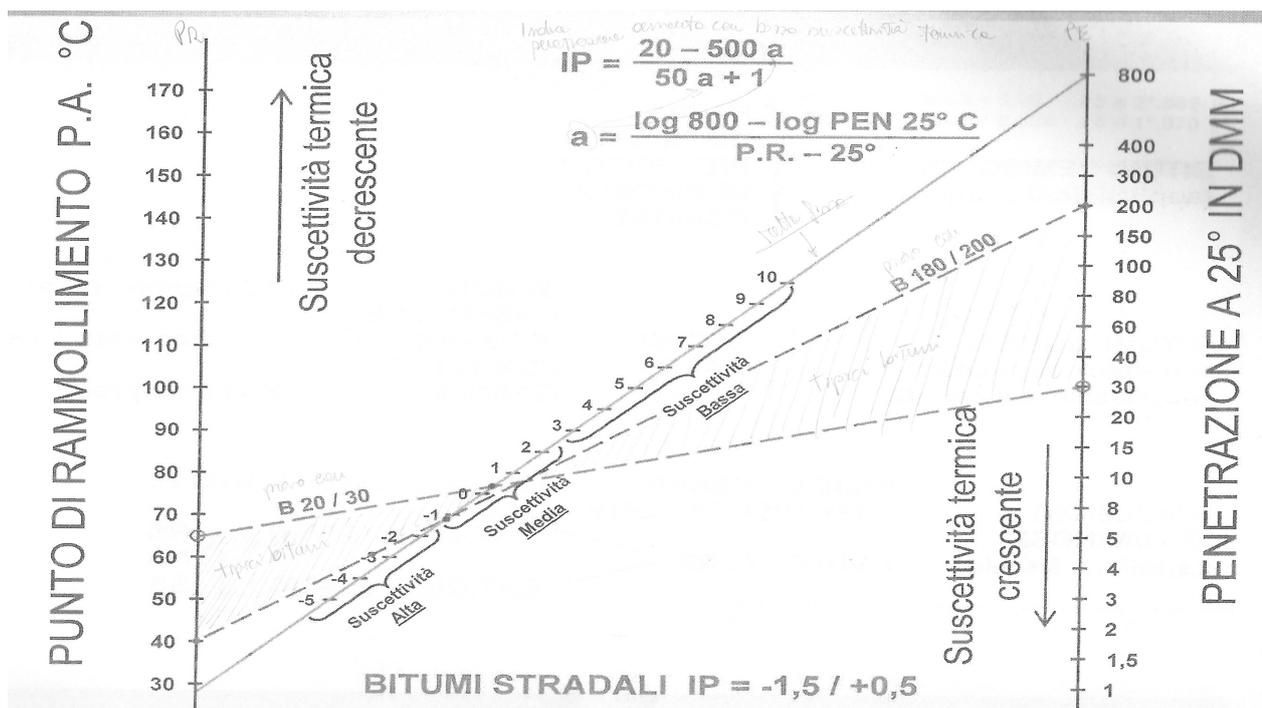
1. **Penetrazione (PEN):** serve a misurare la consistenza del materiale ad una temperatura ordinaria di 25°C con l'utilizzo dell'ago di Vicat. Ad esempio quando il bitume è duro la penetrazione è di circa 40 dmm, mentre se è molle vale circa 220 dmm.
2. **Punto di rammollimento (PR):** è uno stato di transizione da semi-solido a liquido. Quindi facendo riferimento alla prova di penetrazione, se un bitume è più duro, avrà un PR più elevato perché rammollisce più tardi, se invece è già molle, raggiunge velocemente il PR. Ad esempio un B40 ha un PR che va da 50°C a 60°C, invece un B220 ha un PR che va da 35°C a 45°C.
3. **Punto di rottura fraass (PRF):** è il raggiungimento della temperatura più bassa che provoca la fessurazione del materiale. Sempre facendo riferimento alla prova di penetrazione, se un bitume è più duro, avrà un PRF più piccolo perché arriverà più velocemente allo stato limite, mentre se è molle, avrà bisogno di un maggior abbassamento di temperatura per renderlo rigido tale da fessurarsi. Ad esempio un B40 ha un PRF di -6°C al massimo, invece un B220 avrà un PRF di -14°C.
4. **Duttilità (D):** è l'allungamento massimo senza rottura, riferito ad una temperatura ordinaria di 25°C del bitume in esame. Logicamente più un materiale è molle è maggiore sarà la duttilità e quindi l'allungamento che può raggiungere, se invece il materiale è duro avrà più difficoltà ad essere duttile. Ad esempio un B40 ha un allungamento di 70 cm, mentre un B220 ha un allungamento di 100 cm.
5. **Viscosità:** prova che viene usata quando si parla di bitumi liquidi BL.
6. **Adesione:** è una prova complementare che verifica lo sforzo necessario per distaccare due corpi cementati da una pellicola di bitume.

Poiché i bitumi normali BN non soddisfano in genere i requisiti richiesti di PR e PRF, si devono utilizzare delle aggiunte, come ad esempio il **filler**. A causa del comportamento acido del bitume, si utilizza il filler che è un

**[CANTIERI E IMPIANTI PER INFRASTRUTTURE 2]**

Esiste poi un **nomogramma** (fig.13) **con indice di penetrazione** che serve a capire con un unico valore, qual è il bitume che deve essere utilizzato per le diverse applicazioni. Dato il PR da una parte e il PEN dall'altra, grazie ad una retta fissa che va da PR = 30 a PEN = 800 sulla quale sono indicati i valori dell'indice di penetrazione IP (maggiore è il valore e più bassa è la suscettività), si possono tracciare delle linee che indicano bitumi con un determinato valore di PR e rispettivo PEN e se ne trova il valore dell'IP riferendosi alla prima retta di cui sopra. Più è bassa la suscettività termica e maggiore sarà l'indice di penetrazione. Ad esempio i bitumi stradali hanno un IP = -1,5 / +0,5.

**FIG.13**



Un ultimo aspetto è quello della determinazione del **modulo di rigidità** dei bitumi. Entrando nel nomogramma apposito (fig.14), conoscendo inizialmente il valore della velocità in Km/h del transito medio dei veicoli nel tratto interessato, lo si converte in hertz e si trova sulla scala della durata di applicazione del carico il valore corrispondente. Poi prendendo il valore di PR corrispondente del bitume scelto, si va a sottrarre il valore di temperatura a cui siamo interessati e otteniamo la **temperatura di palla e anello PA** su una scala di temperature. Tracciando ora una linea che passa dalla durata di applicazione del carico e dalla temperatura PA, si prolunga fino ad incontrare una griglia dove ogni riga orizzontale indica un valore dell'indice di penetrazione PI del materiale già calcolato in precedenza. Trovato il valore corrispondente, si dovrà seguire una curva che porta direttamente al valore del modulo di rigidità del bitume.

Le tipologie di bitume si differenziano in questo modo:

- Bitumi semisolidi (applicazioni a caldo)
  - Nativi
  - Distillati
  - Precipitati
  - Di miscela
  - Ossidati
- Bitumi liquidi (applicazioni a caldo)
  - Bitume base + solventi:
    - Benzina

## b) CURVA GRANULOMETRICA

La curva granulometrica reale del conglomerato bituminoso è leggermente diversa da quella vista per il conglomerato cementizio, perché non viene ricercata la massima densità e compattazione, ma si cerca di ottenere delle curve più chiuse (sopra alla massima densità) o più aperte (sotto la massima densità) rispetto alla curva ideale. Infatti invece di usare l'aggregato tondeggiate, si usa il pietrisco che è più spigoloso e serve a dare maggior aderenza e permeabilità soprattutto al manto di usura.

Per il calcolo della percentuale in passante della curva si usa sempre la curva del **Fuller** ma il diametro massimo dell'aggregato non deve essere maggiore di  $\frac{1}{2}$  o  $\frac{2}{3}$  dello spessore finito dello strato.

## c) PERCENTUALE DI LEGANTE IN MASSA

Esistono 2 metodi per il calcolo della percentuale in massa di bitume da utilizzare nella miscela.

1. **METODO VUOTI** (inglese): si calcola innanzitutto la percentuale di vuoti rispetto agli aggregati, sottraendo la massa volumica degli inerti da quella degli inerti in mucchio (cioè costipata). Il risultato lo si divide per la massa volumica degli inerti e lo si moltiplica per 100. Dopo questo primo calcolo si può determinare la percentuale di bitume da utilizzare, sottraendo alla percentuale di vuoti appena ottenuta, la percentuale di vuoti residua voluta (quella che serve per l'espansione di volume del bitume) e quindi moltiplicando per la massa volumica del bitume e dividendo per la massa volumica degli inerti in mucchio (costipata). In questo modo si ottiene la quantità di bitume ottimale e la giusta percentuale dei vuoti residua (importante per evitare il distacco del materiale quando ad alte temperature tende ad espandere il bitume).
2. **METODO SUPERFICIE SPECIFICA** (francese): serve a calcolare la quantità di pellicola di bitume che serve a ricoprire l'aggregato, e più è piccola la dimensione dell'aggregato e maggiore sarà la superficie specifica a parità di massa da ricoprire. È ovvio che per ogni intervallo granulometrico servirà una superficie specifica differente. Essa si calcola con il **modulo di ricchezza** (che varia in base alla tipologia di strato) moltiplicato la radice quinta della sommatoria in percentuale degli intervalli granulometrici di:
  - 0,25 pezzature
  - 2,35 sabbia medi e grossa
  - 12 sabbia fine
  - 135 filler

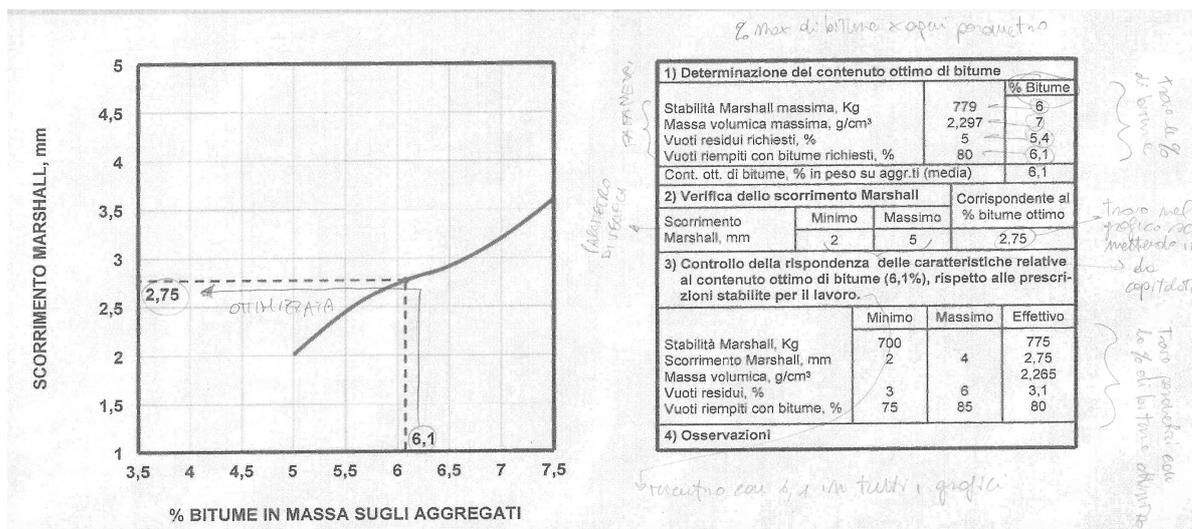
## d) PROVA DI STABILITA' MARSHALL

È una prova a compressione standardizzata che serve a stabilire qual è la forza di rottura (**stabilità**) e la deformazione diametrale (**scorrimento**). L'attrezzatura è composta da un macchinario con un anello dinamometrico appoggiato ad una contro piastra che spinge il provino diametralmente da una parte, e dall'altra con un martinetto.

Il test viene condotto nelle peggiori condizioni termiche, iniziando da una temperatura di impasto di 125°C, poi costipandolo con 50 o 75 colpi e poi lasciandolo raffreddare in una vasca termostatica a 60°C. Infine viene messo nel macchinario a compressione e viene schiacciato con una velocità costante di 5cm/minuto. Durante la prova, inizialmente si ha una deformazione diametrale che porta poi alla rottura, e più lo scorrimento è elevato e

**[CANTIERI E IMPIANTI PER INFRASTRUTTURE 2]**

**FIG.17**

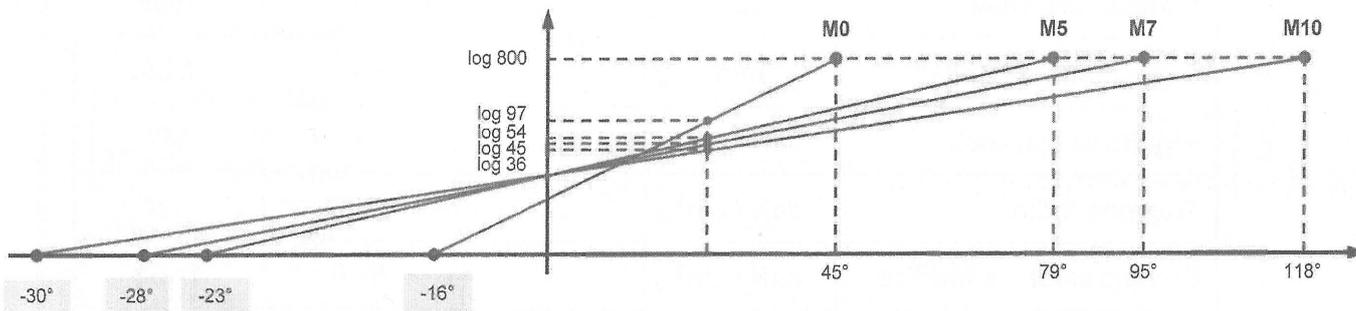


**f) POLIMERI UTILIZZATI PER LA MODIFICA DEI BITUMI**

I polimeri servono a migliorare l'adesione tra le molecole ed elementi litici del conglomerato. In generale, in base alla quantità usata (dal 5 al 10%), migliorano le caratteristiche di PEN, PR, PRF, adesione, ma ne peggiorano la duttilità. Nel grafico sottostante (fig.18) si può notare come varia l'angolo "a" della suscettività termica in relazione alla quantità di polimeri (M0 - M5% - M7% - M10%). Esistono vari tipi di polimeri ma quelli che si utilizzando più di frequente sono gli **elastomeri**. Essi sono da maneggiare con cura poiché tendono a coagulare molto rapidamente e quindi si devono mantenere in circolo e non devono avere eccessive variazioni di temperatura.

Si fa notare però che l'aumento della quantità di elastomeri utilizzata, superato il 5%, inizia a peggiorare i parametri di stabilità, scorrimento e rigidezza Marshall poiché il conglomerato diventa sempre più fragile e poco duttile.

**FIG.18**



Per quanto riguarda le macchine usate per la stesa del materiale, si utilizza la **vibrofinitrice**. Essa è composta a partire dal retro, dalla zona di attacco camion che scaricano il materiale su delle barre alimentatrici e attraverso un'apertura regolabile si fa entrare il materiale nella coclea distributrice che mantiene il conglomerato per la temperatura di stesa. Poi un nastro trasportatore fa passare il materiale fino ad un meccanismo costipatore che lascia poi il compito ad una piastra livellatrice per la stesa del conglomerato. Poi attraverso una manetta di controllo si regola lo spessore della pavimentazione.

Dopo aver steso il materiale bisogna compattarlo con i **rulli compressori**. Possibilmente si fanno prima delle passate con un rullo con tamburo più leggero e poi con quello più pesante, altrimenti si rischia che il materiale si attacchi al rullo pesante. Il numero di passate sulla stessa area è di 5 o 6 circa.

In Italia si usano due tipi di rulli:

- Tandem a ruote metalliche da 7,5 / 17 tonnellate
- Rullo monotamburo da 2,5 / 10 tonnellate
- Rullo gommato da 9,5 / 27 tonnellate (usato solo negli U.S.A)

## [CANTIERI E IMPIANTI PER INFRASTRUTTURE 2]

Per quanto concerne il lavoro privato, la legge n°81 è quella che sovrintende i lavori di sottosoglia e soprasoglia, mentre per il lavoro pubblico, oltre alla legge n°81 (obbliga a fare il piano di sicurezza), abbiamo:

per il sottosoglia la n°163 art.131 comma 2 sub b)/sub c)

per il soprasoglia la n°163 art.131 comma 2 sub a)/sub c).

- Per i LL.PP. di sottosoglia, la **n°163 sub b)** riferisce che entro 30 giorni dall'aggiudicazione l'impresa deve fare il **piano di sicurezza sostitutivo** del piano di sicurezza e coordinamento.
- Per i LL.PP di soprasoglia, la **n°163 sub a)** impone (dopo che l'impresa X ha vinto la gara e dopo che ha guardato il progetto esecutivo e il piano di sicurezza eseguito dalla committenza) l'obbligo di riferire all'amministrazione quali sono i punti del progetto che non vanno bene per fare in modo che il progetto non possa essere realizzato. A questo punto la committenza deve fare delle proposte integrative con consegna entro 30 giorni dall'aggiudicazione per poter mandare avanti il programma. Il processo di rifiuto da parte dell'impresa è importante poiché l'analisi di rischio, i sistemi operativi, ecc, sono quasi sempre diversi da quelli che mette in campo l'impresa.
- La **n°163 sub c)** che è uguale sia per soprasoglia che sottosoglia, dice che entro 30 giorni dall'aggiudicazione, l'impresa deve fare il **POS** (piano operativo di sicurezza) che rappresenta l'esecutivo della sicurezza.

Il piano di sicurezza è costituito dal PSC e dal fascicolo contenente le informazioni utili per la prevenzione e protezione dai rischi contenuti nell'allegato 15. Nel fascicolo trovo tutto il progetto **AS BUILT** = così come costruito, cioè rilievo dello stato di fatto. A fine opera, l'impresa deve restituire graficamente l'AS BUILT.

I contenuti del PSC sono costituiti da tavole esplicative di progetto e da varie schede:

- a) Scheda identificativa e descrizione dell'opera (a volte il progetto non definisce alcune opere di contorno importanti come ad esempio capire chi è il soggetto che provvede agli allacciamenti)
- b) Scheda identificativa dei soggetti con compiti di sicurezza (gerarchia descrittiva in prima pagina)
- c) Relazione tecnica relativa all'analisi e valutazione dei rischi
- d) Scelte progettuali ed organizzative, misure preventive e protettive
- e) Valutazione delle **interferenze** (coordinare attraverso il piano le varie attività con meno interferenze possibili. Pianificare e definire le interferenze attraverso un'analisi)
- f) Attuazione, attraverso modalità operative, delle interferenze
- g) Operatività tra datori di lavoro e lavoratori autonomi (l'autonomo è fuori dall'organizzazione)
- h) Programma dell'organizzazione in caso di emergenza
- i) Cronoprogramma lavori ed entità presunta del cantiere in uomini/giorno
- j) Stima dei costi della sicurezza

I contenuti del fascicolo hanno alla base il progetto di AS BUILT e sono:

- a) Descrizione sintetica dell'opera e indicazione dei soggetti coinvolti
- b) Individuazione dei rischi, misure preventive e protettive in dotazione e interventi successivi sull'opera
- c) Aspetto documentale tra elementi grafici e di calcolo (anche AS BUILT)

Dopo aver ricevuto le autorizzazioni per fare il cantiere, dopo aver ottenuto il permesso di costruire, dopo il deposito strutturale, ecc, ai fini della sicurezza, si deve ancora fare la **notifica preliminare** che rappresenta la denuncia che si stanno sviluppando nel cantiere delle attività che avranno dei rischi dove qualcuno se ne assumerà le responsabilità. La notifica è d'obbligo farla se si ricade in queste condizioni:

- Cantieri con presenza di più imprese
- Cantieri che, inizialmente, avevano solo un'impresa e dopo se ne è aggiunta un'altra
- Cantiere anche solo con un'impresa ma ha pari o più di 200 uomini/giorno

#### 4) Programma lavori: Cronoprogramma per la sicurezza

Il **programma lavori** serve a suddividere le varie fasi costruttive nel tempo grazie ad alcuni sistemi operativi, e non è uno strumento utile solo per la redazione dei piani di sicurezza e coordinamento. In questo ambito, esso consente di valutare le interferenze di cantiere e di predisporre le prescrizioni operative necessarie per la coordinazione della sicurezza.

Per quanto riguarda la committenza, la persona più interessata ad usufruire del programma lavori è il direttore dei lavori, poiché ha la possibilità di vedere evidenziate le fasi di lavoro completate, quelle in corso d'opera e quelle che ancora devono essere eseguite. In questo modo ci si può permettere una maggior trasparenza relativamente all'avanzamento lavori in base al quale sono pagati i SAL, e una maggior chiarezza sulla durata del cantiere. Questo strumento dà la possibilità al direttore di coordinare al meglio la sequenza delle fasi lavorative.

Nel caso dell'impresa, il cronoprogramma rappresenta uno strumento operativo prioritario, poiché oltre a servire per gestire la durata dei lavori (tempi), serve anche per gestire il programma degli approvvigionamenti del cantiere (risorse), il piano dei controlli in fase di esecuzione (qualità), il piano economico di commessa (costi) e il corrispondente piano finanziario (sostenibilità).

Per la fase operativa del cronoprogramma si utilizzano varie tecniche per la sua stesura.

- **Diagramma di GANTT:** le attività del programma lavori sono rappresentate da barre la cui lunghezza è proporzionale alla durata. Tutte le barre sono collocate in un calendario tramite il quale è possibile leggere la loro durata di inizio e fine. Non ci sono connessioni tra un'attività e l'altra, quindi se ci sono più lavori in contemporanea (**interferenze**) non si capisce quando ne finisce una e inizia un'altra.
- **Diagramma reticolare PERT:** una serie di frecce rappresentano le attività di cantiere, ossia operazioni che consumano tempo e risorse. La loro lunghezza non è proporzionale alla durata e ogni attività collega eventi di cantiere che rappresentano stati di avanzamento caratterizzati da una data. Le relazioni di interdipendenza che si creano, permettono di determinare tra i vari processi qual è quello critico, ossia quello che determina la durata totale dei lavori.

#### 5) Sicurezza in cantiere

Il cantiere è un'infrastruttura provvisoria realizzata per fasi nel tempo, dove interagiscono il committente e l'esecutore, regolata da un contratto pubblico o privato. Nel cantiere abbiamo una suddivisione di aree:

- **Area di cantiere:** l'area che contiene tutto il cantiere dove si realizza l'opera e il suo montaggio. Deve esserci una divisione tra interno ed esterno del cantiere, separazione data da una recinzione per evitare rischi. È importante che la recinzione sia efficace
- **Area delle attività fisse:** si trova all'interno del cantiere ed è l'area dove ci sono le baracche degli operai
- **Area delle opere da realizzare:** è l'area occupata interamente dalla struttura su cui si sta lavorando



Per limitare i rischi in cantiere, è doveroso fare la mappatura per la valutazione dei rischi sul reticolo dell'area del cantiere. I tipi di rischi possono essere fisici, chimici, cancerogeni/mutageni.

Dopo il piano di sicurezza, è necessario capire qual è l'**indice di attenzione**, che si trova moltiplicando la valutazione in termini probabilistici di accadimento del rischio per la gravità (effetto). Quindi si devono indicare nel cronoprogramma, con colori diversi, le attività dal rischio più basso a quello più alto.

## b) COMPUTO METRICO ESTIMATIVO

Tutti i lavori devono essere computati facendo la valutazione del costo dell'opera, che è una stima di tipo analitico. La stima analitica si compone di due elaborati: il **computo metrico** e il **computo metrico estimativo** (stima), dove nel primo caso abbiamo le quantità e nell'altro le quantità per prezzi.

Il computo metrico è la suddivisione per elementi unitari a cui vado ad associare un prezzo unitario per poi valutarne la stima.

Per fare il computo metrico estimativo, o faccio un'analisi dei prezzi o, in modo più sbrigativo, utilizzo un prezzario. I prezzari sono ufficiali degli enti interessati e si trovano già i prezzi unitari.

Il prezzo di un oggetto, lo si valuta in base ai suoi componenti e alle varie fasi di manodopera cui è sottoposto (smembrare le fasi lavorative).

*Es: se voglio trovare il prezzo di un pilastro, non lo troverò mai sotto la categoria dei pilastri, ma devo cercare la manodopera delle varie fasi di costruzione di esso smembrate, per esempio ci sarà la parte dello scavo, la cassetta, il getto del magrone, il plinto con armatura, ecc. Bisogna quindi vedere prima nel progetto le fasi lavorative e poi i corrispondenti prezzi unitari, e infine determinare il relativo computo. In conclusione come prima cosa, bisogna studiarci il prezzario.*

L'ordine con cui si sviluppa il computo metrico estimativo è:

- Valutazione delle quantità in relazione all'elenco prezzi
- Definizione dell'elenco prezzi
- Prezzi non compresi nell'elenco e relativa analisi (progetto del prezzo poiché tutti i prezzi devono essere verificati e giustificati, anche quelli del prezzario / N.P = nuovi prezzi)
- Computo metrico
- Stima dell'opera

I prezzi sono sempre unitari (al kg, al m<sup>3</sup>, ecc). Nell'**elenco prezzi**, la struttura del prezzo viene definita in prima pagina nella quale si indica anche la quantità e la ricarica di spese generali e di utili che in genere è il 10 e 13%, ma per casi particolare come le ristrutturazioni, si applica il 15%, che si calcolano scorporando l'1,2430 e inserendo l'1,2650.

## c) ANALISI DI PREZZO

Lo schema dell'analisi di prezzo (compresa la sicurezza) si fa in questo modo:

**Prezzo unitario = costo + utili**

**Costo = costo della lavorazione** ( $C_L$ ) =  $C_O/P_O$  dove  $C_O$ : costi orari,  $P_O$ : produzioni orarie

**costo della sicurezza** ( $S$ ) =  $C_S + CN_S$  dove  $C_S$ : costi strumentali,  $CN_S$ : costi non strumentali

**costo delle spese generali** ( $CSG$ ) =  $(13\% + 15\%)(C_L + S)$

**Utili** ( $U$ ) =  $10\% (C_L + (13\% + 15\%) C_L)$

L'impresa, in una situazione di economia, può decidere di ridurre gli utili anche a 1 euro (addirittura meno dell'1%) nonostante vada in perdita, poiché non ha interesse a guadagnare ma soltanto a tenere in piedi l'azienda. In questo caso, la legge in sede di gara non può rifiutare l'offerta, ma se l'azienda non riceve utili lavora in **sottocosto**. Per quanto concerne i prezzi, devono essere allineati con quelli di mercato e quindi l'amministrazione non può scegliere prezzi troppo ribassati poiché sarebbero **anomali** e poiché si avrebbe un **indebito arricchimento** a causa della situazione di disagio dell'impresa, sfruttata dall'amministrazione.

L'analisi di prezzo si trova calcolando il costo della lavorazione e della sicurezza. I costi della lavorazione sono legati strutturalmente al tipo di lavorazione.

*Es: Ho un capannone industriale e devo fare una trave porta muro (la trave è prefabbricata). La struttura è costituita da pilastri, capriate di copertura e copertura in questa successione per tutta la lunghezza del*

**[CANTIERI E IMPIANTI PER INFRASTRUTTURE 2]**

Più produco e minore è il costo unitario, poiché se il denominatore è elevato, il costo unitario è minore. Le attrezzature e gli elementi progettati per la sicurezza, vanno conteggiati nei costi strumentali senza sconti.

Esempio di descrizione complessa che si dovrebbe trovare nel prezzo, che corrisponde a ciò che dobbiamo realizzare. Questa voce però non la troveremo perché nasce per il nostro progetto e quindi devo fare un N.P.(nuovo prezzo).

*Es: trave realizzata con calcestruzzo preconfezionato con utilizzo di cemento tipo 425, Rck 250 Kg/cm<sup>2</sup>, compreso il trasporto in cantiere con autobetoniera, armato con barre in acciaio Feb44K, varata in opera con autogru idraulica telescopica della portata fino a QL.200, compreso ogni onere per lo spostamento ed il posizionamento della trave della lunghezza di ML 5,00 e della sezione di MT. 1,00x0,50.*

*Casseratura in legname adatta per getti da lasciare grezzi in vista, compreso il montaggio, il puntellamento ed il disarmo. (in opera per ogni metro lineare)*

Ora proviamo ad esaminare un esempio di calcolo dell'analisi dei costi di lavorazione senza costi della sicurezza, sempre riguardante la trave porta muro:

**A) MATERIALI DA COSTRUZIONE**

$CU_{cls} = 1,03 \times (1,00 \times 0,50 \times 1,00) [mc/ml] \times 39,35 [€/mc] = 0,515 mc/ml \times 39,35 €/mc = 20,26 €/ml$

(1) Preconfezionamento cls fluido con cemento tipo 425, Rck 250 e trasporto in cantiere

$\frac{mac}{ml} \cdot \frac{€}{mac} = \frac{€}{ml}$

$CU_{acc} = 100 [Kg/mc] \times (1,00 \times 0,50 \times 1,00) [mc/ml] \times 0,26 [€/Kg] = 50 Kg/ml \times 0,26 €/Kg = 12,83 €/ml$

(2) Fornitura barre per c.a. in acciaio Feb44K + filo di ferro per legature

$\frac{Kg}{mc} \cdot \frac{€}{Kg} = \frac{€}{ml}$

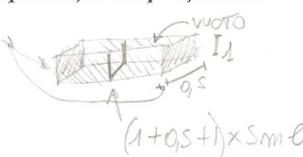
**B) MATERIALI PROVVISORIALI**

$CU_{cass} = 1/3 \times 1,10 \times (1,00 + 0,50 + 1,00) \times 5,00 + 2 \times 1,00 \times 0,50 [mq] \times 1/5 [1/ml] \times 5,08 [€/mq] = 1,00 mq/ml \times 5,08 €/mq = 5,08 €/ml$

(3) Fornitura cassetta in legname (tavole abete, puntelli, chiodi, ecc.)

**C) SISTEMA OPERATIVO (MACCHINE + MANODOPERA)**

$CU_s = \frac{22,64 €/h}{5,00 ml/h} + \frac{16,64 €/h}{0,46 ml/h} + \frac{15,35 €/h}{2,38 ml/h} + \frac{14,33 €/h}{0,42 ml/h} = 81,28 €/ml$



- (4) Costo orario autogru per varo travi
- (5) Produzione oraria autogru per varo travi
- (6) Costo orario operaio specializzato per operazioni di getto cls, posa barre acciaio, montaggio, puntellamento, disarmo cassetta, varo travi
- (7) Produzione oraria operaio specializzato per le varie operazioni
- (8) Costo orario operaio qualificato per operazioni di getto cls, varo travi
- (9) Produzione oraria operaio qualificato per le varie operazioni
- (10) Costo orario operaio comune per operazioni di getto cls, posa barre acciaio, montaggio, puntellamento, disarmo cassetta, varo travi
- (11) Produzione oraria operaio comune per le varie operazioni

**D) SPESE GENERALI**

$0,13 \times (20,26 + 12,83 + 5,08 + 81,28) = 15,53 €/ml$

**E) UTILE**

$0,10 \times (20,26 + 12,83 + 5,08 + 81,28 + 15,53) = 13,50 €/ml$

**TOTALE**

$(20,26 + 12,83 + 5,08 + 81,28 + 15,53 + 13,50) = 148,48 €/ml$

## CAP.8 COLLAUDI

Le opere strutturali sono solitamente soggette a verifiche del collaudo statico per dare garanzia all'utente. Si deve dimensionare per le peggiori condizioni di esercizio. Il collaudo statico va allegato al collaudo amministrativo. Ricordare che nella fase di cantierizzazione la struttura è maggiormente sollecitata e quindi più pericolosa.

Il collaudatore oltre alla verifica in campo, fa anche la verifica progettuale (calcoli).

Esistono due figure diverse di collaudatore:

- **Collaudatore statico:** calcoli e qualità esecutiva
- **Collaudatore amministrativo:** contabilità lavori, rapporto tra impresa e committenza

Nel caso di grandi opere, queste due figure sono la stessa persona.

Il collaudatore viene nominato in corso d'opera dal committente con notazione di tipo notarile, e deve interloquire con il direttore dei lavori e il responsabile del procedimento. Esso deve progettare la prova di carico tramite un programma prove che dovrà far vedere al direttore dei lavori e al progettista ed infine al costruttore. I carichi della prova devono essere tali da indurre le massime sollecitazioni da progetto con durata variabile in funzione del tipo di struttura e natura dei carichi.

**Prova di carico:** prova al fine di simulare fisicamente il carico di esercizio (permanente e variabile) nelle condizioni più sfavorevoli per ogni caratteristica di sollecitazione. L'esito della prova è valutata tramite:

- Deformazioni proporzionali ai carichi
- Assenza di lesioni e dissesti compromettenti la sicurezza
- Deformazione totale commisurata agli assestamenti iniziali di tipo anelastico
- Prove di carico successive per la valutazione del comportamento di tipo elastico
- Infine la deformazione elastica deve essere minore di quella dal calcolo di progetto.