

Autorità Portuale di Augusta

LAVORI DEL PRIMO STRALCIO E DEL SECONDO STRALCIO DELLA TERZA FASE DEL PORTO COMMERCIALE DI AUGUSTA - BANCHINE CONTAINERS -

IMPRESE:



Condotte s.p.a.

Fondata il 7 aprile 1880

(MANDATARIA)



PIACENTINI COSTRUZIONI spa



Cosedil spa

(MANDANTI)

PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO

3						
2						
1						
0	081114	PRIMA EMISSIONE		F. GIORDANO	S. ROSSI	F. GIORDANO
REV.	DATA	EMISSIONE		RED.	VER.	APPR.
	PROGETTO	OPERA	TIPO ELAB.	N° ELAB.	REV.	SCALA:
	1073	OM02	C	001	A	

TITOLO ELABORATO: CALCOLO ESECUTIVO DELLE STRUTTURE E DEGLI IMPIANTI RELAZIONE DI CALCOLO DELLA PAVIMENTAZIONE DEI PIAZZALI

PROGETTAZIONE:



(MANDATARIA)



SIGMA INGEGNERIA s.r.l. Via della Libertà, 201/A 90143 PALERMO Tel. 091/6254742 - Fax 091/307909 C.F. e P.IVA 02639310826 e-mail: sigmailngsrl@gmail.com



(MANDANTE)

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO: Geom. Venerando Toscano



Sommario

1. PAVIMENTAZIONE DEL PIAZZALE 2
2. DIMENSIONAMENTO DELLA PAVIMENTAZIONE 3



1. PAVIMENTAZIONE DEL PIAZZALE

Il Progetto Definitivo a base di gara prevede la messa in opera di lastre in calcestruzzo Rck45 di dimensioni 5.50 x 5.50 m prefabbricate ed alcune gettate in opera. Il trasferimento delle sollecitazioni di taglio sui giunti delle lastre è realizzato con spinottatura in barre Feb44k collocate da una parte nel getto e dall'altra in apposite sedi entro cui possono scorrere in fase di contrazione e dilatazione della pavimentazione.

Lo studio del Progetto Definitivo ha messo in evidenza una importante criticità in termini di durabilità della struttura di pavimentazione e di conseguenze di costi per la manutenzione: si tratta del fenomeno di corrosione delle barre-spinotto tra le lastre soggetti all'ambiente aggressivo marino; questo fenomeno è stato riscontrato in diverse applicazioni, ed è alla base della rottura delle sedi delle barre-spinotto tra le lastre con espulsione del calcestruzzo sui bordi della singola lastra in corrispondenza del giunto.

In ambiente marino come è quello di cui trattasi, si propone l'eliminazione delle spinottature in acciaio FeB44k sostituendole con soluzioni tecnologicamente più performanti nel tempo ai fini dell'abbattimento dei costi di manutenzione delle pavimentazioni.

La proposta si caratterizza per l'uso di macchinari altamente tecnologici per l'esecuzione delle lastre in calcestruzzo il cui spessore è pari a quello del progetto a base di gara, ovvero $h = 38$ cm.

La pavimentazione sarà realizzata con tecnologia *SlipForm*, mediante l'impiego di macchina finitrice di ultima generazione SF2700 con casseri di sponda scorrevoli e sagomati con preformato giunto ad omega per la creazione dell'opportuno incastro fra le lastre nella direzione longitudinale sostitutivo degli spinotti in acciaio.

La pavimentazione sarà realizzata a partire da strisce continue di larghezza pari a 5.50 m, sulle quali saranno successivamente realizzati gli inneschi per i giunti trasversali ogni 5.50 m. L'innesco consentirà la creazione di giunti naturalmente "ingranati" dagli inerti presenti sul giunto stesso ai fini del trasferimento del taglio tra una piastra e la successiva.

Il dimensionamento della pavimentazione è stato eseguito con l'ausilio di un apposito codice di calcolo i cui risultati sono riportati nel seguito della presente relazione. Propedeutico a tale dimensionamento è la valutazione dei cedimenti del piazzale, in quanto la natura argillosa dei terreni di fondazione richiede la previsione dei cedimenti di consolidazione indotti dall'applicazione del carico dovuto al peso proprio del terrapieno.



2. DIMENSIONAMENTO DELLA PAVIMENTAZIONE

In virtù della scelta progettuale adottata, si è proposto di formare il rilevato di piazzale attraverso la tecnica della "pre-carica itinerante", vale a dire il piazzale verrà portato, limitatamente ad una certa area, a quota +4.0 m s.l.m..

Nella prima fase di stesa saranno installati gli strumenti di monitoraggio geotecnico atti a seguirne il fenomeno di consolidazione ed a calibrare il modello geotecnico per le future stese. Saranno utilizzati prevalentemente assestimetri ad anelli magnetici e celle piezometriche a trasduzione automatica delle letture.

Le teste degli strumenti saranno monitorati topograficamente con livellazioni ad altissima pressione. La garanzia di stabilità del rilevato e la successiva fruibilità in condizioni di esercizio risulteranno ulteriormente garantite grazie all'adozione di procedure di riempimento eseguite in presenza di un monitoraggio continuo delle sovrappressioni nei terreni interessati, con controllo dell'evoluzione dei fenomeni di consolidazione innescati dalla formazione del terrapieno.

A seguito dei risultati del monitoraggio geotecnico sugli effetti dei fenomeni di consolidazione che avverranno in conseguenza del riempimento del terrapieno, dell'esecuzione dei rilevati di pre-carica e dello stoccaggio dei materiali sul molo, si dovrà procedere al livellamento del piazzale in accordo con le quote di progetto.

Sarà adottato un registro giornaliero dei risultati del monitoraggio geotecnico ai fini di condividere con la Direzione dei Lavori le scelte sui tempi di permanenza del rilevato di pre-carica.

Il calcolo dei cedimenti di consolidazione è stato eseguito con l'ausilio della modellazione numerica mediante il codice PLAXIS, valutando i cedimenti prodotti dalle tensioni indotte dal carico applicato.

Tali cedimenti avvengono in parte all'atto stesso dell'applicazione dei carichi, per deformazioni a volume costante dell'insieme scheletro solido-acqua (cedimento immediato w_0), ed in parte gradualmente nel tempo, a seguito dell'espulsione di acqua e della conseguente dissipazione delle sovrappressioni neutre (cedimento di consolidazione w_c).

Il cedimento al generico istante di tempo t può allora essere considerato pari a:

$$w(t) = w_0 + U_m w_c$$

con U_m = grado di consolidazione medio;

$$\begin{array}{lll} \text{per } t = 0 & U_m = 0 & w = w_0 \\ \text{per } t = \infty & U_m = 1 & w = w_0 + w_c = w_{tot} \end{array}$$

w_0 = cedimento immediato;

w_c = cedimento di consolidazione;



w_{tot} = cedimento finale.

Il modello sviluppato con l'ausilio codice di calcolo è stato pertanto creato considerando due condizioni:

non drenata, durante la quale non si hanno variazioni di volume per effetto della applicazione istantanea del carico, simulando in tal modo le fasi costruttive del terrapieno;

drenata consolidata, in cui è consentito il processo di consolidazione del terreno.

I valori dei cedimenti calcolati sono stati ottenuti applicando al terreno i valori caratteristici e considerando tutti i coefficienti di combinazione pari all'unità.

La successiva Figura 1 mostra il campo di spostamento verticale complessivo, al termine di ciascuna delle fasi corrispondenti alla costruzione del terrapieno ed a un fissato tempo di consolidazione.

I risultati ottenuti, espressi in termini di cedimento massimo cumulato alla fine di ogni fase costruttiva e cedimento dovuto al solo processo di consolidazione, mostrano cedimenti totali di consolidazione dell'ordine di $w_{tot} = 29$ cm a circa 180 giorni dalla realizzazione del terrapieno.

In tale periodo infatti, in base alle simulazioni numeriche eseguite, risultano manifestarsi la maggior parte dei cedimenti di consolidazione attesi.

Il suddetto cedimento totale di consolidazione potrà essere utilmente "scontato" grazie all'applicazione del previsto pre-carico itinerante. In ogni caso a seguito dei risultati del monitoraggio geotecnico sugli effetti del fenomeno di consolidazione, che avverrà in conseguenza del riempimento del terrapieno, dell'esecuzione del rilevato di pre-carica e dello stoccaggio dei materiali sul molo, si procederà alla definizione dei tempi di permanenza di tale rilevato di pre-carica ed al livellamento del piazzale in accordo con le quote di progetto.

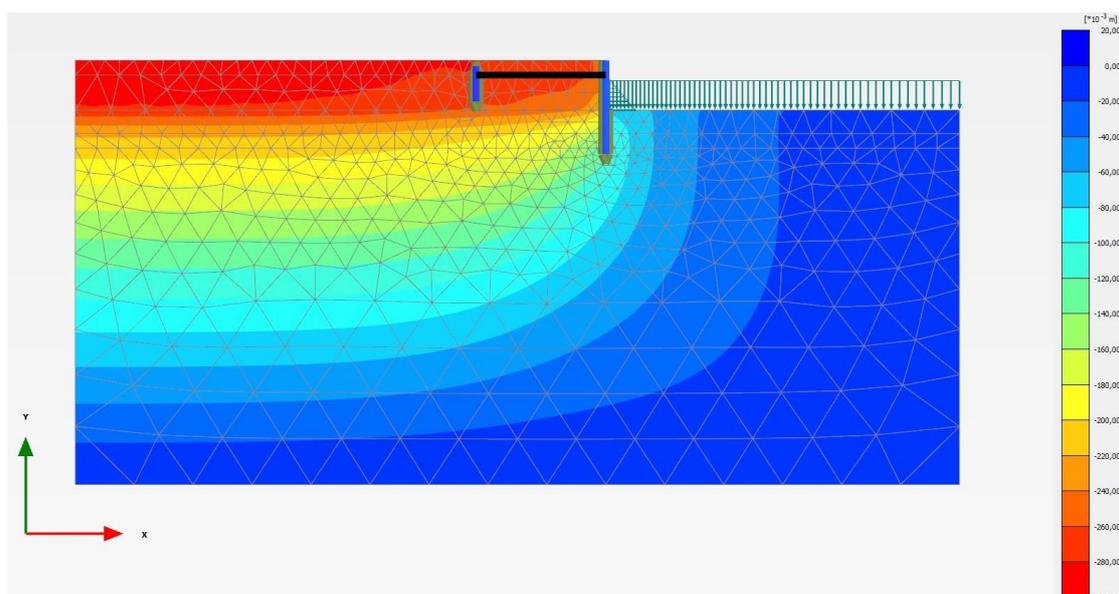


Figura 1. Valutazione dei cedimenti del piazzale



Prima della realizzazione della pavimentazione si dovranno accertare mediante apposite prove in situ (i.e. prove di carico su piastra) il grado di addensamento e le proprietà meccaniche del rilevato di piazzale che costituirà di fatto il sottofondo della pavimentazione stessa.



Autorità Portuale di Augusta

*“LAVORI DEL PRIMO STRALCIO E DEL SECONDO STRALCIO DELLA TERZA
FASE DEL PORTO COMMERCIALE DI AUGUSTA – BANCHINE CONTAINERS”*

PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO
Relazione di calcolo della pavimentazione dei piazzali

Pag. 6
di 6

ALLEGATO 1 –Calcolo dimensionale

Input Data

Load Cases

Four Pointload in a rectangle								
N°	Load		Base Plate				Distance	
P1 <=> P2	200,00 kN	200,00 kN	170,00 mm	170,00 mm	170,00 mm	170,00 mm	a	470,00 mm
P3 <== P4	200,00 kN	200,00 kN	170,00 mm	170,00 mm	170,00 mm	170,00 mm	b	570,00 mm

Four wheelloads in a rectangle				
N°	Load	Contact	Distance	
W1 <=> W2	180,00 kN	0,90 N/mm ²	a	1080,00 mm
W3 <=> W4	180,00 kN	0,90 N/mm ²	b	2100,00 mm

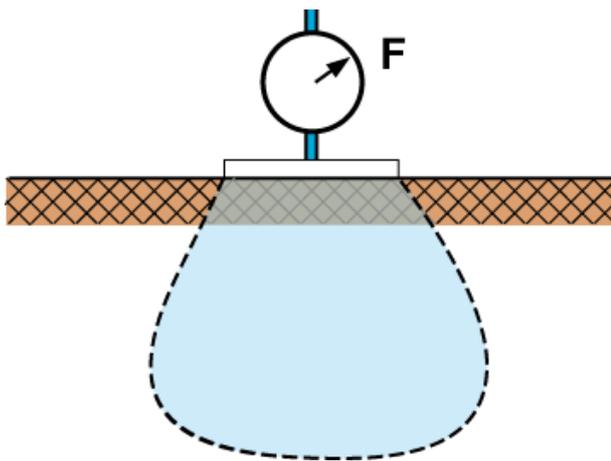
Concrete Characteristics

Following concrete characteristics have been applied in this design.

Concrete characteristics		
Compressive strength		C32/40
Flexural strength	f_{ctk}	4,00 N/mm ²
	f_{ctm}	5,00 N/mm ²
E-modulus	E_c	33000,00 N/mm ²
Poisson Coefficient	ν_c	0,15
Relaxation factor	K_c	2,6
Shrinkage factor (‰)	ϵ'_c	0,4
Concrete age correction factor		1 - 90d.

Elastic Sub-base

• Input



$E_s = 100,00 \text{ N/mm}^2$

Elastic radius of rigidity

$$l_e = \sqrt[3]{\frac{2D}{C}} = 937,59 \text{ mm}$$

$$C = \frac{E_s}{(1 - \nu_s^2)} = 106,67 \text{ kNm/m}$$

$$D = \frac{E_c i}{(1 - \nu_c^2)} = 43957,80 \text{ kNm/m}$$

$$i = 1302083,33 \text{ mm}^3/\text{m}$$

$$\nu_s = 0,25 \text{ mm}$$

$$\nu_c = 0,15$$

Safety Factors

Material Factors		Ultimate Limit State	Serviceability Limit State
Concrete	γ_c	1,5	1
SF - Concrete	γ_{SF}	1,2	1
Steel	γ_s	1,15	1
Load Factors			
Variable Loads	γ_D	1	1
Dynamic factor	γ_{Dd}	1,3	1

Load Transfer

General

□ transfer part of the load to the adjacent slab(s). The values taken in this design are based the PCA document for unreinforced concrete. Further research will enable us to enhance these factors.

● Contraction joints



$$w_s = \varepsilon_c' \cdot \max|x_s, y_s| = 2,00 \text{ mm}$$

(X_s, Y_s , see shrinkage)

$$\chi_{te} = 1 - \frac{\text{Loadtransfer}}{2} = 0,74$$

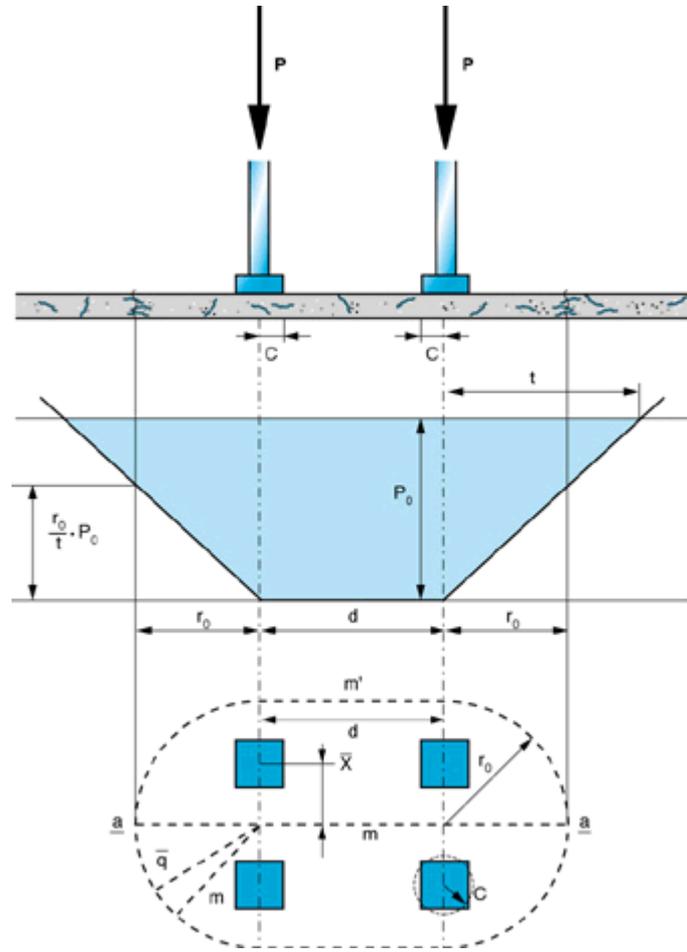
● Intersection of two sawcut joints

$$\chi_{te} = 1 - \left[\sqrt{2} (1 - \chi_{te}) \right] = 0,64$$

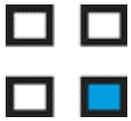
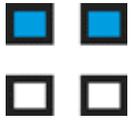
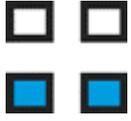
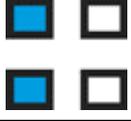
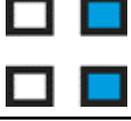
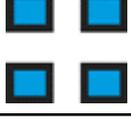
● Doweled joints

$$\chi_{td} = 0,6$$

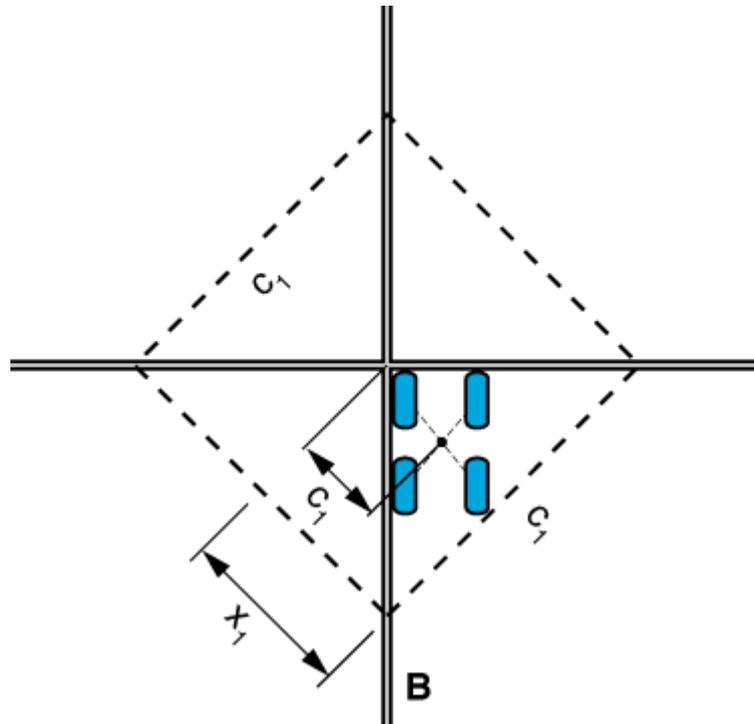
Type of load : Pointload
Number of Loads : 4
Position of the loads : In a rectangle
Location on the floor : Center

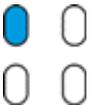
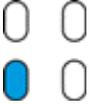
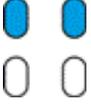
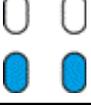
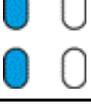


Case	x	d	γ	t/l	r_0/l	$m'+m$ ULS	$m'+m$ SLS
	42,50 mm	85,00 mm	0,1873	1,488	0,7303	24,51 kNm/m	24,51 kNm/m
	42,50 mm	85,00 mm	0,1873	1,488	0,7303	24,51 kNm/m	24,51 kNm/m
	42,50 mm	85,00 mm	0,1873	1,488	0,7303	24,51 kNm/m	24,51 kNm/m
	42,50 mm	85,00 mm	0,1873	1,488	0,7303	24,51 kNm/m	24,51 kNm/m

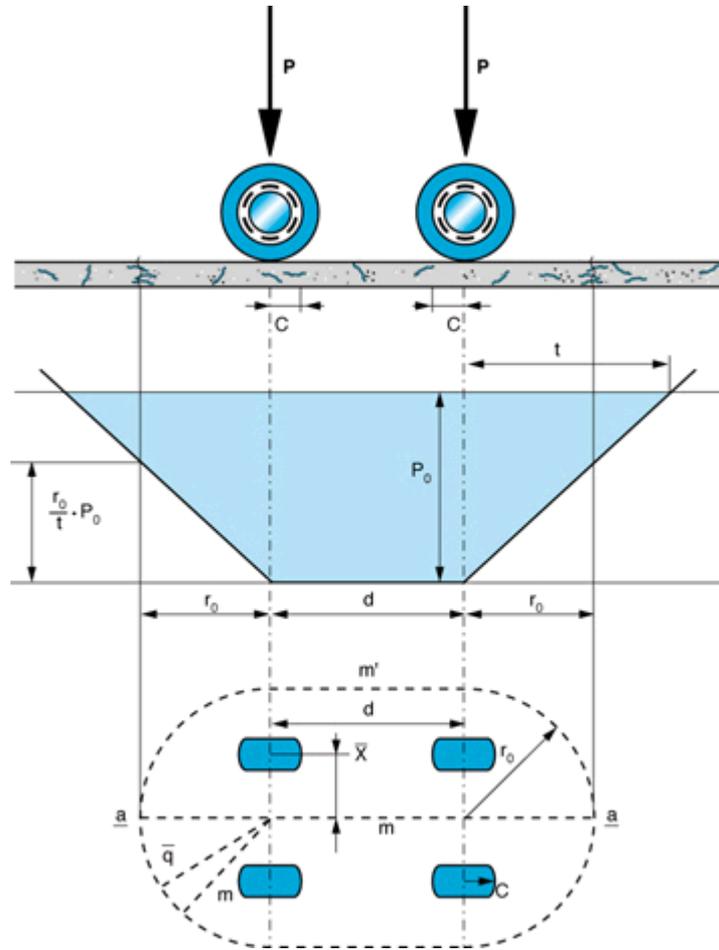
	42,50 mm	85,00 mm	0,1873	1,488	0,7303	24,51 kNm/m	24,51 kNm/m
	42,50 mm	470,00 mm	0,1520	1,752	0,9428	39,65 kNm/m	39,65 kNm/m
	42,50 mm	470,00 mm	0,1520	1,752	0,9428	39,65 kNm/m	39,65 kNm/m
	42,50 mm	570,00 mm	0,1467	1,788	0,9732	37,91 kNm/m	37,91 kNm/m
	42,50 mm	570,00 mm	0,1467	1,788	0,9732	37,91 kNm/m	37,91 kNm/m
	235,00 mm	570,00 mm	0,1344	2,015	1,4171	50,89 kNm/m	50,89 kNm/m

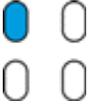
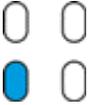
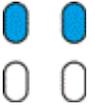
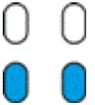
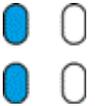
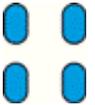
Type of load : Wheelload
Number of Loads : 4
Position of the loads : In a rectangle
Location on the floor : Aside the intersection of two contraction joints



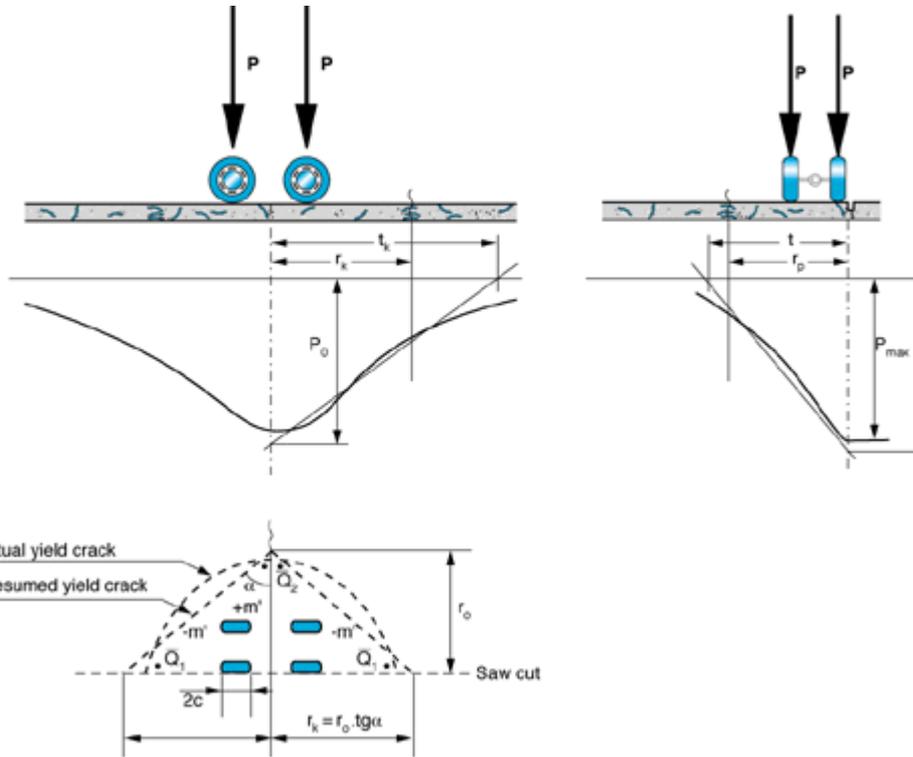
Case	C1	I	m'+m ULS	m'+m SLS
	356,82 mm	937,59 mm	29,30 kNm/m	25,16 kNm/m
	356,82 mm	937,59 mm	29,30 kNm/m	25,16 kNm/m
	896,82 mm	937,59 mm	0kNm/m	3,01 kNm/m
	896,82 mm	937,59 mm	0kNm/m	3,01 kNm/m
	1436,82 mm	937,59 mm	0kNm/m	0kNm/m
	1537,54 mm	937,59 mm	0kNm/m	0kNm/m

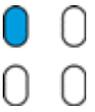
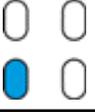
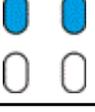
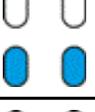
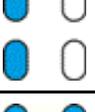
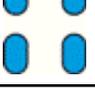
Type of load : Wheelload
Number of Loads : 4
Position of the loads : In a rectangle
Location on the floor : Center



Case	x	d	γ	t/l	r ₀ /l	m'+m ULS	m'+m SLS
	107,09 mm	107,09 mm	0,1745	1,684	0,9468	24,87 kNm/m	19,85 kNm/m
	107,09 mm	107,09 mm	0,1745	1,684	0,9468	24,87 kNm/m	19,85 kNm/m
	107,09 mm	1080,00 mm	0,1177	2,015	1,2201	31,98 kNm/m	25,27 kNm/m
	107,09 mm	1080,00 mm	0,1177	2,015	1,2201	31,98 kNm/m	25,27 kNm/m
	107,09 mm	2100,00 mm	0,0851	2,203	1,3642	25,39 kNm/m	19,97 kNm/m
	540,00 mm	2100,00 mm	0,0624	2,870	2,1670	24,60 kNm/m	18,92 kNm/m

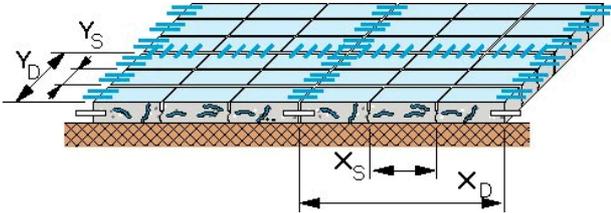
Type of load : Wheelload
Number of Loads : 4
Position of the loads : In a rectangle
Location on the floor : Contraction joint



Case	\bar{x}	\bar{y}	t	tk	γ	tg alfa	r _o /l	m'+m ULS	m'+m SLS
	107,09 mm	107,09 mm	2163,32 mm	3065,08 mm	0,3732	1,0824	0,9789	40,35 kNm/m	32,30 kNm/m
	107,09 mm	107,09 mm	2163,32 mm	3065,08 mm	0,3732	1,0824	0,9789	40,35 kNm/m	32,30 kNm/m
	540,00 mm	107,09 mm	3026,38 mm	3352,77 mm	0,3359	0,9512	1,7351	40,33 kNm/m	31,32 kNm/m
	540,00 mm	107,09 mm	3026,38 mm	3352,77 mm	0,3359	0,9512	1,7351	40,33 kNm/m	31,32 kNm/m
	107,09 mm	1050,00 mm	1727,64 mm	2919,85 mm	0,3935	1,135	2,9396	66,83 kNm/m	52,65 kNm/m
	THIS	YIELD	MODEL	WILL	NOT	OCCUR	-	-	-

Shrinkage

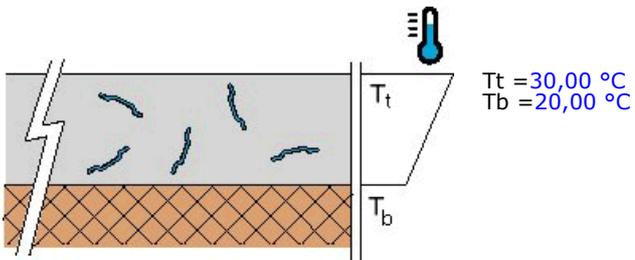
- **Input**



$X_s = 5000,00 \text{ mm}$
 $Y_s = 5000,00 \text{ mm}$
 $X_d = 35000,00 \text{ mm}$
 $Y_d = 35000,00 \text{ mm}$

Temperature

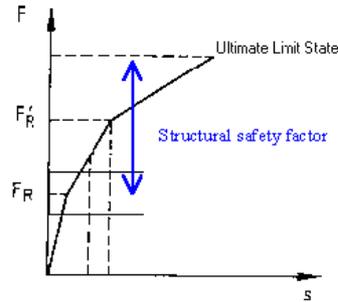
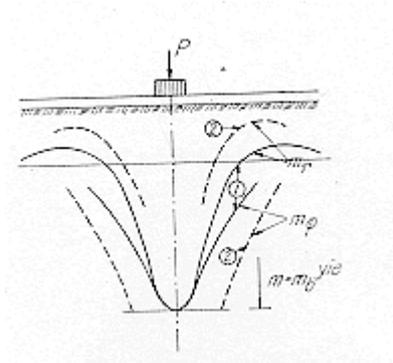
- **Input**



$T_t = 30,00 \text{ }^\circ\text{C}$
 $T_b = 20,00 \text{ }^\circ\text{C}$

Result

Structure



A general overview of the design equation is illustrated through the simple example of a concentrated load (Fig. 1). When a concentrated load is applied, the stresses can be computed for an elastic and infinite plate on an elastic sub-base (See curve one in Fig. 1).

The stresses at the bottom and top of the slab cross-section are given by mean equivalent strength (Eqn. 1) and characteristic modulus of rupture (Eqn. 2) values:

We distinguish 2 situations

Bottom yields

Eqn. 1

Occurring moment : m
Occurring flexural stress :

$$f = \frac{6M}{h^2} \leq f_{fct,eq,150}$$

Top yields

Eqn. 2

Occurring moment : m'
Occurring flexural stress :

$$f' = \frac{6M'}{h^2} \leq f_{fctk}$$

-> There is **STRUCTURAL STABILITY** when :

$$(f_{fct,eq,150} + f_{fctk}) = \frac{6(M + M')}{h^2}$$

-> **STRUCTURAL SAFETY** is achieved with the following :

Enhance the loads with load factors. (See above)
Decrease the admissible stresses with material factors. (See above)

$$\left(\frac{f_{fct,eq,150}}{\gamma_{SF}} + \frac{f_{fctk}}{\gamma_c} \right) = \frac{6(m + m')}{h^2}$$

From the yield line analysis and the chosen load cases the following maximum moments were achieved:

		Ultimate Limit State		Serviceability Limit State	
Bending moments	Loads	(m+m')max	66,83 kNm/m	(m+m')max	50,89 kNm/m
	Shrinkage			M_s	8,30 kNm/m
	Temperature			$M_{\Delta T}$	6,57 kNm/m
	Settlement			M_w	0kNm/m
Floor thickness		250 mm			
Required SF concrete flexural stress		$f_{SF} = \left(\frac{6(m+m')}{h^2} - \frac{f_{fctk}}{\gamma_c} \right) * \gamma_{SF}$		$f_{SF} = \left(\frac{6 \sum (M)}{h^2} - \frac{f_{fctk}}{\gamma_c} \right) * \gamma_{SF}$	
		4,08 N/mm ²		1,79 N/mm ²	

• Materials

		Ultimate Limit State		Serviceability Limit State	
Concrete design stress	$f_{fctk,d} = \frac{f_{fctk}}{\gamma_c}$	3,01 N/mm ²		$f_{fctk,d} = \frac{f_{fctk}}{\gamma_c}$	4,52 N/mm ²
Dramix	Type	4D 55/60BG		Type	4D 55/60BG
	Dosage	30,00 kg/m ³		Dosage	20,00 kg/m ³
	$f_{fct,eq,150}$	4,46 N/mm ²		$f_{fct,eq,450}$	2,77 N/mm ²
SF Ductility (%)	$R_{e,s} = \frac{f_{fct,eq,150}}{f_{fctm}} \times 100$	79,00		$R_{e,s} = \frac{f_{fct,eq,450}}{f_{fctm}} \times 100$	49,00

Ultimate Limit State: $f_{fct,eq,150} \geq f_{SF}$ for a dosage of 30,00 kg/m³ Dramix 4D 55/60BG

Serviceability Limit State: $f_{fct,eq,450} \geq f_{SF}$ for a dosage of 20,00 kg/m³ Dramix 4D 55/60BG

• Conclusion ULS & SLS; Dramix Steel fiber Design Recommendation

Slab thickness: 250 mm

Fiber type: 4D 55/60BG

Fiber dosage: 30,00 kg/m³

Remarks

We strongly advise to add 600 gr/m³ of Duomix M12, micro polyprop fiber to better control the plastic shrinkage of the fresh concrete

following assumptions:

Assumptions /Design Criteria	
E value:	100,00 N/mm ²
Concrete compressive strength, f_{ck} :	C32/40
For ultimate limit state, the governing load case is : Four wheels in a rectangle - Saw Cut	66,83 kNm/m
For serviceability limit state, the governing load case is : Four poinloads in a rectangle - center	65,76 kNm/m
Temperature differential between top and Bottom of the slab	10,00 °C
Coefficient of friction (μ) between slab and subbase :	0,50
Dramix ® Solution	
Floor thickness :	250 mm
Dosage :	30,00 kg/m ³
Fiber type :	4D 55/60BG
$R_{e,3}$ value :	79,00%
Equivalent flexural strength ($F_{fct,eq,150}$) :	3,95 N/mm ²
Max joint spacing :	5000,00 mm * 5000,00 mm

NOTE : This proposal is made with the understanding that the slab will be constructed in using the construction recommendations contained in the introduction of this document.