

板 葦 混凝土ノ收縮ニヨル鐵筋混凝土龜裂發生ノ原因ニ就キテ

らーベス(Laves)氏カ其ノ論文(Die Begrenzung der Zugspannungen des Betons in Eisenbahnbrücken aus Eisenbeton.

(Zeitschrift der Bauverwaltung 29. Okt. 1913.)

# 混凝土ノ收縮ニヨル鐵筋混凝土龜裂發生ノ原因ニ就キテ

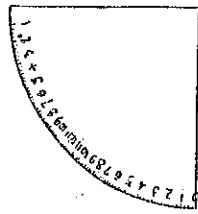


圖 三 第

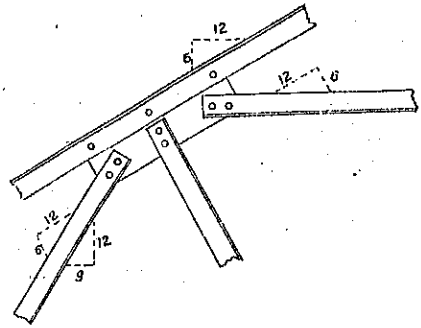


圖 二 第

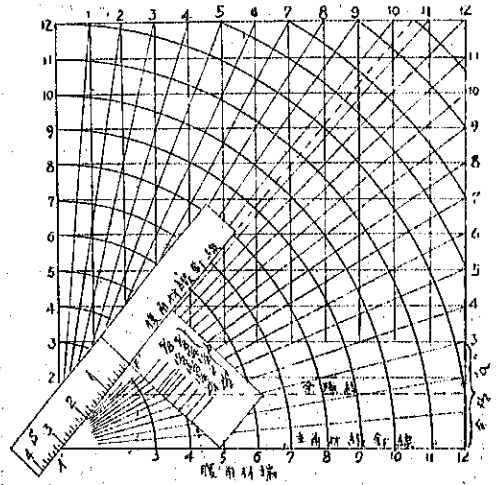


圖 四 第

ノ角度ヲハ第三圖ニ示セル如キ分度器ニヨリテ求ムヘシ然ラハ前述シタルモノト同様ノ方法ニヨリテ接合板ノ大サヲ定ムルコトヲ得ヘシ(完)

讀メハ是レ最端綴釘ノ中心ヨリ  
 主角材ノ綴釘線ニ直角ナル距離  
 並ニAヨリ該線ニ平行ナル距離  
 ヲ得ヘシ故ニ最端綴釘中心ヨリ  
 接合板ノ端ニ至ル距離ヲ適當ニ  
 定ムレハ接合板ノ大サヲ定ムル  
 コトヲ得ヘシ又主角材カ傾斜セ  
 ルモノニシテ且ツ凡テノ角材ハ  
 水平線ニ對シテ示サレタルモノ  
 ナル時ハ主材並ニ腹材ノ角度ヲ  
 圖表ノ角度線ノ上ニ取リ其ノ間

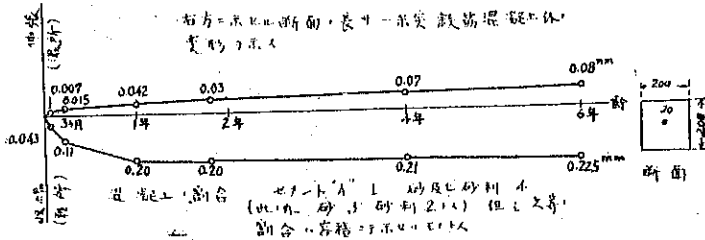


圖 一 第

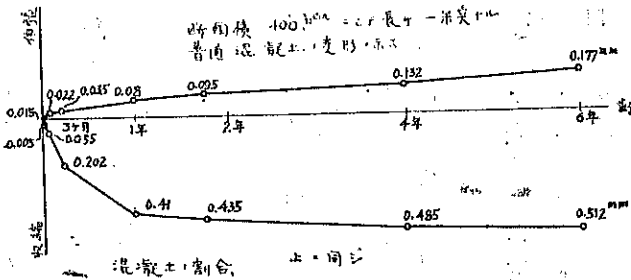


圖 二 第

混凝土ハ濕所ニアル時ハ膨脹セントシ乾所ニアル時  
 ハ收縮セントスルモノナルコトハ人ノ能ク知ル所ナ  
 リサレハ鐵筋混凝土ヲ濕所ニ置ク時ハ鐵桿ハ之ニ固  
 着セル混凝土ノ膨脹ヲ妨クヘキ故ニ鐵桿中ニハ應張  
 力ヲ生シ混凝土中ニハ應壓力ヲ生スヘシ又之ヲ乾所  
 ニ置ク時ハ之ト反對ニ混凝土ノ收縮ノ結果鐵桿中ニ  
 ハ應壓力ヲ生シ混凝土ニハ應張力ヲ生ス是レ混凝土  
 内ニ龜裂ノ發生スルヲ補助スルモノタルナリ  
 近時ぐらーム (Graff) 氏カ濕所並ニ乾所ニ於ケル鐵筋  
 混凝土及ヒ普通混凝土ノ伸縮ノ結果ヲ發表シタルカ  
 (Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1912 S. 2069.) 之  
 ニ據レハ混凝土ノ伸縮ノ爲メニ生スル鐵筋及ヒ混凝  
 土内ノ應力ヲ算出スルヲ得ヘシ此ノ實驗ニ用ヒタル  
 供試體ハ長サ一米突ノ正方角構ニシテ鐵筋ヲ挿入シ  
 タルモノハ之ヲ二浬ノ直徑ノ圓桿トセリ其ノ實驗ノ  
 結果ハ第一圖及ヒ第二圖ニ示セル所ニテ明瞭スヘシ

今混凝土ノ變形ニヨリテ鐵桿内ニ正應力 (Normal Spannung) ヲ生セシメントスルカハ凡テ固着力 (Haftspannung) ニヨリテ混凝土ニ傳ヘラルノモノトシ又鐵桿ニハ其ノ全長ニ沿ヒ同様ナル應力ヲ生スルモノトス(第三圖參照)



- l = 鐵桿ノ長サ
- A = 鐵桿ノ變形長
- F<sub>c</sub> = 混凝土ノ斷面積
- F<sub>s</sub> = 鐵桿ノ斷面積
- E = 鐵桿ノ彈性率
- σ<sub>c</sub> = 單位面積ニ對スル鐵桿ノ應力
- σ<sub>s</sub> = 單位面積ニ對スル混凝土ノ應力

トスル時ハ

(1)

$$\sigma_c = \frac{AE}{l}$$

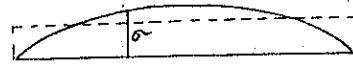
(2)

$$\sigma_s = \sigma_c \frac{F_c}{F_s}$$

トナルヘシ然レトモ事實ニ於テ斯クノ如ク鐵桿ノ全長ニ沿ヒテ其ノ應力カ同様ニ分布セルコトハ不可能ノ事ニシテ若シ然ル時ハ厚サ d のナル斷面積ヲ考フルニ混凝土ノ收縮ニヨルカヲ鐵桿ニ傳フヘキ固着力ハ鐵桿ノ兩端ノ部分ニ於ケル斷面積ニテハ無窮ニ大ナルヲ要スヘケレハナリ故ニ鐵桿並ニ混凝土内ノ應力ハ其ノ端ニ於テハ零ニシテ其レヨリ長サニ從ヒ漸次増加シテ一定ノ値ニ達スルコト第四圖ニ示セル如キモノナリト假定スヘキナリ此ノ假定ヨリ混凝土ハ收縮ス結果其ノ端ニ於ケル斷面ハ曲狀トナリ中央部ニ近キ程平面ニ近キ形トナルモノナルコトヲモ推定

抜 萃 混凝土ノ收縮ニヨル鐵筋混凝土龜裂發生ノ原因ニ就キテ

拔萃 混凝土ノ收縮ニヨル鐵筋混凝土龜裂發生ノ原因ニ就キテ



第 四 圖



第 五 圖

スルコトヲ得(第五圖參照)  
 第一圖及第二圖ニ示セル供試體ノ如キ斷面及ヒ長サヲ有スルモノニアリテハ鐵桿及ヒ  
 混凝土内ニ於ケル應力ハ鐵桿ノ兩端ヨリ中央ニ向ヒ一様ノ率ヲ以テ増加セルモノト考  
 へ得(第六圖參照)

今單位ノ長サニ對スル應力ノ増加ヲ $\alpha$ トスレハ鐵桿ノ中央ニ於テ生スヘキ應力 $S$ ハ

$$(3) \quad S = \alpha \frac{z}{l}$$

ニシテ混凝土ニ生スル應力ハ之ト同シ値ヲ有シ其ノ方向相反スヘシ而シテ鐵桿ノ端ヨ  
 リノナル距離ニ於テ $dx$ ナル長サヲ有スル鐵桿ノ小部分ヲ考フルニ其ノ應力ノ爲メ生ス  
 へキ此ノ部分ノ變形ハ

$$d\delta = \frac{\alpha x dx}{EF}$$

故ニ鐵桿ノ全長ニ對スル變形ハ

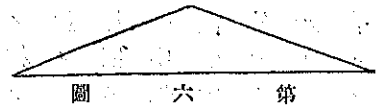
$$(4) \quad \Delta l = 2 \int_0^{\frac{l}{2}} \frac{\alpha x dx}{EF} = \frac{\alpha l^2}{4EF}$$

$$\alpha l = 4EF \frac{\Delta l}{l}$$

$$\therefore \alpha = \frac{z l}{2F_c} = \frac{2AE}{l}$$

$$\sigma_0 = \alpha \frac{F_c}{F_s}$$

又



今第五式ト第一式トヲ比較スルニ應力カ第六圖ノ如ク三角形ニ分布スルモノト假定セ  
ル場合ハ之カ一樣ニ分布スルモノト假定スル場合ニ比シ供試體ノ中央部ニ於ケル應力  
ハ二倍ノ結果ヲ得ルコト、ナル然レトモ實際ニ於テ生スヘキ最大應力ハ第五式及ヒ第  
一式ニヨリテ算出セラル、モノ、中間ニ位スルモノト考ヘ次式ニヨリテ前記供試體內  
ノ應力ヲ概算スルヲ可トスヘシ

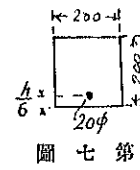
$$(7) \quad \sigma_c = \frac{1.5AE}{l}$$

$$(8) \quad \sigma_c = \sigma_c' \frac{F_c}{F_0}$$

今上式ニぐらーム氏ノ發表セル $\sigma_c$ ノ値ヲ代入シテ鐵筋混凝土供試體ノ中央部ノ應力ヲ算出スレ  
ハ次ノ如シ

供試體ノ齡	供試體カ濕所ニアル時		供試體カ乾所ニアル時	
	$\sigma_c$	$\sigma_c'$	$\sigma_c$	$\sigma_c'$
二月	+ 22 $\frac{kg}{cm^2}$	- 0.17 $\frac{kg}{cm^2}$	- 143 $\frac{kg}{cm^2}$	+ 1.1 $\frac{kg}{cm^2}$
三月	+ 47 "	- 0.37 "	- 346 "	+ 2.7 "
一年	+ 132 "	- 1.0 "	- 630 "	+ 5.0 "
二年	+ 158 "	- 1.2 "	- 630 "	+ 5.0 "
四年	+ 220 "	- 1.7 "	- 660 "	+ 5.2 "
六年	+ 252 "	- 1.0 "	- 708 "	+ 5.6 "

以上ノ場合ハ鐵筋カ混凝土斷面積ノ〇.八ばいせんとアルノミナルカ尙鐵筋ヲ増加スレハ其ノ爲

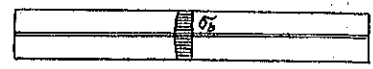


メ混凝土ノ伸縮ハ尙多クノ抵抗力ヲ受ケ爲メニ混凝土内ノ應力ハ尙増大スヘキハ當然ノコトナリトス又鐵筋ヲ混凝土斷面ノ中央ニ配置セスシテ之ヲ其ノ縁ニ近ク置ク時ハ混凝土内ノ應張力ハ自然ニ増加スヘク第七圖ノ如キ鐵筋配置ニヨリテ生スヘキ最大應張力ハ前ノ場合ニ比シ實ニ三倍トナルコトヲ見ルヘシ故ニ乾所ニ於テハ六ヶ月ヲ經タル長サ一米突ニ過キササル供試體ニモ約每平方糎十七疋ノ應張力ヲ生スルナリ

鐵筋混凝土供試體内ノ此ノ種應力ノ計算ハ應力分布ノ假定ノ不確實ナル爲メ精確ナルコトヲナシ能ハサレトモ茲ニ得タル結果ヨリ觀ルニ乾所ニ於ケル鐵筋混凝土ニハ混凝土ノ收縮ニヨリ重大ナル應力ヲ生スルコト並ニ混凝土ノ龜裂ヲ防クタメニハ水分ノ存スルコトカ特ニ肝要ナルコト明瞭スヘシ

一般ニ混凝土工ハ其ノ完成後一週間以上各部分ニ充分ナル水分ヲ保ツコト困難ナリ然レトモ尙實地ニ於ケル應張力ノ發生ニ對シテ混凝土ノ收縮ノ狀態ヲ進ンテ研究セントスル人ニハ約一、二、四、六十二週間水分ヲ有シ其ノ後最初ノ一年間ハ乾燥セル如キ鐵筋混凝土ノ研究ヲナシ又 $\bar{E}_1$ ノ値ノ種々ナルモノ及ヒ鐵筋ノ種々ナル位置ニヨリテ起ルヘキ影響ヲモ研究シ又觀測ノ精密ナルカ爲メニハ供試體ヲモ約六米突ノ大サノモノトシテ實驗サレンコトヲ望ムナリ又混凝土ノ收縮ニ原因スル龜裂ノ發生ヲ研究セントスル時ハ次ノ事項ヲ考ヘ置クヲ可トスヘシ

(一) 中央部ニ鐵筋ヲ配置セラレタル供試體ノ應力計算ニ於テ不言ノ中ニ假定セルコト即チ應力ハ混凝土ノ全斷面ニ一樣ニ分布セリト云フコトハ $\bar{E}_1$ ノ小ナルモノニハ甚タ適切ナラサルヲ以テ寧ロ混凝土應力ハ鐵桿ニ近キ部分ニ於テハ自由ニ動キ得ントスル縁ノ部分ニ於ケルヨリモ大ナルモノト假定スヘキナリ(第八圖參照)依リテ混凝土ノ收縮ニ原因スル龜裂カ鐵筋混凝土ノ表面ニ表ハレタル時ハ之ハ常ニ鐵桿ノ位置マテ入込メルモノナルコトモ之ニヨリテ明ニ想像サルハナ



第 八 圖

(二) 又實際ニ生スル鐵桿ト混凝土トノ固着力ハ實驗ノ結果ト果シテ一致スルヤ否ヤヲ檢スルモ必

要ナルヘシぐらゝム氏ノ發表セル中央部ニ鐵桿ヲ有セル混凝土ニアリテハ鐵桿内ノ應

$$\frac{4}{3} \frac{\sigma_{max} F_s}{l \pi d^2} = \frac{4}{3} \frac{708 \times 3.14}{50 \times 3.14 \times 2} = 9.45 \text{ kg/cm}^2$$

力カ三角形ニ分布セリト假定セル際ニハ其ノ固着力ハ  
トナル  
(三) 乾所ニ於ケル供試體ノ收縮ニ於テ鐵桿ヲ挿入セルモノト挿入セサルモノトノ收縮ノ

$$0.512 - 0.225 = 0.287 \text{ mm}$$

(第一圖第二圖參照)

ナリ故ニ〇・二八七耗ナル收縮ノ相違ハ鐵筋混凝土ノ混凝土ニ起ル應力ニヨリテ生セラルヘキ彈

$$A = \frac{\sigma_b l}{1.5 E_b}$$

又前出ノ表ヨリ

$$\sigma_b = 5.6 \text{ kg/cm}^2$$

又

$$E_b = \frac{F_c}{10} = 210,000$$

トセハ

$$A = \frac{5,600}{315,000} = 0.0178 \text{ mm}^2$$

核 萃 實際ノ築造物ヨリ切取りタル混凝土ハ現場ニテ供試體ニ作りタルモノヨリモ強度大ナリ

二四

斯クノ如クシテ求メタル $\mu$ ノ値ハ前ニ定メラレタル値〇・二八七耗ヨリモ約十六倍小ナリ此ノ大ナル差異アルコトヨリ見ルニ應力分布及ヒ断面ノ状態ノ假定ハ不確實ナルモノナリト雖モ混凝土ノ變形ニヨリテ生スヘキ應力及ヒ龜裂ノ計算ニ對シテハ鐵筋混凝土ト普通混凝土トノ實驗ノ結果ヲ混同シテ用フヘカラサルモノナルコトヲ示スナリ故ニ混凝土工ヲナシテ漸次其ノ凝結スル際ニハ混凝土ノ變形ニ對シ鐵桿ノ及ホス抵抗力ノ爲メ混凝土ニハ一種ノ伸張ヲ生スルモノト假定スヘキナリ尙今後ノ實驗ニ對シテハ供試體ノ總變形度ヲ測定スルト共ニ供試體中任意二點間ノ距離ヲ取りテ其ノ變形ヲ測定シ以テ應力分布ノ根本義ヲ得且ツ供試體ノ端面ハ如何ナル形ニ變スルヤヲモ觀察シ置クヲ可トスヘシ(完)

## 實際ノ築造物ヨリ切取りタル混凝土ハ現場ニテ 供試體ニ作りタルモノヨリモ強度大ナリ

(Eng. Record, Sept. 4, 1915.)

### 總 說

Public Service Commission of the First District ニ於テハ紐育地下鐵道工事ニ於テ現場ニテ作レル混凝土供試體ノ試驗ヲ絶エス爲シツ、アリ此ノ實驗ニハ規則正シキ標準方法ヲ採用シテ混凝材 (Aggregate) 及ヒ現場ニテ作レル供試體ヲ試驗シ又其ノ比較ノ爲メ實驗室ニテ作レル供試體ヲモ試驗セリ初メ用ヒタル供試體ノ形ハ圓壩形ニシテ八百回ノ試驗ノ結果ヲ平均シ且ツ第一表ノ如ク