

(四) 鐵筋混凝土管試驗報告書

言

誌

土木學會誌

第二卷第二號

大正五年四月

著者 工學士 小野 榮 作

著者カ曩ニ本誌第一卷第二號ニ鐵筋混凝土管試驗ノ概要ヲ報告シ更ニ同卷第六號ニ之レカ補遺ヲ掲載セリ第二號ノ記事ニ對スル工學士茂庭忠次郎君ノ種々有益ナル討議ヲ拜讀シ多大ノ參考並ニ研究資料ト相成候事深ク感謝ノ意ヲ表シ候早速御返答可致之處公務多端旁々補遺ノ件モ有之候故遂延引致シタル次第後レ場所ナカラ茲ニ聊カ愚見ヲ加ヘ討議ニ答度候敬具

(一) 管齡ニ關スル件

混凝土ノ強度ハ勿論其經過日數ニヨリテ相違アルハ諸種ノ實驗ニヨリテ明白ナル事實ナリ從テ鐵筋混凝土管ノ如キモ其管齡ニヨリテ強度ニ差異アルハ言ヲ俟タス著者カ實驗ニ供セシ管ノ大多數ハ其ノ經過日數三百日内外ノモノニシテ此等ハ初メヨリ試驗ノ目的ノ爲メニ製造セラレ可成管齡ノ差異ヨリ生スル強度ノ誤差ヲ小ナラシメンカ爲メ之レカ養生ヲ比較的長期間ニ亘ラシメタルモノナリ又經過日數六十日乃至百日内外ノモノハ便宜工場ニ於ケル出來合品ヲ試驗ニ供セシニ止マリ初メヨリ管齡ニ關シテハ試驗計劃ニ含マレ居ラサルニヨリ本件ニ關シテハ充分ナル實驗ノ結果ナキヲ以テ茲ニ之レカ論定ヲ下スコト能ハサルヲ遺憾トス然レトモ著者カ前報告書以外ニ於テモ尙幾多ノ管ニ就テ實驗ヲ試ミタル結果管齡六十日以上ノモノニアリテハ最初ノ

罅裂ニハ大ナル影響ナキモノ、如シ然レトモ荷重漸次増加シ管カ破壊状態ニ陥ルニ當リテ管齡ノ少ナキモノハ一般ニ大ナル罅裂ヲ發生シ且ツ混凝土及鐵筋ノ離剝甚タシク管ヲシテ崩壞ノ状態ニ陥ラシムルヲ認メタリ是レ即チ管齡ノ少ナキモノニアリテハ鐵筋ト混凝土トノ附着力尙未強固ナラサルニヨルモノト愚考ス

(二) 混凝土ノ用水量ニ關スル件

本件ニ關シテハ最初其ノ水密度及強度等ヲ試驗スヘキ計劃ナリシモ此等ノ試驗ハ寧ロ供試片ニヨルヲ適當ト信シ管ニ對シテハ之レヲ中止シタルニヨリ其ノ結果ニ就テ茲ニ述フルコト能ハサルヲ遺憾トス

(三) 混凝土中ニ在ル鐵筋ノ酸化ニ關スル件

本件ハ斯道界ニ於テ尙未充分ニ決定セラレサル事項ト考ヘラル前報告書ニ於テハ著者カ實驗セル範圍内ニ止マリ之レカ永久ニ酸化スルコトナキヤ否ヤハ四圍ノ事情ニ關係スルモノニシテ尙數十年ノ實驗ニ依ラサルヘカラサルハ勿論之レト同時ニ化學的並ニ顯微鏡的研究ヲモ必要ナリト思考セラレ

鐵ノ錆ハ水中ニ含有スル酸ノ作用ニヨリテ發生シ酸ヲ含マサル水中ニ於テハ錆化作用ハ起ラストノ前提ノ下ニ混凝土中ニ水カ浸入スルニ當リ其ノ途中ニ於テ水中ノ酸ハせめんとあるかり性ノ爲メニ中和セラレ鐵ニ作用セストノ說ヲナスモノアレトモ其ノあるかり性ハ永久ニ持續セラル、モノニアラスシテ鐵ヲ被覆スル混凝土ノ厚サ等ニヨリテ其ノ期間ニ差異アルハ論ヲ俟タサル處ナリ又混凝土中ニ於テ錆ノ消失スルハ事實ナレトモ此現象ハ如何ナル程度迄繼續スルモノナルヤハ尙不明ナリ

(四) 應力計算ニ關スル件

鐵筋混凝土桁ノ應力計算ニ關スル普通ノ公式ハ實地設計ヲ目的トシテ演繹セラレタルモノ多ク
 從テ其應力ノ比較的の低少ナル場合ニ適用セラル、モノニシテ實際ノ應力ニ大ナル誤差ヲ來タサ
 サルモノトセラル然ルニ桁カ破壊荷重ニ接近シテ將ニ罅裂ヲ發生セントスル場合ニハ應力狀態
 モ亦自ラ其趣ヲ異ニシ普通ノ應力公式ニヨリテ之レヲ計算シ得ルヤ否ヤハ大ナル疑問ナリトス
 著者カ曩ニ應力ノ計算ヲ試ミタルハ罅裂發生當時ニ於ケル眞ノ應力狀態ヲ解釋セント試ミタル
 ニアラスシテ唯普通ノ假定ノ下ニ於ケル應力公式ヲ便宜應用シテ破壞當時ニ於ケル應力ノ關係
 の強度ヲ算出シ之レヲ對照セルニ過キス
 茂庭工學士ハ混凝土ニ於ケル應力ハ桁カ罅裂ヲ發生スルニ至ルマテ存在スルモノトナシ之レ
 ヲ無視スルノ不合理ナルコトヲ論述セラレタリ著者モ亦應力ノ存在ハ之レヲ認メサルニアラ
 サレトモ罅裂當時ニ於テハ甚タ微弱ニシテ之レヲ無視スルモ其ノ應力狀態ニ餘リ影響ヲ來タサ
 サルモノト考ヘ全然之レヲ無視シタリ其理由ハ當時簡單ニ之レヲ述ヘタレトモ茲ニ再ヒ其理由
 ヲ略述シ少シク愚見ヲ呈セントス
 桁カ荷重ヲ受ケ漸次罅裂狀態ニ接近スルニ當リ混凝土ノ纖維ハ益々伸張シ其ノ結果撓曲ノ度ヲ
 増加スルコトハ諸大家ノ實驗ニヨリ一般ニ認メラレタル事實ナリト云ヒテ(Considère)氏ハ實
 驗ノ結果鐵筋混凝土ハ罅裂ヲ發生スルマテニハ平混凝土ニ比シテ約十倍ノ伸張ヲナスト云ヘリ
 思フニ混凝土カ此ノ如キ過大ナル伸張ヲ敢テ爲ス所以ノモノハ吾人カ肉眼ヲ以テ發見シ得サル
 極微ナル罅裂ノ既ニ發生セルヲ暗示セルモノト考フルコトヲ得ヘシ果セル哉其ノ後千九百十二
 年ニ亘リ(Wisconsin)大學ニ於テ實驗中偶然ニモ所謂極微罅裂(Water mark)ノ存在
 セルコトヲ發見セリ爾來諸家カ實驗ヲ累ネタル結果此極微罅裂ノ發生當時ニ於ケル鐵筋混凝土
 ノ伸張ハ平混凝土ノ伸張ト同一ナルコトヲ確ムルニ至レリ其後ば(Bach)氏カ種々ナル實驗

ノ結果前同様ノ事實ヲ認め且ツ平混凝土ニアリテハ極微罅裂ハ其ノ破壞荷重ノ八〇ぱいせんとニ於テ發生セルコトヲ確メタリ要スルニ同氏ノ結論トシテ鐵筋混凝土ハ平混凝土ト同一ノ伸張ニ於テ極微罅裂ヲ發生スルモノトセリ

以上ノ事實ニ徴スレハ著者カ實驗ニ於テ肉眼的罅裂ヲ發見セシ以前ニ於テ既ニ極微罅裂ノ發生シ居ルハ容易ニ之レヲ認定シ得ヘシ即極微罅裂ノ存在シ居ル以上ハ混凝土ノ應張力ハ肉眼的罅裂當時ニ於テハ寧ロ之レヲ無視スルヲ至當ト考ヘラレ茂庭工學士ノ所說ノ如キ應張力カ存在スルトハ思ハレサルナリ若シ同工學士ノ如ク應張力ヲ考フル場合ニハ將ニ極微罅裂ヲ發生セントスル當時ノ荷重ヲ以テ各應力ヲ計算スルヲ至當ナリト考ヘラル而シテ該荷重ハ之レヲ判斷スルニ苦シム所ナレトモば氏は氏ノ實驗ニヨレハ破壞荷重ノ八〇ぱいせんとニシテ又著者ノ實驗ニヨル變形圖表(本誌第一卷第二號所載)ヲ見ルトキハ圓形管ニアリテハ何レモ約一噸半ノ荷重ニ至リテ急ニ變形量ヲ増加シ又卵形管ニアリテハ約二噸ノ荷重ニ至リテ然リトス即チ此等ノ荷重ハ夫々管ニ極微罅裂ヲ發生セシムル所ノモノニシテ各肉眼的罅裂荷重ノ八〇ぱいせんと内外ナルコトハ管試驗成績表ニヨリテ明カナリ即チ氏は氏ノ實驗ト符合スル値ナルニヨリ應張力ヲ考フル場合ニハ圓形管ニアリテハ一噸半内外又卵形管ニアリテハ二噸内外ノ荷重ヲ以テ各應力ヲ計算スルヲ至當ナリト思考ス

又茂庭工學士ハ桁ノ斷面カ撓曲後ニ於テモ平面タルコトヲ假定シ居ルニ係ハラヌ $M = 9$ ナル條件ヲ附與シテ斷面平面タルコトノ假定ヲ無視シタルハ理論ニ於テ矛盾セルモノニアラサルカ假令混凝土ノ強度試驗ニ於テハ抗壓強ハ抗張強ノ九倍ナルニセヨ此條件ヲ直ニ桁ノ維應力ノ分布狀態ニ附與スルコトハ何等ノ關係ナキコトニアラスヤ而シテ同工學士ハ應力計算ノ結果及 f_c 其ノ破壞強度ト相去ルコト尙遼遠ナルモ f_c ニ至リテハ蓋シ容積ニヨリシ配合一、二、四ノ混凝土

ニシテ而カモ工場ニ於テ多數ニ製作セラレタル場合ノ破壊抗張強度トシテ實際アリ得可キ範圍ナリト論シ更ニ、皸裂ハ混凝土ト鐵筋トノ附着力カ安全度ヲ超過シタル後混凝土ノ破壊抗張強度ニ達シテ初メテ發現スルモノニシテ混凝土ノ抗壓強度又ハ鐵筋ノ抗張強度ニ基因セサル云々ト論セラレタリ然ルニ、 f_c/f_t ノナル條件ヲ附與シタル以上ハ、 f_c カ破壊強度ニ達スルト同時ニ、 f_t モ亦破壊強度ニ達スルノ理ナリ即チ桁ハ鐵筋量ノ多少ニ係ハラス如何ナル場合ニ於テモ混凝土ノ張力ニヨリテ破壊スルト同時ニ壓力ニヨリテモ亦破壊スルト、ナルヘシ是レ實際ニ於テ一般ニ有リ得ヘカラサルコトニシテ甚面白カラサルコト、云フヘシ又混凝土ノ張力ヲ考フル場合ニハ附着應力ノ状態ハ自ラ其ノ趣ヲ異ニスルヲ以テ之レヲ計算シタル後ニアラサレハ皸裂ノ原因ヲ附着力ニ歸スルコト能ハサルヘシ

要スルニ茂庭工學士ノ如ク混凝土ノ應張力ヲ考ヘ且ツ斷面平面タルヘキコトヲ假定スル場合ハ皸裂荷重ノ八〇ぱーせんトヲ取り次ノ如キ式ニヨリテ各應力ヲ計算スルヲ至當ナリト愚考ス

E_c 混凝土ノ張力ニ對スル彈性係數
 E_s 鐵筋ノ張力ニ對スル彈性係數
 f_c 混凝土ノ變形度

$$\frac{2}{3} f_b c - \frac{2}{3} f_t (h-a) - f_s A = 0 \dots \dots \dots (1)$$

$$M = \frac{5}{12} f_c b c^2 + \frac{5}{12} f_t (h-a)^2 + f_s A (d-a) \dots \dots \dots (2)$$

又

$$\frac{e_c}{a} = \frac{a}{d-a}, \quad \frac{e_c}{a} = \frac{a}{h-a}, \quad E_c = \frac{f_c}{e_c}, \quad E_s = \frac{f_s}{e_s}, \quad E_s = \frac{f_s}{e_s}$$

506

故ニ $\epsilon = \frac{E_s}{E_c} \frac{f_s}{f_c}$ 及 $m = \frac{E_s'}{E_c}$ ト置タトキハ

$$f_s = n_f \frac{d-s}{s} \dots \dots \dots (3)$$

$$f_c = m f_s \frac{h-x}{s} \dots \dots \dots (4)$$

即チ(1)(2)(3)及(4)ノ方程式ヨリ未知ノ數 s, f_s, f_c 及 x ヲ求ムルコトヲ得ヘシ
 又附着應力ハ次ノ式ニヨリ之レヲ求ムルコトヲ得ヘシ即チ Δp ナルニヨリ(2)(3)及(4)式ヨリ f_c
 及 f_s ヲ消却シ $A f_s$ ヲ求ムレハ

$$A f_s = \frac{12n_f p d (d-x) M}{5s^2 + 5m(h-x)^2 + 12n_f p d (d-x)^2}$$

故ニ全附着應力ハ次ノ如シ

$$\frac{d(A f_s)}{ds} = \frac{12n_f p d (d-x)}{5s^2 + 5m(h-x)^2 + 12n_f p d (d-x)^2} \frac{dM}{ds} \dots \dots \dots (5)$$

(完)