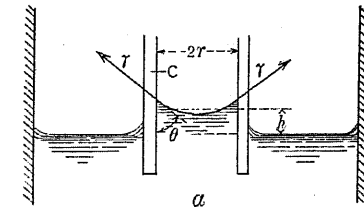


第三章 土ノ力學的性質

第一節 土ト毛管水

47. 毛管引力ト表面張力 極細イ管ヲ水ナドノ中ニ立レバ管内ノ水面ハ一般ノ水面ヨリモ高クナルノハ其毛管壁面ト水トノ間ノ引力ニ依ルモノデ之ヲ毛管引力ト云フノデアル。毛管引力ハ其液體ノ表面張力ニ關係シテ居ル。

第二十九圖ニ於テ内徑 $2r$ ナル管 c 中ニ液體 a ニ立テ此液體ト此管壁トハ鋭角ヲ爲シテ接觸スルモノトスル。今液體 a ノ表面ニハ縁ノ周圍ニ單位ノ長ニ對シテ張力 γ ガ働キ、垂線ト θ ナル角ヲ挾ンデ居ル。縁ノ周圍ノ長サハ



第二十九圖 毛管引力

$2\pi r$ デ張力ノ合計ハ $2\pi r \gamma \cos \theta$ デアル。此張力ハ上向シテ管内ノ液體ヲ引張り、下向シタ水柱ノ重量ト平衡シ、管外ノ液面ヨリ高サ y ナル管内ノ液體ノ一點ノ壓力ハ $-\rho g y$ ニ等シク靜水負壓ト考ヘルコトガ出來ル。此場合ニ管内ノ水面ハ水平デナイカラ精密ニ水柱ノ高サヲ實測スルコトハ六ケシイガ、此水柱平均ノ高サヲ h トスレバ h ハ地平面ヲ有スル水柱ノ高サデ實際ノ水柱ト其重量ヲ等シクスルモノヲ云フノデアル。即チ此場合ニ水面ノ上昇シタ此水柱ノ容積ハ $\pi r^2 h$ ニ等シク、 ρ ヲ液體ノ密度、 g ヲ重力加速度トスレバ其重量ハ $\pi \rho g r^2 h$ ニ等シイ。此重量ハ表面張力ノ和ト相等シイカラ

$$\pi \rho g r^2 h = 2\pi r \gamma \cos \theta$$

又ハ

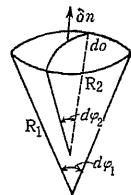
$$h = \frac{2\gamma \cos \theta}{\rho g r}$$

h ナ亦毛管上昇ト云フ。h ハ管ノ半徑 r ニ反比例スル。清淨ナ硝子管ノ中ニ水ヲ入レタ場合ニハ接觸角 θ ハくゑんげ (Quincke) ニ從ヘバ 8° 乃至 9° ニ等シク、ゐるば一ふら一す (Wilberforce) ニ從ヘバ 0° ニ等シク、非常ニ小サイカラ、 $\cos \theta = 1$ デ從テ

$$h = \frac{2r}{\rho gr} \quad [33]$$

水銀ト硝子ノ場合ニハ θ ハ 128°52' ニ等シク、又ハくゑんげハ其劣角ヲ取ツテ 52°40' トシテアルカラ、餘弦ノ値ハ負トナリ、硝子管ヲ水銀ニ立タタ場合ニ管內ノ水銀ハ外ノ槽內ノ面ヨリ低イ。毛管沈下ノ現象ガ即チ是デアアル。有機物ハ大抵表面張力ヲ少クシ、無機物ハ之ヲ増ス。

元來液體ハ自由ニ落下スル場合ニ於ケル滴ノ如キモノデアアルナラバ其液體ハ最小ノ表面ヲ有スル形ノモノトナラントスルモノデアアル。是レ空氣ナドノ中ヲ落下スル滴ハ其表面ノ面積ニ比例シタ摩擦抵抗ヲ受ケルカラ此抵抗ヲ最小ニシテ落下スルノガ自然ノ現象デアアル。即チ此經驗上ノ事實ニ基ヅイテ表面張力ナル名ガ之ニ附ケラレタノデアアル。若シ液體ガ容器ニ入レラレ、一方ニハ其容器壁ニ制限セラレルガ他方空氣等ニ界セラレル所ニハ其環境ニ應



第三十圖 表面張力ト引力

ジタ平衡ガ表面ニ成立ツノデアアル。

今第三十圖ニ示スガ如ク主半徑 R_1 及 R_2 ナル外ニ向テ凸出シタ面ニ P ナル引力又ハ張力ガ内ニ向テ働イテ居ルトキ、此小面積ハ d_0 デ P ニ逆テ δn 丈移動スルナラバ其仕事ハ $P d_0 \delta n$ デアル。又えねるぎ一ノ増加ハ表面張力 γ ト面積ノ變化 δd_0 ノ積 $\gamma \delta d_0$ ニ等シク、

$$(1) \quad P d_0 \delta n = \gamma \delta d_0$$

然ルニ ϵ ナ形ノ係數トスレバ

$$(2) \quad d_0 = \epsilon R_1 R_2 d\varphi_1 d\varphi_2$$

δn ナル移動ノ爲ニ兩半徑共 δn 丈ケ變化スルカラ

$$(3) \quad d_0 + \delta d_0 = \epsilon (R_1 + \delta n)(R_2 + \delta n) d\varphi_1 d\varphi_2$$

(2) ト (3) ノ差ヲ取レバ

$$(4) \quad \delta d_0 = \epsilon (R_1 + R_2) \delta n d\varphi_1 d\varphi_2$$

(2) ナ (4) ニ代入スレバ

$$(5) \quad \delta d_0 = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \delta n d_0$$

(1) ト比較シテ

$$P = \gamma \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad [34]$$

之ヲらふら一す (Laplace) ノ第一法則ト云フ。半徑 R ノ球ニハ

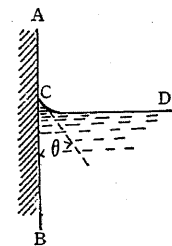
$$P = \frac{2\gamma}{R} \quad [35]$$

張力ハ半徑ニ反比例シ、半徑ガ大トナル程張力ハ小トナル。若シ表面ガ外ニ向テ凹形ヲ保ツナラバ外ニ向ツタ同量ノ壓力ガ現ハレル。即チ曲率半徑ハ負號ヲ與ヘナケレバナラナイ。

第三十一圖ニ於テ或液體ガ容器ニ入レラレテ其周壁ニ對シテ縁角 θ ナガ爲ナラバ θ ハ表面 CD ガ周壁 AB ト交ル所ノ角デ次ノ等式カラ計算スルコトガ出來ル。らふら一すノ第二法則ガ即チ是デアアル。

$$\gamma \cos \theta + \gamma' = 0$$

此ニ γ ハ境界ヲナス所ノ液體蒸汽即チ水ト空氣ノ間ノ表面張力ヲ表ハシ、 γ' ハ液體周壁即チ水ト周壁ノ間ノ表面張力ヲ表ハス。若シ水銀ト硝子ノ間ノ如ク縁角ガ鈍角ヲ爲サバ液體ハ周壁ヲ濕サズ、若シ又縁角ガ鋭角ヲ爲サバ液體ハ周壁ヲ濕スノデ油ト硝子ノ間ノ如キ是デアアル。更ニ縁角ガ零ニ等シケレバ液體ハ完全ニ周壁ニ附着スルモノデ全ク純粹清淨ナ水ト硝子ノ如キ此例デアアル。表面張力ヲ



第三十一圖 液體ノ縁角

測定スル方法ニハ静力學的ト動力學的トノ別ガアル。次表ハ若干液體ノ表面張力ノ値デ、蒸氣トアルハ液體ノ飽和蒸氣ヲ指ス。又表面張力 γ ハだいいん/糎ヲ以テ表ハサレテアルガ、之ヲ 9.81 デ除レバ既/耗ノ値ガ得ラレル。

第二十九表 表面張力 γ ノ値

液 體	ニ對シテ	溫 度 攝氏度	γ だいいん/糎	液 體	ニ對シテ	溫 度 攝氏度	γ だいいん/糎
水	空 氣	20°	72.75	べんぞーる	空 氣	17.5	29.16
"	空氣+蒸氣	20	72.53	ばらふいん油	"	54	30.5
"	べんぞーる	20	35.0	たーべん油	"	15	27.3
水 銀	蒸 汽	20	472	硫 化 炭 素 (CS ₂)	"	19.4	33.6
"	水	20	375	鉛	"	377	394
"	えちーるあるこぼる	20	364	醋 酸	"	20	23.4
えちーるあるこぼる	蒸 汽	20	22.03	炭酸 (CO ₂)	"	21	1.0
えちーるあるこぼる	"	20	16.49	鹽化そぢうむ	"	803	114

空氣中ニ於テ水ト硝子ノ場合ニ攝氏 20° ニ於ケル γ ノ値ハ凡ソ 72.75 だいいん/糎デアル。

表面張力 γ_1 及 γ_2 ナルニノ液體ノ容積ヲ夫々 n_1 及 n_2 ノ比ヲ以テ混合シ、 $n_1+n_2=1$ トスレバ混合液ノ表面張力 γ ハ次ノ如クデアル。

$$\gamma = n_1\gamma_1 + n_2\gamma_2 \quad [37]$$

ふゑるくまん (Volkman) ノ法則ニデアル。

表面張力ト溫度トノ關係ハ一次式ヲ以テ表ハスコトガ出來ル。えーとふゑす (Eötvös) ニ從ヘバ表面張力ヲ γ だいいん/糎、原子量ヲ μ 、密度ヲ ρ 、限界溫度ヲ T_k 、溫度ヲ T 、 k ナーノ係數トスレバ

$$\gamma \left(\frac{\mu}{\rho} \right)^{\frac{2}{3}} = k(T_k - T - \tau) \quad [38]$$

凡ソ $k=2.12$ 、 $\tau=6^\circ$ デアル。

又ハ γ_0, γ_t ナ夫々攝氏 0° 及 t° ニ於ケル表面張力トスレバ

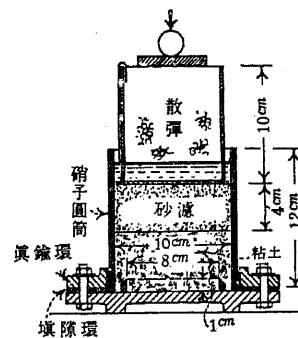
$$\gamma_t = \gamma_0(1 - \alpha t) \quad [39]$$

水ノ場合ニ $\alpha=0.002$ ニ等シイ。

48. 毛管水ト粘土ノ收縮 土ノ凝集力又ハ粘力ハ粘土又ハ粘土ニ似タ土ニ特有ノ性質デアアルガ普通ノ土ニテ亦多少ノ凝集力ガアルケレドモ砂ニハ此力ガ少イ。凝集力ハ土粒ノ中ニ水ノ浸込ム爲ニ多クナルノハ能ク知ラレタ事實デ、水分ノ多少ハ表面張力ノ異同ヲ生ジ、延イテハ張力壓力剪力等ニ對スル抵抗力ノ差異ヲ來スノデアアル。

粘土ニ壓力ヲ加ヘレバ其收縮ガ起ル。但シ此收縮ニハ水分ノ浸出ガ之ニ伴ヒ、然カモ時間ノ影響ガ甚ダ多イ。てるぎきー (Terzaghi) ハ粘土ニ水ヲ加ヘテ粘稠状トナシ、之ヲ第三十二圖ニ示シタ様ナ内徑 10 糎ノ硝子圓筒ニ入レテ、先ヅ低壓ヲ加ヘテ其水分ノ關係ヲ研究シタ。此ノ硝子器ノ底ニハ薄イ濾紙ヲ敷イテ其ノ上ニ載セ、眞鍮環ノ高サ 1 糎内徑 8 糎ノモノヲ其上ニ載セ、

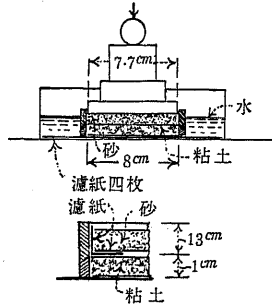
其上ニ前ノ粘土ヲ填メル、而シテ粘土ノ上面ニハ 1 枚ノ濾紙ヲ敷キ粒徑 0.25 乃至 0.5 糎ノ石英砂厚サ 4 糎ヲ載セテ 24 時間放置スレバ砂ノ重ミデ粘土ハ壓サレ平衡ノ状態ニ達スル。是ニ於テ砂ノ上ニ眞鍮製ノ空筒ヲ載セ一日間置イタ後筒ノ半分許リニ鉛ノ散彈ヲ入レ、更ニ二日間經ツテ上半分ニ殘リノ散彈ヲ入レル。斯クシテ全荷重ハ



第三十二圖 粘土ノ低壓及水分

每方糎 0.1 斤ニ達セシメル。眞鍮製筒ノ側面ニハ目盛ヲ設ケテ荷重ノ爲ニ生ジタ壓縮ヲ測ルコトガ出來ル。之カラ後更ニ荷重ヲ加ヘルニハ一個ノ鋼球ヲ上ニ載セ挺子ヲ推シテ二日置キニ其荷重ヲ每方糎 0.1 斤カラ 0.2, 0.3, 0.6 及

1.2 疋ニ上ゲルコトガ出來ル。斯クシテ種々ノ荷重ニ應ジタ粘土ノ壓縮ガ知ラレタ。之ヨリ強イ荷重ヲ加ヘ高壓ト水分ノ關係ヲ知ルニハ先ヅ挺子眞鍮筒及砂ヲ取去リ臺版ヲ放シ、びすとんデ粘土ヲ推出シ、厚サ1糎ノ粘土ヲ入レ



第三十三圖 粘土ノ高壓及水分

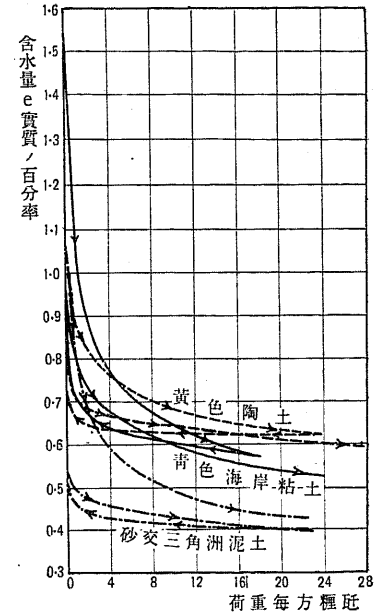
球ヲ其上ニ載セルコト圖ニ示スガ如クスル。

而シテ全體ヲ凡ベテ水ヲ容レタ器ノ中ニ入レテ壓力試験機ニ掛ケル。試驗機デハ壓力ヲ 20 分以内ニ每方糎 0 カラ 2 疋ニ増シテ暫ク其状態ヲ維持スル。此壓力テ層ノ厚サハ減少スルガ初メハ急ニ後漸次徐々ニ、而シテ凡ソ 2 日ノ後一定シテ靜水學的ニ平衡ヲ示シタ。次ニ水ヲ吸出シテびすとんヲ速ニ上ゲ眞鍮版、濾砂及上環ヲ取去リ、粘土ノ上面ノ水ヲ吸取ツテ下環及中ノ粘土ノ心ト共ニ目方ヲ秤リ、環ノ上縁カラ上ニ喰ミ出シテ居ル粘土分ハ之ヲ搔取り、更ニ一回目方ヲ秤ル、其後再ビ組立テ、實驗ヲ續ケル。斯クノ如ク凡ソ 2 日毎ニ壓力ヲ増シテ每方糎 2, 4, 8, 14 及 20 疋ニ至ラシメル。之カラ若シ 2 日放置シテ 8, 4, 2, 1, 0 ト壓力ヲ弛メ更ニ 4 乃至 6 日間完全ナ恢復ヲ待チ、1, 2……10 及 20 疋/(糎)² ニスルトキハ多少ノ彈復動ガ殘ル。第三十四圖ニ示スモノハ即チ此壓力及水分ノ關係ヲ表ハシタモノデア

ル。砂又ハ其他滲透性ノ土デハ此ニ述ベタ様ナ壓縮性ヲ得ルコトガ出來ナイ。

砂混リノ粘土デサヘ其滲透性ノ少イ爲、一旦水分ヲ搾出セバ再ビ水ヲ飽和セシメルコトハ六ケシイ。

荷重ヲ粘土ニ加ヘレバ壓縮ヲ生ズルコト前ニ述ベタ通りデアルガ、此ニ時間ノ影響ガアルコトヲ忘レテハナラナイ。即チ荷重ヲ加ヘテ直チニ全部ノ壓縮ヲ生ゼズシテ徐々ニ壓縮セラレ、又荷重ヲ除イテモ直チニ膨脹セズ亦徐々ニ膨ランデ來ル。粘土層ガ薄クテモ尙此ノ壓縮ノ遅レガ現ハレルノハ粘土ノ細カイ粒ノ間カラ毛管水ガ推出サレテ表面外ニ出テ、砂ノ濾層ニ逃去ルニハ相當時間ヲ要



第三十四圖 壓力水分曲線

スルコトヲ示シテ居ル。換言スレバ粘土ニ壓力ヲ加ヘレバ其粒ノ層ノ水ノ毛管引力ニ逆ツテ壓力ヲ加ヘル爲メ粘土ノ中ノ水ガ推出サレルノデアルガ、而カモカハ上部カラ加ヘラレルカラ粘土ノ上層ノ水ガ先ヅ推出サレ漸次下方ニ及ブト云フコトハ想像シ得ベキコトデアル。此遅レノ現象ヲ外ニシテハ粘土ノ荷重ト含水量ノ關係ハ恰カモ應力ト變形ノ關係ニ似テ居ル。

若シ前ノ試験ノ如ク荷重ハ別ニ之ヲ加ヘナイデ全然同一ノ装置ヲ用ヒ唯自然ニ之ヲ放任スレバ粘土ハ自己ノ重量ニ依リ内部カラ水ガ浸出シ、終ニ表面ニ至ツテ蒸發スルカラ此ニ粘土ノ收縮ナル現象ガ起ルノデアル。壓縮ニ於テハ人工的ニ壓力ヲ粘土ニ加ヘルニ反シテ收縮ニ於テハ自然的ニ自己ノ壓力ニ依ル外、粘土ノ表面ニ於ケル毛管水ノ表面張力ノ爲メ、負壓ヲ受ケ内部カ

ラ水が吸出サレル結果トナルノデアル。

水ノ表面張力ハ粘土ノ粒ノ間ノ毛管ニ水柱ヲ吸揚ゲ、其水頭ニ應ズル壓力ヲ及ボスカラ此壓力ヲ毛管壓ト呼ブコトガ出來ル。毛管壓ノ最大値ハ粘土ガ半固體カラ固體ニ移ル時ノモノデ之ヲ過渡壓ト云フ。毛管内ノ水ハ毛管壓ニ等シイ張力ヲ現ハシテ之ガ所謂毛管現象ヲ引起スノデアル。但シ此張力ハ水ノ内壓ヨリ太ナルコトハ出來ナイ。

半固體ノ粘土ノ表面ニ水ヲ覆ヘバ表面張力ガ零トナルカラ粘土ハ膨脹スル。恰カモ粘土ノ荷重ヲ除ケバひすてりしすノ輪ヲ描イテ膨脹スルノト同様デアルガ、粘土ノ膨脹ハ其含水量ガ増加スル爲デアル。即チ水ヲ以テ粘土ノ表面ヲ覆ヘバ其壓力ハ皆無トナリ。内部ニハ負壓ガアル爲メ水ハ内部ニ吸込マシテ含水量ヲ増スノデアル。從テ若シ荷重ヲ加ヘテ粘土ヲ壓縮シテアル際ニ完全ニ表面ノ水ヲ除キ、後荷重ヲ取去ツテモ粘土ノ内部ニ入ルベキ水ガナイカラ粘土ノ容積ノ膨脹ハ含水量ノ増加ハ起リ得ナイ。即チ毛管水ノ表面張力ハ外部荷重ト同様ノ働ヲシテ居ル。

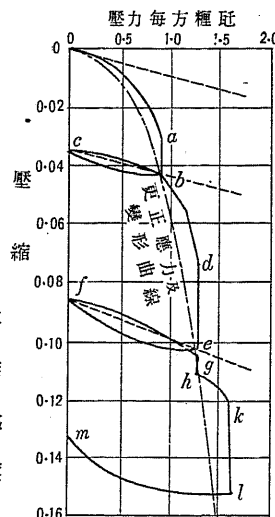
斯クノ如ク粘土ノ凝集力ナル現象ハ凡ベテ表面張力ヲ以テ説明スルコトガ出來ル。即チ粘土ノ凝集力ハ毛管壓ニ依ツテ生ジタ内部ノ摩擦抵抗デアル。而シテ毛管壓ハ毛管水ノ表面張力デ粘土ノ表面ニ働クノ外力ト考ヘ得ルカラ内部摩擦ニ依ル眞ノ凝集力ニ對シテるざっきハ毛管壓ヲ見カケノ凝集力ナド、呼ンデ居ル。

粘土ノ應剪強ハ毛管壓ト内部抵抗係數ノ積ニ等シク、勿論其粘狀ニ於テノミ適用スベキモノデアル。

第二節 土力學ノ基礎

49. 土ノ抗壓強及他ノ彈性々能 土殊ニ粘土ニ就テ之ニ荷重ヲ加ヘタ場合

ニ其抗壓強ノ關係ハ他ノ木石金屬ナド、似テ居ルガ、水分ノ影響ガアルコトヲ知ラナケレバナラナイ。横ニ膨脹シナイ容器ノ内側ニ濾紙ヲ捲キ又ハ眞鍮ノ針金デ作ツタ網ヲ張り、網ト箱ノ間ニハ水ニ浸シタ綿ヲ入レテ更ニ其中ニ粘土ノ立方體ヲ入レ上カラ荷重ヲ加ヘレバ浸出シタ水ハ濾紙ニ吸收セラレテ粘土ノ含水量ガ減ズル。而シテ之ガ爲ニ起ル長さノ變化ハ一とん環ト測微螺旋ヲ用ヒテ非常ニ精密ナ程度ニ測定スルコトガ出來ル。第三十五圖ハ即チ壓力及變形ノ關係ヲ表ハシタモノデ横距ハ每方糎デ壓力ノ大サヲ示シ、縦距ハ壓縮度ヲ示シタモノデアル。但シ此壓縮度ハ正立方體ノ地平断面ヲ一定ニシテ置イテ空隙ノ容積ヲ0トシ其立方體ガ有スベキ高サヲ以テ壓縮サレタ高サヲ除シテ得タ比ヲ指スノデアル。此應力及變形圖ノ形ハ天然石ヤコンクリートノ應力及變形圖ニ似テ居ル。

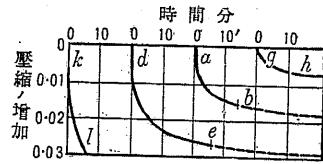


第三十五圖 粘土ノ應力及變形圖

粘土ノ應力及變化ノ關係ハ或大サマデ壓力ヲ増シテ再ビ之ヲ減少シ、壓力ヲ無クスルモ尙壓縮度ヲ殘スコト圖ニ示スガ如クデアル。更ニ再ビ壓力ヲ加ヘレバ再ビ壓縮ヲ生ズルコト亦圖ニ示サレテアル通りデアル。此曲線ノ壓力0ノ近クニ切線ヲ描ケバ其切線ハ殆ド平行ニ近い方向ヲ持ツテ居ル。

又此時漸次壓力ヲ増セバ其壓縮度ヲ増シテ來ルガ若シ或時間壓力ヲ一定ニ保テバ其變形ハ尙増加スル。即第三十六圖ニ示ス如ク變形時間曲線ガ得ラレル。例ヘバ第三十五圖ニ於テ α ニ於テ壓力ヲ變セズ放任スルコト 15 分許リナレバ尙壓縮度ハ増シテ b トナリ、同ジク d ニ於テ荷重ヲ變セズ 26 分放

置スレバ變形ハ e トナリ、同様ニ k カラシマデ壓力ヲ變セズ7分ヲ經過



第三十六圖

粘土ノ變形時間曲線

セシメタ如キハ即チ是デアル。然シ壓縮度増加ノ割合ハ段々少クナツテ來ルコトハ變形時間曲線ガ漸近的ニ地平ニ近ヅクノデモ解カル。

斯クノ如ク荷重ヲ一定シテ變形即チ

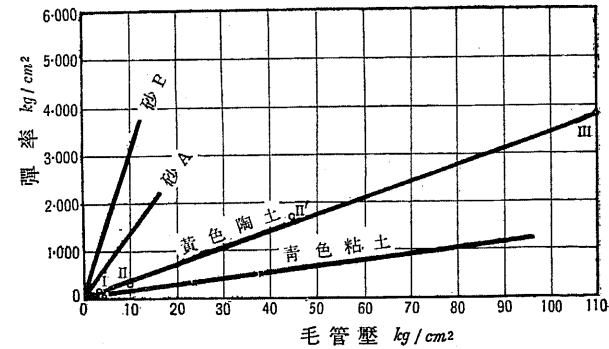
壓縮度ガ變ルノハ荷重ヲ一定シテ含水量ノ變ルノト異ナル現象デアル。即チ前者ハ含水量ヲ變セズ毛管水ハ其平衡ノ状態ヲ保ツテ居テ尙且ツ起ルモノデ、恰カモ彈狀固體ガ現ハス彈性的後果ニ等シイ。而シテ極メテ徐々ニ荷重ヲ加ヘレバ其彈性的後果ハ目立タナイデ第三十五圖ノ點線ヲ描イタ様ナ應力及變形圖ガ得ラレル。

次ニ荷重ヲ或程度カラ徐々少クシテ0トナシ、再ビ徐々ニ之ヲ増セバ所謂ひすてりしす輪ガ得ラレル。之ハ壓力水分圖トモ異ナリ、荷重ガ弛メラレタ前ノ値ニ達スレバ壓力及變形圖ハ漸近的ニ荷重ヲ増シタ曲線ニ近イテ居ル。

彈性率又ハ彈率ハひすてりしす輪ノ切線ガ縱軸又ハ壓縮度ト爲ス角ノ正切ニ等シク、前ニ述ベタ如ク初メテ荷重ヲ徐々ニ増シタ場合ノ應力及變形曲線ノ正切ト殆ド變リガナイ。

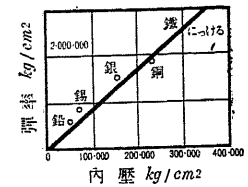
一定ノ含水量ノ粘土内ニ働ク毛管壓ハ其含水量ニ對スル壓力水分曲線ノ荷重ニ等シイ(第三十四圖參照)。從テ横距ニ此毛管壓ヲ用ヒ、縦距ニ彈性率ヲ用ヒテ其關係ヲ圖示スレバ第三十七圖ノ如ク粘土及砂ニ對シテ各一ノ直線ガ得ラレル。換言スレバノ粘土及砂ノ彈性率ト毛管壓ノ比ハ其水ヲ更ニ飽和セザル限りハ一定デアル。是レ粘土及砂ノ載荷力ハ其彈性率ニ比例シテ居ルコトヲ示ス。

粘土ノ凝集力ハ其毛管壓ニ關係シ、固體ノ凝集力ハ其分子相互ノ間ノ引力



第三十七圖 粘土及砂ノ彈性曲線

ニ依ツテ生ジタ單位面積ノ壓力即内壓ノ爲ニ起ル。此點カラ見レバ固體ノ彈性率ト内壓ノ比ハ亦一定ナルベキ筈デアル。第三十八圖ハ諸金屬ノ彈性率ト内壓トノ關係ヲ示シタモノデ、前ノ事實ヲ説明シテ居リ、砂ヤ粘土ノ彈性率ト毛管壓ノ關係ニ等シイコトヲ裏書シテ居ル。



第三十八圖 金屬ノ彈性曲線

やんぐノ彈性率ヲ E だん/(糎)² トシ、剛性率ヲ n だん/(糎)²、積彈率ヲ k だん/(糎)²、壓縮度ヲ C (糎)²/斤、ほあそん比ヲ ν トスレバ一般ニ齊質ノ物體ニ對シテハ

$$n = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad [40]$$

$$\nu = \frac{E}{2n} - 1 \quad [41]$$

$$k = \frac{E}{3(1-2\nu)} \quad [42]$$

$$C = \frac{1}{k} = \frac{3(1-2\nu)}{E} \quad [43]$$

ナル關係ガアル。齊質ノ物體ニハほあそん比ハ $+\frac{1}{2}$ ト -1 ノ間ニ在ルベク、唯 E 及 n カラ計算スルトキハ $+1$ ヲ超エルモノモアル。

1 めがばーるト云フ壓力ハ每方糶 10^6 だん又ハ 0.987 氣壓或ハ $1/1.013$ 氣壓ニ等シク、攝氏零度海面上、緯度 45° デ水銀柱 750.15 糶ノ壓力ニ等シイ。次表ハ諸物質ノ彈性々能ヲ示シタモノデアルガ1 斤ノ重量ハ $g \times 10^3$ だんニ等シイカラだんノ代リニ斤ヲ以テ換算スルコトモ容易デアル。

第三十表 諸物質ノ彈性恒數 (主=かいえニ據ル)

材 料 名	やんぐノ 彈性率E だん/(糶) ²	剛性率n だん/(糶) ²	ぼあそん比 ν	積弾率k だん/(糶) ²	壓縮率C 糶 ² /めが だん
	$\times 10^{11}$	$\times 10^{11}$		$\times 10^{11}$	$\times 10^{-6}$
あるみにうむ	7.05	2.67	0.339	7.46	1.33
亞鉛 (1%鉛)	8.7	3.8	0.21	—	1.5
金	8.00	2.77	0.422	16.6	0.60
銀	7.90	2.87	0.379	10.9	0.92
錫	5.43	—	0.33	5.29	1.9
蒼 鉛	3.19	1.20	0.33	3.14	3.2
磷 鐵	10—13	3.5—5.3	0.23—0.31	9.6	1.04
鐵 鐵	19—20	7.7—8.3	約 0.27	14.6	0.69
鋼	19.5—20.6	8.12	0.287	16.4	0.62
銅	12.30	4.55	0.337	13.1	0.74
鉛	1.62	0.562	0.446	5.3	2.0
黃 銅	8.08	3.43	0.358	9.52	1.05
に っ け る	20.20	7.70	0.309	17.6	0.57
白 金	16.80	6.10	0.387	24.7	0.41
いりちうむ	5.20	—	—	—	—
あんづある	14.10	—	—	—	—
氷 (-2°)	0.28	—	—	—	—
石 英(結晶)	6.80	—	—	—	—
砂 岩	0.80	—	(0.091)	—	—
花 崗 岩	3.00	—	(0.196)	—	—
大 理 石	1.61—2.80	—	(0.22)	—	—
せ め ん と	—	—	(0.2—0.25)	—	—
砂	—	—	(0.20)	—	—
粘 土	—	—	(0.392)	—	—
こんくりーと	2.50	—	(0.08—0.17)	—	—
樫	1.30	—	—	—	—
ち ー く	1.66	—	—	—	—

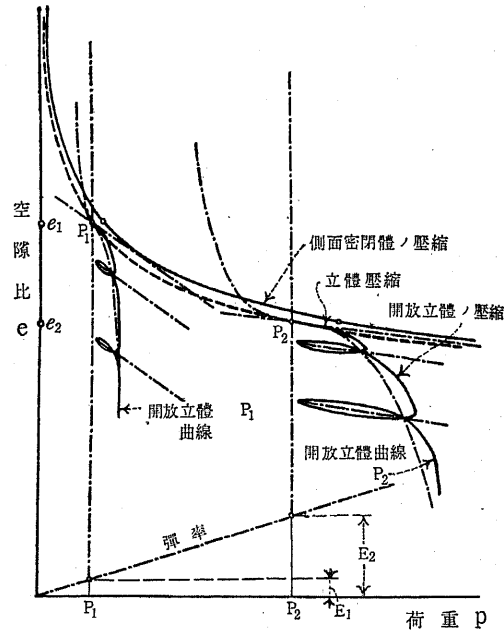
各粘土立方體ノ彈性率ガ一定ナラバひすてりしす輪ハ皆平行ナ軸ヲ持ツテ居ルベキ筈デアルガ實際ニハ第三十五圖ニ示スガ如ク軸ノ傾斜ハ壓力ノ強サ又ハ變形ノ大サト共ニ稍々増加シテ居ル。

一ノ立體ニ荷重ヲ加ヘレバ其方向ニ生ズル壓縮又ハ長サノ短縮ト側面ニ膨脹スル長サノ伸長ノ比ガ即チ横縮係數デ之ヲ m トスレバ m ノ反數ガ即チぼあそん比デアル。今等質ノ物體ニ就テ此比ガ知ラレテアレバ其物體ニ荷重ヲ加ヘタ場合ニ強固ナ周圍ニ對シテ現ハス側壓ヲ計算スルコトガ出來ル。又之ニ反シテ側壓ヲ知レバぼあそん比ヲ逆ニ計算スルコトガ出來ル。此理ニ依ツテ粘土ヤ砂ノぼあそん比ヲ出スコトガ出來ル。而シテ粘土ノぼあそん比ハ金屬ニ近く、砂ノぼあそん比ハ結晶岩石ニ類シテ居ル。

50. 土ノ彈性率 粘土ノ立方體ヲ放置シテ之ニ荷重ヲ加ヘナイナラバ水壓ノ如ク働ク所ノ毛管壓ノ外ニハ其分子ニ作用スル外力ハナイ。若シ粘土ノ分子ノ代リニ砂ヲ以テシ、其内壓ノ強サヲ變ヘナイモノトスレバ側面ヲ制限スル以上壓縮ニ對スル應力及變形圖ハ砂モ粘土モ同一デ、粘土ノ應力及變形曲線ハこんくりーとノ其ト類似セルコトハ既ニ知ラレタル。

砂ノ或量ヲ堅イ環ノ中ニ入レテ之ヲ壓縮スレバ第三十九圖ニ實線デ示ス様ナ應力及變形曲線ガ得ラレル。其側壓ハ荷重壓ヨリモ小サク、静止ノ土壓ニ應ズルモノデアル。而シテぼあそん比ヲ用ヒレバ此實線デ表ハシタ曲線カラ [43]ニ依リ壓縮度又ハ立體壓縮曲線ヲ描クコトガ出來ル。斷線デ示シタモノガ即チ之デアル。今 p_1 ナル壓力デ壓縮ヲ止メタモノトスレバ是レ恰カモ粘土ノ小サイ部分ガ p_1 ナル毛管壓ヲ受ケテ居ルノト同ジ状態ニ在ルノデアル。從テ若シ更ニ垂直ノ方向ニ荷重ヲ加ヘ、其側壓ハ之ヲ一定ニ保ツテ p_1 ニ等シカラシメ、側面ノ膨脹ハ堅ノ荷重ニ伴ツテ起ル儘ニ任セテ置ケバ粘土ノ立體ニ垂直ニ荷重ヲ加ヘタ場合ト同一ナ應力及變形圖ヲ得ルニ相違ナイ。即チ

粘土ト砂ヲ取ツテ夫々壓力 p_1 及 p_2 ヲ以テ始メレバ孰レモ其彈性率ト内壓トノ比ハ一定デアルカラ以上ニノひすてりしす環ノ傾斜ハ $p_2:p_1$ ナル比ヲ爲シテ居ル。換言スレバニノ開放立體ニ荷重ヲ加ヘテ生ズル變形ヲ應力及變形曲線トシテ圖ニ表ハセバ全く同型ノモノデ唯其橫距ガ p_2 ノ方ハ $p_1 = p_2:p_1$ ヲ乘ズレバ之ヲ描クコトガ出來ル。



第三十九圖 砂ノ應力及變形圖

金屬ノ彈性率ト内壓又ハ分子壓トハ一定ノ比ヲ爲スト同ジク、粘土ノ彈性率ト凝集力トハ亦一定ノ比ヲ保ツテ居ル。即チ此法則ハ殆ド凡テノ物質ニ適用シ得ベキモノデ、物質ノ分子ガ固體ノ如ク分子引力ニ依ツテ互ニ保持セラレテ居ルト、粘土ノ如ク毛管壓ニ依ツテ其形ヲ維持セラレテ居ルト、又ハ凝集力ノ無い砂ノ如ク物質自身ノ重量ニ依ル壓力ニ依ツテ保タレアルニハ毫モ關係ガナイノデアル。

今凝集力ノナイ砂カラ成ル立體ノ内壓ガ 1226 斤/(cm^2)² トスレバ其彈性率ハ 2.0×10^{11} だん/(cm^2)² 又ハ 200,000 斤/(cm^2)² トナルデアロウ。此値ハ普通ノこんくりーとノ彈率ト甚ダ相近イ。然シこんくりーとノ抗壓強ハ 300 斤/(cm^2)² 以内デ、砂ノ立體ハ其内壓ガ變ラヌ限りハ凡ソ 10000 斤/(cm^2)² ノ最大

荷重ヲ荷フ事ガ出來ル。荷重 0 乃至 300 斤/(cm^2)² ノ間デハ應力ト變形ノ關係ニ於テ砂ノ方ガこんくりーとヨリモ一層善クふくノ法則ニ適合シテ居ル。個々ノ粒ノ集合シタモノナル砂ノ抗壓強ト内壓トノ比ニ對シテ固體ノ同ジクハ非常ニ小サイト云フコトハ物質抵抗ノ研究ニ好個ノ題目トナツテ居ル。

砂ノ彈性率ト内壓トノ比ハてるざきーニ從ヘバ 238 乃至 419 ト云フ大ナル値ヲ示シテ居ルガ之ニ對シテ粘土ハ 31、金屬ハ凡ソ 10 ニ過ギナイ。之ガ爲ニ砂ノ側面膨脹ハ非常ニ小サク、其側壓ハ亦著シク減少シテ居ル。從テ靜止セル土壓ヲ定メルノハ六カシイ。

51. 砂及粘土ノ物理的性質ノ差異 土ノ試料トシテ砂及粘土ハ二ノ異ナル性質ヲ有スル好代表物デアル。今てるざきーニ從ツテ其物理的性質ノ差異ヲ擧グレバ次ノ如クデアル。

第一、粒ノ間ノ空隙ハ砂ガ最大 50%、粘土ガ 98% デアル。是ハ粒徑ノ大小ニ依ルモノデ、單位容積ニ對スル内摩擦ニ影響シテ居ル。

第二、砂ハ乾イテモ收縮シナイガ粘土ハ之ニ反シテ收縮スル。是レ亦粒徑ノ大小ニ依ルモノデ毛管水ノ毛管壓及表面張力ニ依ル。

第三、粘狀ノ差デ砂ハ粘ラナイガ粘土ハ粘ル。是レ粒ノ大サ及形ニ依ルモノデ形ト云フノハ粒ガ嵩張ツタモノト片鱗狀ノモノトニ依リ、毛管壓ニ異同ヲ生ズル。即チ質量ガ形ヲ變ヘル際ニ粒ト粒ノ間ノ運動ガ毛管壓ノ異同ト共ニ變ズル。亦之ガ爲ニ滲透性ヲ異ニスル。

第五、荷重ニ應ジテ變形ヲ生ズル速度ノ遲速モ亦前ト同ジ原因ニ依ルノデアル。砂ハ荷重ヲ受ケルトキハ直チニ其最後ノ變形ヲ見ルガ、粘土ノ方ハ時間ノ影響ガ多ク、非常ニ永イ時間カ、ツテ變形スル。粘土ノ基礎ノ上ニアル工作物ナドハ其沈下ガ數年ヲ經テ始メテ見ラレルモノガ少クナイ。

第六、砂ノ壓縮度ハ粘土ヨリモ遙ニ小サイ。是レ粒ノ性質ニ基ヅクモノ

デ、分子ノ撓曲性ノ多少ニ依ル。

52. 砂及粘土ノ應力及變形 ばあそん比ト、彈性率及毛管壓ノ比トが知ラレ、バ固イ環ノ中ニ推込メタ粘土ノ上ニ荷重ヲ加ヘテ變形ヲ生ジ、更ニ其荷重ヲ除イテ元ニ還ル變形が知ラレル。此還元ノ部分ハ壓力水分曲線ノひすてりしす輪ニ依ツテ表ハサレル。種々ナ粘土ニ就テ其計算カラ得ラレル變形ノ還元ノ部分ハ夫々其粘土ノ壓力水分曲線ノひすてりしす輪ノ還元ノ部分ト非常ニ能ク一致シテ居ル(第三十四圖參照)。此還元ノ部分ハ再飽和曲線ト呼バレ、簡單ナ對數曲線デアル。再飽和ノ係數が大キイ程再飽和ニ依ル容積ノ増加が大キク、彈性率ト毛管壓トノ比ガ小サイ。又此係數ハ膠質物ノ多イ粘土程大デアル。又粘土ハ水ニ觸レテ置ケバ膨脹ノ大ナルモノ程滑リ易イ。即チ再飽和係數ノ値ハ粘土ノ自然堆積ノ安定度ヲ示スモノデアル。

次ニ砂ヲ磨イタ鑄鐵版ノ上ニ載セタ鋼環ノ中ニ弛ク入レタモノト環ノ中ヲ槌デ叩イテ搗固メタモノト二種ヲ作り、共ニ孰レモ上ニ圓イ鑄鐵版ヲ以テ蓋ヒ、此鐵版ノ上カラ荷重ヲ加ヘル。てるぎノ用ヒタ環ハ凡テノ壓力ニ對シテ内徑 15 糎高サ 4 糎デ、其壓力ノ加ヘ方ハ低壓ニハ挺子ヲ用ヒ、中壓及高壓ニハ螺旋ノ試験器ヲ用ヒタ。斯クノ如ク荷重ヲ加ヘテ生ジタ壓縮ハ干涉接觸指示器ニ依リ測微器ヲ併用シテ測ラレル。乾イタ砂ヤ全然水ニ浸シタ砂デ行ツタ試験ハ其結果ニ差異ガナカツタ。

第四十圖ハ洗ツタ行英砂ノ粒徑 0.25 乃至 1.00 糎ノモノヲ緩ク盛ツタモノデ、始メ此散砂ノ空隙ハ 49.75% (空隙比ハ 0.99) デ、1 分間 1 斤/(糎)²ノ割合デ壓力ヲ増シ、7 斤/(糎)²ニ至テ 10 分間休止スルコト圖ノ *ab* ニ示スガ如クナル。

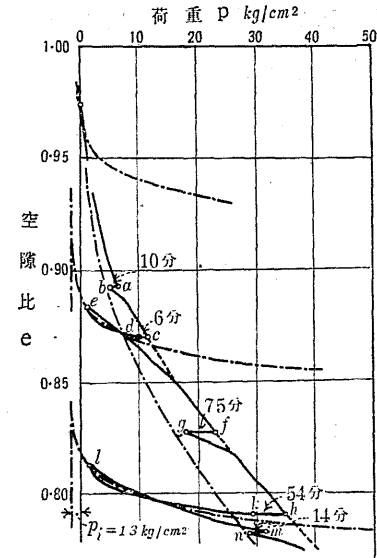
此間砂ノ壓力ハ上ノ加ヘラレタ荷重ガ一定デアルノニ 5.5 斤/(糎)²ニ減少シタ。之カラ再ビ荷重ヲ加ヘテ 12 斤/(糎)²ニ上ラシメ、其應力及變形圖ハ

bc ニ示サレル通りダ、此ニ 6 分間加重ヲ休メバ *cd* ノ示ス如ク壓力ガ減少スル。此時荷重ヲ減ジテ凡ソ 1.5 斤/(糎)²トスレバ還元シテ *de* ナル曲線ヲ描イタ。

更ニ再ビ荷重ヲ加ヘタ所ガ *ef* ナル完全ニひすてりしす輪ヲ作り元來ノ應力及變形圖ヲ續ケタ。之カラ再ビ荷重ヲ停止スルコト 75 分デ *fg* ナル逆戻リヲ表ハシ、亦力ヲ加ヘレバ *gh* トナリ、力ヲ停止スルコト 54 分デ *hk* トナリ、荷重ヲ除ケバ *lk*

トナリ、再加スレバ *lm* トナリ、之ヲ停止シテ *mn* トナツタ。

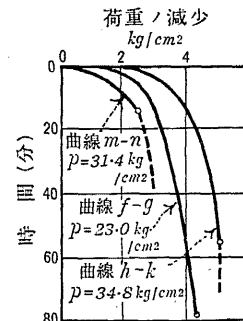
第四十一圖ハ第四十圖ニ於ケル荷重ヲ或強サデ停止シタ場合ニ荷重ノ減少ト時間トガ表ハス關係ヲ示シタモノデ、散砂ノ時間壓力曲線ヲ表ハシ、粘土



第四十圖 散砂ノ應力及變形圖

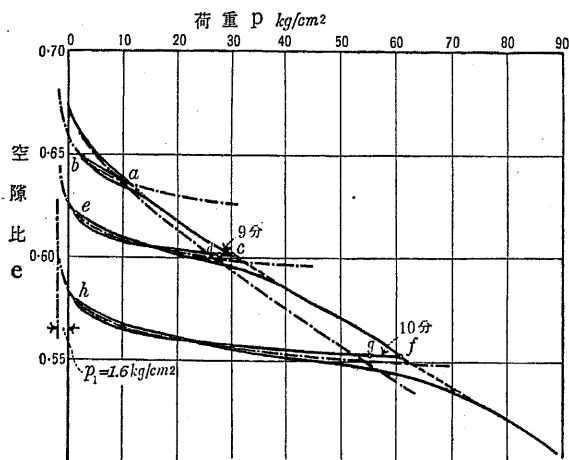
立體ノ時間壓力曲線ニ酷似シテ居ル。是レ始メ荷重ノ働キテ居タ摩擦抵抗ノ平衡ヲ得ナカツタモノガ徐々に落付イテ互ニ相補償スル爲ニ壓力ガ漸次減少スルノデアル。

若シ壓縮チ一定ニ保ツ代リニ荷重チ一定ニスレバ壓縮ハ増加ハスルガ其割合ハ段々少クナル。而シテ此時間ト壓縮ノ關係ハドノ點カラ見テモ一定ノ荷重ノ下ニ於ケル時間ト壓力ノ間ノ關係ト全然同一デアル。



第四十一圖 散砂ノ時間壓力曲線

第四十二圖ハ搗固メタル砂ノ應力及變形ヲ表ハシタモノデ、始ノ空隙ハ40.2% (空隙比 0.673) デアツタ。其應力及變形曲線ハ散砂ノ場合ヨリハ緩デア



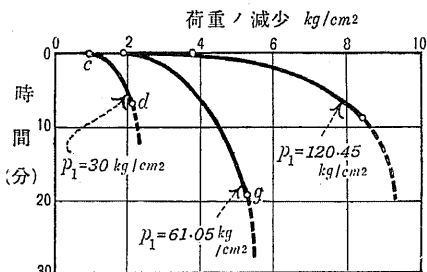
第四十二圖 搗固メタル砂ノ應力及變形圖

ルガひすてりしす輪ハ兩者共同一デアリ、且ツ粘土ノ應力及變形圖ト極メテ能ク似テ居ル。砂ノひすてりしす輪ノ還元ノ部分ハ散砂ニシテモ搗固メタル砂ニシテモ共ニ容積ノ膨脹ヲ示シ、恰カモ粘土ノ再飽和曲線ニ呼應スルモノデアル。第四十三圖ハ亦搗固メタル砂ノ荷重ヲ一時停止シテ増加セヌ場合ニ其壓力ガ時間ト共ニ減少スル關係ヲ表ハシタモノデアル。

前ニ述ベタひすてりしす輪ノ還元曲線ハ即チ砂ノ膨脹ヲ表ハス所ノ膨脹曲線デ、縦距ヲe横距ヲ荷重又ハ外壓 p 斤/(糎)², A, B 及 C ヲ定數トスレバ膨脹曲線ハ

$$e = A \log(p + B) + C \quad [44]$$

ヲ以テ表ハスコトガ出來ル。此ニ A ハ砂ノ膨脹係數ヲ表ハシ、B ハ始ノ壓

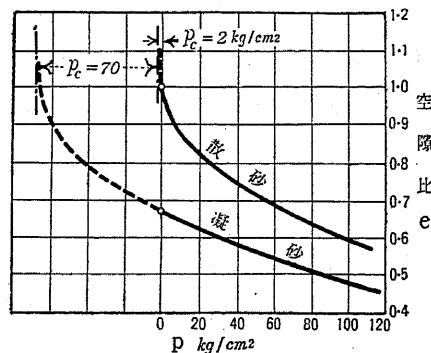


第四十三圖 搗固メタル砂ノ時間壓力曲線

力ノ寸法ヲ持つ定數、C ハ砂ノ比重ニ關スル定數デアル。而シテ砂ノ膨脹係數ハ粘土ノ再飽和係數ニ應ズル。

砂ノ膨脹係數ハ殆ド其組織ノ粗密ニ關係ナク、非常ニ滑カナ粒ノ砂デ1/100ニ等シク、非常ニ粗イ砂デハ1/176ヲ示シタ。然ルニ粘土ノ非常ニ肥ヘタルモノハ其再飽和係數1/22.3デ、瘠セタ粘土ガ1/52.7, 砂質ノ泥ハ1/73位デアル。即チ砂ハ粘土ヨリハ遙カニ彈性ニ乏シイ。粘土質ノ土ガ砂ヲ含ムコト多イ程其再飽和係數ハ淨砂ノ膨脹係數ニ近ヅイテ來ル。

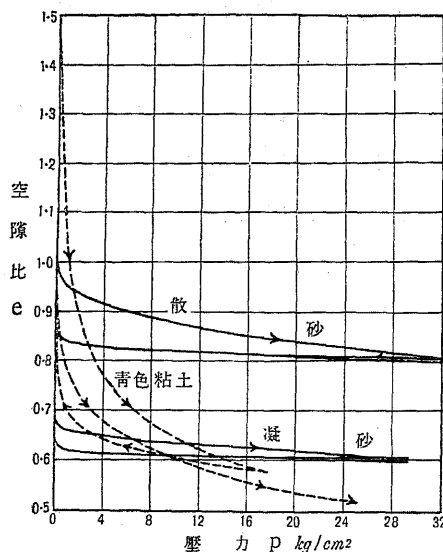
之ニ反シテ B ハ砂ノ初ノ密度ニ關係シテ居ル許リデナク、膨脹ガ始マル所ノ壓力ニ依ツテ異ナル。是レ砂粒ハ互ニ相嚙合ツテ楔ノ如ク入込ミ、壓力ヲ加ヘレバ一部破碎スルガ爲メ其構造ガ影響ヲ受ケルノニ基ヅイテ居ル。即チ極メテ清淨デ塵埃ヲ含マナイ砂ニ50 斤/(糎)²位ノ壓力ヲ加ヘテ後其砂粒ヲ検査スレバ4.6%位ノ塵埃ヲ含有スルニ至ル事實ハ能ク如上ノ關係ヲ説明シテ居ル。砂ノ B ノ値ハ中壓及高壓ニ對シテ1.5 斤/(糎)²位、粘土ニ於テハ0.002 斤/(糎)²位デ彈性固體ノ初應力ニ似タモノデア



第四十四圖 補正應力及變形比較圖

ル。散砂ト搗固メタル凝砂トヲ取り之ニ徐々ニ荷重ヲ加ヘテ見レバ其壓縮又ハ空隙比ガ得ラレルコト第四十四圖ノ實線ニ示スガ如クデア

ル。而シテ其凝砂ノ曲線ヲ補正シテ見レバ當初ノ鈎合ヲ得ザル内應力 p_0 ガ圖式上見出サレル。此内應力ガ應力及變形圖ニ及ボス影響ハ其荷重ヲ加ヘル速度ニ關係シ、且ツ初ノ砂ノ密度ニ依ツテ異



第四十五圖

粘土及砂ノ壓力空隙曲線

53. 土ノ沈下ト固着 土殊ニ粘土ニ荷重ヲ加ヘルトキハ其變化ガ徐々ニ増加シテ相當ニ永イ時間ヲ要シテ平衡ニ近ヅクノデアル。建物ヤ其他ノ工作物ヲ作ツタ場合ニ永イ年月ノ後沈下ヲ來スコトアルハ實際ニ屢々見ラレル所デ、之ニ伴ツテ土ガ漸次緊ツテ所謂固着スルノデアル。此現象ハ荷重ノ爲ニ粘土ノ内部ニ水壓ヲ起シ、此水壓ハ永イ時日ノ間ニ粘土ノ粒ノ間ノ水ヲ推出シテ表面ニ流出セシメ、其水壓ガ無クナツタ時應力ガ均衡ヲ保ツニ至ルノデアル。此時ノ靜水應力ハ零トナル。

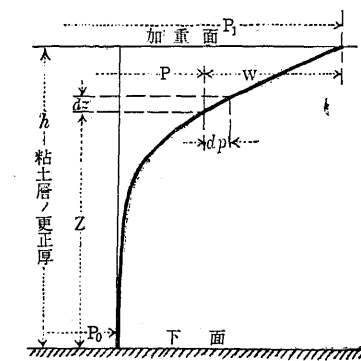
今強固ナ環ノ中ニ粘土ヲ入レテ之ニ單位面積ニ付キ p_0 ナル荷重ヲ上ニ加ヘ、上部ハ水ヲ以テ覆ヒ、濾砂ヲ以テ保護スル。此時若シ急ニ壓力ヲ増シテ p_1 トスレバ(第四十六圖) 其水分比ハ e_0 カラ e_1 トナリ、其滲透係數ハ k_0 カラ k_1 トナル(第五章第二節 80 參照)。即チ水分滲透曲線ニ於テ e_0 及 e_1

ナルコトハ二ノ曲線ノ差異カラ知ラレル。

第四十五圖ハ青色粘土ト散砂及凝砂ノ應力及變形ヲ示シタモノデ、其彈性々能ハ程度ノ差ニ過ギナイコトヲ表ハシテ居ル。即チ粘土ハ片鱗狀ヲ爲シテ多クノ空隙ヲ有スル爲メ壓縮シ得ルニ對シテ砂ハ碎石堆ト同ジク壓縮ガ困難デアリ。而シテ粘土ハ砂ヲ多ク含ム程壓縮シ難ク彈性ガ乏シクナル。

ノ縱線ガ之ト交ル點ノ縱距ガ k_0 及 k_1 デアル。然ルニ壓縮ガ増セバ毛管水ガ逃出スケレドモ寧ロ緩慢ニ起ル作用デアルカラ、其作用ノ都度動水應力ノ分布ハ毛管水ヲ排除スルニ必要ナル動水勾配ヲ有スルノデアル。

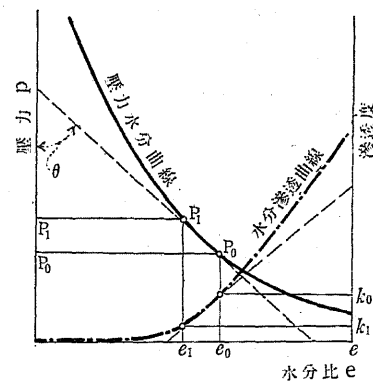
第四十七圖ハ粘土層ノ横斷面ヲ表ハスモノトシ、上部ハ荷重ヲ加フル表面即チ加重面デ下ハ支臺面トスル。 h ハ空隙ガ 0 トナツタ場合ノ層厚トシ、之ヲ更正厚トスル。下面ノ上ノ一點ニ基點ヲ置キ、上下兩面ノ壓力ヲ夫々 p_1 及 p_2 ニ等シク切レバ、上面ノ動水應力ハ零ニ等シイ。第四十六圖カラ見レバ粘土ノ環内ニ於テハ壓力ノ變化ハ常ニ水分ノ變化ヲ伴フケレドモ外壓ガ一定シテ居ルニ各層ノ水分ハ減少スルカラ此粘土體內ノ壓力ハ漸次増加スルモノト考ヘルコトガ出來ル。今或層ノ下面カラノ高サヲ z トシ、此ニ壓力 p ナルモノガ dt ナル時間ニ dp 丈ケ増加スルモノトスル。粘土ノ固體內ニ於テ壓力 p ト同一點ニ於ケル靜水壓 w トノ和ハ p_1 ニ等シク、 $p_1 = p + w$ ナル關係ヲ持ツテ居ル。之ヲ微分スレバ勿論 $dp + dw = 0$ トナル。



第四十七圖

粘土各層壓力ノ分布

次ニ壓力ガ時間ノ經過ト共ニ如何ナル風ニ變ルカラ見ルニ壓力ノ變化ト水



第四十六圖

荷重ヲ加ヘタル砂ノ水分及滲透

荷重ヲ加ヘタル砂ノ水分及滲透 荷重ヲ加ヘタル砂ノ水分及滲透 荷重ヲ加ヘタル砂ノ水分及滲透 荷重ヲ加ヘタル砂ノ水分及滲透 荷重ヲ加ヘタル砂ノ水分及滲透

分又ハ空隙比トノ關係ハ之ヲ直線ト假定スルコトガ出來ル。即チ p_0 ト p_1 ノ差壓ガ小ナル場合ニハ此假定ハ無理デナイ。從テ第四十六圖ノ壓力水分曲線カラ、此曲線ノ切線ガ縱軸ト爲ス角ノ正切ヲ a トスレバ e ナル水分ニ於テ $de = -adp = adw$ トナル。然ルニ層底カラ z ナル高サノ處デ地平ノ單位横斷面積カラ排出セラレル水量ハ $Q = ks$ デアル。此ニ k ハ滲透係數ヲ表ハシ、 s ハ動水勾配 $-\frac{dw}{dz}$ ニ等シイ。從テ $Q = -k\frac{dw}{dz}$ トナル。然ルニ水壓 w ハ亦時ト共ニ變化スル。

即チ水ガ dt ナル時間ニ z カラ $z+dz$ ニ流出ル時粘土ノ壓力 p ハ dp 丈ケ増加スルカラ之ハ又 $-dw$ ニ等シイ。而シテ壓力ノ變化ハ必然的ニ $de = -adp$ ナル關係カラ含水量ノ變化ヲ伴フノデアル。從テ z カラ $z+dz$ トナレバ Q ハ $\frac{dQ}{dz}$ 丈ケ増加スベク

$$\frac{dQ}{dz} = -\frac{de}{dt} = a\frac{dp}{dt} = -\frac{dw}{dt}$$

之ニ Q ノ値ヲ入レバ

$$\frac{k}{a} \frac{d^2w}{dz^2} = \frac{dw}{dt} \tag{45}$$

此等式ハ粘土内ニ於ケル動水應力ノ分布ヲ表ハス。數學的ニハ或厚サノ壁ガ均等質デー側カラ他側ニ熱ガ傳導スル場合ノ微分等式ト同一デアル。即チ熱量ヲ含水量ニ代ヘ、比熱ヲ壓縮度ニ代ヘ、溫度ヲ動水壓力 w ニ、熱傳導度ヲ滲透係數 k ニ代ヘレバ熱力學ノ問題ヲ時間沈下ノ問題ニ改メルコトガ出來ル。(第二章第四節 37 參照)。

或ル粘土層ガ側面ニハ堅イ不動ノ岩盤ナドニ界セラレ、齊荷重ヲ享ケタ場合ニ徐々ニ固着スル状態ハふーりえ一級數ヲ以テ [45]ヲ解ケバ之ヲ知ルコトガ出來ル。第四十八圖ハ 1 年、10 年、20 年ノ後壓力ノ分布スル状態ヲ示シタモノデ壓力ガ層ノ表面カラ内部ニ向テ進行スル状態ガ如何ニ徐々ナルモノ

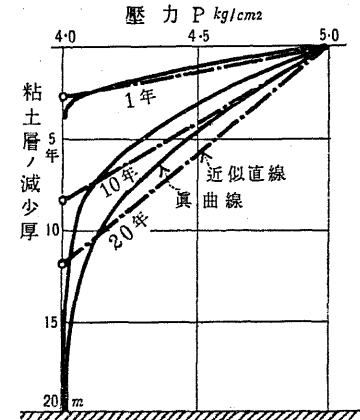
デアルカバ知ラレル。又粘土層ノ表面ニ作ラレタ構造物ノ沈下ハ極メテ徐々ニ増加スルコトヲ説明シテ居ル。點線ハ壓力ノ分布ヲ以テ直線ノ法則ニ從フモノト假定スレバ得ラルベキ近似法ノ結果ヲ示シタモノデアル。

54. 土ノ凝集力及粘性 粘土ノ粒ノ間ニハ水ガ填充セラレテアルカラ其水ガ乾ケバ毛管壓ノ爲ニ壓縮ヲ生ジ之ガ即チ粘土ノ收縮デアルコト嘗テ述ベタ

通リデアル。最大毛管壓ハ所謂過渡壓デ粒ノ大サニ關係スル。非常ニ細カイ砂デモ其過渡壓ハ 0.005 斤/(cm^2)ニ過ギナイガ肥粘土ノ過渡壓ハ 200 斤/(cm^2)以上ニモ達スル。從テ前ノ壓力デハ殆ド目立ツ程ノ壓縮ヲ生ズルコトハ出來ナイケレドモ後ノ壓力デハ可ナリ大ナル壓縮ヲ享ケル。是レ乾ケバ粘土ハ收縮スルニ反シテ砂ハ乾イテモ收縮シナイ所以デアル。

粘土ノ應剪強ハ其毛管壓ト内部抵抗係數ノ積ニ等シイガ應剪強ハ其凝集力ノ最大ノ値ヲ表ハス。但シ此關係ハ粘體ニノミ適用スベキモノデ、固體ヤ半固體ノ應剪強ハ其内壓ト内部抵抗係數ノ積ヨリハ遙ニ小サイ。此點カラ見テモ砂ハ凝集力ニ乏シイ。

膠質石英粉末ハ微粉砂トモ呼バレルガ尙ホ粘性ヲ持ツテ居ラスノニ、同一ノ粒徑ノ粘土ハ非常ニ粘性ニ富ンデ居ル。容積ヲ變ヘナイデ其形ノミヲ變ヘル物質ハ粘性體デアル。れーのーるず (O. Reynolds) ハ乾イタ砂ヲ護謄袋ニ填メテ其袋ノ外形ヲ變ヘルニハ力ヲ要シナイガ若シ其護謄袋ノ砂ノ中ニ水ヲ充セバ石ノ様ニ固クナツテ之ニ荷重ヲ加ヘテモ容易ニ其形ヲ變ヘルコトガ出



第四十八圖 經過年數ト壓力ノ分布

來ナイコトヲ示シタ。元來砂粒ハ嵩張ツタ形ヲ有シ、粒ガゴロゴロシテ居ルカラ其配置ヲ換ヘルコトガ出來ル。即チ乾イタ砂ハ空隙ガアツテ空隙ノ間ニハ全體トシテ變化ヲ來サナクモ相互ノ空隙ハ互ニ相消長スルコトガ可能デアアルガ、若シ其空隙ノ全部ニ水ヲ充シテ空氣ヲ排出スルトキハ砂粒ト壓縮出來ナイ水トハ一體ヲ爲シテ砂ハ動カザル固體トナル。此現象ハ粒ノ大サニハ關係ナク、砂ノ構造ガ粒狀ヲ爲スモノハ皆同一ノ性質ヲ有スル。即チ容積ヲ換ヘナケレバ形ヲ變ズルコトノ出來ナイノガ砂ノ性質デアアル。

粘土ニ至ツテハ毛管水ノ表面張力ニ依ツテ壓縮サレテアツテモ其分子ハ片鱗狀ヲナシ、空隙ハ實際不變デアリナガラ互ニ滑ツテ形ヲ變ヘルコトガ出來ル。是レ粘土ガ粘性ヲ帯ビテ居ル所以デアアル。砂ガ粘ラズシテ粘土ガ粘ル理由ハ其粒ノ大サト形ニ依ル。

55. 土ノ摩擦 土ノ或層ガ其下層ニ對シテ外力ノ爲ニ推サレル場合ニ滑ルニ抵抗スル力ハ即チ土ノ摩擦ニ依ルモノデ、土ノ運動ヲ止メルモノデアアルカラ之ヲ摩擦力トモ呼ブ。砂ト粘土トハ夫々異ナル摩擦力ヲ持ツテ居ル。

元來二ノ面ガ相接觸シテ居ルトキ兩面ヲ壓シテ且ツ反對ノ方面ニ引張レバ其運動ニ抵抗スル所ノ所謂摩擦力ガ現ハレル。此摩擦力ト兩面ニ垂直ニ働ク壓力トノ比ヲ其面ノ摩擦係數ト云フ。摩擦係數ハ二ノ接觸面ノ狀態ニ依ツテ異ナリ。其乾燥シタモノ、水ヤ脂肪ヲ塗ツタモノノ皆異ナル値ヲ持ツテ居ル許リデナク、靜止ノ場合ト運動中ノ場合ト亦皆其摩擦係數ヲ異ニシテ居ル。今一二ノ物質ノ摩擦係數ヲ擧グレバ第三十一表ニ示スガ如クデアアル。

土ノ摩擦ハ固體ノ摩擦カラ研究ヲ進メルノガ普通デアアルガ、由來粒ノ間ノ摩擦ハ根本的ニ殆ド凡テノ點ニ於テ固體ノ摩擦ト違ツテ居ル。

固體ノ摩擦ニ就テハ一ぢー (W. H. Hardy) 等ガ其現象ニ關シテ廣汎ナ研究ヲ發表シテ居ルガ、最近一二世紀間考ヘラレタモノヨリハ遙ニ複雑ナモ

ノデアアル。

第三十一表 摩擦係數表(らんどるとニ從フ)

物 質	接觸面ノ狀態	擦 摩 係 數	
		靜 止	運 動
鑄鐵ノ上ノ鑄鐵	脂 肪 少 量	0.16	0.15
鑄鐵ノ上ノ鑄鐵	水 ヲ 塗 ル	—	0.31
鑄鐵ノ上ノ鍛鐵	乾 燥	0.19	0.18
黃銅ノ上ノ黃銅	〃	—	0.20
樞ノ上ノ樞	〃	0.62	0.48
貝殻ノ上ノ貝殻	〃	0.70	0.69

今二ノ完全ニ清淨平滑ナ表面間ノ摩擦係數ハ非常ニ大キク、不變ナルコトハ業ニ已ニ知ラレアルガ、然シ完全ニ清淨表面ハ實際ナク、或ハ竄入シタリ或ハ凝縮ニ依リ兩面ノ間ニハ種々ノ汚物ガ闖入スル爲メ、其摩擦係數ハ著シク小サクナル。は一ぢーハ平滑ナ表面ガ汚物ノ爲ニ著シク摩擦係數ヲ少クサレテアルモノヲ水ノ爲ニ反テ之ヲ増加シテ居ル事實カラ水ヲ非催滑料デアルト云ツテ居ル。同様な化學的性質ノ催滑油ヲ以テ摩擦係數ヲ減少スル關係ヲ研究スレバ分子量ガ増ス程係數ヲ減少スル力ガ多イ。又凸凹アル表面ニ於テハ接觸面ノ單位面積ニ働イテ居ル壓力ガ平滑ナ表面ノ壓力ヨリ相當ニ大キイカラ其小凸起諸點ヲシテ催滑膜ヲ切り磨削ヲ初メシメルコトガ出來ルヤ否ヤニ依ツテ摩擦係數ガ定マル。斯クノ如ク固體ノ間ノ摩擦ハ仔細ニ點檢シテ見レバ複雑デアアルガ比較的簡單デアアル。

之ニ反シテ粒ノ集團ノ間ノ運動ハ非常ニ複雑デ、實ニ其粒ノ表面摩擦ガ考ヘラレナケレバナラナイ許リデナク、粒ハ一箇所ヨリ他ノ箇所ニ其位置ヲ移動スル所ノ直動モアレバ、又粒ノ回轉ナル現象モ必然的ニ起リ得ルノデアアル。又土ノ内デモ砂粒ハ粘土ト頗ル其趣ヲ異ニシテ居リ。其摩擦抵抗ハ壓力ト接觸面ノ性質ニ依ツテ異ナル許リデナク、砂ノ構造ノ粗密ヤ粒ノ運動ガ行

ハレル區域ノ廣サナドニ影響セラレル。粘土ニ至ツテハ其粒ノ大サヤ形ノ關係カラ運動ノ始メニ於テハ比較的大キナ摩擦係數ヲ持ツテ居ルガ運動中ニハ其値ガ比較的變化シナイ。

56. 砂ノ内摩擦 二ノ環ノ一方ヲ固定シ他ノ一方ヲ可動ニシテ中ニ砂ヲ填メテ重合ハセ、可動環ヲ廻轉スルニ要シタ力ヲ測ツテ摩擦係數ヲ計算スルコトガ出來ル。此方法ニ依リ米國デお。たわ標準砂ノ摩擦係數ヲ測ツタ所ガ著シク低ク而カモ非常ニ差異ガアツタ。又標準砂ト標準砂ノもるたるノ表面ノ間ノ摩擦係數ハ砂ト砂ノ間ノモノヨリハ著シク大デアツタ。

然シ低壓デモ中壓デモ壓力ガ増セバ係數ノ減少ハ目立ツ程デアアル。而シテ實驗ノ結果ハ標準砂ヲ以テシテモ實驗ノ状態ニ應ジテ摩擦係數ハ非常ニ廣イ範圍内ニ變化スル様デアアル。

之ヲ要スルニ摩擦係數ニ一定ノ値ヲ見出スコトハ六ヶシク、如何ナル風ニ滑リガ起ルカ、又滑リノ起ル前ノ砂ノ構造ガ如何ニ變化スルカニ依ツテ係數ノ値ハ異ナル。今一ノ平面ノ上ニ砂ヲ盛上ゲテ徐々ニ其平面ヲ傾ケルナラバ漸次其砂ハ零ボレ落テルガ此滑落ガ起ルマデハ砂粒ハ完全ニ其配置ヲ變化スル。れ一のーるすノ砂袋ノ實驗以來砂粒ノ間ノ空隙ガ一時増加シナイ限リハ砂粒ノ間ノ相互ノ關係ヲ變ヘルコトハ出來ナイコトガ知ラレテアル。從テ平面ヲ以テ砂ヲ分界シ、之ヲ傾ケレバ此平面ノ附近ニハ砂ノ構造ガ弛ンデ分界ハ空隙ヲ増加スル傾向ヲ持ツテ居ル。此分界平面ニ沿フテノ摩擦係數ヲ内摩擦係數ト呼ブ。然シ前ノ如ク平面ニ依ツテ砂ヲ分界スル代リニ砂ノ塊リナー様ニ引クカ推カスレバ砂粒ノ移動ハ其全體ニ現ハレテ終ニ或分界面カラ斷然異ナル變形ヲ爲スニ至ル。此極限ノ状態デ主應力ノ間ノ比ハ即チ摩擦抵抗ヲ表ハスモノデ之ヲ内抵抗係數ト呼ブ。是レ一定比重ノ砂ノ中デ起ル摩擦係數ノ最大ノモノデ止角ヨリハ著シク大ナル角ニ呼應スル。

實際ノ場合ハ是等二ノ兩極端ノ間ノ特別ナル移動ノ状態ニ應ズルモノデアアル。換言スレバ内摩擦係數ノ値ハ砂ノ滑リガ起ル區域ガ薄イカ厚イカニ依ツテ著シク異ナリ。滑リガ薄イ層ノ間ニ止マラバ其摩擦係數ハ小サイケレドモ其滑リガ厚イ層ニ及ブナラバ係數ノ値ハ大デアアル。是又大仕掛ノ擁壁試験ト小規模ノ試験ナドニ於テ其結果ガ一致シナイ主ナル原因デアアル。

57. 粘土ノ内摩擦 粘土内ノ毛管水ハ表面張力ヲ有シ、外部カラ加ヘル壓力ト共ニ内壓ヲ引起スカラ此表面張力ヲ除外シナケレバナラナイ。又摩擦抵抗ハ壓力ノ強サニ關スル許リデナク其壓力ガ働イテ居ル時間ノ長短ニ依ツテ異ナル。

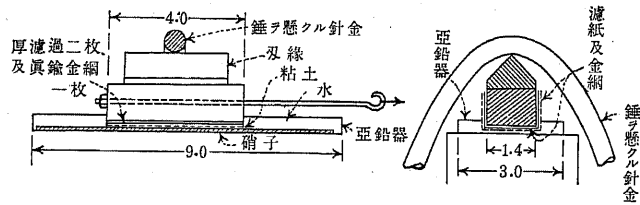
今空氣ヲ含マヌ濕粘土ノ表面ニ一定ノ外壓ヲ加ヘタ場合ニ粘土體ハ他ノ彈性體ト同ジク壓力ノ爲ニ縮少スルガ、粘土ノ空隙ニ水ガ充滿シテアレバ壓力ノ爲ニ空隙ハ縮少セラレ、之ト共ニ餘分ノ水ハ推出サレル。然ルニ粘土ノ滲透性ハ極メテ小サイカラ如上ノ水ノ推出ハ亦非常ニ長時間ニ涉ツテ行ハレル。排水作業ノ間壓力ノ一部ハ空隙内ノ水ノ靜水壓ニ依テ償ハレ、一種ノ過載荷重トナツテ表面ニ浮ブガ、殘リノモノハ粘土體ノ中ニ保タレル。過載荷重ガ表ハレタ直後ニハ粘土ノ壓力ハ實際零ニ等シク、靜水壓ハ此時ニ於テ殆ド過載荷重ニ等シイ。餘分ノ水ハ漸次逸出シテ靜水壓ハ益々小サクナリ、零ニ近づく、而シテ此靜水壓減少ノ速度ハ粘土ノ滲透係數ト粘土層ノ厚サニ關スルモノデアアル。元來水ハ應剪強ヲ持タナイカラ、摩擦抵抗ハ靜水壓ガ減ズルト共ニ増加シ、餘分ノ水ガ全然粘土層カラ無クナラヌ間ハ其正シイ値ヲ示サナイ。

茲ニ又粘土面ノ滑リ易イト云フ原因ハ之ニ依ツテ起ル。今僅カ傾斜シタ粘土ノ上ヲ急イテ歩ムナラバ足ガ滑ベル。而シテ肥粘土ハ少クモ 11° ト云フ大キナ摩擦角ヲ持ツテ居テ内部摩擦ハ可ナリ大イニ係ハラズ、足ニ依ツテ急ニ

體ノ重ミヲ加ヘル爲メ、體重ハ大部分靜水壓ニ帳消シニサレ、残りノ目方ニ依ツテ起ル摩擦ハ滑リヲ防止メルニ足リナイ。

地滑リニモ之ニ似タモノガアル。先ヅ地皮ノ收縮ノ爲ニ龜裂ガ出來タリ、又ハ他ノ原因デ空隙ヲ生ジタ時ニ降雨ヤ池沼ノ漏水ナドノ水ガ滲透シテ地中ニ溜マル爲メ、廣イ區域ノ地塊ハ水層又ハ柔ニナツタ粘土層ナドノ傾斜シタ滑面上ニ殆ド摩擦ナシノ速度ヲ以テ移動スルコトガアル。斯カル場合ノ摩擦係數ハ一時 0.05 又ハ之ヨリ低イ値ニモ降ルノデアアルガ、地中ノ水層ニ作用スル靜水壓ニ依テ上部ノ重量ガ一部消去セラレル結果ニ外ナラナイノデアアル。

てるざっきーガ粘土ノ摩擦ヲ實驗シタ裝置ハ第四十九圖乃至第五十一圖ニ示ス通デアアル。即チ縦斷面圖ニ示スガ如ク、亞鉛ノ扁平ナ容器ノ底ニハ硝子



第四十九圖

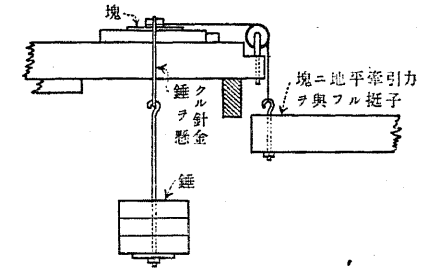
粘土摩擦ノ實驗裝置縦斷面圖

第五十圖

同 横斷面圖

ヲ載セ、此硝子板ニハ粘土ト空氣ノ入ラナイ水ヲ混ゼタモノヲ薄ク一層塗リ、粘土層ノ上ニハ上部ガ双縁狀ヲ爲シタ木罎ヲ載セ、其底及側面ニハ厚イ濾紙二枚ト 20 番真鍮針金網ヲ一層被ブセタ。針金網ハ粗面トシテ働キ粘土ヲ粘着セシメ、濾紙ハ餘分ノ水ヲ吸取ル用ヲ爲ス。荷重ハ木罎ノ双縁ニ針金ヲ曲ゲテ其下部ニ錘ヲ吊ル。斯クノ如ク荷重ヲ加ヘレバ粘土層ノ厚サハ減ジテ凡ソ 3 耗位ニナル。是ニ於テ荷重木罎ノ底ノ縁ヨリモ食ミ出テ居ル粘土ハ凡ベテ之ヲ搔取り、亞鉛容器ニハ水ヲ張り、第五十一圖ニ示ス様ナ摩擦抵

抗ニ打勝ツベキ地平張力ヲ與ヘル爲メ滑車ヲ廻ラシタ紐ヲ加重挺ニ繋ギ、抵抗ヲ測ル。但シ粘土ニ荷重ヲ加ヘテ粘土ノ薄層ガ充分排水ヲ了シ、又ハ水ヲ充分再飽和セシメル爲メ 24 時間之ヲ放置シテ後、地平張力ヲ加ヘテ摩擦抵抗ヲ測定スルノデアアル。



第五十一圖

地平張力裝置

粘土ノ上ニ粘土ヲ載セタ場合ノ摩擦抵抗ヲ測ルニハ硝子板ヲ用ヒル代リニ真鍮ノ網ヲ以テ覆ウタ濾紙二枚ヲ以テシタ。

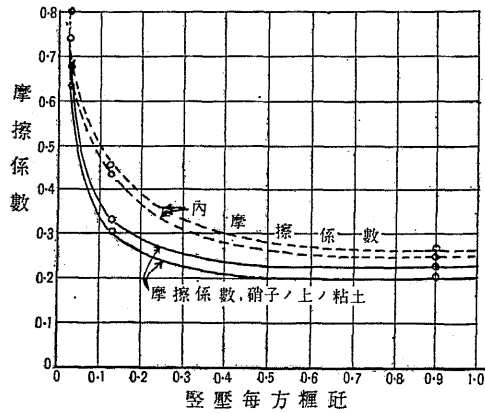
以上ノ實驗ハ非常ニ注意ヲ要シ時間ト熟練ヲ要スル。其實驗ノ結果ニ依レバ每方糶 1 斤以上ノ壓力ニ對シテハ粘土ノ摩擦係數ハ殆ド一定デ、砂ノ摩擦係數ニ明ニ影響ヲ持ツテ居ル多クノ要素ニハ無關係ナコトヲ示シテ居ル。是レ肥粘土ガ薄ク且ツ非常ニ撓ガリ易イ片鱗カラ成立ツテ居ルノニ砂ハ嵩張ツテ且ツ可ナリ剛イ粒カラ成ツテ居ル爲デアアル。砂ノ構造ハれーのーるずノ砂袋實驗ガ示ス如ク空隙ノ容積ヲ變ヘナイデハ其形ヲ變ヘルコトガ出來ナイケレドモ粘土ハ其空隙容積ヲ一定ニ保チツ、其形ヲ變ヘ得ル所ノ所謂粘的變形ヲスルコトガ出來ル。今硝子ト粘土及粘土ト粘土ノ摩擦係數ヲ擧グレバ次表ノ如クデアアル。

第三十二表 粘土ノ摩擦係數 ρ ノ値

粘土ノ種類	硝子ト粘土ノ ρ	粘土ト粘土ノ ρ
膠質泥	0.18—0.22	0.23—0.28
肥粘土	0.23—0.30	0.25—0.40
砂混り粘土	0.30—0.32	0.40—0.50

上表カラ見レバ硝子ト粘土ノ摩擦係數ハ即チ粘土ノ内摩擦係數デアツテ粘土ト粘土ノ間ノ値ハ内抵抗係數ヲ表ハスモノデアル。是等二ノ値ガ極メテ相近イノヲ見レバ粘土ノ各種ハ夫々定ツタ内摩擦係數ヲ持つテ居ルト云フコトガ出來ル。是レ砂ト粘土トハ相異ナツテ居ル點デアル。

滑カナ硝子ノ面上ニ粘土ヲ滑ラセレバ其張力ガ或限界ヲ越エルヤ否ヤ急ニ



第五十二圖 黄色粘土ノ摩擦

滑リ出ス。然ルニ粘土ノ上ニ粘土ヲ滑ラセルニハ非常ニ粘バル液體ガ流出ス様ニ極メテ徐々ニ動出ス。即チ始ノ摩擦ハ無壓力ニ應ズルモノデ凡ソ每方糶 20 瓦ノモノデアツタ。此壓力ガ小サイ程摩擦係數ノ値ニ對シテ始ノ摩擦ノ影響ハ大デアルコ

トハ第五十二圖ノ黄色粘土ノ壓力ト係數トノ關係カラ知ルコトガ出來ル。

58. 土壓ト摩擦 土壓ノ數值ハ土中ニ働ク摩擦抵抗ノ大サニ依ツテ異ナル。元來土力學ノ進歩ガ極メテ遅々トシテアツタノハ粘體内ノ摩擦抵抗ノ法則ト固體ヲ以テ行ハレタ摩擦ノ實驗カラ得タ法則ト混同シタ罪ニ歸スベキモノデアル。前ニモ述べタ如ク砂ト粘土ノ摩擦ノ現象ハ夫々特色ガアツテ其數值ニモ亦異同ガアル。其外ノ彈性々能ニ於テ又含水量ノ多寡カラ來ル物理的並ニ之ニ關聯シタ性質ニ於テ砂ト粘土ハ大ナル差異ガアル。是等ヲ凡ベテ考慮ニ入レテ初メテ實際ニ近イ土壓ノ問題ヲ解決シ得ラレル。

今單ニ摩擦ノミニ就テ見レバてるざっきーハ次ノ如ク結論シテ居ル。

第一、固體ノ滑カニシテ且ツ完全ニ清淨ナ表面間ノ摩擦ハ直接分子間ノ作用ニ依テ起ルモノデ純粹ニ物理化學的問題ニ屬スル。

第二、固體ノ不完全ニ滑カナ表面間ノ摩擦ハ單純ニ物理化學的原因ノミデナク各表面ノ間ニハ鑪ガ物ヲ磨リ減ラス様ナ作用ガ行ハレル。然シ其現象ハ物理的カラ見レバ簡單デアル。

第三、砂ノ中デハ其摩擦係數ハ砂粒ノ性質及組織等ニ關スル許リデナク、滑リヲ起ス方法ヤ滑リノ前ノ環境等ニ關係シテ居リ、從テ其一定ノ値ト云フモノハナク、同一ノ砂デモ二ノ限界ノ間ノ値ヲ持つテ居ル。即チ一ノ限界ハ内摩擦係數デ分界平面上ニ起ル砂ノ摩擦ニ關シ、他ノ限界ハ内抵抗係數デ砂ガ全體トシテ變形ヲ受ケタ場合ニ現ハス抵抗ニ依ルモノデアル。

第四、粘土ノ摩擦係數ハ中位ヤ高位ノ壓力ニ對シテハ其值著シク不變デアル。然シ低壓ニ對シテハ壓力ノ減少ト共ニ係數ノ値ガ増加スル。是レ始メノ摩擦ガ肝要ヲ役目ヲ働ク爲デ、每方糶 20 瓦ニモ達シテ居ル。壓力ヲ急ニ變ヘレバ粘土ノ内部ニ在ル液體ノ中ニ或ハ正或ハ負ノ靜水壓ヲ生ズルカラ、此靜水壓ガ粘土全體ニ零トナラヌ間ハ摩擦係數ハ標準ノ値即チ靜止摩擦係數ヲ示サナイ。其中間ノ状態ニ於テハ摩擦係數ハ即チ動水摩擦係數デ正值ヲ有スベク、時間ノ函數デアル。

59. 土壓論ト將來ノ展望 佛國ノクーロム (Coulomb, ch. A.) ハ 1779 年摩擦論ヲ發表シ、英國ノらんきん (Rankine, W. T.) ハ 1856 年其著土木工學ノ中ニ土壓論ヲ公ケニシ、ぶーしねすく (Boussinesq, V. J.) ハ 1876 年粉粒體ノ平衡論ヲモノシテ土壓ヲ詳論シタ。土壓論ノ創立者ト云フベキ是等ノ研究者ハ物理學者又ハ數學家デアツタガ其後土壓ノ研究ハ頓挫シテ進歩シナイ。蓋シ粘性土壤ハ其性質ガ非常ニ複雑デアル爲メ其全貌ヲ把握スルコトガ甚シク困難デ、土ノ凝集力トカ又ハ粘性ヲ認メナガラ其牙城ヲ衝クコトガ

出來ズ、唯一般ノ粉粒體トシテ凝集力ノナイ土ヲ取扱ツタニ過ギナイカラ、偶々地下水ヤ其他ノ水ニ漬カツタ土ヲ論ズルニシテモ所謂土壓即チ粉粒體ノ壓力ト水壓トヲ良イ加減ニ結付ケタノガ今日迄ノ土壓論デアツテ理論ト實際トハ可ナリノ間隔ガアツタコトハ否マレナイ事實デアル。彼ノ 1914 年さぶんとん港えんふれす船渠ノ岸壁倒潰ノ如キらんきんノ土壓論カラ推定シテハ決シテ左ノ事故ガ有リ得ベカラズト云フノニ事實ハ此不幸ナ災害トナツタノデアル。即チ岸壁ヲ作ツタ箇所ハ海岸ノ粘土又ハ泥土ノ多イ所デ粉粒體即チ乾イタ砂トハ全然其性質ヲ異ニシタト云フノガ其原因デアル様ダ。斯カル事例ハ築港工事トシテ東西至ル所ニ嘗メラレテアル苦イ経験デ、べる (Bell) ガ粘土ノ土壓ヲ唱導シタノハ之ニ基ヅイテ居ル。

即チらんきんハ粉粒體ノ一定ノ面ニ沿ウテ滑ツテ移動スルニ抵抗スルカハ其面ノ兩側ニ粉粒體ノ間ニ働イテ居ル垂直壓力ニ或定數ヲ乗ジタモノニ等シトシタ。換言スレバ p_n ヲ剪斷面上ノ垂直壓力ノ強サ、 q ヲ其面ニ沿ウテ剪斷ノ抵抗ノ強サ、 μ ヲ或定數、 ϕ ヲ土ノ止角トスレバ

$$q = \mu p_n = \tan \phi \cdot p_n \quad [46]$$

然ルニべるハ無壓力ノ場合ニモ剪斷ノ抵抗ノ強サ k ガアルコトヲ認メテ

$$q = k + \tan a \cdot p_n \quad [47]$$

此ニ k ヲ 0 トシ、 a ヲ止角トスレバ全然らんきんノ法則ト同一ナル。

兎ニ角粉粒體ノ土壓ヲ以テ一般ノ土壓トナスニハ不充分デアルコトガ明カトナツタ。而シテ此方面ノ研究ガ漸ク其必要ヲ認メラレルニ至ツタノハ土力學ノ啓明ガ近ヅキツ、アルモノト云フベキデアロウ。くれー (Krey, H.) ハ 1912 年ニ、ふえれにうす (Fellenius, W.) ハ 1927 年ニ摩擦ト凝集力ヲ考慮シタ土壓論ヲ公ニシタ。然シ尙未ダ基礎的研究ニ盡サルモノガアル。

土力學ノ基礎トシテハ先ヅ土性ヲ論ズル所ノ工業地質學ニ依ラナケレバナ

ラナイ。又土ノ性質組織等ニ就テハ其比重、比熱、熱傳導度及含水量、毛管現象等ト共ニ物理的性質ヲ知ルト共ニ化學的智識モ亦之ヲ必要トスル。更ニ土ノ彈性的性質即チ其彈性率、剛性率、ぼあそん比、壓縮度等ノ力學的方面ヲ知ラナケレバナラナイ。

擁壁ヲ作り、岸壁ヲ築キ又ハ堰堤ヲ設ケ橋界家屋其他百般ノ工作物ヲ地上ニ築造スル場合ハ皆土ノ上ニ立脚スルモノデアツテ土ヲ除外シテノ工作物ハ極メテ稀デ、文字通りノ架空ノモノタルヲ免レナイ。即チ砂上ノ樓閣ト云フ言葉ハ基礎ノ極メテ薄弱ナルヲ形容シタモノデ土力學ノ知識ハ凡テノ工作物ニ缺クベカラザルモノデアル。獨リ地下水ノ問題ト關係ガ深いノミデハナイ。

1913 年米國土木技師會ハ此方面ニ先鞭ヲ着ケテ基礎調査委員ナルモノヲ擧ゲ、基礎トシテノ土ノ載荷力ノ現行慣習ヲ法則ニ表ハシ兼ネテ工作物ニ關スル土ノ物理的特性ノ報告ヲ爲サシメルコト、シタ。此委員會ハ其事業ノ必要ナルヲ示シ、存立ノ間活動シテ相當ノ効果ヲ擧ゲタ。同年瑞典ノ國營鐵道デハ地質工學委員會ヲ設ケ、不安定ノ傾斜ヲ爲セル物件ノ物理的特性ヲ調査シ、地滑ヲ防グ方法ヲ考案スルコトヲ命ジタ。存立 10 年ノ間ニ基礎調査委員ハ數多ノ興味アル報告ヲ爲シタ。摩擦試験ヲ行ヒ、各種ノ土ノ壓縮性ヲ研究シ、殊ニ自然ノ儘ノ粘土ノ試料ニ就テ其抗壓、抗張、及抗剪強ヲ調査シタ。然シ一般ノ結論ニハ達シ得ナカツタノミナラズ、土性ノ間ノ基礎的關係ニ就テノ知識ニ缺ケテ居タ爲ニ斯クシテ獲タ材料ヲ實用ニ供スルコトガ出來ナカツタ。是ト云フノモ土ノ物理的及力學的性質例ヘバ内摩擦、凝集力、粘性、抗壓強等ノ各性能ハ皆夫々複雑ナ現象ノモノデ其相互ノ間ノ關係ハ決シテ簡單デナイ。從テ是等ノ性質ヲ定メル所ノ根本的ナ物理的要素ヲ知悉スルコトガ先決問題トシテ必要デアルノニ、是等ノ要素ヲ知ラナイデ實驗ヲ行フコトハ雜然タル材料ノ蒐集ニ止マリ、之ヲ統制シテ實用ニ供スルコトハ六ケシク、

相互ノ關係ヲ明ニスルナドハ到底出來ナイコトデアツタカラデアル。

1917年以來てるざき一ハ凝集力ヲ有セザル砂ノ彈性ノ研究ヲ始メ新方面ノ實驗ヲ企テ、土壤ノ各種ノ物理的研究ノ必要ヲ知ラシメタ。粗面ノ間ノ摩擦（始ノ摩擦ヲ含ム）、毛管水ノ粘性、毛管水ノ表面張力及水自身ノ物理的性質ニ及ボス空隙ノ大サノ影響ナル四大要素ハ土ノ物理的性質トシテ探究セラレタモノデアル。凝集力ヲ有スル土ト之ヲ有シナイ土ト著シイ差異ハ以上四ノ物理的要素デ充分説明スルコトガ出來、凝集力ノ有無大小等ハ土粒ノ大サヤ形ニ關シテ居ル。

實用ニハ土ノ荷重試験ヲ行ヒ又ハ模型試験ニ依リ之ヲ實際ノ構造物ニ適用スベク、土ノ分類ヲ完成シテ數量的ニ各地ノ土ノ異同ヲ區別シナケレバナラナイ。

元來土ノ載荷力ハ其比重及密度、粒面ノ粗滑、毛管壓ノ強サ即チ凝集力ニ關シ、且ツ荷重面ノ半徑 r 、基礎ノ深サ t 及 t/r ニ依ツテ異ナル。

濕ツタ砂デハ其毛管壓ハ荷重應力ニ比スレバ非常ニ小サク、最大載荷力ハ半徑 r ニ比例シテ増シ、且ツ t/r ト共ニ甚ダ急ニ増加スル。然シ粘性的又ハ半固體ノ粘土ニ於テハ毛管壓力ハ非常ニ大デ荷重應力ハ之ニ比シテ甚ダ小サイ。是等ノ状態ノ下ニ粘土ノ載荷力ハ殆ド半徑及深サノ比ニハ無關係デアル。實際ノ場合デハ以上二ノ極端ナ場合ノ中間ニ位スル。

然シ以上ノ研究ハ決シテ完全ナモノデナク、實驗室ノ研究方法モ亦最善トハ云ヘナイカラ理論ト實驗ノ結果ヲ兩々用ヒルノガ有効デアル。粘土ノ凝集力ハ毛管水ノ負壓ニ依ルモノデ、非常ニ小サイ空隙ノ中ニ含マレル毛管水ノ物理的性質ハ粗大ナ物質ノ中ニ在ル水トハ異ナツテ居ル。又土ノ内摩擦ハ種々獨立シタ作用ノ綜合の結果デアルカラ荷重試験ト共ニ尙一層精鍊ヲ要スルモノガアル。

模型ニ依リ研究シタモノヲ實地ニ應用スルニハ考慮ヲ要スルモノガアル。例ヘバ荷重ヲ加ヘルニ基礎調査委員ガ提案シタ徑 34.7 糎ノ圓礫カラ成ルモノ、下ニ深サ 70 糎ノ砂層ヲ敷イテ地盤ヲ被覆シタナラバ t/r ハ凡ソ4デアル。

實驗的ニハ荷重ノ下ノ砂ハ一種ノ保護層トシタノデアルガ理論的ニハ荷重ノ下ニ擴ガルノニ影響ガ多イ。即チ荷重ノ下ノ土ガ大ナル凝集力ヲ持つ粘土ノ如キモノデアルカ又ハ極小サイ凝集力ヲ有スル砂ノ如キモノデアルニ依ツテ其載荷力ニハ非常ナル違ガアル。從テ t/r ガ非常ニ小サイ所ノ淺イ砂ノ基礎ノ設計ニ際シテ標準トスベキ荷重試験ハ必ズ t/r ヲ小サクスル様按配シナケレバナラナイ。若シ粘土ノ如ク大キナ凝集力ヲ持つタ土ナラバ保護層ノ影響ハ極メテ小サイ。

大規模ノ實驗ト小仕掛ノ實驗トハ屢々其結果ヲ異ニスルコトガアルガ、是レ必ズシモ觀測誤差ニノミ依ルモノデナク、模型ニ就テノ理論ノ研究ガ足ラナイ爲デ、更ニ此理論ハ現象ノ物理的性質ノ知識ノ不完全ナルニ依ルモノデアル。小仕掛ノ實驗ハ多ク大規模ノ實驗ノ主要ナル一部トナリ、且ツ其補助的ノモノト見做サルベキモノデアル。

我邦ニ於テハ國有鐵道線路ノ建設保線改良等ノ爲ニ土ノ性質ヲ科學的並ニ工學的ニ調査研究シ、適切ナ工事施行ニ依リ、工費ノ節約ト安全ヲ期スル爲メ昭和五年 11 月土質調査委員會ガ設ケラレ研究ノ結果ナドガ報告書トシテ發表セラレツ、アル。

60. 土木工事ノ施工ト土ノ分類 實際施工ノ工事ハ即チ實物大ノ實驗デ若シ其現場ノ土性ノ異同ヲ精密ニ識別スルコトガ出來レバ其實驗ハ非常ニ價値アルモノデ同一ノ土性ノ場所ナラバ前ノ實驗ノ結果ヲ適用シテ毫モ差支ヘナイノデアル。然シ土性ノ同一ヲ見別ケルコトガ出來ナケレバ件ノ實驗モ之ヲ利用スルニ道ナク、施工ハ各ノ土ニ對シ常ニ新シク考ヘナケレバナラナイ。

是レ土ノ分類又ハ土性ノ區別ヲ知ルコトガ模型理論ト共ニ必要ナル所以デア
ル。

土性ノ差異ト云フノハ土ノ粒ノ大サ及形、含水量及組織ノ四要素ノ異同ニ
過ギナイカラ、各ノ土ニ就テ其四要素ヲ知り得レバ土ノ區別ヲ知ルコトガ容
易デア。大半ノ土ノ性質ハ其膠質微粒ノ性質ヲ指スモノデ、膠質微粒ノ最
モ必要ナル形ハ數量の表現ガ六ケシク、他ノ吸着成分ノ化學的性質ノ如キモ
ノモ亦之ヲ定メルコトガ困難デア。膠質體ノ性質ガ非常ニ複雜デア。爲メ
土ノ比較ハ或點ニ於テニ林檎ノ性質ヲ比較スル様ナモノダト云ハレタノモ
面白イ。基礎調査委員ハ林檎ノ有機成分ヲ物理化學的ニ分析シテ其結果ニ基
ヅキ林檎ヲ比較スルコトハ理論上適當デア。ケレドモ「てるぎ」ハ寧ロ林
檎ヲ嚙ツテ味ヒテ見ル方ガ寧ロ林檎ノ異同ヲ知ル捷徑ダト云ツタノモ一理ガ
アル。

林檎ノ味ト云フノハ土ノ場合ニハ其彈性、凝集力、滲透性ト云フ様ナ普通
ノ物理的性質ニ應ズルモノデ、是等ノ性質ハ種々ナ原因カラ成ル合成ノ結
果デア。

61. 地震ト工作物 我邦ニ於テハ屢々猛烈ナ地震ニ襲ハレテ非常ナ人畜ノ
被害ヤ工作物ノ破壊ヲ見テ居ルカラ、地震ガ地上ノ工作物ニ及ボス影響ハ頗
ル重大デア。彼ノ地塊運動ト云フ様ナ廣イ地域ノ移動ニ對シテハ今急ニ之
ヲ如何トモスルコトガ出來ナイケレドモ、工作物ヲシテ一塊トナツテ移動セ
シメ、決シテ支離減裂ヲ招ク様ナ構造ヲ用ヒヌカ又ハ根本的ニ其地域ヲ避ケ
ルヨリ外ニ道ガナイ。唯震度ノ非常ニ大ナル破壊的地震ニ遭遇シテハ工作物
ノ完全ヲ期スルコトガ困難ナ場合ガ少クナイケレドモ、多クノ地方ニ屢々起
ル地震ノ都度災害ヲ受ケルコトハ耐ヘ得ラヌコトデア。カラ、或程度迄地
震ヲ考慮スルコトハ我邦ニ極メテ必要デア。例ヘバ岸壁トカ燈臺トカ云フ

工作物ハ家屋擁壁ナドノ建築物ト共ニ耐震的考慮ヲ拂フ必要ガアル。

地震ノ強弱ハ其加速度ヲ以テ之ヲ表ハス場合ト重力加速度ニ比較シタ比率
ヲ以テ之ヲ表ハス場合トアル。例ヘバ $4500 \text{ 耗}/(\text{秒})^2$ 又ハ 0.45 ノ震度ト云
フ様ナモノデア。最モ地震ノ少イ所デ 0.1 位ノ震度ヲ考入レルコトハ屢々
必要デ其地震帶ニ近イ處ナドデ 0.25 乃至 0.3 位ノ震度ヲ想定シナケレバナ
ラナイ。

關東ノ大震災ノ時東京ノ下町方面即チ埋立地ヤ沖積地ニ於テハ地震ノ週期
ガ 0.6 秒デアツタノニ、山ノ手方面即チ堅イ地盤ノ處デハ 0.3 秒ヲ示シタ。
是ハ地震ニ及ボス地質ノ影響デア。