

泥質干潟地上に築造する堤塘の安定について : 第六報 底面圧力分布

藤川, 武信
九州農業試験場干拓部

<https://doi.org/10.15017/21248>

出版情報 : 九州大学農学部学藝雑誌. 13 (1/4), pp.335-341, 1951-11. 九州大学農学部
バージョン :
権利関係 :



泥質干潟地上に築造する 堤塘の安定について

第六報 底面圧力分布

藤 川 武 信*

Research of the stability of dykes built on muddy
tidal shore. Report 6 : Distribution of
vertical pressure beneath a loaded base

Takenobu Fujikawa

I. は し が き

干拓堤塘築造による荷重即ち面荷重 (Flächenlast) による地盤内圧力分布を計算する
さいに、まず地盤の載荷底面における圧力分布について種々の假定がなされているが、こ
れについては一般に矩形、三角形、拋物線形の三つが普通なものである。これらの假定の
もとに導びかれた諸公式の内、底面圧力分布が矩形の假定に基いて導出並びに計算され
ているものが多い。Steinbrenner¹⁾ の圧力分布計算図表もこの例である。それで底面圧
力の分布形を上三者について各々解析計算し、これらの間に如何なる差違があるかを吟
味した。

II. 吟味にたいする前提

有明干潟泥土の上層部は小なる応力によつて、容易に流動或は変位し、その性質は変位
とともに粘性体の如き性質をもあらわすものと推察される。かかる地盤上に堤塘を築造す
る場合には載荷による堤塘の根入が浅いうちは、土の側方流動が縁端部より起り、地盤内
の底面における圧力分布は次第に土の流動変位により変化するものと考へられる。堤塘出
来形の増加とともに平均荷重強度は増加し、流動の影響は荷重軸に向つて進行し地盤の破
壊が起る。勿論この流動現象は堤塘の根入れ深さの進行とともに変化する。理論解析には
底面圧力分布を矩形、三角形、拋物線形とし、Fig. 1 の如く分布面積は同面積とする。平
均荷重強度の増加とともに荷重軸に向つて流動部分は拡大されるものとして、地盤性質に
よりその進行度の係数を e とし、 $e = \frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1, 2, 3, 4, 5$ について行つた。且つ
また地盤は均等質とする。

* 九州農業試験場 干拓部。

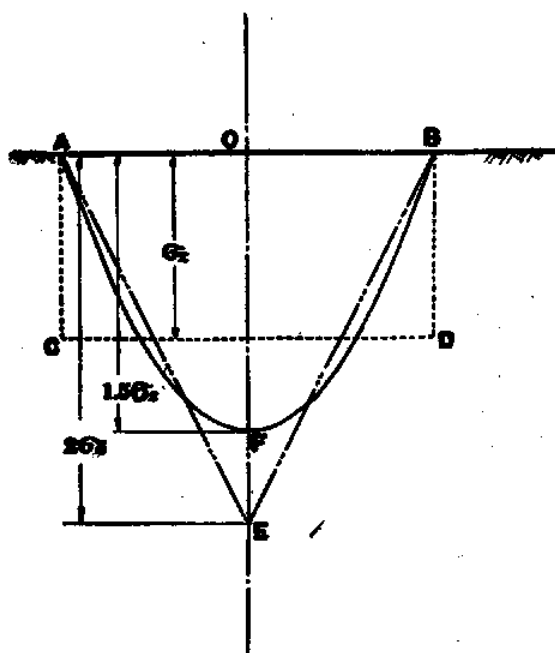


Fig. 1. Assumptions of distribution form beneath a loaded strip base.

$$\text{area [ABCD]} = \text{area [ABE]} = \text{area [ABF]}$$

III. 解 析

堤塘の半幅を b ，地盤土粒子の流動しない部分の半幅を b' ，平均荷重強度を p ， dp の増加により底面圧力は $d\sigma_x$ だけ増加し，荷重増加に従つて土粒子は側方に流動し， b' は減少して，限界荷重 p_0 になつたとき $b' = 0$ となり，地盤は破壊し堤塘は安定を失うとする。又，

$$\frac{p}{p_0} = 1 - \left(\frac{b'}{b}\right)^{\epsilon} \quad \text{即ち,}$$

$$\frac{p}{p_0} = F\left(\frac{b'}{b}\right) \dots \dots \dots (1)$$

として， ϵ の変化による関係は Fig. 2 の如くであるとする。流動した部分についての底面圧強度は b' を x とおくことによつて得られる。

A. 底面圧力分布

1. 底面圧力分布を矩形と仮定したとき (Fig. 3-a),

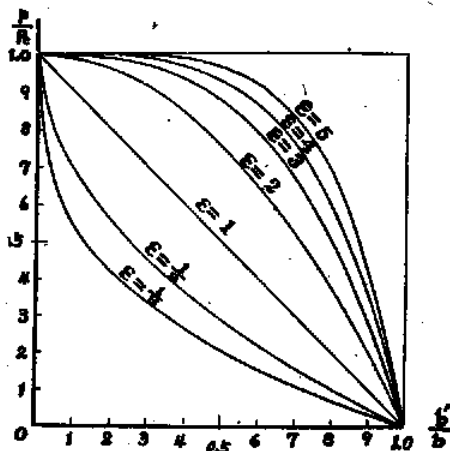


Fig. 2. $\frac{p}{p_0} = F\left(\frac{b'}{b}\right)$.

$$\frac{d\sigma_z}{dp} = \frac{b}{b'}$$

x 点における圧力の増加は、

$$d\sigma_{xz} = f\left(\frac{x}{b}\right) \cdot d\sigma_z \dots\dots\dots (2)$$

(2) より

$$\sigma_{xz} = \int \frac{b}{b'} dp$$

$\epsilon \neq 1$ のとき

$$\begin{aligned} \sigma_{xz} &= p_0 \left[-\frac{\epsilon}{\epsilon-1} \left(\frac{p_0-p}{p_0} \right)^{\frac{\epsilon-1}{\epsilon}} + C \right] \\ &= p_0 \frac{\epsilon}{\epsilon-1} \left[1 - \left(\frac{b'}{b} \right)^{\epsilon-1} \right] \dots\dots\dots (3_1) \end{aligned}$$

$$= p_0 \frac{\epsilon}{\epsilon-1} \left[1 - \left(\frac{x}{b} \right)^{\epsilon-1} \right] \dots\dots\dots (3_2)$$

(3₁) は流動しない部分について、(3₂) は流動した部分についてである。

$\epsilon = 1$ のとき

$$\begin{aligned} \sigma_{xz} &= -p_0 \ln \left(1 - \frac{p}{p_0} \right) + C \\ &= -p_0 \ln \frac{b'}{b} \dots\dots\dots (4_1) \end{aligned}$$

$$= -p_0 \ln \frac{x}{b} \dots\dots\dots (4_2)$$

(4₁) は流動しない部分について、(4₂) は流動した部分についてである。

2. 底面圧力分布を三角形と仮定したとき (Fig. 3-b),

三角形分布であるから $f\left(\frac{x}{b'}\right) = 2\frac{b'-x}{b'}$ であらわされる。(2) より、

$$\sigma_{xz} = 2 \int \frac{b}{b'} \frac{b'-x}{b'} dp \dots\dots\dots (5)$$

$\epsilon \neq 1, \epsilon \neq 2$ のとき

$$\begin{aligned} \sigma_{xz} &= 2p_0 \left[\int \left(\frac{p_0}{p_0-p} \right)^{\frac{1}{\epsilon}} d\left(\frac{p}{p_0} \right) - \int \frac{x}{b} \left(\frac{p_0}{p_0-p} \right)^{\frac{2}{\epsilon}} d\left(\frac{p}{p_0} \right) \right] \\ &= 2p_0 \left[-\frac{\epsilon}{\epsilon-1} \left(\frac{b'}{b} \right)^{\epsilon-1} + C_1 - \frac{x}{b} \left\{ -\frac{\epsilon}{\epsilon-2} \left(\frac{b'}{b} \right)^{\epsilon-2} + C_2 \right\} \right] \\ &= 2p_0 \left[\frac{\epsilon}{\epsilon-1} \left\{ 1 - \left(\frac{b'}{b} \right)^{\epsilon-1} \right\} - \frac{\epsilon}{\epsilon-2} \cdot \frac{x}{b} \left\{ 1 - \left(\frac{b'}{b} \right)^{\epsilon-2} \right\} \right] \\ &= 2p_0 \frac{\epsilon}{\epsilon-1} \left[1 - \left(\frac{b'}{b} \right)^{\epsilon-1} - \frac{\epsilon-1}{\epsilon-2} \cdot \frac{x}{b} \left\{ 1 - \left(\frac{b'}{b} \right)^{\epsilon-2} \right\} \right] \dots\dots\dots (6_1) \end{aligned}$$

$$= 2p_0 \frac{\epsilon}{\epsilon-1} \left[1 - \left(\frac{x}{b} \right)^{\epsilon-1} - \frac{\epsilon-1}{\epsilon-2} \cdot \frac{x}{b} \left\{ 1 - \left(\frac{x}{b} \right)^{\epsilon-2} \right\} \right] \dots\dots\dots (6_2)$$

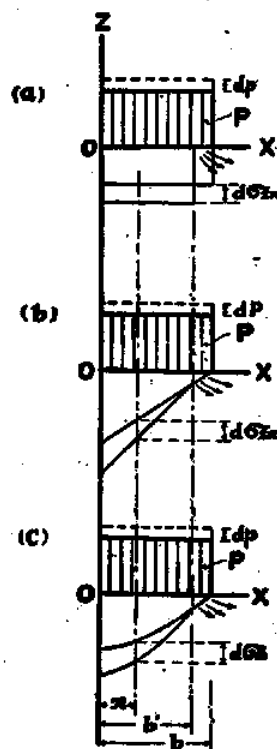


Fig. 3.

(6₁) は流動しない部分について, (6₂) は流動した部分についてである.

$\varepsilon = 1$ のとき

$$\begin{aligned}\sigma_{xx} &= 2p_0 \left[\int \frac{p_0}{p_0-p} d\left(\frac{p}{p_0}\right) - \int \frac{x}{b} \left(\frac{p_0}{p_0-p}\right)^2 d\left(\frac{p}{p_0}\right) \right] \\ &= 2p_0 \left[-\ln \frac{b'}{b} + \frac{x}{b} \left\{ 1 - \left(\frac{b'}{b}\right)^{-1} \right\} \right] \dots\dots\dots (7_1)\end{aligned}$$

$$= 2p_0 \left[-\ln \frac{x}{b} + \frac{x}{b} - 1 \right] \dots\dots\dots (7_2)$$

(7₁) は流動しない部分について, (7₂) は流動した部分についてである.

$\varepsilon = 2$ のとき,

$$\sigma_{xx} = 4p_0 \left[1 - \frac{b'}{b} + \frac{x}{b} \ln \frac{b'}{b} \right] \dots\dots\dots (8_1)$$

$$= 4p_0 \left[1 - \frac{x}{b} + \frac{x}{b} \ln \frac{x}{b} \right] \dots\dots\dots (8_2)$$

(8₁) は流動しない部分について, (8₂) は流動した部分についてである.

3. 底面圧力分布を拋物線形と仮定したとき. (Fig. 3-c)

拋物線形であるから $f\left(\frac{x}{b'}\right) = 1.5 \frac{b'^2 - x^2}{b'^2}$ であらわされる. (2) より,

$$\sigma_{xx} = 1.5 \int \frac{b}{b'} \cdot \frac{b'^2 - x^2}{b'^2} dp \dots\dots\dots (9)$$

$\varepsilon \neq 1, \varepsilon \neq 3$ のとき,

$$\begin{aligned}\sigma_{xx} &= 1.5p_0 \left[\int \left(\frac{p_0}{p_0-p}\right)^{\frac{1}{\varepsilon}} d\left(\frac{p}{p_0}\right) - \int \left(\frac{x}{b}\right)^2 \left(\frac{p_0}{p_0-p}\right)^{\frac{3}{\varepsilon}} d\left(\frac{p}{p_0}\right) \right] \\ &= 1.5p_0 \left[\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1} \left\{ 1 - \left(\frac{b'}{b}\right)^{\varepsilon-1} \right\} - \left(\frac{x}{b}\right)^2 \left\{ -\frac{\varepsilon}{\varepsilon-3} \left(\frac{b'}{b}\right)^{\varepsilon-3} + C \right\} \right]\end{aligned}$$

$$= 1.5p_0 \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1} \left[1 - \left(\frac{b'}{b}\right)^{\varepsilon-1} - \frac{\varepsilon-1}{\varepsilon-3} \left(\frac{x}{b}\right)^2 \left\{ 1 - \left(\frac{b'}{b}\right)^{\varepsilon-3} \right\} \right] \dots\dots\dots (10_1)$$

$$= 1.5p_0 \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1} \left[1 - \left(\frac{x}{b}\right)^{\varepsilon-1} - \frac{\varepsilon-1}{\varepsilon-3} \left(\frac{x}{b}\right)^2 \left\{ 1 - \left(\frac{x}{b}\right)^{\varepsilon-3} \right\} \right] \dots\dots\dots (10_2)$$

(10₁) は流動しない部分について, (10₂) は流動した部分についてである.

$\varepsilon = 1$ のとき,

$$\sigma_{xx} = 1.5p_0 \left[-\ln \frac{b'}{b} + 0.5 \left(\frac{x}{b}\right)^2 \left\{ 1 - \left(\frac{b'}{b}\right)^{-2} \right\} \right] \dots\dots\dots (11_1)$$

$$= 1.5p_0 \left[-\ln \frac{x}{b} + 0.5 \left\{ \left(\frac{x}{b}\right)^2 - 1 \right\} \right] \dots\dots\dots (11_2)$$

(11₁) は流動しない部分について, (11₂) は流動した部分についてである.

$\varepsilon = 3$ のとき,

$$\sigma_{xx} = 4.5p_0 \left[0.5 \left\{ 1 - \left(\frac{b'}{b}\right)^2 \right\} + \left(\frac{x}{b}\right)^2 \ln \frac{b'}{b} \right] \dots\dots\dots (12_1)$$

$$= 4.5 p_0 \left[0.5 \left\{ 1 - \left(\frac{x}{b} \right)^2 \right\} + \left(\frac{x}{b} \right)^2 \ln \frac{x}{b} \right] \dots\dots\dots (12_1)$$

(12₁) は流動しない部分について、(12₂) は流動した部分についてである。

B. 土粒子が流動しない部分について、荷重軸の原点における底面圧力は $x = 0$ とおき、求めることが出来る。

1. 矩形分布の仮定の場合

$$\epsilon \neq 1 \text{ のとき, } \sigma_{xx} = p_0 \frac{\epsilon}{\epsilon-1} \left\{ 1 - \left(\frac{b'}{b} \right)^{\epsilon-1} \right\}$$

$$\epsilon = 1 \text{ のとき, } \sigma_{xx} = -p_0 \ln \frac{b'}{b}$$

2. 三角形分布の仮定の場合

$$\epsilon \neq 1, \epsilon \neq 2 \text{ のとき, } \sigma_{xx} = 2p_0 \frac{\epsilon}{\epsilon-1} \left\{ 1 - \left(\frac{b'}{b} \right)^{\epsilon-1} \right\}$$

$$\epsilon = 1 \text{ のとき, } \sigma_{xx} = -2p_0 \ln \frac{b'}{b}$$

$$\epsilon = 2 \text{ のとき, } \sigma_{xx} = 4p_0 \left(1 - \frac{b'}{b} \right)$$

3. 拋物線形分布の仮定の場合

$$\epsilon \neq 1, \epsilon \neq 3 \text{ のとき, } \sigma_{xx} = 1.5 p_0 \frac{\epsilon}{\epsilon-1} \left\{ 1 - \left(\frac{b'}{b} \right)^{\epsilon-1} \right\}$$

$$\epsilon = 1 \text{ のとき, } \sigma_{xx} = -1.5 p_0 \ln \frac{b'}{b}$$

$$\epsilon = 3 \text{ のとき, } \sigma_{xx} = 2.25 p_0 \left\{ 1 - \left(\frac{b'}{b} \right)^2 \right\}$$

IV. お 結 び

堤塘（載荷体）の縁端下における土粒子の側方流動はその載荷体が地表面上にあるときに特に著しく現はれるものであり、根入が深くなるにしたがつてその流動は減少してくる。解析結果について計算し、図にあらわすと Fig. 4, Fig. 5 の如くなり根入の浅い場合においては、土粒子の側方流動を考慮して底面圧力の分布を考えねばならぬことがわかる。又、根入の浅い時に平均荷重強度を急増することは、堤塘の決壊となるが、この重要原因の一つとして荷重強度の急増により、地盤の側方流動が増大する傾向が強められることが指摘される。Faber²⁾ の実験によつて剛性基礎版に載荷された場合の底面圧力分布は、固く成層した粘層土地盤では比較的矩形分布となるが、軟弱な地盤においては不均等分布即ち拋物線形、三角形分布等をなすことを示しており、又、Giesecke³⁾ の測定によつても明らかである。Kögler⁴⁾ の実験によると、剛性版でなく撓み易い基礎版においては、その底幅に相当するよりも小なる面積で荷重を伝えるために荷重軸上において圧力は非常に大となることを示している。このことは Fig. 4, Fig. 5 によつて明らかな如く ϵ が小なるほど増大する。まして盛土工の如き場合においては荷重は著しく荷重軸に集中することになる。このことは恰も土粒子が流動して載荷版の縁端下における支持力、即ち抵抗力が減少してくることを意味する。このことからして根入の浅い軟弱地盤上の堤塘の安定を考

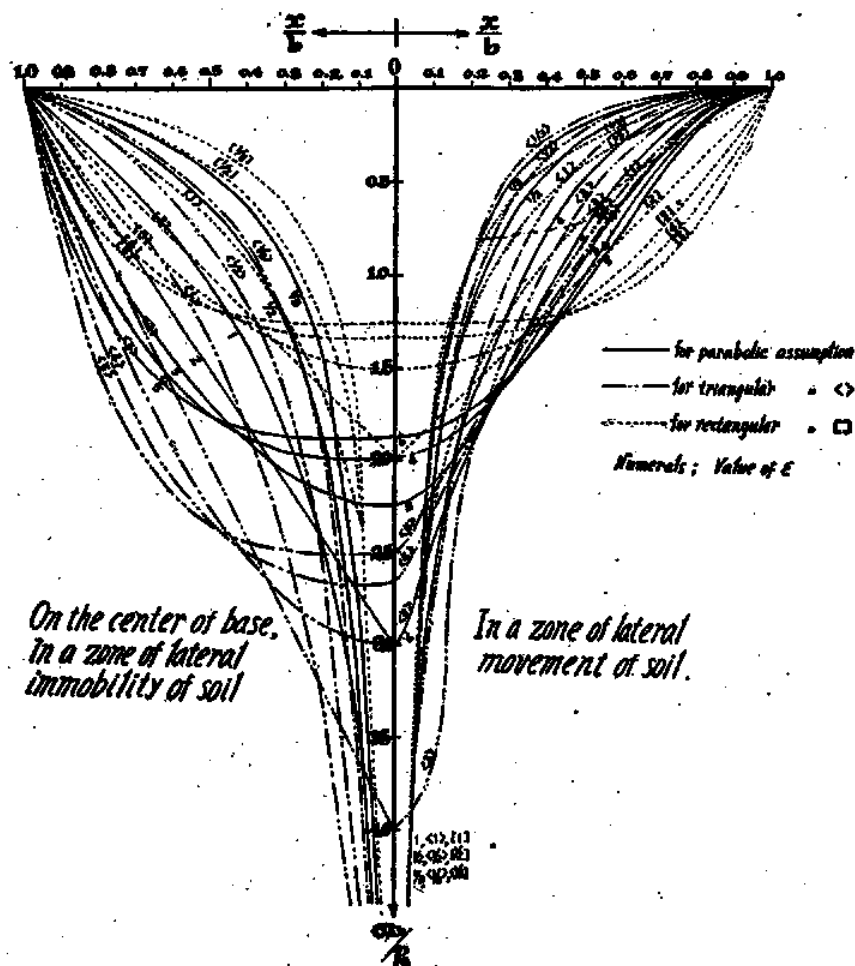


Fig. 4.

える際に底面圧力分布の仮定は、安全側に設計するために拋物線形或は三角形として考察すべきである。解析結果にて知れるように、荷重が小さい時には比較的に底面圧力分布は一様であるが、荷重強度が増すに従つて圧力分布は荷重軸に集中する傾向をもつ。 ϵ については ϵ が大なる程地盤は良好で、荷重強度の増加により底面圧力分布の変化は、 ϵ が小なる場合に比較して少い。又、限界荷重による底面圧力分布は ϵ が小なるほど荷重軸に集中し不均等沈下、滑動を起す。

V. 文 献

- 1) Steinbrenner: Tafeln zur Setzungsberechnung. "Stratze" Heft 4, 1934.
- 2) O. Faber: Pressure distribution under bases and stability of foundation. Structural Eng., Vol. 11, 1933.

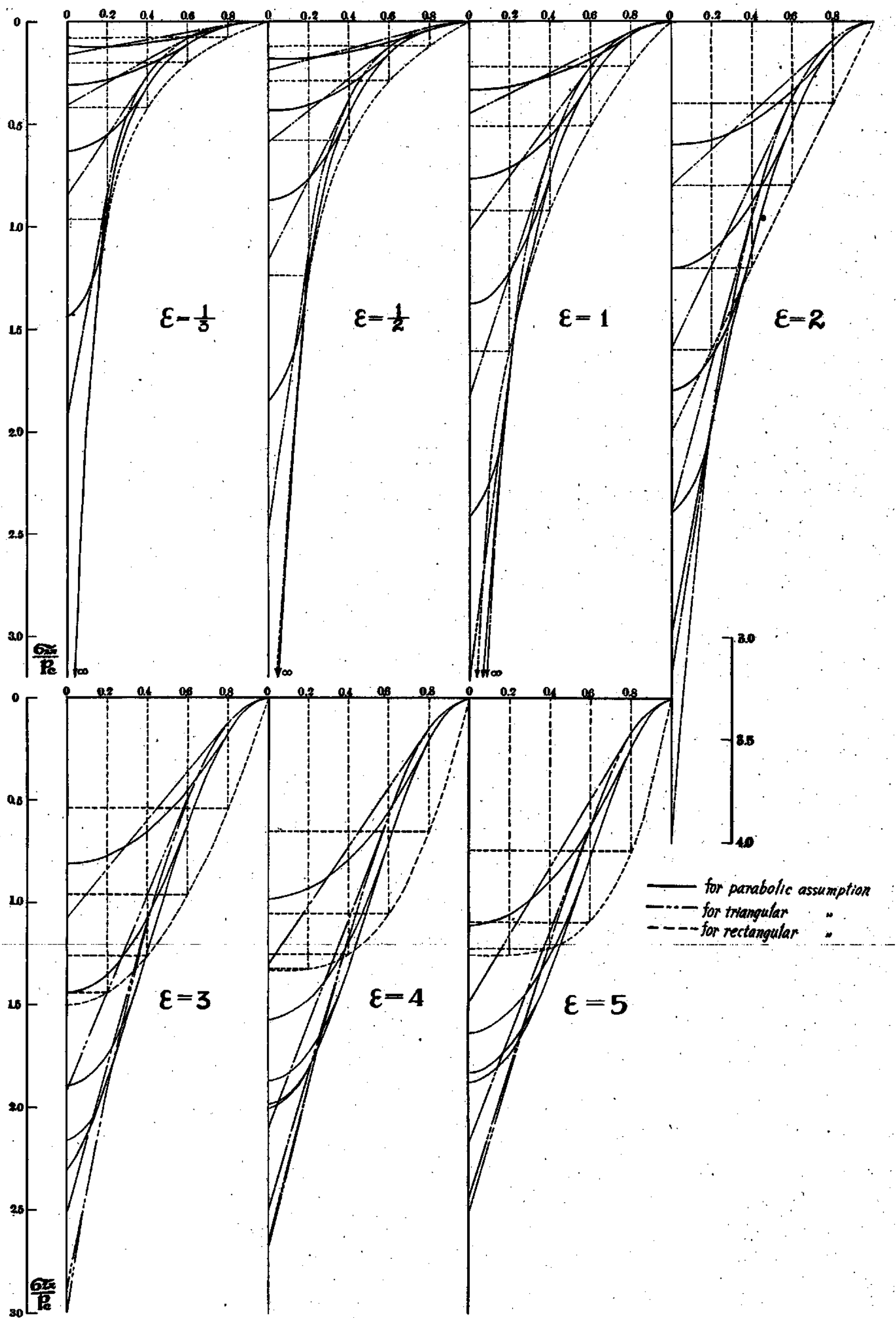


Fig. 5. Pressure distribution beneath a loaded strip base.

- 3) F. E. Giesecke and associates: The distribution of soil pressure beneath a footing, Texas Eng. Exp. Sta. Bull., 43, 1933.
- 4) Franz Kögler and A. Scheidig: Pressure distribution in building soil, Die Bau-technik, Vol. 5, 1927, Vol. 6, 1928, Vol. 7, 1929.

Résumé

The theories of vertical pressure distribution on the base of loaded strip has been standing on various assumption.

Neumerical calculation due to those assumptions of different distribution forms, such as rectangular, triangular and parabolic, gives all different results.

The author added a new idea of lateral movement of soil, which advances from edge to center of the base to the above assumption, and thoroughly discoursed.

In case of shallow footed dykes on the muddy tidal shore, this treatment was found to be promising more satisfactory applicability than the theory of rectangular form of pressure distribution beneath a loaded strip base.