

地盤反力係数に関する実験的研究 (その1)

——面積効果について——

金谷 祐二 茶谷 文雄
秋野 矩之

Experimental Study of Coefficient of Subgrade Reaction (Part 1)

——Scale Effect——

Yuji Kanatani Fumio Chatani
Noriyuki Akino

Abstract

The coefficient of subgrade reaction, which will hereafter be called k-value in this report, is a complicated function of strain levels of soils, rate of loading, size and shape of base, etc. The authors performed a series of plate loading tests on the Musashino Loam Layer and studied the relations between k-value and the above influencing factors. This report is concerned with the scale effect in these studies.

The test results show the features below. (1) The yield load intensity P_y of the soil is constant regardless of the plate area A , and a rule exists between A and the settlement of the loading plate at P_y . (2) The relation between k-value and load intensity changes distinctly at boundary point P_y . However, on separating the relation into high and low load ranges, a rule exists between k-value and load intensity in either load range regardless of A . (3) The k-value is nearly inversely proportional to the square root of A regardless of the value of S/\sqrt{A} (S : settlement).

概 要

地盤反力係数(以後、k値と呼称する)は、ひずみレベル、載荷速度、および基礎底面の面積・形状等によって変化する複雑な関数である。筆者らは、昭和50～昭和53年に、武蔵野ローム層上において一連の平板載荷試験を実施し、k値とこれらの因子との相関関係について調査した。この報告は、上記の調査のうち面積効果に関するものである。

調査結果から、以下の点が判明した。(1)地盤の降伏荷重 P_y は、載荷板の面積 A に関係なく一定であり、また、 P_y に達したときの載荷板の沈下量と A の間には一定の関係がある。(2)k値～荷重との関係は、 P_y を境として明確に変化する。しかしこの関係を低荷重域と高荷重域とに分けてみると、k値と荷重との間には、 A に関係なく、各荷重域でそれぞれ一定の法則が成立する。(3)k値は、沈下量 s を正方形載荷板の一辺の長さ d で除した値、 s/d をパラメータとしたとき、 s/d の値に関係なく、ほぼ A の平方根に逆比例する。

1. はじめに

地盤～構造物連成系の動的解析法としては、FEM、波動法、質点系による解析法等があるが、いずれの手法においても、地盤の弾性係数、あるいはバネ定数など、何らかの形で地盤のバネ効果を評価する必要がある。また、構造物の沈下や杭の水平抵抗に関する問題を取り扱う場合にも、地盤のバネ効果を評価することが重要なポイントとなる。

従来、土質基礎工学の分野では、地盤のバネ効果を地

盤反力係数、k値によって表現し、路盤、基礎スラブ、水平抵抗杭の設計、および機械基礎の防振設計等に利用してきた。k値は地盤固有の値ではなく、同一地盤であっても、地盤のひずみレベル、載荷速度、および基礎底面の面積・形状、等によって変化する複雑な関数である。k値が地盤固有の値となり得ないのは、非弾性体である地盤を弾性的に取扱うために、単純に単位面積当たりのバネという一つの係数で表現した結果であり、この点が、k値を設計に利用する場合のむずかしさの原因となっている。しかしながら、k値は、物理的な意味が単

純明快であるために、扱いやすいという大きな利点があり、設計上の実用価値は高い。筆者らは、このような観点から、地盤のバネ効果を k 値によって表現し、 k 値とこれに影響を与える種々の因子との相互関係を定量的に把握することを目的として、昭和50年8月～昭和53年10月にかけて、東京都清瀬市の武蔵野ローム層上において、以下に示すような一連の平板載荷試験を実施した。

- (1) 面積効果に関する平板載荷試験
- (2) 形状効果に関する平板載荷試験
- (3) 載荷速度効果に関する平板載荷試験

この報告は、上記の実験のうち、面積効果に関する試験の結果に関するものである。

2. 実験概要

試験地点付近の地盤は、図-1に示すように、上部が武蔵野ローム層、下部が段丘レキ層の典型的な二層系地盤である。地下水は、G.L. -15mの調査深度の範囲内で確認されなかった。試験は、地表部分を約1mすき取り、武蔵野ローム層の地山に対して行なった。使用した載荷板は、いずれも鋼製の正方形載荷板で、一辺の長さが10, 30, 45, 65, 100 cmの5種類である。各載荷板について、緩速試験および急速繰返し試験を実施し、面積効果とともに試験方法の影響も調査した。ここでいう緩速試験および急速繰返し試験とは、次のような方法である。

〔緩速試験〕

「杭の鉛直載荷試験基準」の載荷方法Bに準拠し、下記のような方法で行なった。

載荷方式：緩速5サイクル

載荷速度：増荷時 10 (t/m²)/分
減荷時 20 (t/m²)/分

荷重保持時間：

処女荷重 15分間に進行する沈下量が、2回連続して0.03 mm以下となるまで。但し、最大2時間とした。

ゼロ荷重 60分

履歴荷重 5分

〔急速繰返し試験〕

ゼロ荷重と所定荷重の間で載荷を繰返ししながら、順次荷重を上げていく方法である。載荷速度は緩速試験と同様とし、各荷重階における荷重保持時間は一律2分間とした。繰返し載荷数は、1ループの繰返しによる沈下量の増加が0.02 mm以下となるまでとした。但し、5ループ以上、10ループ以内とした。

なお、緩速試験および急速繰返し試験による荷重度～沈下量曲線の一例として、30 cm角載荷板の曲線をそれぞれ図-2, 3に示した。

載荷装置の一例として、10 cm角および30 cm角載荷板の装置を図-4に示した。この装置は、1回の装置の組立てで3回の実験ができるよう考慮されている。載荷板の中心からインゴット支持台の端部までおよび基準点までの距離は、それぞれ載荷板の一辺の長さの3.5倍程度を確保した。隣接する載荷板の中心間距離は(3～3.5)×(隣接する載荷板の一辺の長さの和)とした。例えば、図-4の場合は、3.5×(10+30)=140 cmとなる。なお、載荷装置の反力は、100 cm角載荷板の場合にのみアースアンカーを使用し、他はすべてインゴットをもちいた。アースアンカーは、図-1の砂レキ層中に約3 m根

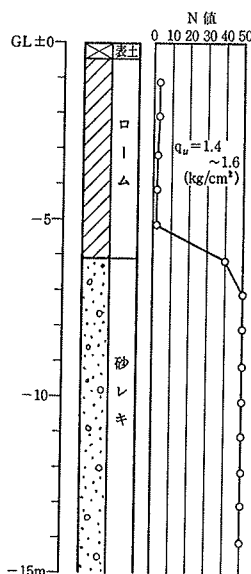


図-1 土質柱状図

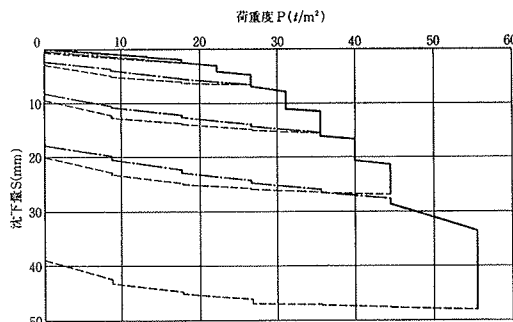


図-2 荷重度～沈下量曲線 (緩速)

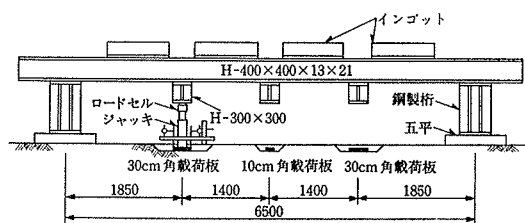


図-4 載荷装置

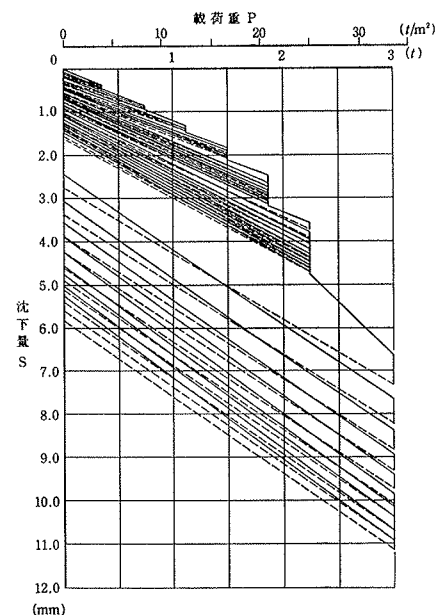


図-3 荷重度～沈下量曲線 (急速)

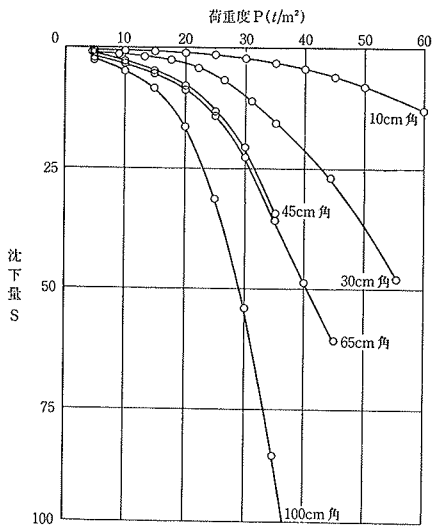


図-5 荷重度～沈下量曲線の比較 (緩速)

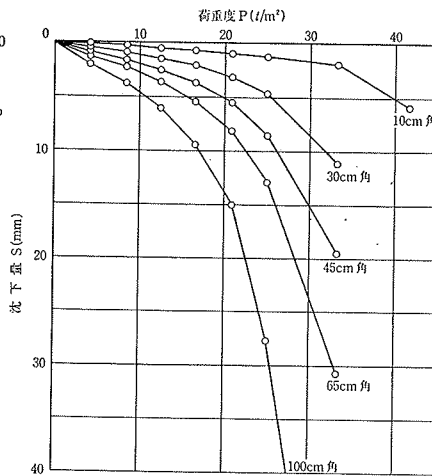


図-6 荷重度～沈下量曲線の比較 (急速)

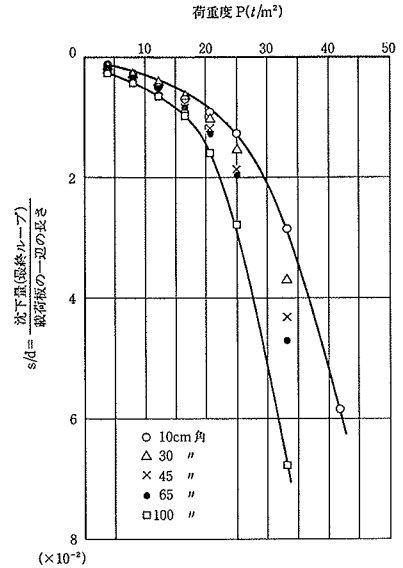


図-7 P～S/d 曲線(急速)

入れし、載荷板の中心から 3.5 m 離れた位置に 4 本打設した。

3. 実験結果と考察

3.1. 沈下性状について

緩速、および急速繰返し試験における、各載荷板の荷重度～沈下量曲線の比較をそれぞれ図-5、6に示した。図-5は各処女荷重階の最終沈下量を、また、図-6は各荷重階の最終ループの沈下量をプロットしたものである。これによると、いずれの試験でも、同一荷重度における沈下量は、載荷板の面積の増加にともなって増大する傾向が認められる。なお、図-5に示す 45 cm 角載荷板の荷重度～沈下量曲線が、上記の傾向と多少異なっているが、これは地盤のバラツキの影響と考えられる。

地盤を半無限弾性体と仮定すれば、沈下量 s は、載荷板の面積の平方根、すなわち載荷板の一辺の長さ d に比例する。そこで、急速繰返し試験における各載荷板の荷重度～沈下量の関係を、荷重度～ s/d の関係として整理しなおし、図-7に示した。これによると、同一荷重度における各載荷板の s/d 値は、 20 t/m^2 付近を境として低荷重域ではほぼ等しく、高荷重域では載荷板の面積の増加にともなって増大する傾向が認められる。この 20 t/m^2 という荷重度は、後述するように、ほぼ本地盤の降伏荷重度に対応している。すなわち、荷重度を一定としたときの正方形載荷板の沈下量は、降伏荷重度を境として低荷重域では d に比例するが、高荷重域ではこのような関係が成立しない。しかしながら、図-8に示すように、各載荷板の荷重度～沈下量の関係を両対数紙上にプロットすると、高荷重域においても一定の法則があることがわかる。この図によると、荷重度～沈下量曲線は、

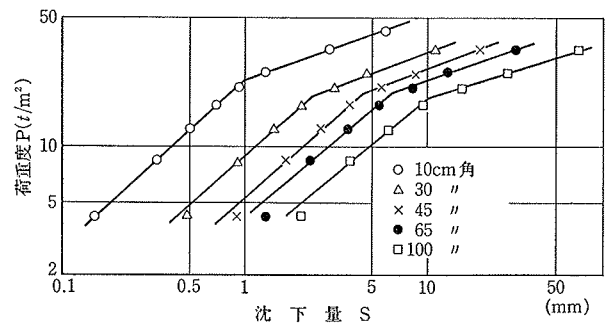


図-8 $\log P \sim \log S$ 曲線の比較 (急速)

両対数紙上で折れ曲った直線となり、通常降伏荷重度と呼称される折点の荷重度、およびそれらの直線の勾配は、載荷板の面積に関係なくほぼ一定になっている。すなわち、各載荷板の荷重度～沈下量曲線は、降伏荷重度 20 t/m^2 を境に、

$$\text{低荷重域では} \quad \text{べき関数} \quad S = C_1 P^{n_1} \quad \dots\dots(1)$$

$$\text{高荷重域では} \quad S = C_2 P^{n_2} \quad \dots\dots(2)$$

ここに、 S : 沈下量 (mm)

P : 荷重度 (t/m^2)

C_1, C_2, n_1, n_2 : 定数

で表わされ、指数 n_1, n_2 は地盤固有の値であって、面積に関係なく一定であることがわかる。なお、本地盤においては、 n_1 は約 1.1、 n_2 は約 2.9 であった。また、緩速試験結果に関しても、上記と全く同様な傾向が認められた。本実験結果は関東ローム層に対するものであるが、砂地盤においても同様な傾向が確認されている。筆者らは、三軸圧縮試験機の機構を応用した模型砂槽において、直径 45, 60 および 90 mm の模型杭の載荷試験を実施し、各杭先端部の荷重度～沈下量曲線を求めた¹⁾ (図-9 参照)。この図によると、上記の曲線は、両対数紙上で 2～

3ヶ所の折点を有する折れ線で表わされ、その折点間の直線の勾配は、杭径に関係なく一定になっている。

3.2. 降伏荷重度について

各載荷板の緩速および急速繰返し試験結果から、それぞれ本地盤の降伏荷重度を求め、表一に示した。急速繰返し試験結果から、降伏荷重度を判定する一般的な方法はないが、この報告では以下のような手法を用いた。

s ~ n 法²⁾: 図一10に示すように、縦軸に沈下量 s, 横軸に繰返し載荷回数 n をとり、各荷重階における s ~ n の関係をプロットして曲線群を作成する。これらの曲線群の勾配が急増する荷重度を降伏荷重度とする。

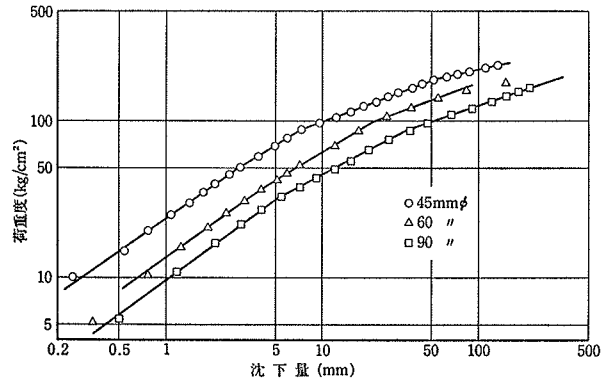
s ~ log n 法²⁾: 図一11に示すように、s を普通目盛の縦軸に、n を対数目盛の横軸にとり、各荷重階における s ~ log n の関係をプロットして曲線群を作成する。これらの曲線の勾配が急増する荷重度を降伏荷重度とする。

log P ~ log S 法: 各荷重階における最終ループの沈下量 S と、荷重度 P との関係について、通常の log P ~ log S 法を適用する。

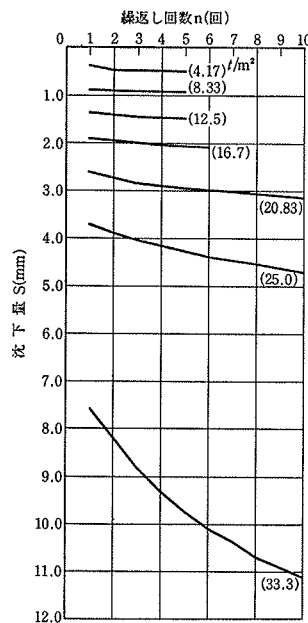
表一によると、急速繰返し試験から判定した降伏荷重度は、緩速試験から求めた値とかなりよく一致しており、上記の判定法は有効であると考えられる。また、降伏荷重度は、載荷板の面積に関係なく、20 t/m² 前後の一定値を示している。

急速繰返し試験結果から、log P ~ log S 法によって求めた降伏荷重度に達したときの各載荷板の沈下量 S_y, および S_y を載荷板の一辺の長さ d で除した値 S_y/d を、表二に示した。これによると、S_y は載荷板の面積の増加にともなって増大するが、S_y/d 値は一定で、ほぼ 1%

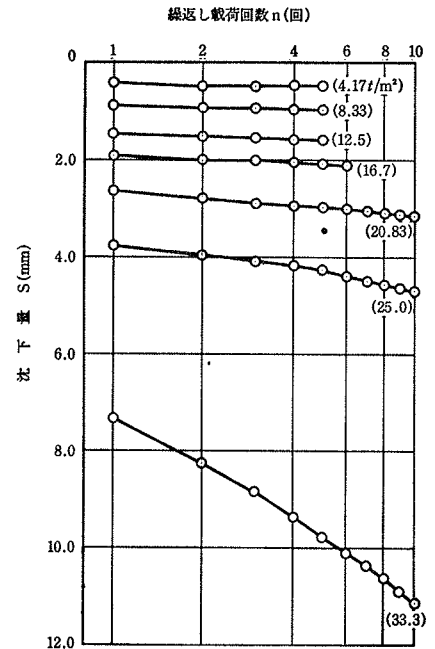
程度の値になっている。すなわち、本地盤が降伏荷重度に達したときの各載荷板の沈下量は 0.01 d 程度の値になっている。なお、表には示していないが、緩速試験結果についても同様な結果が得られた。



図一9 log P ~ log S 曲線の比較 (杭先端部)



図一10 S ~ n 曲線 (急速, 30cm 角)



図一11 S ~ log n 曲線 (急速, 30cm 角)

載荷板	緩速載荷試験結果				急速繰返し載荷試験結果		
	log P ~ log S 法	log P ~ log S _R 法	S ~ log t 法	ΔS/Δlog t ~ P 法	S ~ n 法	S ~ log n 法	log P ~ log S 法
10cm 角	25.0t/m ²	24.5t/m ²	25~30t/m ²	25.5t/m ²	20.8~25.0t/m ²	20.8~25.0t/m ²	23.0t/m ²
30cm 角	15.6	17.6	13~18	17.8	16.7~20.8	16.7~20.8	18.7
45cm 角	22.0	18.3	15~20	21.0	16.7~20.8	16.7~20.8	19.0
65cm 角	21.5	24.6	15~20	19.6	16.7~20.8	16.7~20.8	19.3
100cm 角	15.8	20.0	15~20	17.3	16.7~20.8	16.7~20.8	18.2

表一 降伏荷重度
S_R: 残留沈下量 n: 繰返し載荷回数

載荷板	降伏荷重度における沈下量 S _y	S _y /d
10cm 角	1.15mm	1.15%
30cm 角	2.65	0.88
45cm 角	4.80	1.07
65cm 角	7.25	1.12
100cm 角	9.75	0.98

表二 降伏荷重度における沈下量 (急速)

3.3. k 値について

図-12に示すように、平板載荷試験から得られる荷重度～沈下量曲線において、原点と曲線上の点を結ぶ直線の勾配を初期k 値、履歴曲線の勾配を履歴k 値と仮称し、これらのk 値について調査した。

3.3.1. k 値～荷重度の関係 一例として、30 cm 角載荷板の緩速および急速繰返し試験から求めたk 値と荷重度との関係を図-13に示した。これによると、初期k 値および履歴k 値は、荷重度の増加にともなって減少する傾向が認められ、その減少の割合は、低荷重域では非常に小さく、高荷重域では大きくなっている。また、緩速および急速繰返し試験から求めたk 値を、それぞれk (緩速) 値、k (急速) 値と表示し、両者を比較すると、k (急速) 値はk (緩速) 値より大きい。また、載荷を繰返すことによって次第に減少し、k (緩速) 値に近づく傾向が認められる。初期k (急速、最終ループ) 値/初期k (緩速) 値、および履歴k (急速、最終ループ) 値/履歴k (緩速) 値と荷重度との関係を、それぞれ図-14、15に示した。これらの図によると、初期k 値および履歴k 値の場合とも、上記の比は、荷重度に関係なく0.9～1.3の範囲内の一定値を示している。

次に、急速繰返し試験における初期k 値～荷重度の関係を両対数紙上にプロットし、図-16に示した。これによると、初期k 値は、降伏荷重度を境として低荷重域ではほぼ一定で、高荷重域では直線的に減少する傾向が認められる。3.1. で述べたように、低荷重域における荷重度～沈下量曲線を(1)式で表わすと、初期k 値は下式で表わすことができる。

$$\text{初期k 値} = P/S = 1/C_1 P n_1^{-1} \quad \dots\dots(3)$$

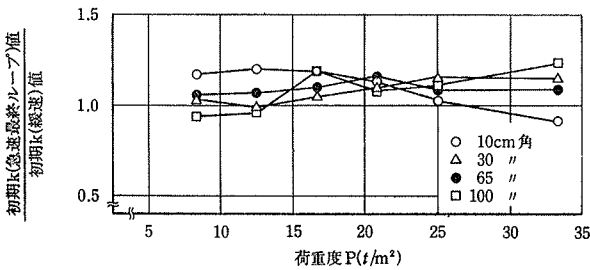


図-14 初期k 値(急速)/初期k 値(緩速)

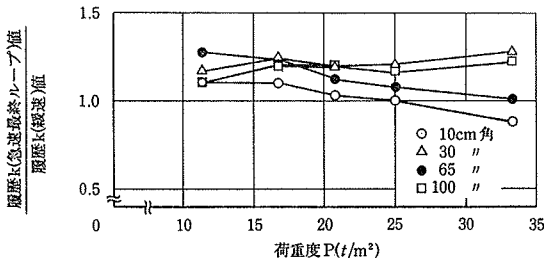


図-15 履歴k 値(急速)/履歴k 値(緩速)

初期k 値が両対数紙上でほぼ一定であることは、上式において指数 n_1 が1.0に近い値である事に対応している。両対数紙上における履歴k 値～荷重度の関係は、図-17に示した。これによると、履歴k 値についても初期k 値と同様な傾向が認められるが、高荷重域における直線部分の勾配は、初期k 値の場合より小さくなっている。

また、急速繰返し試験結果から、同一荷重度における履歴k 値と初期k 値の比を求め、これと荷重度との関係

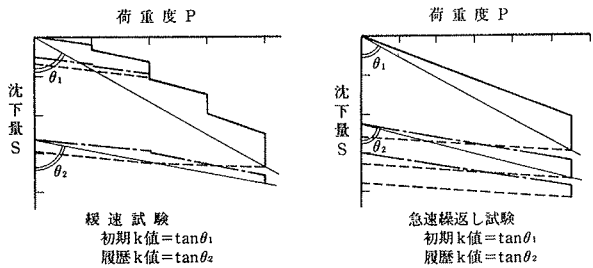


図-12 初期k 値および履歴k 値

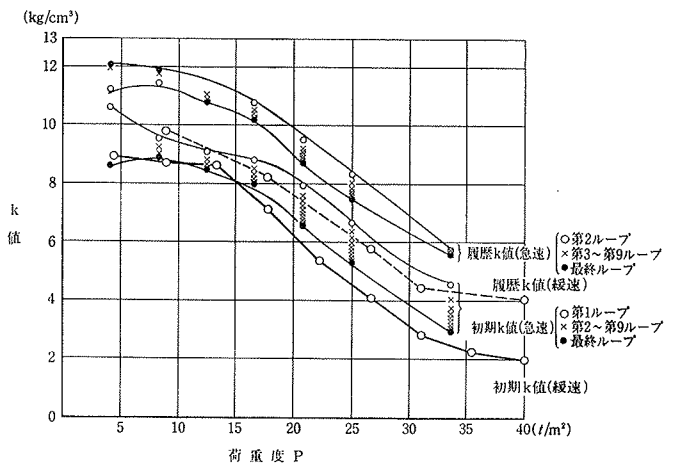


図-13 k 値～荷重度の関係

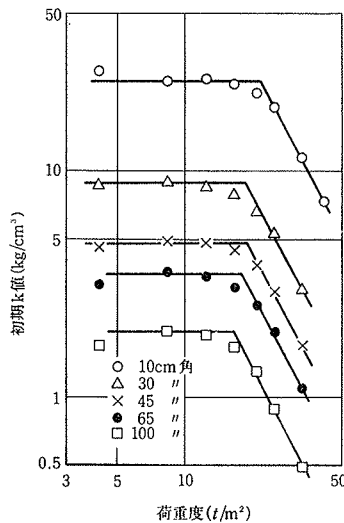


図-16 初期k 値～荷重度 (急速)

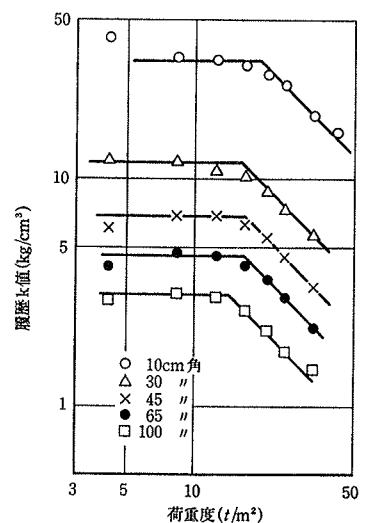


図-17 履歴k 値～荷重度 (急速)

を図-18に示した。この図によると、前記の比は、低荷重域ではほぼ一定であるが、高荷重域においては荷重度の増加にともなって増大する傾向が認められる。

3.3.2. k 値～沈下量の関係 急速繰返し試験結果から、各荷重階における最終ループの初期k 値および履歴k 値を求め、これらと沈下量との関係を両対数紙上にプロットし、それぞれ図-19, 20に示した。図-19によると、各載荷板の初期k 値は、ある沈下量 S_0 まではほぼ一定であるが、 S_0 以上になると、沈下量の増大にともなって両対数紙上で直線的に減少している。そして、それらの直線の勾配は載荷板の面積に関係なく一定であるが、 S_0 の値は面積が大きいほど大きな値となっている。図-20に示した履歴k 値～沈下量の関係についてもほぼ同様な傾向が認められるが、直線の勾配は初期k 値の場合より小さくなっている。

次に、図-21は、各荷重階における初期k 値を、最低荷重階における初期k 値で除した無次元化量、初期 k_n 値/初期 k_0 値と S/d との関係を両対数紙上で示したものである。これによると、初期 k_n 値/初期 k_0 値は、載荷板の面積に関係なく、沈下量 S が $(0.006 \sim 0.01) d$ 以下の範囲内では一定で、その値を越えると S/d の増加にともなって直線的に減少する傾向が認められる。 $S \geq (0.006 \sim 0.01) d$ での関係式を求めると、

$$\frac{\text{初期 } k_n \text{ 値}}{\text{初期 } k_0 \text{ 値}} = (0.75 \sim 1.0) \times \left(\frac{S}{d}\right)^{-0.6}$$

ここに、 S/d の単位: %

となる。なお、 $S=0.01 d$ という沈下量は、地盤が降伏荷重度に達したときの沈下量に対応している。履歴k 値についての履歴 k_n 値/履歴 k_0 値～ S/d の関係は図-22に示した。これによると、履歴k 値についても同様な傾向が認められ、 $S \geq (0.005 \sim 0.01) d$ の範囲内での直線式は、

$$\frac{\text{履歴 } k_n \text{ 値}}{\text{履歴 } k_0 \text{ 値}} = (0.75 \sim 1.0) \times \left(\frac{S}{d}\right)^{-0.4}$$

となる。

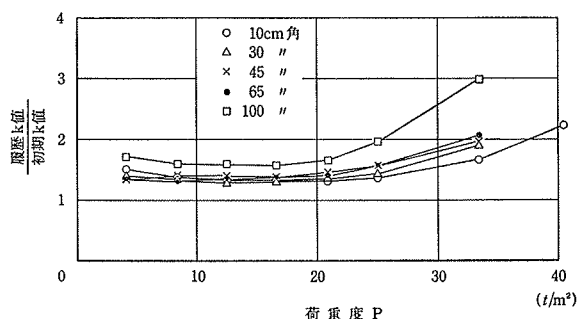


図-18 履歴k 値/初期k 値～荷重度の関係(急速)

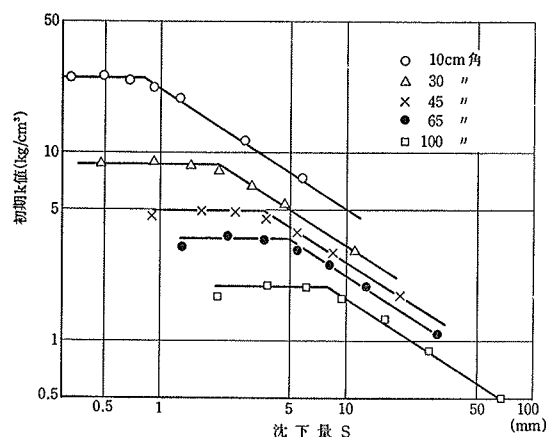


図-19 初期k 値～沈下量の関係(急速)

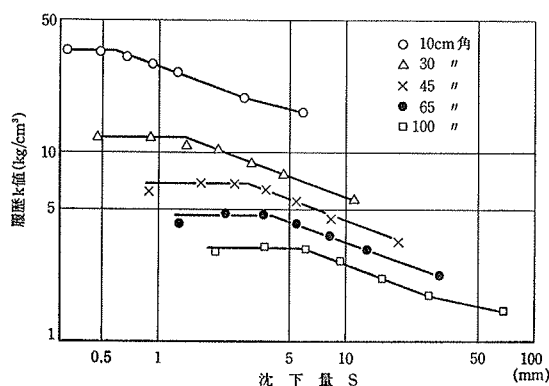


図-20 履歴k 値～沈下量の関係(急速)

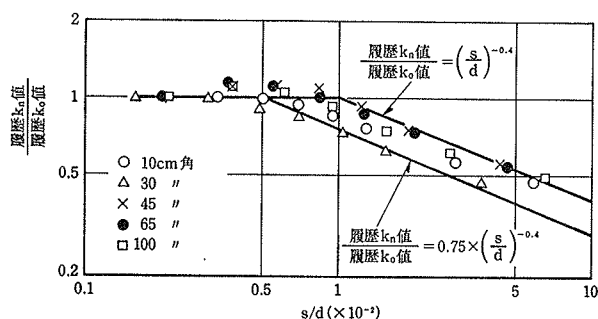


図-22 履歴 k_n 値/履歴 k_0 値～ S/d (急速)

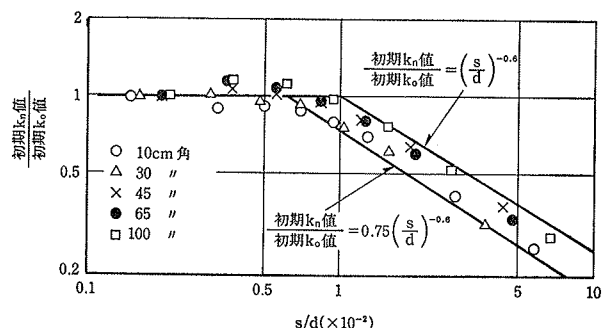


図-21 初期 k_n 値/初期 k_0 値～ S/d (急速)

なお、緩速試験結果についても、上記と同様な傾向が認められた。その一例として、緩速試験結果から求めた初期 k_n 値/初期 k_0 値 $\sim S/d$ の関係を両対数紙上にプロットし、図-23に示した。

3.3.3. k 値 \sim 面積の関係

(1) 荷重度をパラメーターとした場合 緩速および急速繰返し試験から求めた k 値と載荷板の面積 A との関係を、荷重度をパラメーターとして、それぞれ図-24, 25に示した。これらの図によると、 k 値は面積の増加とともに減少する傾向が認められる。次に、各載荷板の初期 k 値を 10 cm 角載荷板の初期 k 値で除して無次元化した値、

初期 k 値 ($A=10^2\sim 10^4\text{cm}^2$)
 初期 k 値 ($A=10^2\text{cm}^2$)

と A との関係を両対数紙上にプロットし、図-26, 27に示した。これによると、初期 k 値は $A^{-0.5}\sim A^{-0.7}$ に比例する。特に、低荷重階ではほぼ $k\propto A^{-0.5}$ であり、荷重度の増加とともに次第に $k\propto A^{-0.7}$ の関係に近づく傾向が認められる。緩速および急速繰返し試験結果から求めた履歴 k 値についての、

履歴 k 値 ($A=10^2\sim 10^4\text{cm}^2$)
 履歴 k 値 ($A=10^2\text{cm}^2$)

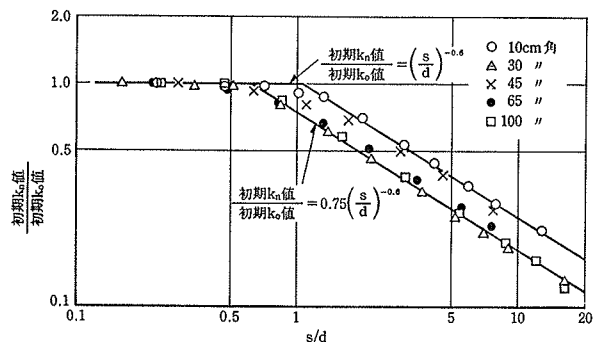


図-23 初期 k_n 値/初期 k_0 値 $\sim S/d$ (緩速)

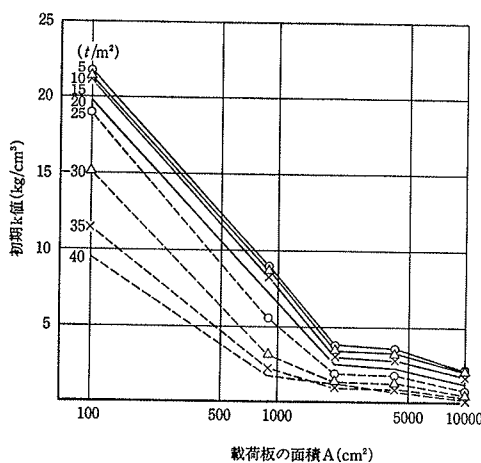


図-24 初期 k 値 \sim 載荷板の面積 (緩速)

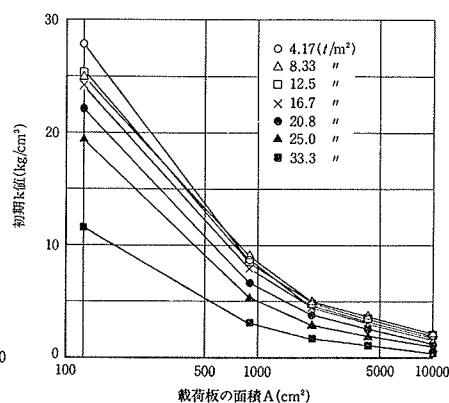


図-25 初期 k 値 \sim 載荷板の面積 (急速)

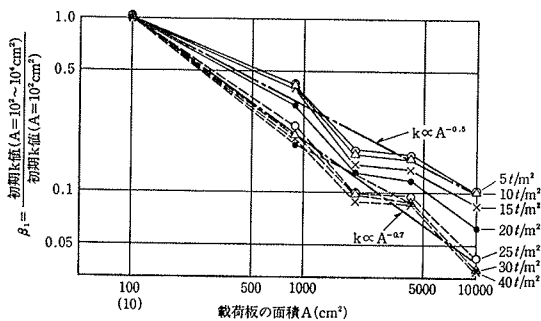


図-26 $\beta_1\sim A$ の関係 (緩速)

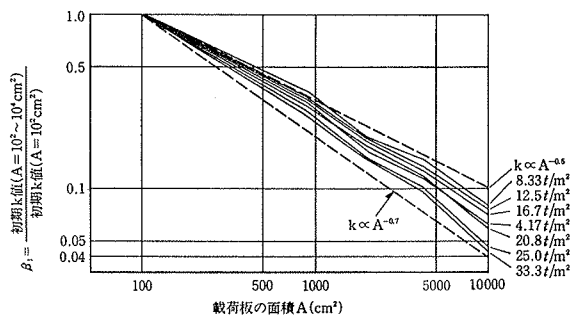


図-27 $\beta_1\sim A$ の関係 (急速)

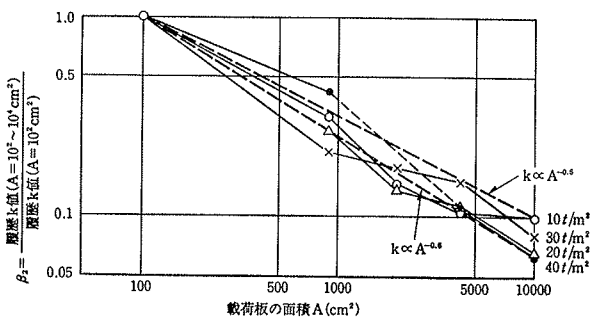


図-28 $\beta_2\sim A$ の関係 (緩速)

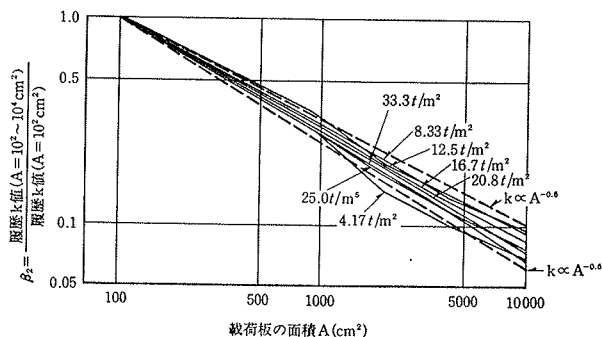


図-29 $\beta_2\sim A$ の関係 (急速)

～Aの関係は、それぞれ図-27, 28に示した。これらによると、履歴k値についても初期k値と全く同様な傾向が認められる。

(2) S/d をパラメーターとした場合 (1)と同様にして、急速繰返し試験結果について、S/d をパラメーターとして、 $\frac{\text{初期k値}(A=10^2\sim 10^4\text{cm}^2)}{\text{初期k値}(A=10^2\text{cm}^2)} \sim A$ および、

$\frac{\text{履歴k値}(A=10^2\sim 10^4\text{cm}^2)}{\text{履歴k値}(A=10^2\text{cm}^2)} \sim A$ の関係をそれぞれ図-

30, 31に示した。これらの図によると、上記の無次元化量は荷重度をパラメーターとした場合よりバラツキが少なくなり、初期k値および履歴k値ともに S/d 値に関係なく、ほぼ $A^{-0.5}$ に比例する。

3.3.4. k 値に対する繰返し载荷の影響について
繰返し载荷の影響を調査するために、急速繰返し試験結果から、各载荷板について各荷重階ごとに、初期k値(第1ループ)/初期k値(最終ループ)、および履歴k値(第2ループ)/履歴k値(最終ループ)の値を求め、これらと荷重度との関係をそれぞれ図-32, 33に示した。図-32によると、初期k値は载荷を繰返すことによって次第に減少する。そして、第1ループ値と最終ループ値との比は低荷重域では1.0に近い一定値を示し、高荷重域では荷重度の増加にともなって増大している。しかし、履歴k値については、荷重域に関係なく、このような減少傾向が非常に小さく、载荷を繰返してもほとんど変化していない。

3.3.5. 平板载荷試験結果から求めたk値と各種地盤調査結果との比較
地盤を半無限弾性体と仮定すれば、地盤の弾性係数Eおよびポアソン比 ν を用いて、弾性理論式からk値を求めることができる。したがって、ここでは、平板载荷試験によって求めたk値の実測値から弾性理論式を用いてEを逆算し、このEと各種地盤調査結果から求めたEの比較を行なった。弾性理論式としては、以下に示す Schleicher の式³⁾を使用した。なお、 ν は弾性波試験結果から0.4とした。

$$k = \frac{E}{1-\nu^2} \cdot \frac{\pi}{\sqrt{A}} F(m)$$

$$F(m) = \frac{\sqrt{m}}{\ln \frac{\sqrt{1+m^2}+m}{\sqrt{1+m^2}-m} + m \ln \frac{\sqrt{1+m^2}+1}{\sqrt{1+m^2}-1}} - \frac{2}{3} \left\{ \frac{(1+m^2)^{\frac{3}{2}} - (1+m^2)}{m} \right\}$$

ここに、E: 弾性係数 ν : ポアソン比
A: 载荷板の面積 m: 载荷板の辺長比

一例として、30 cm 角载荷板の初期k値の実測値から、上式を用いてEを逆算し、E～S/d の関係を 両対数紙上

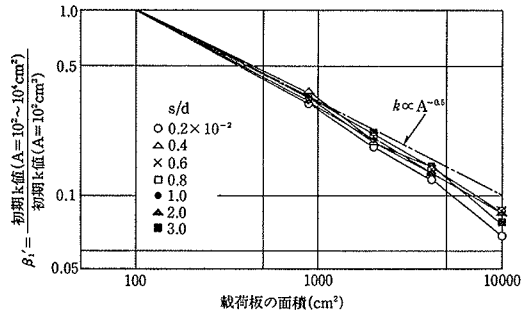


図-30 $\beta_1' \sim A$ の関係 (急速)

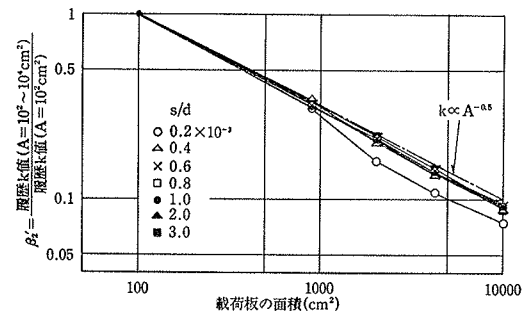


図-31 $\beta_2' \sim A$ の関係 (急速)

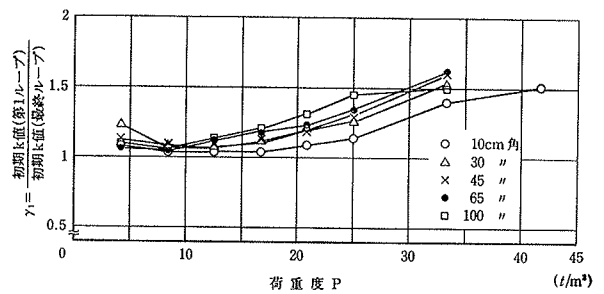


図-32 繰返し载荷の影響 (初期k値)

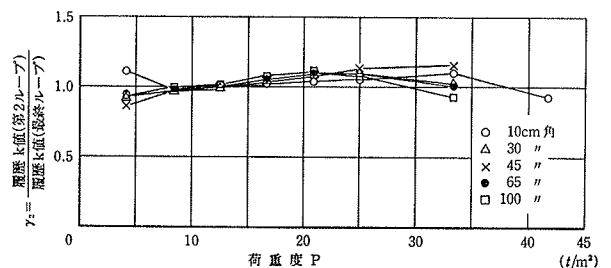


図-33 繰返し载荷の影響 (履歴k値)

にプロットし、図-34に示した。また、同図中にて、一軸および三軸圧縮試験 ($\sigma_3=0.5 \text{ kg/cm}^2$)、弾性波試験、LLT 試験から求めたEを示した。同図中の E_i , $E_{(50)}$, $E_{(\sigma_{\max})}$ は、一軸および三軸圧縮試験の $\sigma \sim \epsilon$ 曲線において、それぞれ初期接線勾配、 $1/2 \sigma_{\max}$ 時、 σ_{\max} 時の割線勾配を示している。図-34によると、平板载荷試験

から求めたEは、三軸圧縮試験のEと比較的一致しており、弾性波試験のEは過大な、また、一軸およびLLT試験から求めたEは過小な値となっている。

4. まとめ

(1) 本地盤の降伏荷重 P_y は、載荷板の面積に関係なく一定で、約 20 t/m^2 であり、 P_y に達したときの各載荷板の沈下量は、ほぼ $0.01 d$ である。

(2) 各載荷板の荷重程度～沈下量曲線は、降伏荷重 20 t/m^2 を境に、

低荷重域では べき関数 $S = C_1 P^{n_1}$

高荷重域では $S = C_2 P^{n_2}$

ここに、S：沈下量、P：荷重程度

C_1, C_2, n_1, n_2 ：定数

で表わされ、指数 n_1, n_2 は地盤固有の値であって、面積に関係なく一定である。なお、本地盤では、 n_1 は約1.1、 n_2 は約2.9であった。

(3) k 値は、載荷板の面積に関係なく、沈下量 S が、 $(0.005 \sim 0.01) d$ 以下の範囲内ではほぼ一定であり、これを越えると、沈下量の増加にともなって、両対数紙上で直線的に減少する。 $S > (0.005 \sim 0.01) d$ での、初期k 値および履歴k 値と沈下量との関係式を求めると、

$$\text{初期k 値} \propto (0.75 \sim 1.0) \times \left(\frac{S}{d}\right)^{-0.6}$$

$$\text{履歴k 値} \propto (0.75 \sim 1.0) \times \left(\frac{S}{d}\right)^{-0.4}$$

となる。なお、上記の $S = 0.01 d$ という沈下量は、本地盤が降伏荷重程度に達したときの沈下量に対応している。

(4) k 値と載荷板の面積 A との関係は、荷重程度をパラメーターとして求めると、k 値は $A^{-0.5} \sim A^{-0.7}$ に比例する。特に、低荷重域ではほぼ $k \propto A^{-0.5}$ であり、荷重程度の増加にともなって次第に $k \propto A^{-0.7}$ の関係に近づく傾向が認められる。

k 値～A の関係を S/d をパラメーターとして求めると、k 値は S/d 値に関係なく、ほぼ $A^{-0.5}$ に比例する。

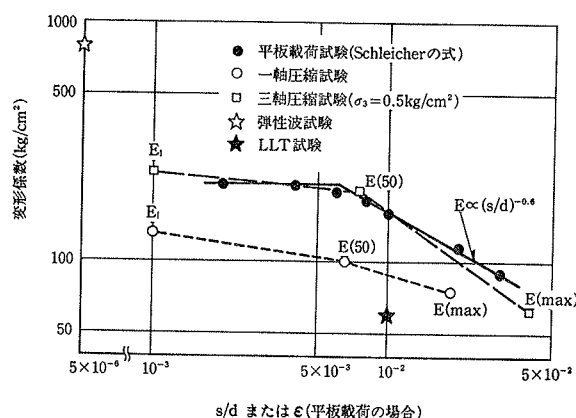


図-34 E～S/d or ε

(5) 履歴k 値と初期k 値との比は、低荷重域ではほぼ一定であるが、高荷重域においては荷重程度の増加にともなって増大する。

(6) 初期k 値は、荷重を繰返すと次第に減少する。そして、第1ループ値と最終ループ値との比は、低荷重域では1.0に近い一定値を示し、高荷重域では荷重程度の増加にともなって増大する。しかし、履歴k 値については、荷重域に関係なくこのような減少傾向が非常に小さく、荷重を繰返してもほとんど変化しない。

(7) 平板載荷試験によるk 値から、弾性理論式を用いて逆算した地盤の弾性係数Eは、三軸圧縮試験から求めたEと比較的良好な対応を示した。

参考文献

- 1) 金谷, 秋野: 杭先端の沈下性状と寸法効果, 第14回土質工学研究発表会, (昭和54)
- 2) 土質工学会編: クイの鉛直載荷試験基準・同解説, (昭和47)
- 3) D. D. Barkan: Dynamics of Bases and Foundations, Mcgraw-Hill, (1962)
- 4) 金谷, 宮崎, 茶谷: 関東ローム層における平板載荷試験, 平板載荷試験に関するシンポジウム, 土質工学会, (昭和54)