

名城大学

八千代エンジニアリング

名古屋大学

正員 ○清水 泰弘

正員 浜 幸雄

正員 川 本 脩 万

1. 緒 言

山岳地に橋梁を架設する場合は一般の平野部の場合と異なり、下部工の基礎は急激な地形の変化に伴い、斜面上に建設する場合が多くなり、それに伴って架設される橋梁の基礎構造や地盤の力学的挙動や安定性の問題が重要な研究課題となってきた。特に地表の傾斜が急で、しかも地盤に十分な支持力が期待できない場合には、直接基礎に代って杭基礎が考えられることが多く、この場合、地山の岩質あるいは傾斜の緩急に応じ複数列の深礎杭型式ないし大口径の井筒型式などが採用されている。しかし基礎と地盤とを一体構造（三次元状態）とした取り扱いや地盤の力学的特性の導入などの困難さのため、現在の斜面上の基礎および周辺地盤の応力や変形状態の解析はかたがずしも十分ではないように思われる。そこで、ここでは一応斜面上の円形断面の深礎基礎を考えて、三次元光弾性実験による基礎周辺の応力状態の解析をおこない、さらに、水平スライスに対する二次元有限要素解析結果を用いた近似解析法を考え、比較検討をした。

2. 三次元光弾性実験

一般に実験を行うにあたり、次のような諸要素を考慮されねばならない。〔a〕、地形（斜面の角度、方向）、〔b〕、地層、地質、〔c〕、地盤と構造物の関係、（弾性係数比、タッチの状態）、〔d〕、構造物の形状、材質、〔e〕、荷重、〔f〕、構造物の位置、特にショルダー幅について、これらのうち、今回の三次元光弾

性実験では、斜面角度を 45° として、ショルダー幅が応力状態に及ぼす影響について検討した。そのため、ショルダー幅 a と基礎直径 D との比が、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5の5種の模型、合計10ヶについて実験を行なった。模型の形状は図-1に示す通りである。そして $\phi 10.3 \times 50.0$ mmの孔を開けたところに、円型断面の深礎杭として $\phi 10.0$ mmのPolycarbonate Resinの丸棒を挿入し使用した。各々の弾性係数は高温（ 120°C ）状態で、Epoxy Resinが 1.56 kg/mm^2 、Polycarbonate Resinが 141.9 kg/mm^2 となりその比は1:90となる。図-1に示すような模型を二層にわけて作り、三次元応力凍結炉内で水平方向荷重として5kgを載荷して応力凍結を行ない、その後杭の深さ分だけ8つの水平スライスをとった。

1例として $a/D = 0.5$ の場合の等色線を示すと、写真-1（a~h）のようである。写真-1からわかるように地盤内の応力状態が大きく変化する深さは $h = 1.750D$ の附近である。また第一層を平

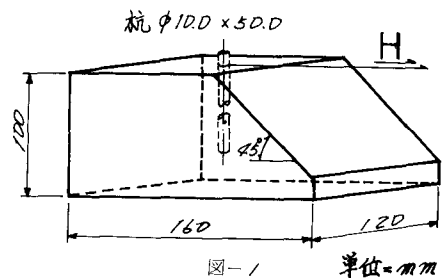


図-1

単位=mm

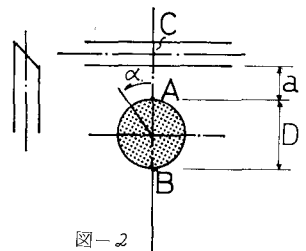
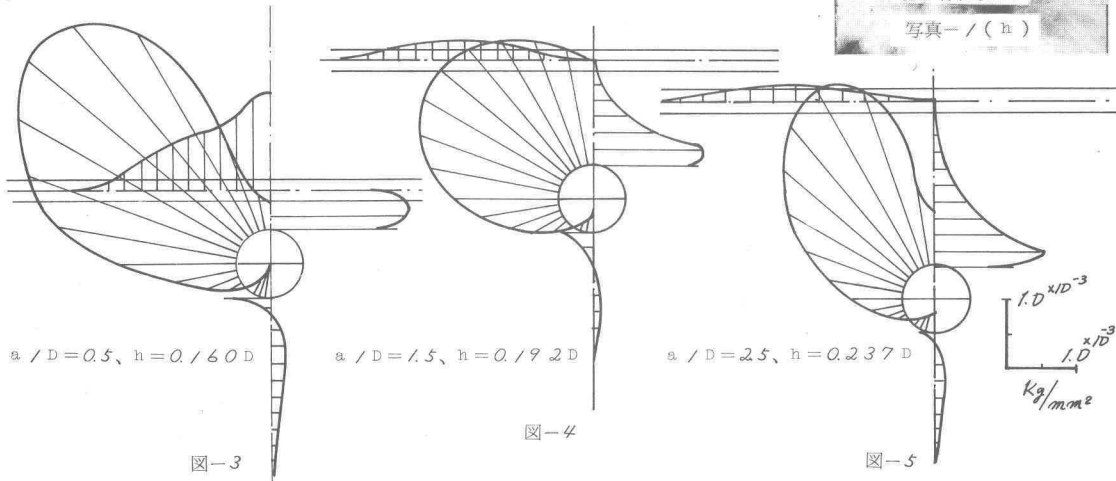
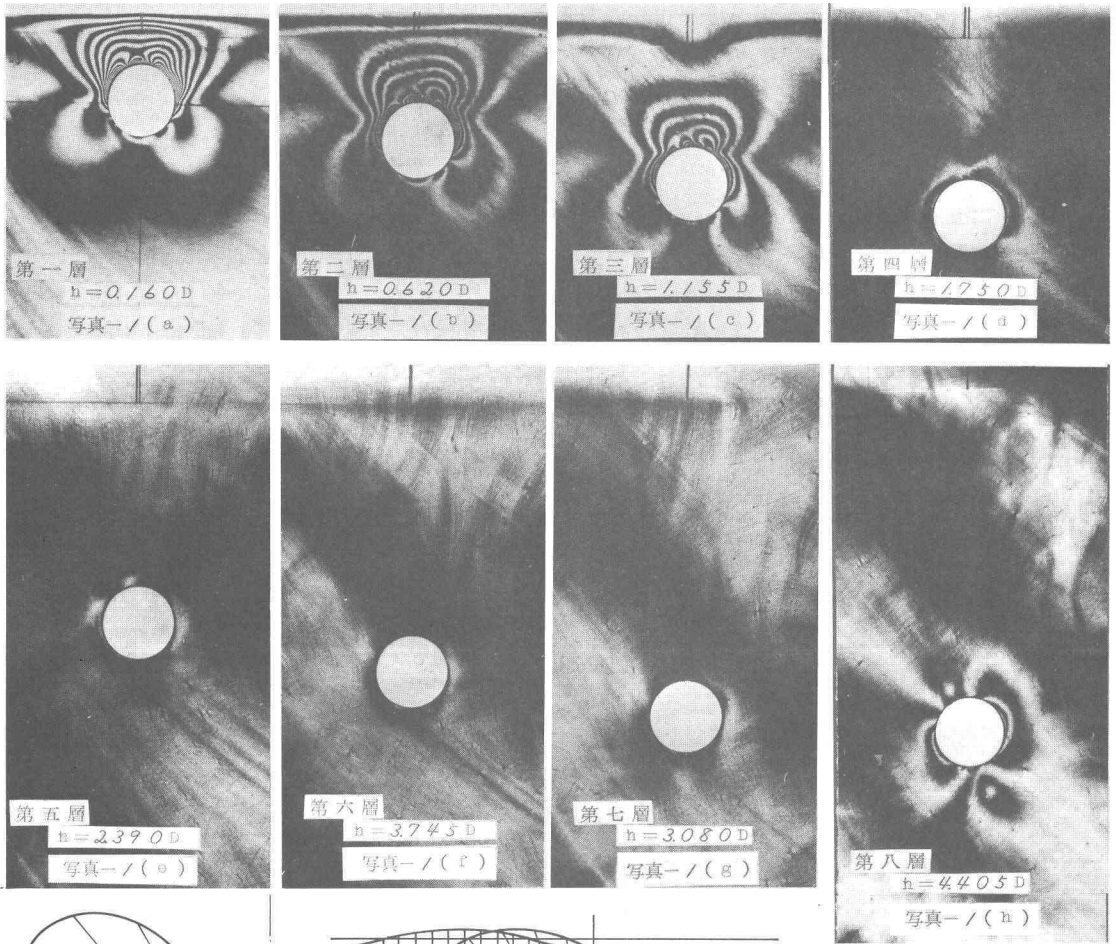
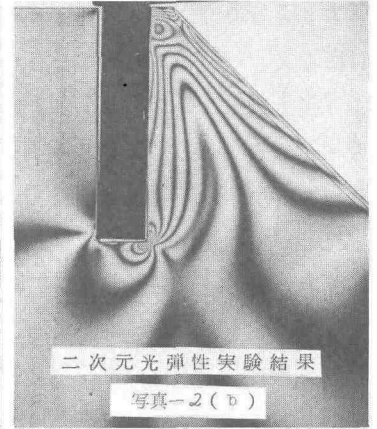
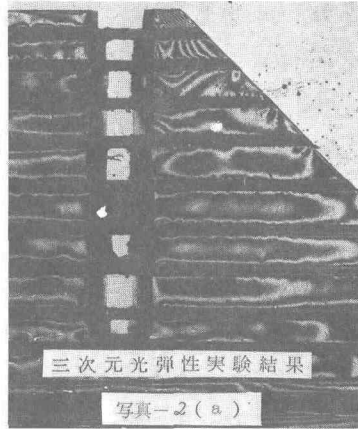
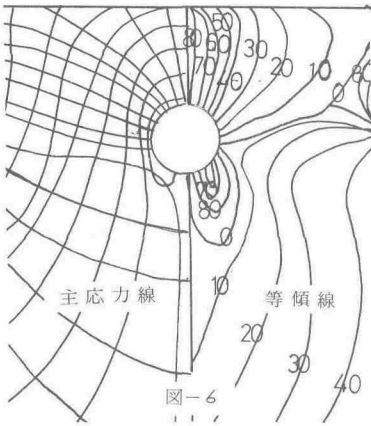


図-2



面的にみれば孔の周辺から $2.0D$ の範囲内とみることができる。円周部分の応力集中部は $\alpha = 50^\circ$ 附近に表われている。(点、A、B、C、角度 α は図-2 参照)、この応力集中部における $(\sigma_1 - \sigma_2)_{max}$ は、 8.87 Kg/cm^2 であり、これに対し A 点では 0.77 Kg/cm^2 と $\div 1/10$ に下がっている。また、B 点では -1.15 Kg/cm^2 で、 $\alpha = 140^\circ$ 附近に $(\sigma_1 - \sigma_2) = 0$ の点があり、それより山側に引張応力が表われている。なお C 点では、 $(\sigma_1 - \sigma_2)$ の値は 3.08 Kg/cm^2 であって、A 点の値の $\div 4$ 倍になる。し



かしAC間の $(\sigma_1 - \sigma_2)$ の分布をみると、各 a/D に共通して、A点より急激に $(\sigma_1 - \sigma_2)$ の値が大きくなり、A点より $\approx 0.25D$ の付近でその値が最大となり、それよりC点まで凹曲線状に減少する。次に a/D の各値に対するオ1層の孔周辺の $(\sigma_1 - \sigma_2)$ の分布を示すと図-3~5のようになる。応力集中位置について調べてみると、 $a/D = 0.5$ では $\alpha \approx 50^\circ$ であるが $a/D = 1.5$ では $\alpha \approx 40^\circ$ 、 $a/D = 2.5$ では $\alpha \approx 30^\circ$ と谷側方向に移動する。これはA~C間の変位量と異質の物体の接触状態によるものと思われる。いずれのショルダー幅においてもB点に引張が生じているが、山側方向にC点より約 $0.25D$ より $1.0D$ の範囲内で圧縮応力に変わる。またA~C間での $(\sigma_1 - \sigma_2)$ の最大値はほぼ同じ値をとる。なお、C点での応力値は $a/D > 2.0$ のショルダー幅では0になる。つまり半無限は応力分布と等しくなると考えられる。

しかし、ここで行なったように異質な接触問題を含む三次元光弾性実験では実験誤差がかなりでてきてまだ精度の上で問題になるところが多いように思われる。二次元光弾性実験での誤差は約5%といわれているが、これよりは大きな誤差を生じている事は事実で無視できない。この誤差の程度を知る事は三次元光弾性実験を解析する上から今後の重要な課題である。

三次元光弾性実験での $a/D = 1.0$ の等傾線図および、主応力線図を図-6に示す。また水平スライスした三次元模型をノコ刃の損量をアクリル板(厚さ1.5mm)で補充して接着しあうために垂直に中央部分をスライスしてみた。その等色線写真を写真-2(a)に示す。比較のために垂直なスライスに対する二次元光弾性実験(平面応力状態)の結果を写真-2(b)に示す。

3. 有限要素法による近似的な取り扱い

深礎基礎の安定計算においては水平抵抗が支配的な因子になるが斜面においては基礎より谷側の地盤が有限になるために斜面と基礎との間の距離がまず問題となる。一般に図-7に示すような場合には、原理的には三次元有限要素法が可能であるが、電算機の容量および、インプットデータの複雑さから次のように近似的に取り扱いを行な

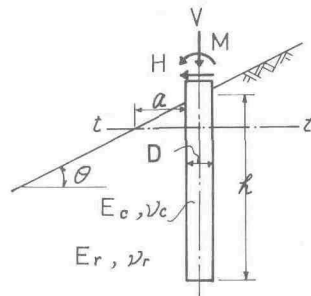


図-7

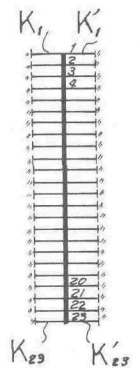


図-8

图-9