

首都高速道路公団	正員	玉置修
"	"	矢作枢
"	"	○大野惣平
大成建設土木設計部	"	金井壮次
"	"	石川勝之

1. 概 要

橋脚基礎を対象とするクイ式フーチング基礎の設計において、フーチングスラブ厚の算定という。問題点については、現状のところ決定的方法はなく、すべて設計者の判断にまかされている。

従来、クイ基礎に関するクイ反力問題についてフーチングスラブは剛体であると仮定して処理されスラブ厚さに対する考慮がなされていない。

上記の問題点につき、クイ式フーチング基礎のスラブが実際に剛体変形とくらべて、どのような変形挙動を示し、各クイの分担反力がどのようになるかについては、第26回年次学術講演会“フーチングの剛性を考えたクイ反力の検討（2）”において、特に鉛直荷重について、理論的に検討し、フーチング厚さを算定する一試案を提案した。

本報告の目的は、上記の理論的な結果の裏付けを含めて、実際に模型供試体による載荷実験を行い実験的なフーチングスラブの変形性状の追求に主眼を置き、理論及び実験解析との比較検討を行い、更に、両者の間に存在する関連性を見い出すところにある。

本実験は模型供試体による鉛直載荷実験で、形状寸法は一辺が40～50cmの矩形スラブで、クイ材は一般構造用鋼材の約 $\frac{1}{2}$ の弾性係数を有する黄銅管2種（俗称真鍮性パイプ）を使用した。

実験的にフーチングスラブの変形性状を把握する為、検討変数として、スラブ厚、クイ本数、及び外力形状等を種々変化させ、96体の模型供試体の実験を行った。（表題と同名（1）については、クイの鉛直バネ定数について論じたもので、第6回土質工学会にて報告している。）

2. 供試体の寸法、及び実験方法

供試体はA、B、及びCタイプの3種類よりなり、Aタイプは等厚のスラブでありスラブ面積に比して、0.09、0.25及び0.49（ $\alpha=0.3, 0.5, 0.7$ ）の対称の等分布荷重を載荷し、Bタイプは1柱式橋脚部を有するクイ式フーチング基礎を対象とし、スラブと一体の橋脚部突起物を介して鉛直荷重を与える。この突起物軀体の断面はスラブ面積に比して、0.04、0.09及び0.25（ $\alpha=0.2, 0.3, 0.5$ ）の3種類で、その高さはスラブ厚と同じである。Cタイプは2柱式のラーメン構造橋脚を対象とし、2個の突起物軀体を製作し、2点の鉛直荷重を与える。この1個の軀体断面はスラブ面積に比して、0.02、0.03及び0.04の3種類である。

供試体のクイ構造はクイ頭部固定であり、クイ先端部はヒンジ作用ができ、かつ上下方向の調整可能なアタッチメント装置をとりつけた結合構造となっている。クイ材の公称断面は外径40%、肉厚3%であり、クイの中心間隔は $2.5 \times D (=10.0\text{cm})$ を採用している。

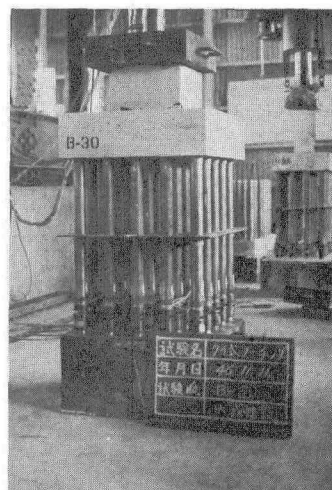
クイ本数はA、Bタイプ共 4×4 、 5×5 、 4×3 、及び 4×2 の4種で、フーチングスラブの寸法は各クイ本数に対してそれぞれ $40 \times 40 \text{ cm}$ 、 $50 \times 50 \text{ cm}$ 、 $40 \times 30 \text{ cm}$ 、及び $40 \times 20 \text{ cm}$ であり、Cタイプはクイ本数 5×4 、 5×3 の2種でスラブの寸法はそれぞれ 50×40 、 $50 \times 30 \text{ cm}$ である。

供試体のセット及び載荷実験は次のごとく行った。

製作された供試体はモルタル材のスラブとそれに埋め込まれたクイとにより成っており、前もって剛な支圧台上の正規な位置に接着材で固定したアタッチメント装置上にそのクイ先端部をセットする。各クイには軸対称に2枚のストレインゲージが貼っておりそのゲージにより載荷に伴うクイのひずみを測定し、各クイの反力を算出する。

載荷方法は、先ず $0.5 \sim 1.0 \text{ ton}$ の荷重でスラブ全面載荷を行いその時点で各クイのひずみが等分になる様アタッチメント装置により上下方向の微調整を行う。

この微調整修了後、本載荷を開始する。載荷重ピッチ $1.0 \sim 2.0 \text{ ton}$ で荷重を加え、最大荷重の $\frac{1}{3}$ 位の荷重段階で1度繰返しを行う。測定は自動ひずみ測定器により各荷重時におけるクイのひずみを計測する。



写真－1 載荷状況（Bタイプ）

クイのバネ定数はクイ長 50 cm と、 10 cm 前後のアタッチメント装置との直列結合により鉛直バネ定数が成立する。

3. 実験結果

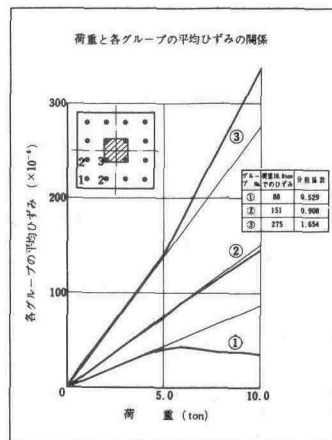
3-1 クイのバネ特性試験

真鍮性パイプとアタッチメント装置とが一体となった単一グイのモデルで、最大荷重 2.0 ton から $0.2 \sim 0.25 \text{ ton}$ まで荷重降下をし、再び荷重を増加させる1回繰返し時のバネ特性試験を行った。

この結果、初期の低荷重時でバネ特性は非線形性状を呈しているが、1回の繰返しを行った以後の荷重の上りの状態では非常に安定し、単一グイの鉛直バネ定数は $4.90 \sim 5.20 \text{ t/cm}$ であった。

3-2 本実験結果

載荷実験はスラブに曲げクラックが発生する以前の段階で1回の繰返し試験を行っている。実験における測定は各クイのひずみ度であり、それら測定結果を供試体の対称性より同一グイのグループに分けて整理し、荷重と各クイグループの平均ひずみの関係図を画けば図-1のごとくなる。このグラフは、先の単一グイのバネ特性試験結果より繰返し載荷を行うことによってバネ特性は安定し、定常状態と見なせるということより、本実験においては繰返し以後の結果を採用して整理したものである。この図をもとにして各クイの荷重分担係数は次のごとく算出される。図-1において、各クイグループの反力はひずみ度として表わされており、これにクイの



図－1

断面積及び弾性係数を乗ずれば各クイが受けもつ荷重分担力になる。しかし、この図は 1 回繰り返し以後の状態のため、繰り返しによる零点移動が含まれ、平行移動等の補正が必要となる。

そこで荷重の増分に対するひずみ度の増分、すなわち勾配を使って荷重分担係数を算出すれば良い事になるが、この勾配はフーチングスラブがモルタル材であるので、載荷重の増加に伴う曲げクラックの発生及びその成長によるスラブ自体の曲げ剛性の低下により、一定値を示していない。特に、図-1 において勾配が顕著に変化しているのは明らかに曲げクラックによる剛性低下の影響である。

荷重分担係数を算出するのに、フーチングスラブの曲げ剛性の評価をいかに見積るか、すなわち、スラブ全断面を有効とするか、あるいは、クラックが発生した後のある程度曲げ剛性の低下時点をとらえて判断するかのいずれかである。

本実験解析では、全断面が有効であると判断出来る初期時点での載荷時の勾配を採用し、荷重分担係数を図的に算出することにした。例えば、図-1 のクイ本数 4×4 の場合はクイ種は 3 グループに分けられ、各クイグループの勾配を a_i とすれば荷重分担係数 n_i は次式により算出される。

$$n_i = \frac{a_i}{(a_1 + 2a_2 + a_3)/4} \quad i = 1, 2, 3$$

4. 考 察

理論解析より求められた変形状と、実験解析より得られた変形状との両者の比較検討について述べる。

クイ式フーチング基礎の曲げ変形状は、特性値 $1/\beta\theta$ と荷重分担係数との関連性を検討することにより、把握する事ができる。(前述の文献を参照されたし)

実験解析も理論解析と同様に特性値 $1/\beta\theta$ と各クイの荷重分担係数との関係について検討を試みる。

図-2 に示すグラフは、クイ本数が 4×4 で、載荷面積が $0.25 (\alpha = 0.5)$ の代表的な結果の一部を載せたものである。

図に示す実線は、実験解析より得られた結果で、記号 *—* は等厚スラブ (A タイプ) で、○—○ は橋脚躯体を有した構造形 (B タイプ) であり、破線で示した曲線は、それらについての理論解析の結果である。両者について比較検討すれば、 $1/\beta\theta$ と荷重分担係数との関係において、定性的傾向は非常に良く一致している。また、橋脚部躯体のスラブ曲げ変形に与える影響効果についても、両者共良く適合している。

図-3 は、荷重分布幅の影響について検討したもので、実線は実験解析を、破線は理論解析の結果を示す。

これらの曲線の勾配に着目すると、両者の解析結果は、非常に良く一致している事が分る。

すなわち、 $1/\beta\theta$ が小さい (スラブがたわみやすい) 程、荷重

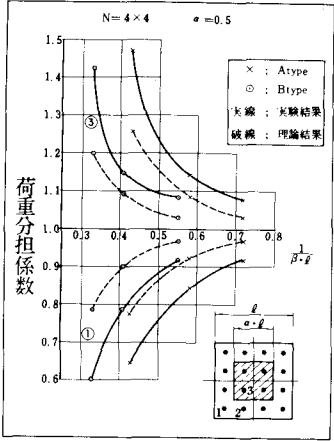


図-2

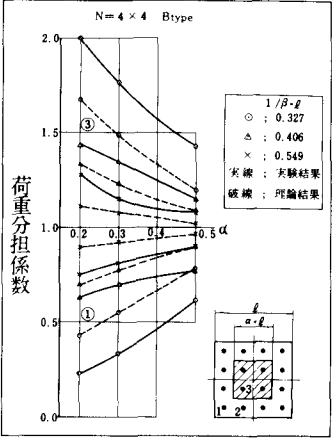


図-3

例えば、図-4の橋脚の中心間隔が30 cmの場合では、荷重分担係数が最大及び最小となるクイグループは④及び③であるが、図-5の橋脚中心間隔が20 cmの場合については、それぞれ⑥及び①のクイグループへと変っている。

以上、理論解析と実験解析との両者の比較検討を試みたが、いずれの場合も定性的傾向は両者共良く適合しているといえるが定量的な面で比較すれば、実験解析による結果の方が理論解析より荷重分担係数は2~3割程度悪くなっている。これら両解析の相違の理由としては、両者のデータ評価の不一致にあるものと考えられ、以下に述べる2項目が主なる原因であろうといえる。

(2) 理論解析では、スラブの曲げ変形のみを対象として扱われており、スラブの厚さに影響するセン断変形が考慮されていないという事であるが、そのセン断変形が実験解析結果に加味されている。

以上検討考察を行った問題は、鉛直荷重のみを対象とした基礎的な研究であり、これに更に水平荷重あるいはモーメント荷重を考えた変形挙動を把握するためには、益々複雑な問題の解析が今後必要となってくる。

