

V-302

鉄筋コンクリートスラブの2軸曲げに関する研究

前田建設工業（株）正会員 河野 一徳
 同 上 正会員 横沢 和夫
 同 上 正会員 山田 一字
 日本大学理工学部 正会員 川口 昌宏

1. まえがき

LNGや原油等を貯蔵するタンクは、従来地上式が主であり、タンクの側壁は、内圧により生ずる面内力を受けるシェル構造として設計されていた。しかし最近、安全性や環境上の制約から地下式となるケースが増加しつつある。地下式となるとタンクの側壁には、土圧や水圧により面内力のみならず面外モーメントも作用することになる。また面部材に限らずRC構造物は、主力方向に対して配筋するのが通常であるが、必ずしも主力方向に対し配筋できないケースも多々生じてきた。この主力と配筋の方向性に関する問題は、原子力発電所RC格納容器の設計を対象として研究が急速に進歩し、面内力が作用する場合耐力・変形に関する有用な算定式が提案されている。しかし面外モーメントを受ける面部材の配筋の方向性に関する研究は少なく、特に2軸曲げ実験が技術上の困難を伴うことから、2軸曲げ実験データが極端に不足している状態である。そのため作用モーメントと配筋方向が異なるシェルあるいはスラブの挙動を実験的に解明することが重要な課題となってきた。この課題を解決するためには、実験方法が重要な鍵を握るとの観点から、既往の実験方法に検討を加え、新たに考案した2軸曲げ実験装置について報告するものである。

2. 既往の実験方法と問題点

1軸曲げを受ける異方配筋されたRC板の耐力・変形特性の解明を目的とした実験的研究の代表的なものとして、Kwiecinski¹⁾、Lenschow²⁾、角田³⁾、見沢⁴⁾らの実験がある。図1は、実験に用いた試験体の形状・寸法および荷重方法を示したものである。いずれも矩形的試験体を採用しているが、主モーメントと配筋方向が偏角

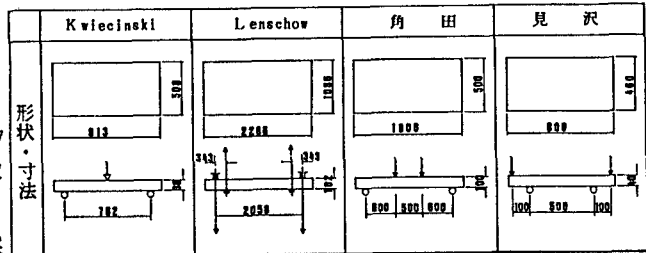


図1 既往の試験方法（1軸曲げ）

α を有する場合、試験区間内で鉄筋を定着することになり、その影響の評価が難しく、特に終局耐力に及ぼす影響は小さくないものと考えられる。またKwiecinskiの中央部集中荷重方式は、せん断力やモーメント勾配が生じており、その取扱いが難しいことも考えられる。2軸曲げ実験の代表的なものとして、Morley、Lenschowらの実験がある。図2は、試験体の形状・寸法および荷重方法を示したものである。Morleyの実験方法と同じ方法で見沢が行っている。彼らの方法は、板の端に沿って等分布しているねじりモーメントにより純曲げを発生させるもので、 a と b の比により主モーメント比を変えられるようになっている。Lenschowらは、円板形をした試験体を用い、円板の周辺に一樣な純曲げモーメントを作用させるために六角形でスリットを有した放射状の張り出し部を設けている。Morley、見沢らの実験方法は、正負の組み合わせの曲げモーメントしか得られず、Lenschowらの実験方法は、主モーメント比が1.0の曲げモーメントしか得られない。両者の実験方法とも特殊な応力状態での実験と言える。また1軸曲げを受ける試験体と形状が異なっており、1軸と2軸曲げの挙動の違いを調べる場合に複雑となることが問題点として指摘できる。

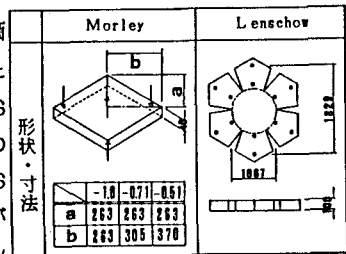


図2 既往の試験方法（2軸曲げ）

3. 新しい試験装置の考案

(1) 試験体の形状 試験体の形状は、図3に示すような十字型のRC板を選定した。この十字型RC板の張り出し部に荷重点と支承点を設け、両端支持の二点荷重方式により試験区間に純曲げモーメントを作

用させた。張り出し部は、曲げモーメントを発生させるばかりでなく、試験区間の鉄筋端部を定着する役割を果たす。張り出し部にスリットを設けることにより試験区間に対する拘束を除去できるものとした。また主モーメント比の変化は、2軸側の載荷点と支承点の距離を変えることにより与えた。

(2) 2軸曲げ実験の難しさ 十字型の試験体を用い2軸曲げ実験を行う場合、4辺を支持し、4点載荷するのが通常である。図4は、この方法を概念的に示したものである。この方法では、A-A軸方向に曲げモーメントを作用させるために、載荷ロッドに力を加えると、力の一部がB-B軸方向の反力ロッドに流れ、B-B軸方向の載荷ロッドに力を加えていないにもかかわらず、B-B軸方向に曲げモーメントが生じることになり、試験区間に生じている曲げモーメントを定量的に握ることが難しくなる。つまりMorleyの実験にみられるように、載荷点が4箇所となっても支承は2箇所で釣り合うことができることに起因しているのである。したがってA-A軸方向の力をB-B軸方向に流さないようにすることが肝要であり、この点を解決できなければ精度の良い2軸曲げ実験は困難であるといえよう。

(3) 2軸曲げ試験装置の考案 2軸曲げ実験が難しいのは、A、B両方向に対し共通のフレームに載荷点および支承点を設けていることによるのであり、この問題点を解決するためには、A-A軸とB-B軸を独立した別のフレームにすればよいのである。図5は、考案した試験装置の概念を示したものである。図にみられるように、本実験装置は、A-A軸フレーム(外フレーム)とB-B軸フレーム(内フレーム)からなっている。B-B軸フレームをバネにより吊っているのは、A-A軸フレーム側を載荷とたときに、B-B軸フレームの自重分だけ反力が生じるため、バネで吊ることによりB-B軸フレームを無重力状態としているのである。すなわちA-A軸方向の力が、B-B軸方向の反力ロッドに流れようとする、バネで吊られたB-B軸フレームが上昇し力が流れるのを防ぐのである。この試験装置により、2軸曲げ実験を精度良く行うことが可能となる。

(4) RC板の曲げ実験 図6は、2軸曲げ試験装置である。試験体の載荷用孔にPCロッドを通し、トーナメント方式により4台のセンターホールジャッキで載荷した。載荷点および支承点は、回転の自由を拘束しないように支圧板が球座となっている。載荷および反力用ロッドは、ひずみゲージが取付けてあり、荷重がほぼ均等になるよう調整した。また試験体自重の影響を極力取り除くために、自重によるモーメントがほぼ0となるような位置をバネにより吊った。この方法により合理的な2軸曲げ実験が行えたものと考えられる。本研究に際し御助力頂いた扶桑計測(株)小池晃氏に感謝いたします。

参考文献 1)Kwiecinski,M.W.:Yield Criterion for Initially Isotropic Reinforced Slab, Magazine of Concrete Research, Vol17 No51 2)Lenschow,R.J.:Stiffness of Reinforced Concrete Plates, ASCE,ST11 3)角田与史雄・柳孝司・能町純雄:鉄筋コンクリートスラブの曲げモーメント-曲率関係について,土木学会論文集第317号 4)見沢繁光・中野修治・重松恒美:純曲げを受ける鉄筋コンクリートスラブの極限解析,土木学会論文集第331号 5)Morley,C.T.:Experiments on the Yield Criterion of Isotropic Reinforced Concrete Slabs, JACI,Vol164

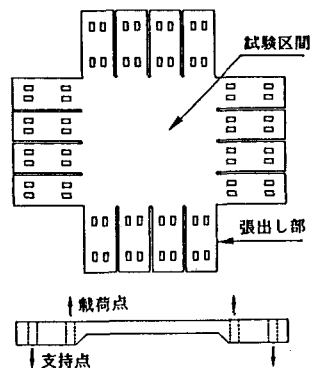


図3 試験体の形状

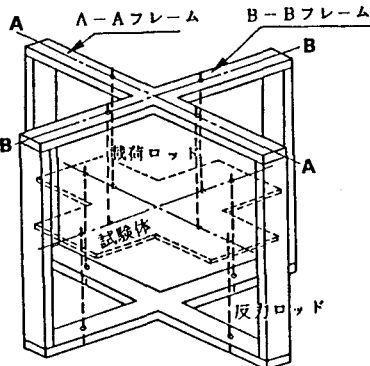


図4 従来の試験装置概念

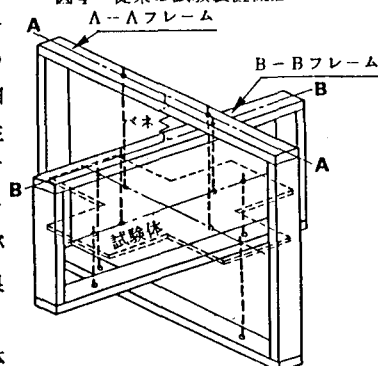


図5 新しい試験装置概念

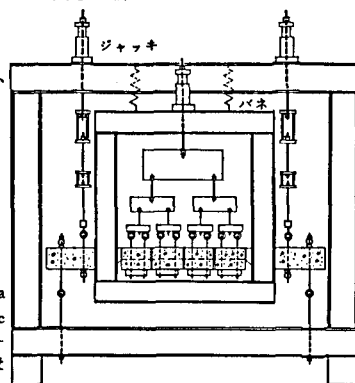


図6 加力装置(2軸曲げ)