

[102] フレキシブルな支圧板を用いた場合のコンクリートの支圧強度に関する研究

正会員 ○ 西 堀 忠 信 (大阪市立大学工学部)

村 田 勝 弘 (川崎製鉄土木技術部)

菊 川 春 三 (川崎製鉄構造技術研究所)

1. ま え が き

近年、厚肉鋼管柱が開発され、地下鉄のボックスラーメンの中間柱のようにスペースが少なく、かつ大きな軸圧縮力に耐えることが必要な場合などで利用されている。厚肉鋼管柱は多くの場合コンクリート構造物との間に支圧板を挿入し、これを介して荷重の伝達が行なわれている。支圧板の大きさはコンクリートの支圧応力度によつて定まり、支圧板の厚さは柱に作用している軸力と支圧応力度とによつて生ずる曲げ応力度によつて定まる。したがつて、柱に作用する軸力が大きくなると支圧板の大きさも大きくなり、それに応じて支圧板の剛性も低下することになる。コンクリートの支圧強度に関しては過去に多くの研究がなされているが、その多くは剛な支圧板に対するものであり、現行の示方書や諸規定においても、許容支圧応力度は支圧板の面積とこれに接するコンクリート面の全面積との比の関数であるとされており、支圧板の剛性は考慮されていない。コンクリートが支圧応力をうけると荷重の増大によりコンクリートが塑性化し、応力の均等化が起こるとしても、フレキシブルな支圧板の場合でも支圧板下に均等な応力分布に達するかは疑問である。また、終局強度に対する安全性の検討とともに、フレキシブルな支圧板を用いた場合、使用状態においてコンクリートに有害なひびわれが生じないか否かも確認する必要がある。

本研究は、支圧板の径と柱の外径との比を3種、支圧板の板厚を7種に変化させて、支圧板の剛性が支圧強度におよぼす影響を確かめることを目的とした実験に関するものである。

2. 実 験 概 要

実験は図-1に示すような60cm×30cm×40cmの直方体の無筋コンクリート供試体によつて行なつた。支圧強度には供試体の受圧面の面積のほかに高さも関係があるとされているが、ボックスラーメンの中間柱を想定し、比較的高さの小さい供試体を用いた。使用したコンクリートは、最大骨材寸法25mm、スランプ8cm、空気量15%、水セメント比50%、単位セメント322kg/m³で、粗骨材には茨木産碎石を、細骨材には城陽産の山砂を用いた。供試体の製作は3回に分けて行なつたが、第1回は7月、第2回は12月、第3回は1月であり、気温が著しく異なつたため実験時(材令2週)の圧縮強度は226、159および185kg/cm²とかなりの差が生じた。

実験に用いた支圧板は、図-2に示すように直径240mmの鋼製の円板で、材質はSM50Bである。支圧板の剛性は、支圧板の板厚と、柱を想定して用いた載荷用の円環の外径とで変化させた。支圧板の厚さは支圧強度の変化を広い範囲で検討するため、実用の範囲を越え、8、12、16、20、24、36および48mmの7種とした。支圧板への載荷は、円環を介して行なつたが、円環の外径と支圧板の外径との比を0.45、0.55および0.65の3種とし、図-1および図-2に

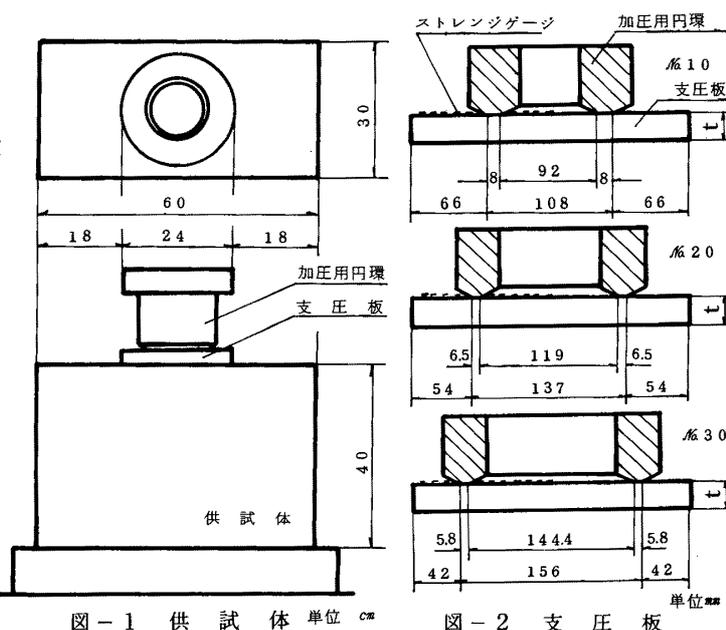


図-1 供試体 単位 cm

図-2 支圧板

示すように、No10のリングは外径108mm、No20およびNo30のリングはそれぞれ132mm、156mmである。また支圧板との接触面の幅はそれぞれ8、6.5、5.6mmで接触面の支圧応力がほぼ等しくなるようにした。また、つぶれを防ぐためこの部分には焼入れをほどこした。

支柱板の曲げモーメント分布を調べる目的で、図-2に示すように支圧板の上面の半径方向に中心から1cm間隔でワイヤーストレンゲージを貼付した。またコンクリートの側面の中心線上に5cm間隔でストレンゲージを貼付した。支圧板とコンクリート面に間に感圧紙(プレスケール)を置き支圧応力の分布を調べた。荷重は600t構造物載荷装置により載荷し、5t毎にひずみの測定を行なうとともに目視によりひびわれを観察した。

3. ひびわれおよび破壊の状況

第2回および第3回打設の供試体は蒸気養生を行なった結果供試体表面に微細なひびわれが生じていたので、これと荷重によるひびわれとの区分が十分にできなかつたため、初期ひびわれに関しては第1回打設分のみによつた。初期ひびわれは供試体の高さの1/2より若干下方で生じ、これが上方および下方へ伸長した。供試体のうち約80%のものは図-3中20-8に示すような斜ひびわれのみが生じた。残りの20%のものは最初支圧板の中心線に沿つた鉛直のひびわれが発生し、やゝ遅れて斜ひびわれが形成された。斜ひびわれの傾斜角は鉛直軸に対して最大で34.0°、最小で22.4°、平均27.7°であり、支圧板の板厚およびリングの径と支圧板の径の比によつて差異は認められなかつた。また、傾斜角に対する供試体の寸法の影響に対しては別に行なつた長さ150cm、高さ70cm、幅40cmの供試体

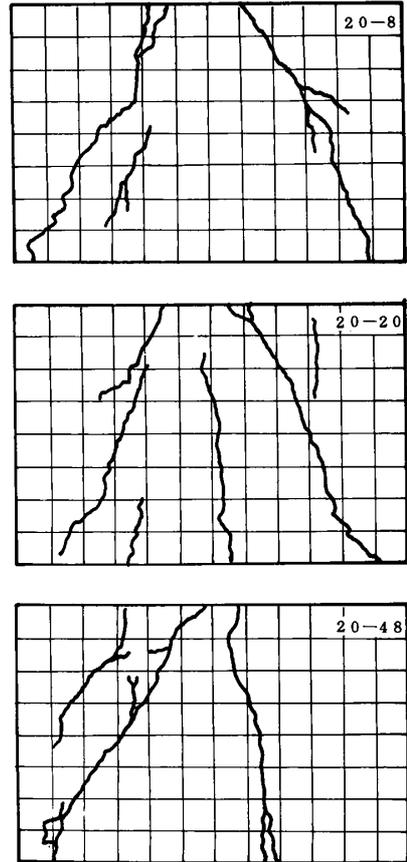


図-3 ひびわれ図

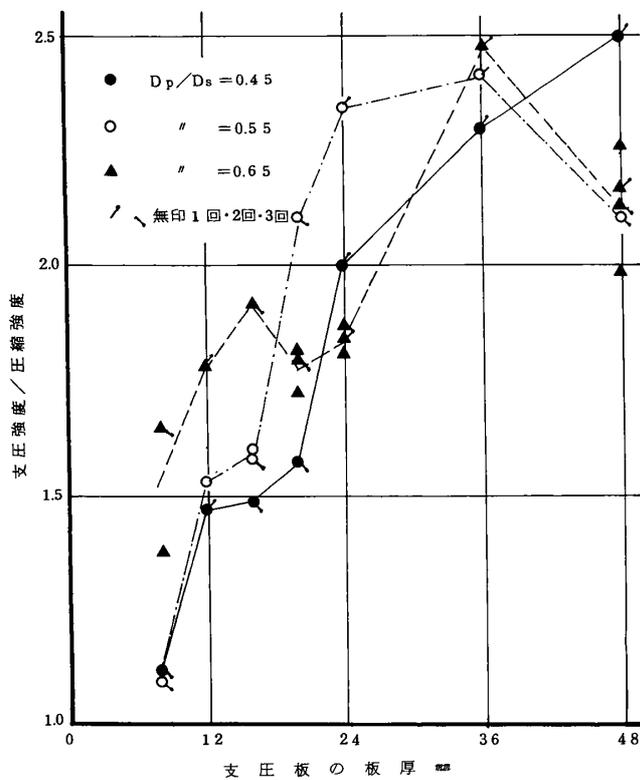


図-4 支圧強度と板厚

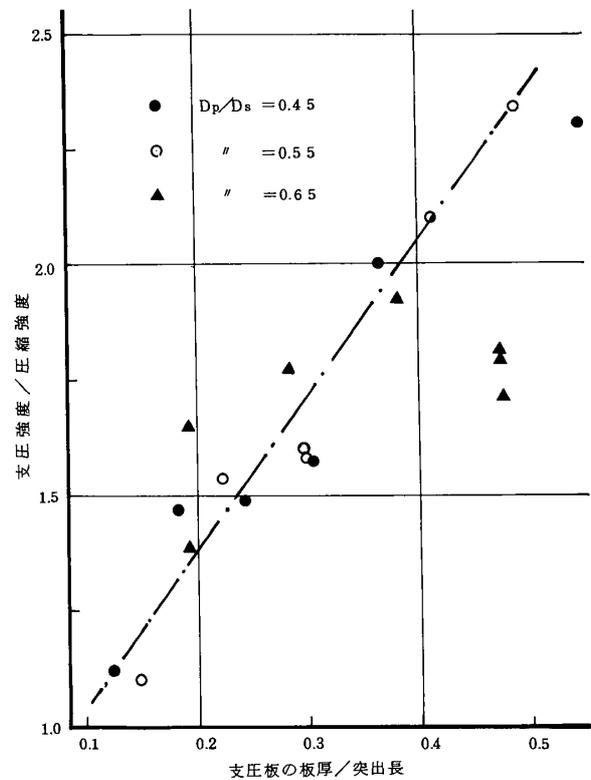


図-5 支圧強度と板厚 / 突出長

の実験によつて、長さの長い場合にもほぼ同じ傾斜角となることが確認されている。

ひびわれの発生荷重は平均で110t、支圧応力度／圧縮強度で1.07であつた。また、ひびわれ荷重はリング径によつてはほとんど差異はなく、板厚は厚くなるとひびわれ荷重が低下する傾向が認められ、板厚12mmでは118tであるのに対して、最も厚い48mmでは102tであつた。

破壊は、斜ひびわれの1方または両方でずれが進行した後に生じた。除荷後供試体は斜ひびわれによつて分離しており、破壊にはずれによつて生じたと考えられる破砕したモルタルが認められた。

4. 支 圧 強 度

実験を行なつた36ヶの供試体の実験結果を図-4に示す。供試体間で圧縮強度が異なつていたので、図-4の縦軸は支圧強度／圧縮強度で示してある。土木学会RC示方書で規定されている許容支圧応力度をこの場合に適用すると設計基準強度の0.383倍となり、板厚が8mmで外径比が0.45および0.55の場合以外は支圧強度が許容支圧応力度の3倍以上である。したがつて、板厚12mm以上であれば破壊に対して十分な安全度を有していることになる。図-4によると支圧強度は板厚の薄い範囲では板厚が薄くなる程、また突出長さが長くなる程小さくなる傾向が認められる。図-5は、支圧応力度を板厚と突出長さの比との関係で示したものである。支圧板は円板であり2次元問題となるので理論的には単純に板厚と突出長さの比で処理できないが、支圧強度を支配する要因が主に突出部分である場合は図-6の突出部分の曲げモーメントからも明らかなように板厚と突出長さとの比の関数としても大きな差異は生じない。図-5によると板厚と突出長さの比が小さい場合で外径比が0.45と0.55の場合には、支圧強度は板厚と突出長さとの比とかなりよい直線関係にある。したがつて、外径比が0.55以下の場合の支圧強度の低下は突出部分の剛性に依存していると言える。また、この場合の直線関係からはずれる板厚と突出長さの比はデータ数が少ないので明らかな点は示し難いが、この比が0.4より大きい場合と考えられる。また、外径比が0.65の場合には他の場合に較べて異なつており、リングの外径が大きくなると突出部分のほか、リング内の部分の挙動も支圧強度に影響したものと考えられる。

また、板厚の厚い場合には今回の実験では逆に強度が低下する傾向が認められた。これは、図-6のケースAに示すように板厚が厚くなると板縁にのみ反力が集中することによるものと考えられる。

5. 支圧応力度分布および支圧板の曲げモーメント

支圧応力度の分布はプレスケールから判断される。プレスケールは荷重50tまでは中圧紙を、50tから破壊までは高圧紙を用いた。荷重50tまでの範囲では、支圧板が厚くなるにしたがつて反力は円板の縁で大きくなり、板厚48mmではほとんど図-6のケースAのような反力分布となつていた。この傾向は外径比が大きくなるほど顕著であつた。図-6のケースAにおける支圧板の降伏荷重は外径比、板厚が0.45、12mmのもので6.2t、0.65、48mmで161.1tとなり、この載荷形式で50tまでで降伏しないケースは0.55、36mm、0.65、36mmと板厚48mmのものである。破壊時までのプレスケールによる測定結果によると板厚36mm以下では、ほとんど全面に反力が生じていたが、48mmのものではやはり円板の縁に近い部分のみで反力が生じていたことを示していた。また、板厚12mmのものはリング直下およびその周辺で大きな支圧力を示しており、外径比が0.45のものでは板の周辺でほとんど反力が生じておらず、また、外径比が0.65のものでは逆に板の中心部附近で反力が小さかつた。

図-7は支圧板上面における半径方向のひずみ分布を示したものである。また図-6は典型的な反力分布状態とそのときの曲げモーメント分布を示したものである。

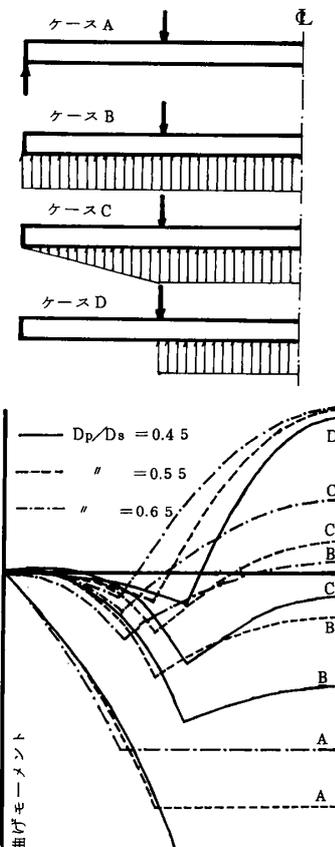


図-6 支圧応力度と曲げモーメント

図-7において図中の数字は荷重を示すが、荷重が10tの場合図-6のケースAと同じようなモーメント分布を示している。また、支圧板が厚いもので外径比が大きいものではこの傾向が荷重が大きい段階までつづいており、プレスケールの結果と一致している。荷重の増加にともないひずみの分布形状は変化し、荷重の増大にともなう構造系が変化していることを示す。構造系の変化する要因としてはコンクリートの局所的な塑性変形と支圧板の降伏とが考えられる。板厚12mmの場合荷重が10tから30tの間でひずみ分布形状に大きな変化が認められるが、この板厚では図6のケースBすなわち支圧応力度が支圧板の下面に等分布すると仮定しても降伏する荷重が30t以下であり、荷重30tまでにAの形式で降伏し、Bの形式となり更に塑性変形が増大してケースCへと移行していったものと考えられる。また板厚が24mmの場合、ケースAにおける降伏荷重は50t以下であるが、ケースBにおける降伏荷重は50t以上であり、支圧板の1部で塑性変形が生じそれによつてあらたな安定状態を形成していつているものと考えられる。

6. ま と め

以上の実験結果をまとめると

- (1) 支圧によるコンクリートの破壊の形状は支圧板の剛性によつてほとんど影響をうけない。
- (2) 支圧強度は支圧板の剛性の低い場合低下する。
- (3) 支圧板の突出長が大きい場合支圧強度は支圧板の板厚・突出長比と線型関係を示す。
- (4) 支圧板の剛性が大きいと反力は支圧板の縁付近に集中する。
- (5) 無筋コンクリートの場合支圧板が破壊時まで十分に降伏しなければ、支圧強度がむしろ低下する傾向が認められる。
- (6) したがつて、支圧強度は塑性域も含め支圧板の変形特性からも検討する必要がある。

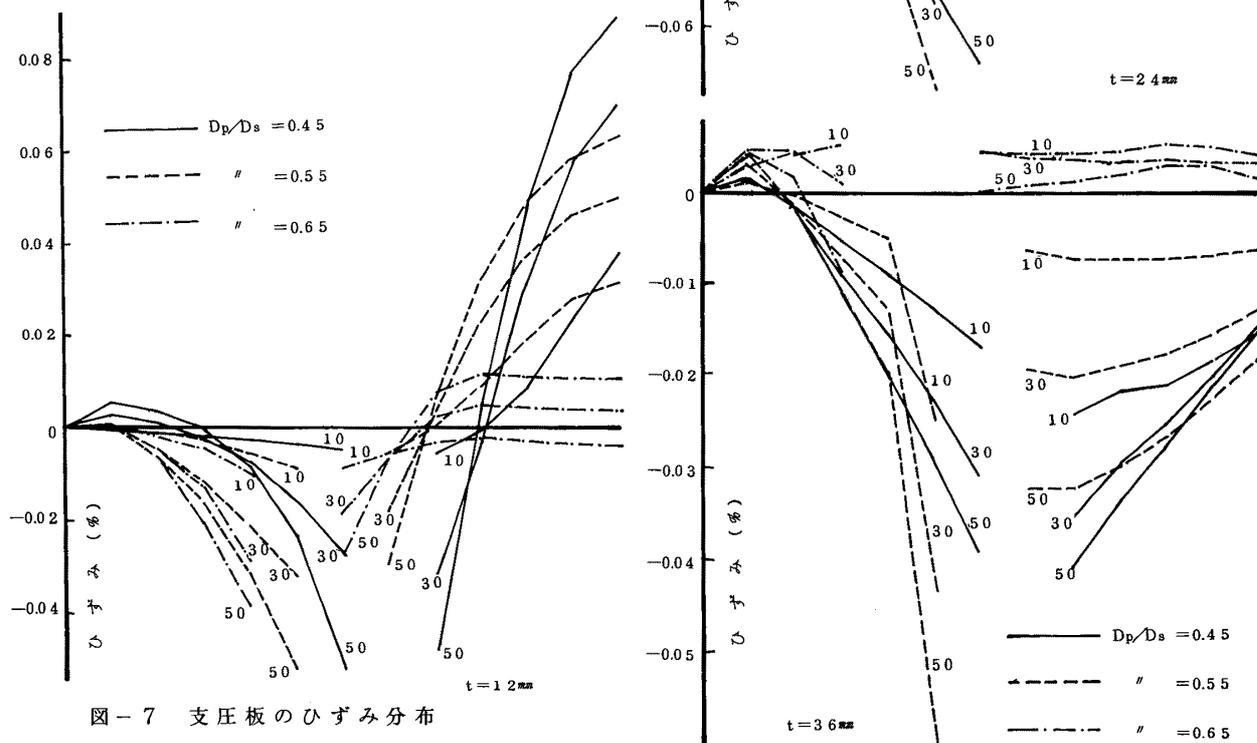


図-7 支圧板のひずみ分布