

[48] 多軸拘束を受ける膨張コンクリートの膨張量試験方法

正会員 ○辻 幸和 (群馬大学工学部)
 正会員 丸山久一 (長岡技術科学大学工学部)

1. 序論

膨張コンクリートにおける一つの大きな問題は、その試験方法である。一軸方向に拘束する試験方法については、既に多くの貴重な研究成果が報告されており、JISにも一軸拘束膨張試験方法が制定されている。¹⁾ しかしながら、膨張コンクリートは各方向に膨張するため、一軸方向の拘束状態の結果からだけでは、特に膨張能力の大きなコンクリートの膨張量および力学的特性等の性能を正当に評価することができない場合が多い。

膨張コンクリートを多軸状態で拘束する方法として、スターラップを配置した鉄筋コンクリートはりおよび帯鉄筋あるいはらせん鉄筋を配置したRC柱のような方法が考えられ、これらによる研究成果も報告されている。しかしながら、これらの方法では、鉄筋の外側のコンクリートに及ぼす各鉄筋の拘束効果を正確に評価することはできない。また、鋼管による拘束が考えられるが、後述するように二軸方向あるいは三軸方向の拘束の程度を評価することが非常に困難である。

本研究は、輪切り鋼管とPC鋼棒の併用により、膨張コンクリートを一軸方向だけでなく、二軸方向あるいは三軸方向にそれぞれ拘束した場合に生ずる膨張量の試験方法を提案する。この方法はまた膨張量の測定後には強度試験にも供することができる。

2. 鋼管による拘束下の膨張性状

膨張コンクリートを鋼管で半径方向に拘束すれば、コンクリート内部に配置したらせん鉄筋あるいは帯鉄筋等で拘束する場合のような、これら鉄筋の外側にある膨張コンクリートが十分に拘束されないといった欠点がないため、膨張量の試験方法としても有望と考えられた。そこで、鋼管の拘束下における膨張性状を実測してみた。

直径が15.6cmの膨張コンクリートを、厚さが4.5mmの鋼管で拘束する場合に、供試体の長さを5cm、15cmおよび30cmに変化させて、供試体高さ中央断面位置の鋼管表面に貼ったワイヤストレーンゲージにより測定した膨張ひずみの結果の例を図-1に示す。供試体の長さすなわち鋼管の長さが長くなるほど、供試体長さ方向の軸方向膨張ひずみが、圧縮側より引張側に転じて大きくなっていることは明瞭である。軸方向のコンクリートの膨張は、鋼管とコンクリートとの付着のみにより拘束されるためであって、鋼管の長さが短いと拘束効果はほとんどない。また、鋼管の長さを十分に長くすると、鋼管も膨張コンクリートと同じ膨張ひずみを示すと考えられるが、このような鋼管の長さや拘束作用については、十分に明らかにされていない。

軸方向の拘束がほとんどないと考えられる鋼管の長さが5cmの場合は、圧縮ひずみを示している。図中に円周方向の膨張ひずみにポアソン比の0.3倍した圧縮ひずみを破線で示しているが、この値以上に縮むという現象を示す。この現象は2種類の養生方法についての結果の図-2からも等しく認め

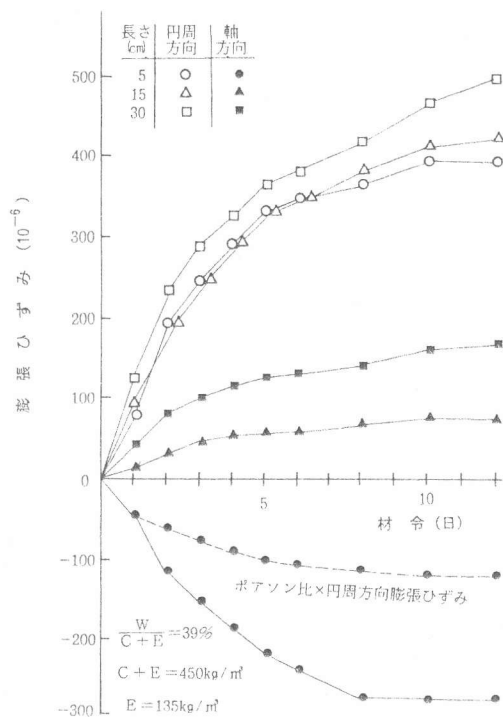


図-1 長さを変化させた鋼管の膨張性状

られる。湿潤養生に比べて水中養生の場合および膨張材を多量に用いた場合等のように、膨張能力の大きいコンクリートを拘束する場合ほどこの現象が顕著になった。

図-3は、直径が13.1cmの膨張コンクリートを拘束した場合に、長さ52cmの供試体の軸方向の各位置における膨張ひずみを示した例である。円周方向の膨張ひずみは、供試体長さ方向にはほとんど変化せずほぼ一様と考えられる。これに対して、軸方向の膨張ひずみは、端部近くでは図-1の長さが5cmの場合と同様に圧縮ひずみを生ずる。端面から離れるほど、軸方向の拘束に伴ない鋼管表面でも引張ひずみが生じ、その値も大きくなっている。図-3には、鋼管の拘束に加えて軸方向に鋼管の断面積にはほぼ等しい拘束程度をもったPC鋼棒4本の拘束を施した場合の結果も示している。軸方向の膨張ひずみの値は小さくなっているが、PC鋼棒の無い場合と同様な傾向を示している。

これらの測定値は、高さの1/2の位置における鋼管表面のひずみであることから、内面が引張で表面が圧縮の曲げモーメントが生じ、鋼管がつづみ状に変形して拘束することが主要原因と考えられる。

円周方向の膨張ひずみも、鋼管の長さが30cmの範囲内では長くなるほど大きな値を示す傾向が、図-1より認められるが、軸方向の膨張ひずみほど顕著ではない。

3. 提案する多軸拘束方法

本研究で提案する拘束方法の概念図を図-4に示す。軸方向には膨張を拘束しないように、鋼管を輪切りにして軸方向に積み重ね、輪切り鋼管により内部の膨張コンクリートを二軸方向の半径方向にのみ拘束する点に特色がある。そして、軸方向には別に、膨張コンクリートの外部に配置するPC鋼棒とナットで固定した両端板により拘束する方法である。

この軸方向の拘束装置と輪切り鋼管とを併用することにより、三軸方向にも拘束できる(写真-1参照)。各拘束程度の異なる2組の拘束装置を組み合せることにより、一軸、二軸および三軸方向に任意の拘束状態で膨張コンクリートを拘束することが可能となる。

各方向に生ずる膨張率は、拘束器具の輪切り鋼管あるいはPC鋼棒の表面にワイヤストレインゲージを貼付して、コンクリートの打込み直後から電気的に測定する。また、輪切り鋼管内に設置した例を写真-2に示すように、鋼かごの円環と軸方向の鋼棒の表面にワイヤストレインゲージを貼付してコンクリート中に埋込むと、拘束器具のない供試体の膨張率をも測定することができる。この場合の鋼かごは、ゲージの

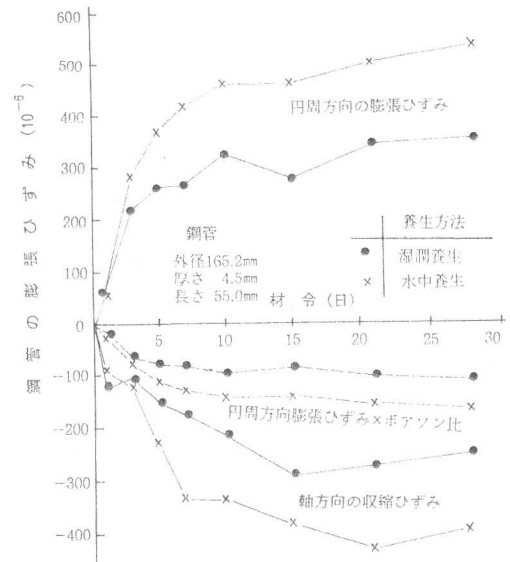


図-2 養生方法を変えた短い鋼管のひずみ

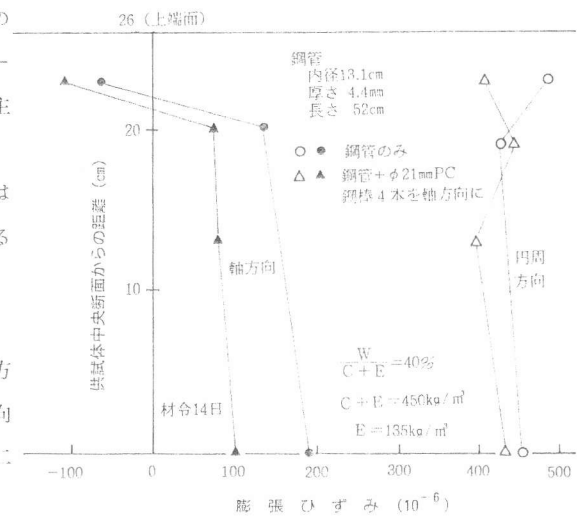


図-3 鋼管のひずみ分布

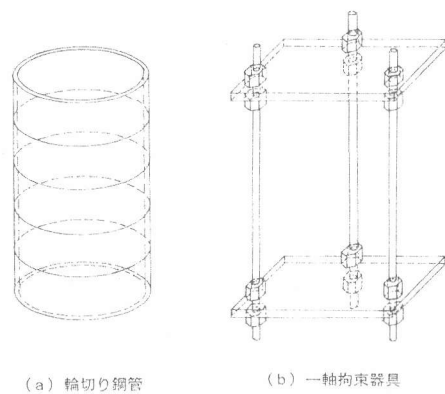


図-4 多軸拘束方法

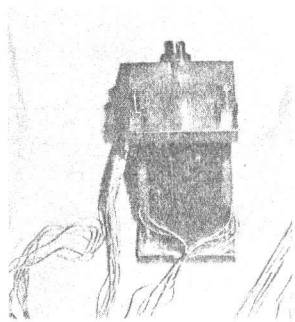


写真-1 三軸拘束方法

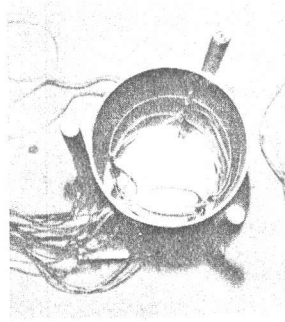


写真-2 輪切り鋼管内の鋼かご

貼付が可能な範囲内において、各方向の拘束程度ができるだけ小さくなるように、薄肉あるいは細径の鋼材を用いる。鋼かごのゲージはまた、強度試験前に拘束器具を取り除く際のコンクリートの挙動とともに、強度試験時の変形の測定にも兼用することができる。

PC鋼棒による軸方向の拘束は、コンクリートのブリーディングがほとんど終了した所定の時間に、端板とコンクリートとの隙間をなくするため、所定の引張ひずみになるように3本のPC鋼棒を締め付けることにより行う。

膨張コンクリートの強度試験には、一般に、ナットをゆるめてPC鋼棒を取除くとともに、輪切り鋼管を切断し、拘束器具を取除いて行う。特に、輪切り鋼管を切断することは、鋼管の分担力が大きく、また、コンクリートとの合成作用の効果がまだ十分に解明されていないためである。なお、このような拘束器具を取除く際に生ずるひずみの変化および強度試験時におけるひずみの測定にも、鋼かごに貼付したワイヤストレインゲージを兼用することができる。

4. 輪切り鋼管による拘束下の膨張性状

輪切り鋼管を積み重ねることにより、拘束の程度が不明確となる軸方向の膨張を実用上拘束しないで、半径方向にのみ拘束させる本提案の方法では、鋼管の幅が問題となる。幅は小さくするほど良いが、試験の実施が大変になる。すなわち多数の輪切り鋼管が必要となり、鋼管のセットも難しくなる。

長さが60cmで直径が15.5cmの膨張コンクリートを、厚さが4.9mmの輪切り鋼管により拘束した場合の膨張性状を実験した。鋼管の幅が2.5cmを24個、5cmを12個、10cmを6個および20cmを3個それぞれ積み重ねたもの、ならびに、長さが60cmの1本について行った。

鋼管表面に貼ったワイヤストレインゲージから求めた円周方向と軸方向のひずみの分布を、各鋼管の幅ごとに図-5に示す。ひずみの増加がほとんど無くなった材令7日を選った。

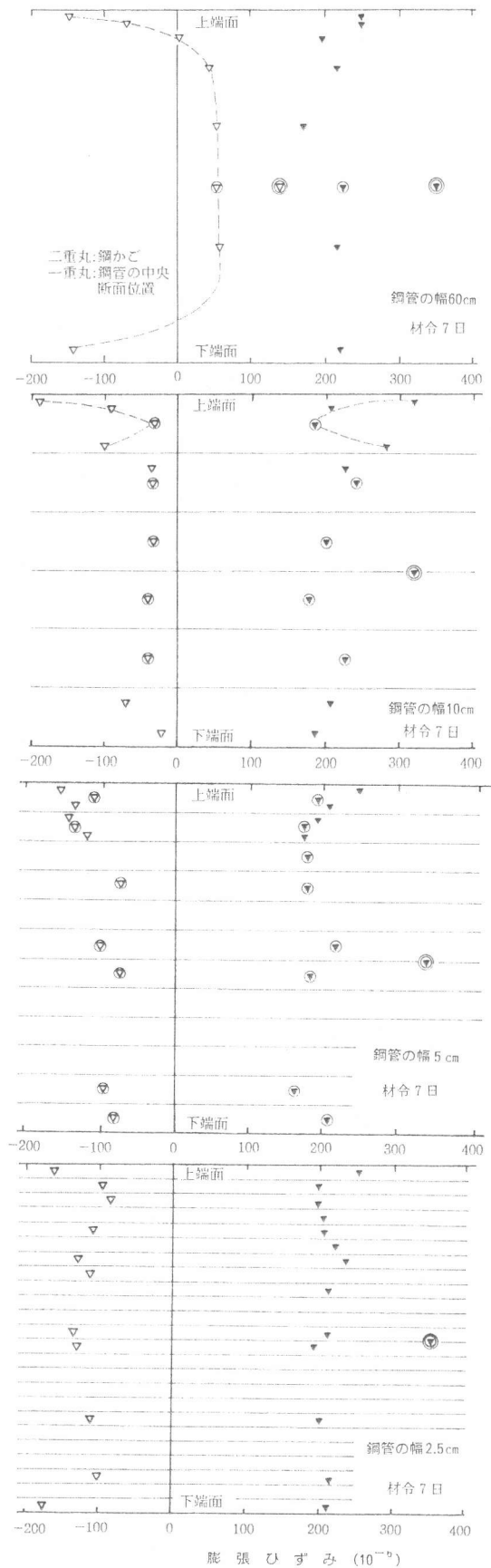


図-5 輪切り鋼管のひずみ分布

長さが60cmの鋼管で拘束した場合には、図一3と同様に、円周方向の膨張ひずみがほぼ等しい分布を示す。また軸方向では、端面近くの圧縮ひずみから、中央断面に近づくに従っての引張ひずみへの増加と、ある範囲を越えての一般的な引張ひずみの分布といったひずみ分布を示す。図中に二重丸で囲んだ高さが1/2の位置での鋼かごから求めた膨張ひずみは、鋼管に比べて約2倍となっている。端面から直径の2倍離れたところでも、鋼管の軸方向の拘束は十分でないといえる。

幅が10cmの最上段における鋼管の軸方向ひずみも、60cmの長さの鋼管端面近くと同様な現象を示す。またこの場合には、円周方向の膨張ひずみが両端面近くで大きくなっている。同様な現象が幅5cmの鋼管を12個積み重ねた最上段の鋼管についても明瞭である。幅が20cmの鋼管では最上段だけでなく、中央の鋼管にも認められた。

図一5には、各輪切り鋼管の幅中央の測定値を一重丸で囲んで示している。幅中央の値は、供試体長さ方向にほぼ一般的な分布を示す。そして、軸方向のひずみは、鋼管の幅が大きくなるほど当然膨張側となるが、円周方向の膨張ひずみは、幅の変化にかかわらずほぼ等しい値となった。

鋼かごで測定した円周方向の膨張ひずみを二重丸で囲んで示す。各幅の鋼管とも、鋼管表面のひずみに比べて大きくなっているものの、ひずみの値自体は、鋼管の幅にはほとんど影響されないようである(図一6参照)。図一6には、同じく軸方向の膨張ひずみを、鋼管の幅とともにプロットしている。幅が小さいほど膨張ひずみは大きくなっている。

長さが30cmの中央断面における膨張ひずみも図一6に示す。長さがこの長さのように短くなると、ワイヤストレーンゲージを貼った鋼かごの細径の鋼棒が、附着によりコンクリートを十分に拘束することができず、軸方向の膨張ひずみは小さくなる。しかしながら、円周方向の膨張ひずみは、長さが60cmの鋼管とほぼ等しい。

直径が約15cmの円柱状の膨張コンクリートを輪切り鋼管で半径方向にのみ拘束するには、鋼管がつづみ状に変形する影響を小さくするためにも、できるだけ幅の小さい鋼管が良好である。しかしながら、容易に実験を行うことを考え併せると、鋼管厚にもよるが、5cm程度の幅が推奨される。供試体の高さは、膨張量の試験には高いほど望ましいが、強度試験にも併用するとすれば、直径の2倍程度が一般的と考えられる。

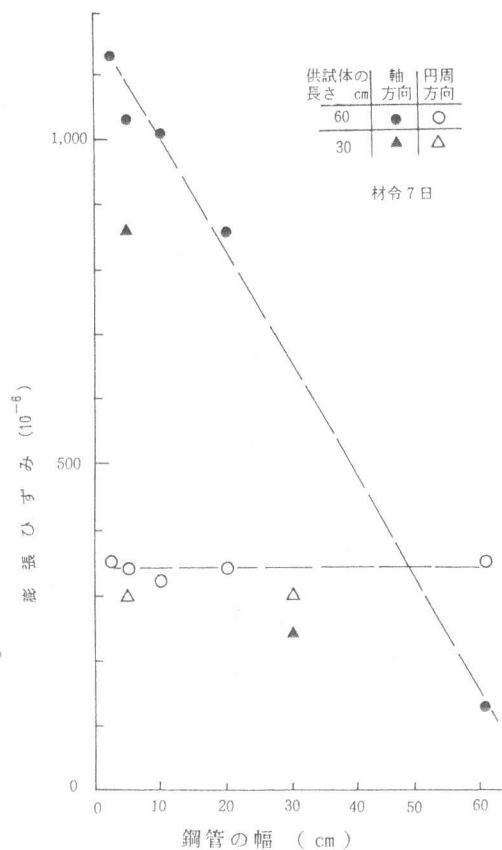
5. 結論

輪切り鋼管により円周方向の二軸方向を、またPC鋼棒により一軸方向をそれぞれ拘束し、これらの拘束装置を組み合わせることにより、任意の多軸拘束状態を受ける円柱状の膨張コンクリートの膨張量を試験する方法を提案した。また、各方向の膨張率は、ワイヤストレーンゲージを貼付した鋼かごによる測定方法を考案した。この方法は、膨張量測定後に膨張コンクリートの強度試験に容易に供し得ることができ、任意の拘束状態における膨張コンクリートの膨張量と力学的特性との相互関係を求める試験方法としても有用であると考えられる。

本研究は、東京大学教授 岡村甫先生の御指導のもとに行われたものである。また、昭和56年度文部省科学研究費補助金(課題番号56550330)を受けた。ここに謹んで厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) J I S A 6202 コンクリート用膨張材—参考1. 膨張コンクリートの拘束膨張及び収縮試験方法



図一6 鋼かごで測定したコンクリートの膨張ひずみ