

コンクリート構造物の応力測定に関する基礎的研究

松江高専 学生会員○持田 敦子

松江高専 学生会員 平坂 佳子

松江高専 学生会員 佐竹 亮一

松江高専 正 会 員 濱野 浩幹

1. はじめに

コンクリート構造物の耐久性についての話題が、頻繁にニュースでも取り上げられるようになってきた。構造物が安全であるかどうか、すなわち、実際に生じている応力が設計通り、許容応力度以内にあるかどうかを検討することは、現有の構造物を使用していく上で必要である。また、現在構築中の構造物が、設計通りの強度を発生しているかどうかを、検証することも重要なことである。

このため、既設構造物に作用している現応力を測定することは、維持管理の面において必須の条件である。この現応力の測定方法の一つとして応力解放法がある。その原理は、構造物を穿孔するときに生じる解放応力（ひずみ）を測定すれば、それが即ち、構造物の現位置応力（ひずみ）に等しいというものである。

今回開発した「スポットコアリング法」は、測定したい箇所が直接測定でき、取り扱いが簡便で、かつ構造物の損傷が極力少なくて済むという利点がある。

2. 実験概要

2.1 スポットコアリング法

ここでの「スポットコアリング法」とは、解放応力（ひずみ）と内部応力（ひずみ）が等しいという応力解放の原理に基づき、測定部ひずみゲージの周囲を、コアカッターを用いて円形状に穿孔していくことにより、穿孔（削孔）部の応力を解放させて解放ひずみを得ようとする方式である。

「スポットコアリング法」では、測定したい点の開放ひずみを直接求めることができる。また、穿孔部の解放応力（ひずみ）を、作業前から終了までの全過程において、連続して測定できるので、穿孔深さと解放ひずみの関係を、相関的に表わすことができ、通常、コアビット径の半分程度の穿孔で応力が開放されるため、測定対象構造物への損傷を、最小限に抑えることができる。

2.2 基礎的実験概要

これまでに既に物体表面の応力測定実験は、岩石、鋼材、地盤、木材およびモルタル供試体を対象として行ってきた。しかし、実際の構造物は粗骨材の入ったコンクリートを使用している場合が多い。今回の実験ではそのコンクリート供試体表面の応力測定を「スポットコアリング法」で行い、その有用性を検証する。

ここで使用するコアビットは内径 5cm の大きさのものを使用する。骨材の有無、添付面の状況等を考えると、ひずみゲージは出来るだけ長いものがよいと考えられるが、種々の実験的考察および、コアビットの内径に適合するものとして、使用するひずみゲージの長さは 1cm のものとした。

この場合考えられる問題として、ひずみゲージの貼付と絶縁が挙げられる。前者については、コンクリート供試体の表面は粗いため、ひずみゲージの長さが 1cm 程と短い事も相まって、ひずみゲージの貼付が上手く

ゆかず、ひずみ測定に支障をきたす懸念がある。後者は穿孔時の冷却水が導電部にかかることによる漏電と、ひずみゲージから延びるワイヤー同士の接触である。

よって、ここでは具体的な課題をこの 2 つとし、実験方法の習得と、コンクリート構造物に対して本測定法が有効であるかどうか確かめることを目的とした。コンクリート供試体は 30cm 四方、厚さ 5cm で作成し、粗骨材最大 25mm の供試体とした。荷重は上下方向に油圧ジャッキで等分布圧縮力 66.7kgf/cm² を載荷した。

2.3 基礎的実験方法および作業状況

実験の過程の概要を示すと次のとおりである。

(1) コアビット内のワイヤガイドシャフトにリード線を通し、その先端にひずみゲージを接続する。（このひずみゲージにより穿孔部のひずみを測定する）

(2) アンカーフレームにコアカッターを固定し、一様載荷板（下板）を置き、その上に供試体を前後左右に安定であるように据える。そして、コアカッターの刃が供試体に対して垂直にあたるように供試体の向きを調整する。

(3) 穿孔する位置を決めてから、ひずみゲージの貼付位置に罫線を入れ、紙やすりをかける。

(4) 水をふき取り、ヘアドライヤーで乾かす。

(5) ひずみゲージを貼る部分を、アセトンで拭く。

(6) 供試体の上に、一様載荷板（上板）、ロードセル、油圧ジャッキの順に載せ、ロードセルをデータロガーに接続した後、供試体を固定する。

(7) 供試体の前後左右で一様載荷となることを確認するために、供試体前面に数本、背面に 1 本のひずみゲージを貼り、それぞれのリード線をデータロガーに接続する。この時併せてコアビット内を通したリード線もデータロガーに接続する。

(8) データロガーをパソコンに接続し、測定条件を設定する。

(9) 油圧ジャッキで 10tf を目標に載荷する。この際、一様載荷確認用ひずみゲージの値がすべてほぼ等しくなるまで、載荷位置やジャッキの向きを変えながら何度も載荷しなおす。

(10) 穿孔部のひずみゲージを供試体に貼り、全てのひずみゲージを SB テープで絶縁する。

(11) ホースで水をかけながらコアカッターで穿孔する。（穿孔する速さは 10 秒に 1mm 程度で、45mm の深さまで穿孔する）

(12) 一定深さ（ここでは 1mm とした）穿孔するごとに測定する。（それにより、穿孔深さごとのそれぞれのひずみが自動測定・保存される）

(13) 得られた値をもとに、載荷時のひずみと荷重の関係、穿孔深さとひずみの関係を表と図で表わす。

2.4 実験結果

以上より複数の供試体から得られた実験結果の一部を表 1 に示す。No. 3 と No. 4 は同じ日に打設した供試体を用いており、解放ひずみがほぼ等しい結果が得

られている。

また、「スポットコアリング法」の特徴の一つに、穿孔部の解放応力(ひずみ)を、作業前から終了までの全過程において、連続して測定した結果を図1に示す。

表1 実験データ

供試体 No	最大荷重[tf]	最大解放ひずみ[$\mu\epsilon$]
1	10.16	207
2	10.54	249
3	10.03	158
4	10.15	149
5	10.15	267

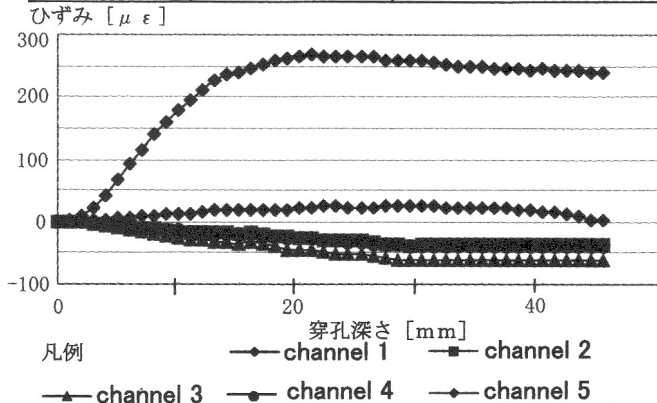


図1 表1-No.5 解放ひずみと穿孔深さとの関係

2.5 有限要素法による数値解析

以上の実験結果を検証するために、有限要素法を用いて解析を行った。図3は穿孔深さ1.0cmの時の応力分布図である。2.0cm, 3.0cm, 4.0cm, 5.0cm(完全穿孔)のときの応力分布についても同様に解析をした。中央が正面からの応力分布、右が孔の中心での縦方向の断面、上が孔の中心での横方向の断面での応力分布を示す。穿孔深さによって応力が解放される様子がよく見られる。ただし、解析は四分の一のだけでよいが見やすくするために全体を示した。紙面の都合上、ここでは穿孔深さ1.0cmの時の応力分布図のみを載せた。

次に、穿孔深さ2mmごとに計算した開放ひずみ曲線を図示すると図2のようになる。ここでは、弾性係数を $E=270,000\text{kgf/cm}^2$ として計算した。これは前項の結果における図1の解放ひずみ曲線と殆ど一致しており、実験が正確に行われていることを示している。

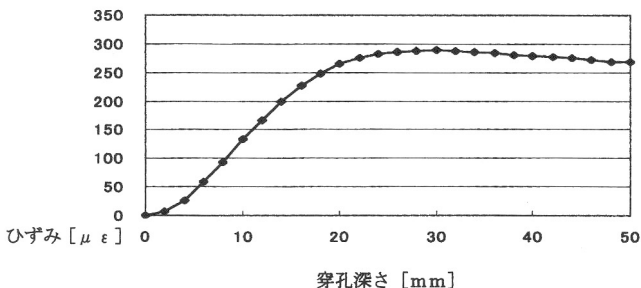


図2 ひずみと穿孔深さとの関係

3. 考察

今回の実験の課題にも挙げたひずみゲージの貼付については、供試体表面が粗いために、ひずみゲージが

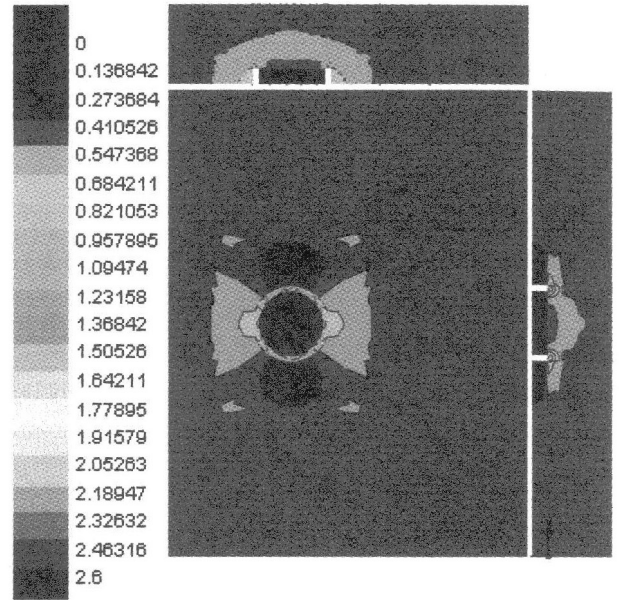


図3 1.0cm穿孔時点での最大せん断応力分布図

供試体と一体とならず働かない場合もあった。この点については、ひずみゲージを貼る前に行う供試体の研磨処理において、研磨を十分に行うことで解決できると思われるが、実際の現場では、この供試体以上に表面が粗いと予想されるため、特に注意を要する。これらについては文献2)で述べる。今回の実験では、粗骨材の最大寸法とひずみゲージの長さにおいて、粗骨材の最大寸法のほうが大きかった。ゲージを貼付する箇所によっては粗骨材寸法の影響が出るのではと懸念したが、今回の実験結果からは、これによる大きな影響は認められなかった。漏電、及びワイヤーの接触も問題なかった。これら一つ一つを考慮し、今後更に改善することが必要である。

以上、現時点において「スポットコアリング法」による実験は、我々が予想していたよりはるかに高精度であったといえる。さらに今回の実験において、応力の解放は、穿孔深さが2~2.5cmの間で終わるということ、すなわち、コアビット径の半分程度で応力開放がなされるということも確認できた。

今後の課題としては、ひずみゲージの長さと粗骨材の最大寸法の比を大きくして再度実験し、確認することが必要である。また、鉄筋コンクリート構造物の応力測定において、コンクリート内部に配筋されている鉄筋をどのように扱うか、これは今後の課題である。しかし、コアビット径の半分程度で力が解放されることは、鉄筋のかぶりの範囲内で応力が開放されることに繋がる。この課題に対しても「スポットコアリング法」による測定法がきわめて有用であるといえる。

参考文献 1) 浜野, 他: 既設構造物の応力測定に関する基礎的解析, 土木学会中国支部第54回研究発表会概要集(平成14年). 2) 平坂, 他: 施工中の構造物に対する応力測定実験, 土木学会中国支部第55回研究発表会概要集(平成15年).