

# 力の作用とひび割れの発生

## 1. はじめに

前回はコンクリート構造物に力が作用したときに、どのように変形するかを考え、長さが長くなるような変形をする部分に引張力が生じること、またその引張力が生じた部分にひび割れが入ることをお話ししました。

今回はコンクリート構造物にみられるひび割れについて、それぞれどのような力が作用して生じたものか、考えてみたいと思います。

## 2. ひび割れの原因

コンクリートにひび割れが入るのは、その部分に引張力が生じた場合です。ではコンクリート内部に引張力が生じるのはどのようなケースなのでしょう。

前回、構造体にかかる力として設備機器などの永久荷重、積雪などの変動荷重、および地震などの偶発荷重の3種類を紹介しました。これらの力によって、構造体の内部に引張力が生じることがあります。

また、コンクリート内部にあるものが膨張すると、これがコンクリートを押し広げるように作用し、結果としてコンクリート内部に引張力が生じることがあります。錆びることによる鉄筋の膨張、アルカリ骨材反応による骨材の膨張などがこの例としてあげられます。

ひび割れを発生させる引張力は、これらのコンクリート外部や内部からの力により生じる引張力だけではありません。外部から力が作用していなくても、コンクリート構造体が何らかの原因で変形しようとしたときに、その変形が自由に行えないと、内部に引張力

が生じることがあります。

変形がもとで引張力が生じる例として、柱と柱の間にある壁のコンクリートが乾燥によって収縮する場合があります(図1)。コンクリートの乾燥により壁の長さは短くなるようにしますが、柱は基礎などにしっかりくっついていて、その位置を変えません。結果として壁は縮みたいのに縮めないこととなります。このときのコンクリート内部に生じる力は、外力によって長さが長くなるような変形をしたときに生じる力と同じことになり、壁のコンクリートには引張力が生じることとなります。

内部に引張力を生じさせるコンクリートの変形には、乾燥収縮によるもののほかにも、温度変化によるもの、沈下によるものなどがあります。

このように、ひび割れの原因となるコンクリート内部の引張力が生じるのは、コンクリートに外部や内部から力が作用するケースと、構造体の変形が抑えられるケースの二つがあるのです。

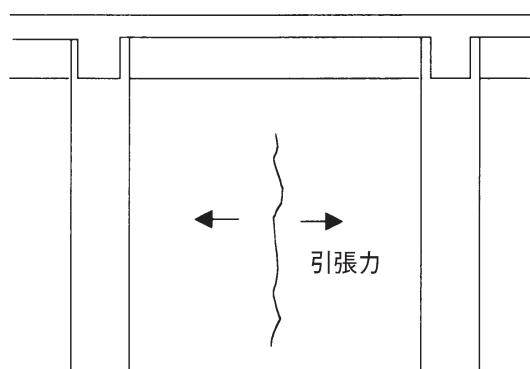


図1 壁のひび割れ(乾燥収縮)

### 3. 柱のひび割れ

柱には常時、建物の重さや積載荷重などの下向きの力がかかっています。つまり通常は圧縮力が働いていることになります。ところが地震などの水平力が作用したときには引張力が働くことがあります。地震時に柱は図2のような変形をすると考えられます。長さが長くなる変形は柱の上部と下部で生じ、柱の上部と下部に水平方向のひび割れが入ることになります。

次に図3のように柱の上と下に壁がつき、真ん中に窓がある場合を考えて見ます。この場合、最も変形の大いのは窓の高さの柱の中央であり、最も伸びる変形をするのは図のB-D間となります。これによるひび割れはB-Dの直角方向でA-C方向に入ります。また地震の力は両方向に作用しますので、逆の方向に作用したときにはB-D方向にもひび割れが入ることになります。一般に図2のひび割れが曲げによるひび割れ、図3のひび割れがせん断によるひび割れと呼ば

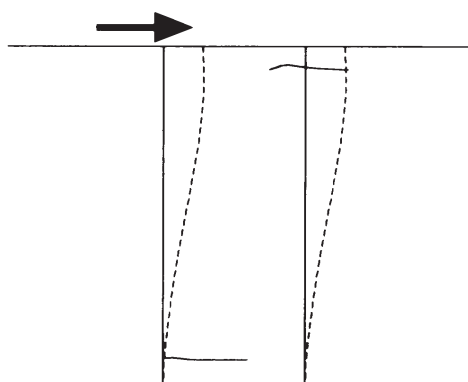


図2 柱の変形とひび割れ（水平力）

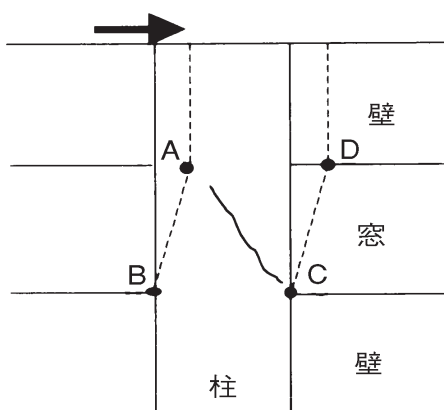


図3 壁付き柱の変形とひび割れ

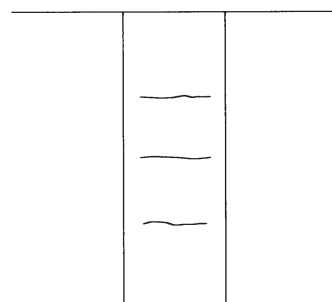


図4 柱のひび割れ（乾燥収縮）

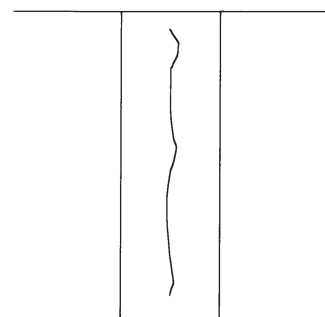


図5 柱のひび割れ（アルカリ骨材反応）

れます。

コンクリートが乾燥収縮したときに、柱にひび割れは生じるでしょうか。常時圧縮力を受けている柱では少々の乾燥収縮ではひび割れは生じません。しかし主筋が多く配されたような柱では、コンクリートが縮もうとしたときに、鉄筋がコンクリートの変形を抑えることで引張力が生じ、ひび割れが入ることもあります。このようなひび割れは図4のようになることが多いようです。

柱の内部に膨張要因がある場合のひび割れは、鉄筋の錆の場合はその鉄筋に沿って入ります。帯筋が錆びたときは帯筋に沿って水平に、主筋が錆びたときは主筋に沿って鉛直に入ります。アルカリ骨材反応で内部の骨材が膨張したときは柱の軸方向に図5のようなひび割れが入ることが知られています。

### 4. スラブのひび割れ

床スラブに重たいものが載ったとき、スラブ端部の上側と、中央部の下側が伸ばされ、それぞれ引張力が生じますので、図6のように上面にはスラブの周囲に、

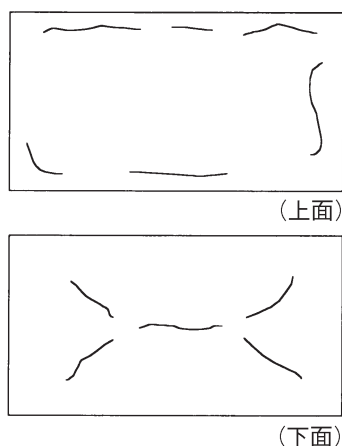


図6 スラブのひび割れ

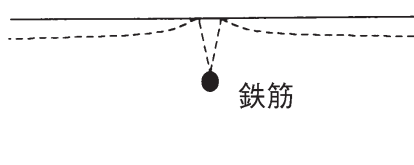


図7 沈みひび割れ①

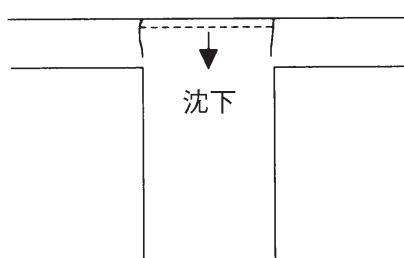


図8 沈みひび割れ②

下面には>—<状のひび割れが生じます。この場合、ひび割れはスラブを貫通しません。

スラブの乾燥収縮がまわりの梁で抑えられると、スラブの周囲や中央部にひび割れが発生することがあります。この場合、スラブの上面と下面のひび割れ形状はほぼ同じで、ひび割れがスラブを貫通することもあります。

施工中のコンクリートスラブ上面にひび割れが入ることがあります。打ち込んだコンクリートが沈下し、鉄筋がこの沈下を抑えようとする、鉄筋の上部のコンクリートに押し広げられるような力が作用し、スラブ表面に鉄筋に沿ったひび割れが生じます(図7)。このひび割れは沈みひび割れと呼ばれます。またスラ

ブの下に梁や柱がある部分とない部分では沈下の大きさが異なるために、図8のように柱や梁の縁に沿ったひび割れがスラブ表面に入ることがあります。これも沈みひび割れの一種です。これを防ぐにはスラブ下でコンクリートをいったん打ちとめ、沈下がおさまったところでスラブのコンクリートを打つことが推奨されています。沈みひび割れのように、コンクリートが固まり始めるまでの間に発生するひび割れは、タンピングや再仕上げによって取り除くことが可能です。

## 5. 熱の影響によるひび割れ

コンクリートは温度が高くなると膨張し、低くなると縮みます。温度による長さの変化が何かに抑えられると、そこに引張力が生じ、ひび割れとなることがあります。

構造体内部に図9のような温度差があると、高温の部分が膨張し、低温の部分が収縮しようとし、収縮しようとする動きを高温の部分が抑えてしまうと、低温部分に引張力が生じ、ひび割れが入る可能性があります。マスコンで内部が水和熱によって高温になったのに、表面温度が低いときにこのような状態が出現します。このひび割れは構造体を貫通することはありません。

マスコンで水和熱により高温になった時点で硬化し、冷えていく段階で構造体が縮もうとする動きを、地盤などによって抑えられると引張力が生じ、ひび割れが入ることがあります。この場合のひび割れは構造体を貫通することになります(図10)。

図11のように建物の上部にカタカナのハの字に、下部に逆ハの字にひび割れが入ることがあります。こ

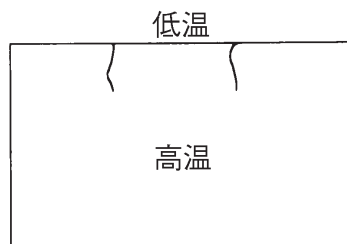


図9 温度差によるひび割れ

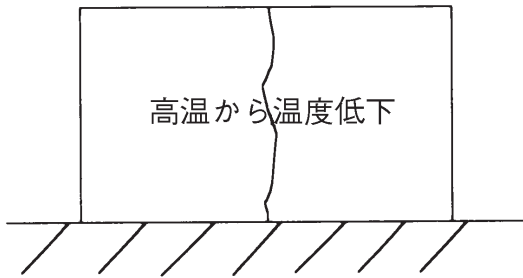


図 10 温度変化による変形の拘束時のひび割れ

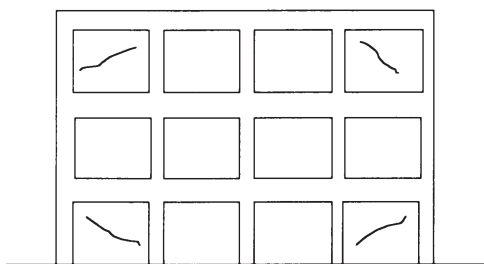


図 11 外壁のひび割れ

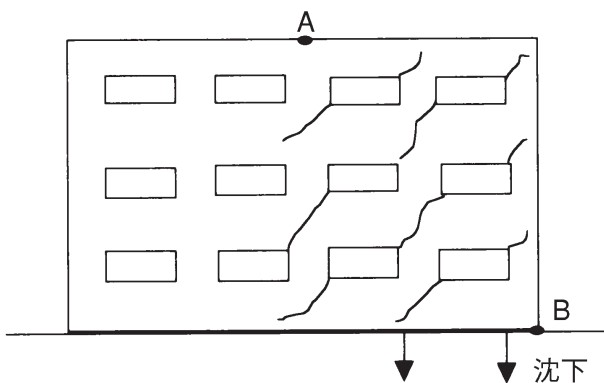


図 12 不同沈下によるひび割れ

これは日射による温度変化による変形が原因と考えられます。日射で建物の上側の温度が上がり、横に伸びようとした結果、ハの字型のひび割れが生じることになります。

## 6. 不同沈下によるひび割れ

地盤の一部が沈下し、構造物に沈下する部分としない部分ができる、構造物が強制的に変形させられ、長さが長くなる方向に引張力が生じ、引張力に直角方向のひび割れが発生することがあります。図 12 に不同沈下によるひび割れの例を示します。沈下により A - B 間が伸びる変形をすることになります。このひび割れの特徴は、ひび割れの向きが同じになることです。

## 7. おわりに

いろいろなひび割れについて、それぞれどのような力によって生じるものかを説明してきました。これらのほかにもさまざまなひび割れがありますが、ひび割れが見つかったときには、どのような力が働いたのかを考えてみるのも面白いと思います。