

CHAPTER 5

床スラブは ひび割れ多発箇所



完全には防げない 床スラブのひび割れ

➡ 建築主の理解を求めることが重要に

床スラブのひび割れを完全に防ぐことは非常に難しい。

床スラブでは、ひび割れ誘発目地を施工できないうえ、長期荷重による曲げ応力が発生するからだ。品質管理に十分注意を払いつつ、ひび割れリスクが高いことを建築主に事前に説明する必要がある。

ここでは、不具合の事例が多い床スラブのひび割れについて説明する。結論から言えば、床スラブのひび割れを防止することは非常に難しい。かなりのひび割れが生じるリスクがあることを、建築主にもきちんと説明する必要があると考えている。

もちろん、難しいからと言っていい加減な施工をしてよいはずはない。細心の注意を払って施工する必要があるのは、ほかの部位とまったく同じである。ただ、床スラブには、ひび割れの制御を難しくする固有の理由がある。

図1に、その理由として3つのポイントを挙げた。第1は、本来なら有効な対策であるはずのひび割れ誘発目地（以下、目地）を一般には設置できないことである。

第2は、壁部材と異なり、床スラブには固定および載荷荷重による曲げ引張応力が常に生じることだ。これと、収縮を拘束して生じる引張応力とを合算したものが内部応力として働くこ

とになる。

第3は、床スラブの部材形状にある。表面積は大きいのに断面厚さは小さいので、乾燥収縮が速い。さらに、大断面の梁部材などから大きな拘束を受けるので拘束変形量が大きくなり、ひび割れが発生しやすい。

床の打ち増しは構造に影響

まず、目地を設置できない理由から述べる。

壁部材では、壁厚を打ち増して、その分を欠き込み目地とするのが一般的である。ひび割れを目地だけに

図1 床スラブでひび割れ制御が難しい理由

1 ひび割れ誘発目地を設けることができない

ひび割れ誘発目地を設ける場合、目地深さに相当する厚さのコンクリートを打ち増しする必要がある。しかし、床は壁よりも面積が広いので、打ち増しによって建物全体の重量が大幅に増え、構造計算にも影響を与える。従って、勝手に目地を設けてはならない。

2 鉛直力による曲げ応力でひび割れが発生しやすい

床コンクリートは、壁と違って鉛直力による曲げ応力が発生する。曲げ応力はスパン中央付近と両端で大きくなる。この部分のひび割れには特に注意が必要である。

3 部材断面が小さいので収縮ひび割れも生じやすい

床コンクリートの表面積は大きいので、打設後の水分の蒸発速度が大きい。しかも、部材断面が小さいため、拘束変形量が大きくなり、収縮ひび割れが発生しやすくなる。

床スラブは、壁部材と異なり、ひび割れ制御が難しい固有の事情が存在する。かなりのひび割れが生じることを前提に、対策を考えることが必要になる（資料：図8まで特記以外は筆者）

集中させれば、効果的に不具合を防止できる。

ところが、床スラブでは表面積が大きい、壁と同様に「打ち増し+目地」の手法を取ると、建物重量が大幅に増大し構造性能への影響が大きい。**図2**に、有効床断面厚さが200mmの床スラブを例示した。断面欠損率を20%確保するには、深さ50mmの目地を設置し、同じ厚さ分のコンクリートの打ち増しが必要となる。単純計算すると、打ち増しによって固定荷重が5～15%増加する。これは、構造設計の見直しが必要になる増加量である。

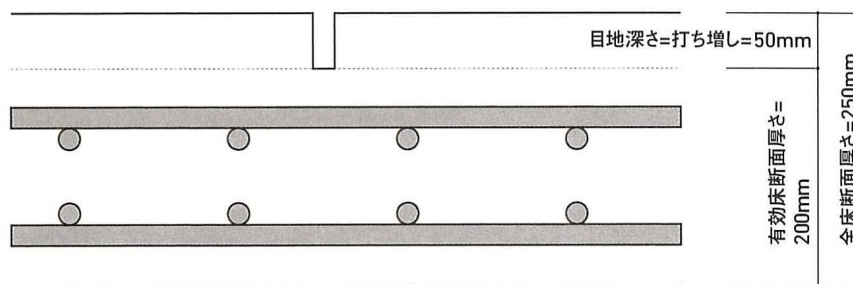
現実として、部材断面の打ち増しと目地の設置は、設計段階ではなく施工段階で決定する。しかし、構造性能に影響を与えるような施工を、設計変更なしで採用することはできない。施工者の勝手な判断で、床スラブに目地を設置することは通常できないのである。

無視できない長期荷重の影響

次に、長期荷重による影響について述べる。壁部材では長期荷重による応力は小さく、ひび割れへの影響はほとんど無視できる。ところが、床スラブでは、その影響が無視できないほど大きい。

図3は、床スラブの引張応力の分布を表している。(1)は収縮を拘束して生じる引張応力で、部材断面で一樣となる。(2)は長期荷重(自重)の曲げモーメントによる引張応力の分布を表す。これは梁端部で上側、中央

図2 床に目地を設けると固定荷重が1割増



全床断面厚さ 250mm、目地による断面欠損率を 20%とする



目地の深さ = 打ち増しコンクリートの厚さ = 50mm (250mm × 0.2)



120kg / m² ほど自重が増加する (厚さ 50mm で概算)



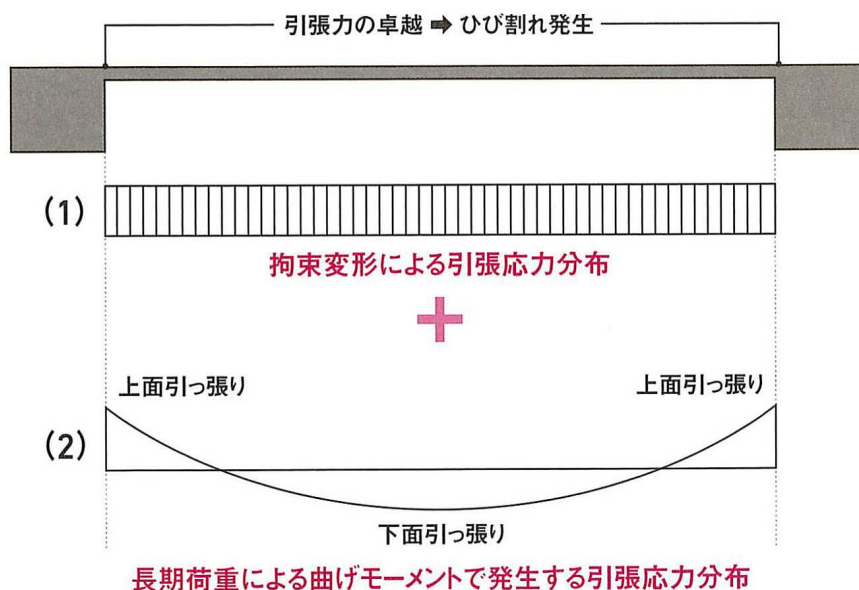
延べ床面積 1万 m² で 1200t の増加 ⇒ 固定荷重が 5～15% 増加



建物全体の構造設計に影響 ⇒ だから勝手に目地を切ってはいけない

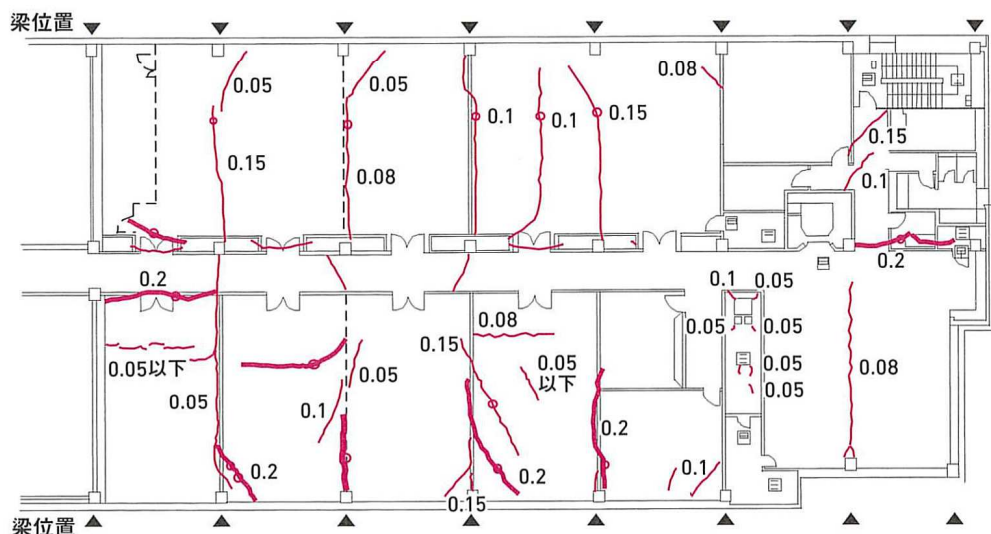
壁部材と異なり、床スラブの打ち増しは、構造設計にも影響を与えるほどの大幅な固定荷重の増大を招く。そのような施工措置を、施工者の判断で行うことはできない

図3 床スラブの内部応力が大きくなる理由



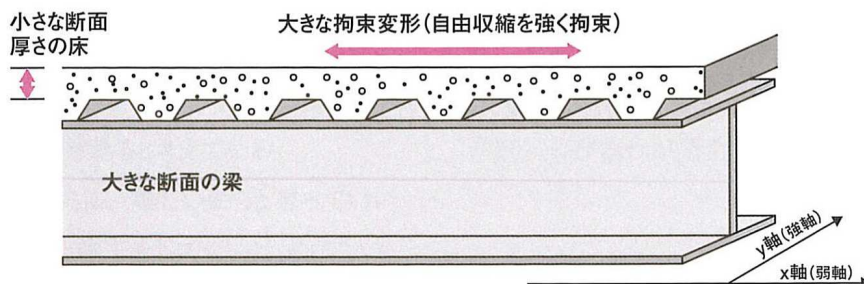
床部材には拘束変形による引張応力と、固定荷重の曲げモーメントによる引張応力がかかる。両方を合計した引張応力が生じることになり、その分、ひび割れが発生しやすくなる

【図4】大梁位置の材軸に沿ってひび割れが多発



床スラブでは、梁際とスパン中央の断面で引張応力が大きくなるため、大梁位置の材軸に沿ってひび割れが多数発生していることが分かる

【図5】異形断面デッキスラブのひび割れ発生メカニズム



- 1 デッキプレートのx方向は、大断面の梁（H形鋼）に拘束されるので、自由収縮が強く拘束され、大きな拘束変形を受ける
- 2 x方向の床断面は、厚さの大きい部分と小さい部分があるが、引張力に有効に抵抗するのは小さい方だけ。引張抵抗力は小さい
- 3 一方のy方向は、拘束が比較的弱い。
また、床断面は、厚さの大きな部分も引っ張りに対して有効に抵抗する



結論

従って、ひび割れリスクがより大きいのはx方向。
この向きの引張力により、
x方向と垂直な向き（y方向）のひび割れがほぼ不可避

部で下側に生じる。(1)と(2)を合計した引張応力は、梁の端部と中央部で卓越するので、梁端部にはスラブ上面、中央部ではスラブ下面にひび割れが生じやすい。スラブ上面のひび割れは目立つので、梁端部のひび割れがよく問題になる。

【図4】は床スラブ上面のひび割れを平面図に記したもので、梁際とスパン中央の断面で引張応力が大きくなるため、大梁位置の材軸に沿ってひび割れが発生している状況が分かる。

ちなみに、床の構造や形状で比較すると、筆者の経験では、鉄筋コンクリート（RC）の一般構造スラブが最もひび割れの不具合が少ない。これは、ひび割れ幅を0.3mm以下に制御するため、鉄筋比を原則0.4%以上確保することが推奨されているからだと推測される。

日本建築学会の「鉄筋コンクリート

図6 異形断面デッキスラブで x 軸と垂直方向にひび割れ

x 方向が大きな引張力を受けるので、ひび割れは x 方向と垂直方向 (y 方向) に入る

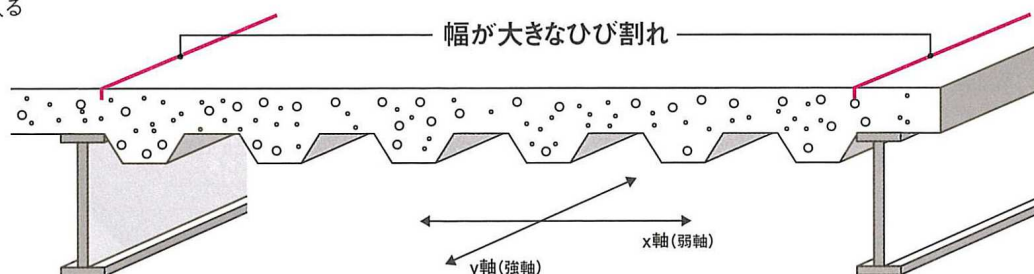


図7 幅 0.5mm 以上のひび割れが床スラブで多発した例

条件によっては、床部材では幅 0.5mm のひび割れは必ずしも瑕疵とは言えない

（資料：日本コンクリート工学会「高性能膨張コンクリートの性能評価とひび割れ制御システムに関する研究委員会報告書」p433-438、佐竹ほか）



構造計算規準・同解説 2010」では、RCスラブの構造設計上、長期荷重による梁際の引張応力をひび割れ強度以下に収め、長期荷重による応力だけでは、ひび割れ強度を超えない配慮がなされている。ただし、その場合も、図3の(1)と(2)を加算するとひび割れ強度を超過する傾向があり、実際にはひび割れが避けられない設計が多いことに注意したい。

強い拘束がひび割れの原因

続いて、第3の理由である「強い拘束力」によるひび割れのメカニズムについて説明する。

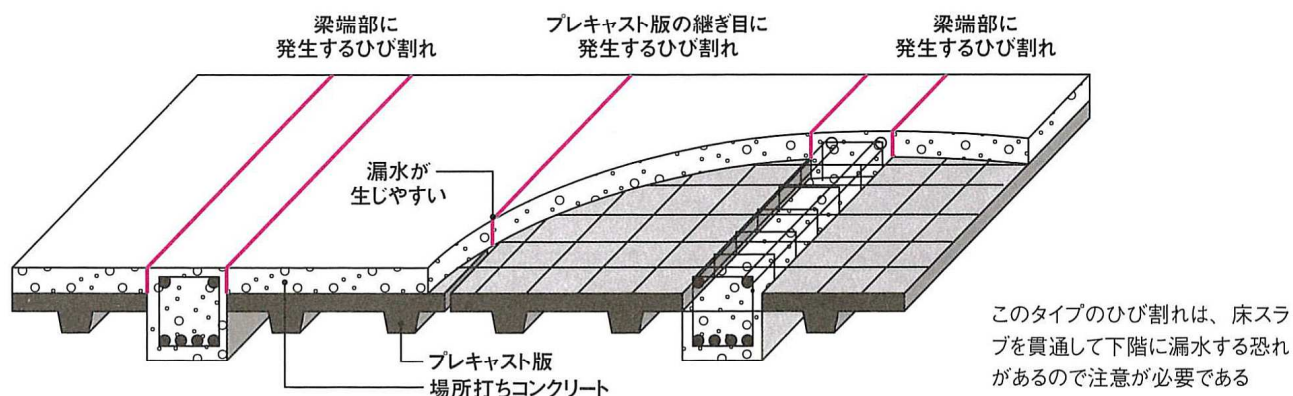
図5は、梁部材が床スラブに及ぼす拘束の影響について、模式的に示したものである。ここでは、拘束度が最も大きい異形断面のデッキプレート床スラブ（以下デッキスラブ）を例に挙

げた。

注目してほしいのは、図の x 方向に沿って大きな断面の梁（H形鋼）が固定されていることだ。このような大断面の梁に床スラブが拘束されると、大きな拘束変形を受けて床スラブはひび割れを生じやすくなる。

加えて、x 方向の引張抵抗力が弱い点にも留意したい。x 方向のデッキスラブ断面を見ると、上部は平板部

図8 プレキャスト版の継ぎ目上に発生するひび割れでは漏水リスクに注意



が連続し、下部は凸部と凹部が交互に連続する。x方向に引張力が生じると、有効に抵抗力を発揮するのは上部の平板部分のみである。つまり、x方向は大きな拘束変形を受けるうえに、引張抵抗力も弱い。

一方、y方向は小梁がないので拘束度は小さい。また、y方向の床スラブ断面をみると、平板部だけでなく凸部も引っ張りに対して有効に抵抗力を発揮する。

従って、ひび割れリスクが特に高いのはx方向（弱軸方向）であり、このとき実際のひび割れはx方向と垂直方向に生じる（図6）。

異形断面デッキスラブに注意

図5の異形断面のデッキスラブでは、ひび割れ幅の拡大により不具合リスクがさらに深刻となる。そもそも、異形断面デッキスラブは一方向スラブとして設計され、弱軸方向（x方向）については詳しく検討しないことが普通で、鉄筋量も少ない。

特に、異形断面床部材では、弱軸方向の鉄筋は溶接金網が配置されるのみで、図6のようなひび割れが発生すると大きく拡大し、幅が1mmを超える場合もある。そのため、図7のように大きな幅のひび割れが多発する状況となる。

ここで注意すべきは、図7のような状況は、施工者が最大の努力を払っても起こり得ることであり、必ずしも瑕疵とは言えないことである。図7には0.5mmを超えるひび割れが多くあり、ひび割れと瑕疵の関係を示した告示1653号の規定をそのまま適用すると瑕疵の可能性が高いと判定される（なお、デッキスラブは、住宅には通常採用

されないので告示1653号の適用外とするのが一般的）。

しかし、そもそも異形断面デッキスラブは、幅0.5mmを超えるひび割れが発生しやすい仕様である。この点は、建築主、設計者、施工者との間で事前に協議しておく必要がある。ひび割れ発生リスクの回避を重視するのであれば、仕様を変更することも対策の1つである。このほか、典型的なひび割れとして、ハーフプレキャスト（PCa）版を用いた床スラブに生じるPCa版の継ぎ目上のひび割れがある（図8）。このひび割れは、床スラブを貫通するので下階へ漏水しないように配慮が必要である。

ここがポイント

床スラブでは目地を設置できないし、
長期荷重による曲げも生じるので、
ひび割れが発生しやすい

ひび割れ発生リスクについては、
建築主、設計者、施工者の間で
事前に協議しておく必要がある

甘く見るとケガのもと 土間床の施工は慎重に

➡ 補修が困難、大きなトラブル招く恐れも

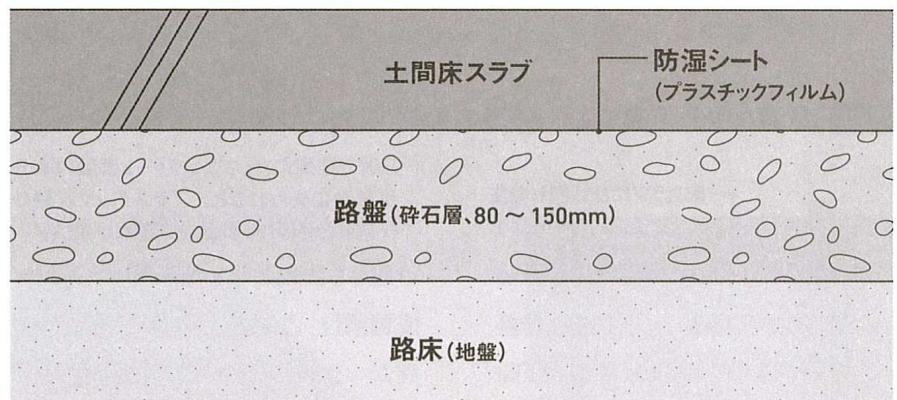
土間床スラブは構造的に重要でない部位と見なされ、品質管理に十分な関心が払われていない。しかし、実はトラブルが発生しやすい場所。
施工面積が広いだけに、ひとたび問題が起こると影響は甚大だ。

ここでは、生産施設などに広く採用されている土間床スラブを取り上げる。土間床スラブは、一般の構造床スラブと比べて経済的に施工できることもあって、さまざまな用途に導入されている。ただ、建築基準法上は主要構造部材と見なされていないこともあり、これまで品質管理の面ではほかの部材より軽い扱いを受けることが多かった。

しかし、近年ではクリーンルームなど先端的な生産施設でも土間床スラブが採用されるなど、その重要度は主要構造部材に劣らない。十分に配慮することなく施工すれば、ひび割れだけでなく土間床スラブの沈下など、重大なトラブルを招く恐れがある。万一、不具合が生じた場合は、高度に制御された室内環境への影響を最小限に抑えながら、土間床スラブを広範囲にわたって補修するなど、極めて難しい課題に直面する。

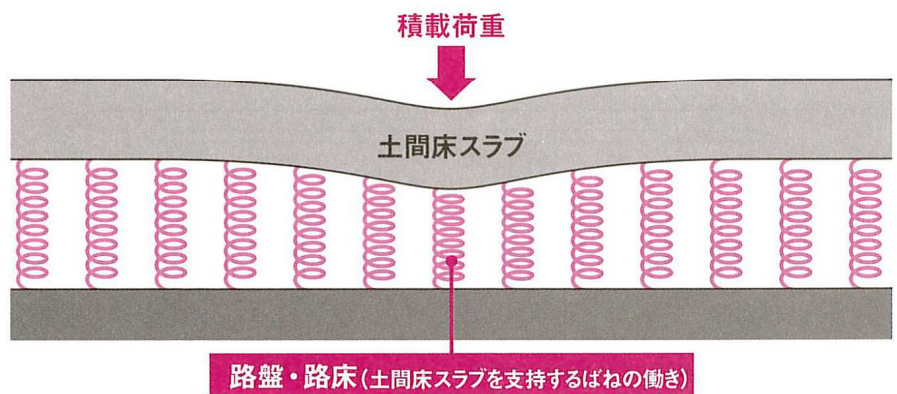
こうした事態を防ぐためにも、「たかが土間床スラブ」と侮ることなく、

図1 スラブ上の載荷荷重は分散して地盤に伝わる



一般の構造床スラブは柱や梁で支えられるが、土間床スラブは、路盤と路床で支えられる。路盤は、砕石を敷き詰めた80～150mm厚さの層で、路床は基礎となる土の部分だ
(資料：図8まで筆者)

図2 地盤で支えるので大きな曲げモーメントが生じない



土間床スラブの模式図。路盤と路床は、土間床スラブを支持するばねに例えることができる。このように、地盤全体でスラブを支える構造なので、大きな曲げモーメントが生じないことが特徴だ

図3 乾燥に対する配慮が施工上のポイント

- 1 露地でコンクリートを打設する場合には、直射日光や強風を避けるように工夫する
- 2 湿潤養生後、直ちにカッター目地を十分な深さで施工する
- 3 夏季に施工する土間スラブでは、目地間隔を小さくする
- 4 防湿シートの敷設は、防湿効果に加えて収縮に対する拘束を小さくするうえでも有効
- 5 打ち継ぎ目地の施工に当たっては、垂直方向のずれを防止する処置が必要になる
- 6 反りを抑制するためには、150mm程度以上のスラブ厚さを確保することが望ましい

土間床スラブの施工上のポイントを6つ列挙した。共通するのは乾燥対策。急速な乾燥が、ひび割れ発生の大きな要因となるので、絶えず注意したい

図4 急激な水分蒸発で生じるプラスチック収縮ひび割れ

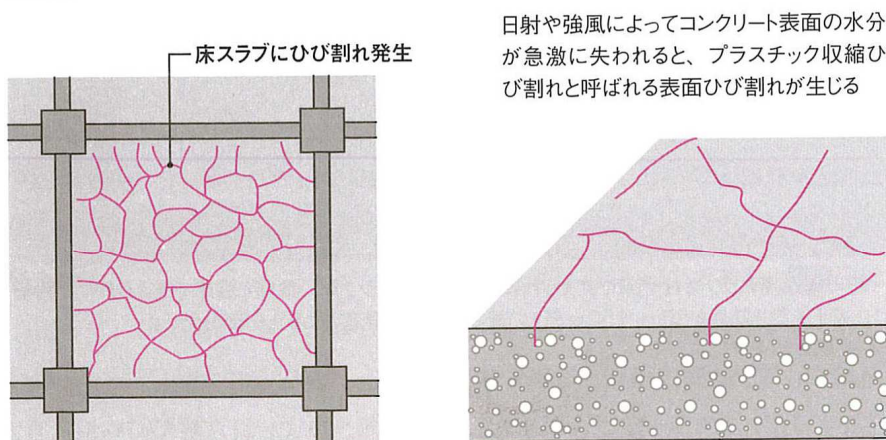
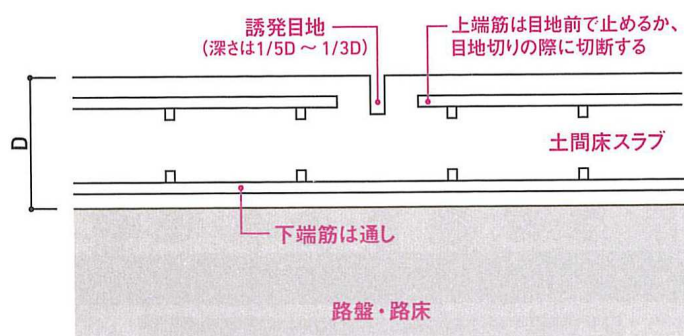


図5 構造床スラブと違って目地を施工しても大丈夫



構造床スラブでは、一般に目地を施工できないことが多い。しかし、土間床スラブでは、ひび割れ誘発目地を施工し、目地断面で鉄筋を切断する。また、コンクリートの打ち増しも必要ない

施工段階でポイントを抑えた品質管理を徹底したい。

地盤がスラブを支える構造

最初に土間床スラブの構造を説明する(図1)。土間床スラブは、路盤、路床に支持されている。スラブの載荷荷重はすぐ下の路盤で分散され、さらに路床に伝達される。路盤とは、一般に碎石を敷き詰めた80～150mmの厚さの層で、路床とは基礎となる地盤の部分である。土間床スラブ上に載った荷重は、図2に模式的に示すように、路盤や路床に直接支持される。一般の構造床スラブと比べ、さほど大きな曲げモーメントが生じないことが特徴である。

しかし、路床が軟弱な場合には沈下が起こり、大きなトラブルとなる恐れがある。そのため、路床に用いる地盤の耐力や反力係数には十分な注意を払い、調査結果によっては地盤を改良する必要も生じる。

しかし、たとえ路盤や路床が十分堅固であっても、施工の進め方によって収縮ひび割れが多発することがある。

土間床スラブ施工上の留意点

図3に、土間床スラブの施工上の留意点をまとめた。

最初の留意点として、コンクリートを打設する際に、直射日光、強風への対処をする必要がある。土間床スラブは露地で施工する場合も多いので、日射や強風によりコンクリート表

写真1

十分に湿潤養生しても 表面には微細なひび割れ

X線を透過しない造影剤を使い、ひび割れの発生状況を調べた。対象は、4週間の水中養生後、3カ月間乾燥させたコンクリート。表面の白い部分がひび割れに浸透した造影剤（写真：武田三弘東北学院大学教授）

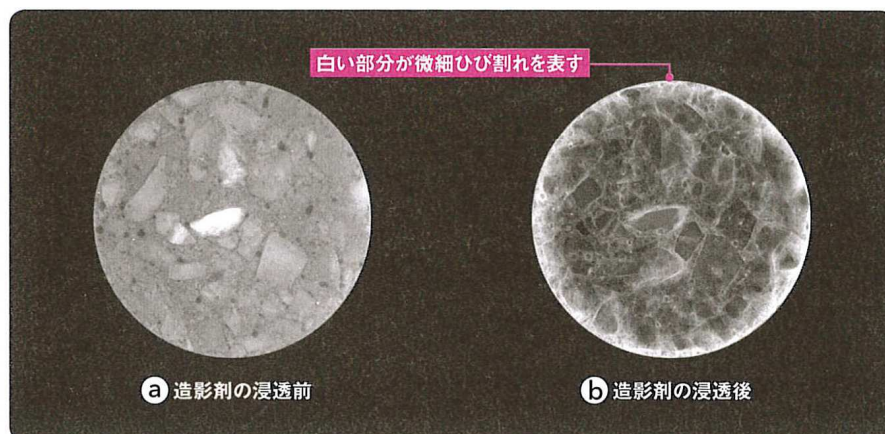
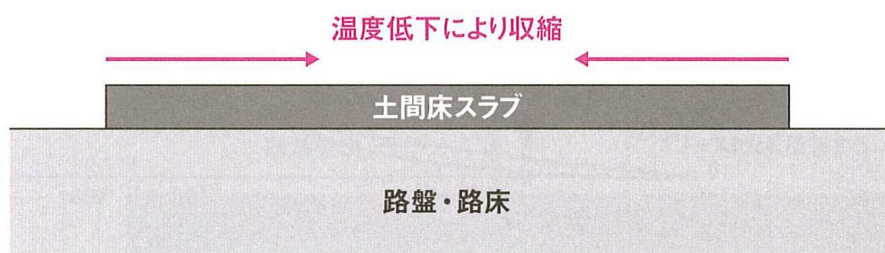


図6

表面は気温低下によって 収縮が進行

夏季にコンクリートを打設するときには、注意が必要だ。夏季から冬季にかけて気温が低下するに伴い、コンクリートの表面近くでは収縮が進み、収縮ひび割れが生じやすくなる



面の水分が急激に失われ、プラスチック収縮ひび割れと呼ばれる表面ひび割れが生じやすい（図4）。

これを防ぐには、仮設の日除けや風除けを設置するのが有効で、特に夏季の露天施工の場合の効果が大きい。また、表面のこて仕上げ後に湿潤養生をできるだけ速やかに始めることも重要だ。コンクリート打設の翌朝早くに墨出しをして、その直後に養生マット敷設や散水を開始するのが望ましい。

2番目の留意点として、湿潤養生後、直ちにカッター目地を十分な深さで施工する。この点については、前節で述べた「床スラブには目地を切ってはならない」と混同する誤解もあるので解いておきたい。

確かに、一般の構造床スラブでは、

ひび割れ誘発目地を施工できないことが多い。構造床スラブは大きな曲げモーメントを負担するので、目地断面で鉄筋を切断することができない。鉄筋を保護するために目地の深さに相当するコンクリートの打ち増しが必要となる。

ところが、その打ち増しによって建物重量は1割前後も増えてしまい、建物全体の構造計算に影響を与えてしまう。

構造性能に影響を与えるような施工を、設計変更なしで採用してはならない。つまり、施工者の勝手な判断で床スラブに目地を設けることはできないのである。これは、既に述べた通りだ。

その点、土間床スラブは地盤全体で支持されていて大きな曲げモーメン

トが発生しないので、鉄筋を切断しても一般的には問題ない。ひび割れ誘発目地を設置し、図5のように目地断面で鉄筋を切断する。このとき、コンクリートの打ち増しをしないのが普通である。

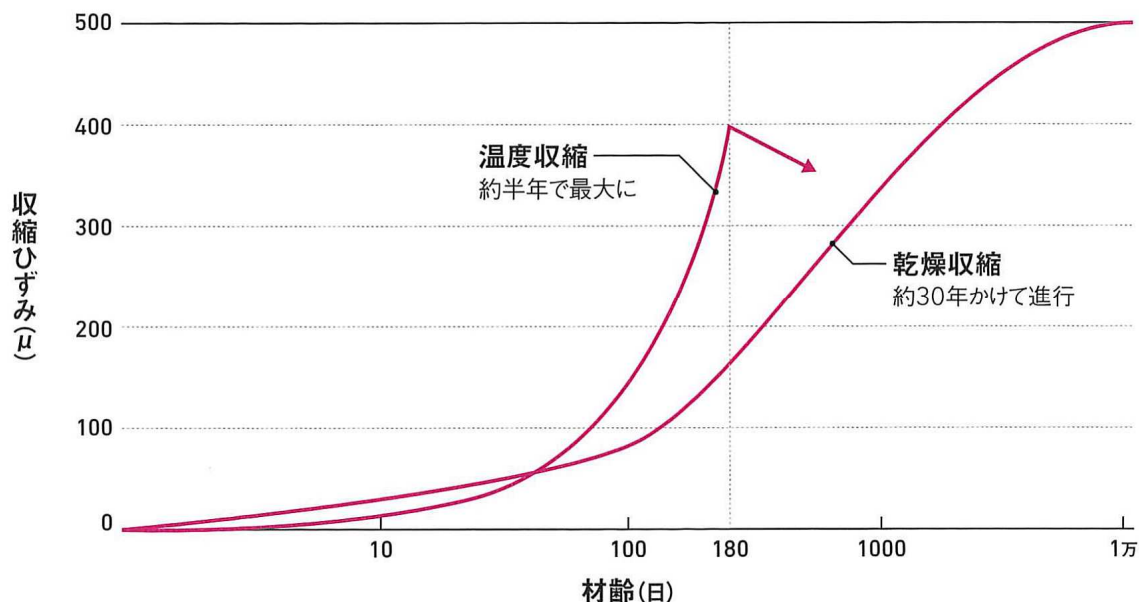
目地は乾燥前に施工する

ひび割れ誘発目地は、道路用の湿式カッターで施工する 경우가多いが、打設後3～5日間の湿潤養生終了後に、速やかに目地を切ることが重要だ。理由は、いったん湿潤養生を終了して乾燥させた後にカッター目地を施工しても、目地にひび割れが生じない例が多いためである。

なぜ乾燥した後では、誘発目地の効果が薄いのか。それは写真1に示

図7 夏季のコンクリート打設では温度ひび割れが発生しやすい

夏冬間の気温低下によるコンクリートのひずみは、打設後から約半年で400 μ と最大になる。これが乾燥収縮によるひずみと重なり、ひび割れリスクが増大する



す微細ひび割れによるものと推測される。この写真は、水中養生4週間を経て、温度20℃、湿度30%の乾燥状態に3カ月間置いた後、微細ひび割れを検出できる特殊なX線造影法で撮影した円柱供試体の断面を示したものである。

この測定法では、特殊な造影剤が微細ひび割れに浸透し、その部分がX線を通さず白色に映る。左の写真が造影剤浸透前、右が造影剤浸透後だ。浸透後、外周が白く表示されており、この部分に微細ひび割れが生じていることが分かる。

この実験では、十分な水中養生をしたが、それでも表面近くには微細ひび割れが生じた。従って、材齢初期のごく短期間で乾燥したコンクリートは、これ以上の微細ひび割れが生じることが容易に想像される。

こうした微細ひび割れは、目視レベルのひび割れの起点になると言われている。ひび割れ誘発目地を設けても、ひび割れの起点となる微細ひび割れが表面を覆っている状態では、その効果は大幅に低下する。

目地の間隔にも注意

3番目の留意点は目地間隔である。これは一般に3～5mで、土間床スラブの厚さが大きいほど間隔を広げてよいとされる。

例えば、スラブ厚さ200mmのとき5m程度に間隔を設定することが多い。しかし、効果を発揮させようとするれば、目地の間隔はコンクリートの乾燥収縮や施工時期によって変えざるを得ない。特に夏季にコンクリートを打設すると、通常の乾燥収縮ひずみに加え、

夏季から冬季に向かう季節間の温度収縮ひずみが重なる。この影響でひび割れは発生しやすくなるので、目地の間隔は少なくとも通常の3分の2程度に狭める必要がある(図6 図7)。

4番目の留意点は防湿シートだ。土間床スラブと路盤の間にポリエチレンなどのフィルムを必ず敷設する(写真2)。理由は、地盤からの湿気の上昇を遮断することに加え、土間床スラブの収縮に対する路盤の拘束を緩和する効果があるからだ。拘束が小さいほどひび割れ間隔が大きくなり、ひび割れ誘発目地が計画通りに機能する可能性が高まる。

5番目の留意点は打ち継ぎ目地の処理である。打ち継ぎ断面では、拘束度を小さくするため通し鉄筋を無くし、打設工区の土間床スラブを周囲から独立させる考え方もあるが、これでは

写真2

打設するときには 防湿シートを敷設する

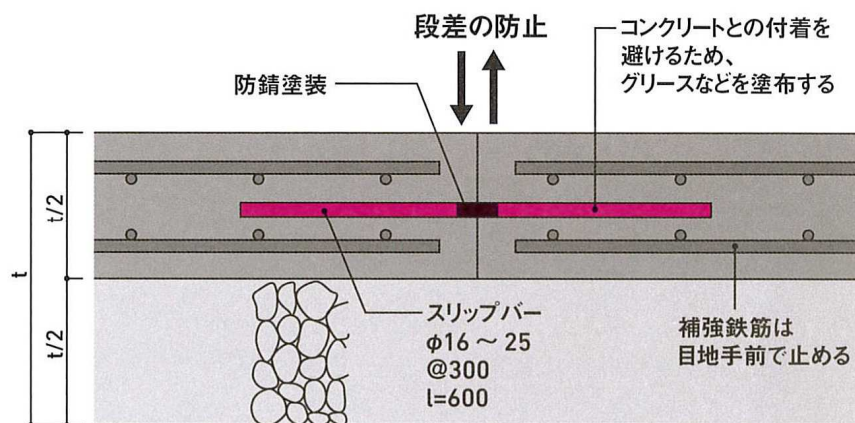
路盤と土間スラブの間には、防湿シートを敷設する。現場では、ポリエチレンなどのフィルムが使われることが多い（写真：リーフ）



図8

打ち継ぎ面にはスリップバーを設ける

打ち継ぎ面には、コンクリートとの付着を避けるため、グリースなどを塗布したスリップバーを施工する。これによって、打ち継ぎ面の段差を解消できる



打ち継ぎ部で段差ができる恐れがある。

そこでよく使われるのが、スリップバーだ。これは、打ち継ぎ面を貫通させるバーを施工することによって、両側を一体化して段差の発生を防ぐのが狙いだ。また、表面にはグリースを塗ってコンクリートとの付着を低減、拘束度を小さくする（図8）。

この方法は、打ち継ぎ面の処理に広く採用されている。

最後の6番目は反りの防止である。土間床スラブは、下面が路盤に接して乾燥しにくいのにに対し、上面からは乾燥し大きく収縮するので断面内にひずみの分布ができる。この分布は

外部荷重で曲げを受けた場合と類似し、端部に反りが起こる。反り変形を受けて路盤から浮いた状態にて載荷荷重を受けることで、この部分にひび割れが生じる。

反りを防止するためには、目地部

に通しの鉄筋を配置する、スラブ厚さを一定以上確保するなどの対策が重要である。スラブ厚さが100mm程度では反りのリスクが大きいいため、150mm程度以上のスラブ厚さを確保することが安全と考えられる。

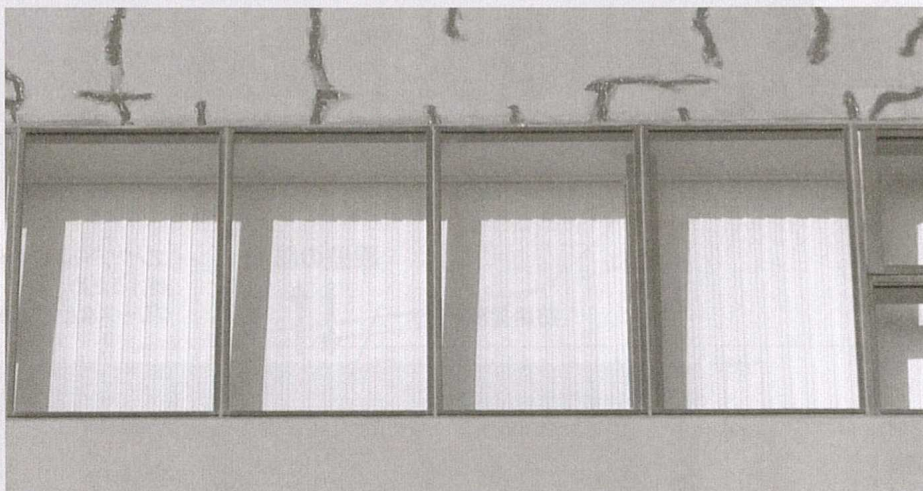
ここがポイント

**土間床スラブでは、急激な水分の蒸発で
プラスチック収縮ひび割れが生じやすい**

**土間床スラブには一般構造床スラブと異なり、
ひび割れ誘発目地を設けることは可能である**

コンクリートこぼれ話 ①

微小なひび割れから漏水



ひび割れからの漏水が多発した超高層マンション（左）。ひび割れ箇所には、エポキシ樹脂を注入したうえで、ウレタン防水を施している（写真：日経アーキテクチャ）

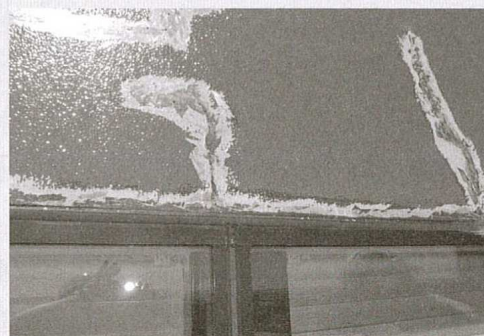
2

000年代に入って、首都圏を中心に大量供給されるようになった超高層マンション。そのなかには、漏水トラブルを抱えた建物が少なくありません。

上の写真もその1つ。首都圏に建つ築7年の28階建て鉄筋コンクリート造（RC造）で、約50カ所で漏水が見つかりました。漏水の起点となった場所は、躯体のひび割れが34カ所、シーリング材周辺が3カ所、カーテンウォールが12カ所でした。躯体のひび割れが、全体の約7割を占めています。

この超高層マンションは、免震装置を導入したうえで、圧縮強度約70N/mm²の高強度プレキャストコンクリートを導入していました。構造的にみれば十分な安全性を備えています。それでも、乾燥収縮や地震、強風などの影響で、幅0.2～0.25mm程度のひび割れが多数発生。そこから雨水が浸入しました。

外観に目を向けると、外壁の躯体コンクリートとガラスのカーテンウォールを同面（フラットな平面）で構成しています。超高層マンションの外壁は、厳しい暴風雨にさらされるもの。ひとたび、躯体のひび割れから雨水が浸入すれば、簡単にガラス面の背後に回って室内に入ります。本来は、ガラス面を壁面よりも後退させ、庇やバルコニー、水切り板などで雨水を切るのが基本。この建物は、意匠設計に無理があったようです。



ちなみに、日経アーキテクチャ編集部で、東京都や神奈川県を中心に約20棟の超高層マンションの外観を無作為に調べたところ、タイルの剥落が多数発生しているものや、プレキャストコンクリートの外壁のひび割れを補修した跡が残っているものなど、明らかな不具合を抱えたものが3棟ありました。

多くの超高層マンションが、これから大規模改修の時期を迎えます。改修工事は足場を組むことができないので、費用もかさみます。場合によっては、修繕積立金だけでは対応できないケースが出てくるかもしれません。超高層マンションの漏水やタイルの落下事故を防ぐには、構造躯体の安全性だけでなく、仕上げ材の挙動にも設計段階で十分配慮する必要があります。

（文責＝日経アーキテクチャ編集）