

コンクリートのひび割れ、その原因と実際の施工状況について

マンションに住んでいて最も気になる現象は、コンクリートのひび割れと思われる。一口にひび割れといっても発生場所、時期、ひび割れの程度により放置できるものもあれば、早急な対処が必要のあるひび割れもある。

ひび割れが問題になるのは、漏水や鉄筋の腐食を引き起こすなど、建物の耐久性を損なうためである。

ではなぜコンクリートにひび割れが発生するのか 原因は多様多岐にわたるが、その中でも代表的な原因と実際の施工状況について検証してみた。

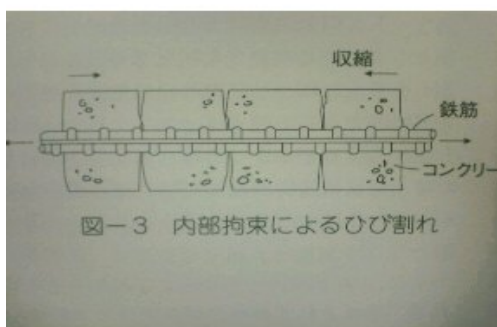
I ひび割れに起因する項目

- ① コンクリートの乾燥収縮によるもの
- ② 水和熱に伴う温度ひび割れ
- ③ 施工方法に起因するもの
- ④ 鉄筋の腐食によるもの
- ⑤ 凍結作用によるもの
- ⑥ アルカリ骨材反応によるもの
- ⑦ コンクリートの配合によるもの
- ⑧ 地震や温度変化などの外的要因
- ⑨ その他

II 乾燥収縮によるひび割れ

i 発生メカニズム

コンクリートは硬化する過程で収縮をおこす。これは、コンクリートに含まれる水分（余剰水）が乾燥により蒸発し、空隙となった部分に表面張力が発生するからである。空隙部分が多くなれば収縮量も大きくなる。梁のような形状の収縮量は長さ方向が最大で、まったく拘束されない長さ 10 メートルのものが僅か半年で 6～8 ミリ収縮する。



鉄筋コンクリート造では、内部の鉄筋がコンクリートを拘束した状態を形成しており、長さ方向に収縮が進行し限界点に達すると、引張力に対する抵抗力が小さいコンクリートは、長さ方向に対し直角方向にひび割れが生じる。以上が**内部拘束**によるひび割れである。次に、**外部拘束**によるひび割れの例であるが、この場合コンクリートの形状、断面寸法等により発生が顕著である。例えば、手すりや窓下の腰壁にひび割れが発生することがある。この場合は、断面寸法が比較的小さい（12 c m～15 c m程度）手すり壁等の端部を柱等が拘束しており、収縮に耐え切れなくなった端部付近にひび割れが発生する。このように、コンクリートが何の拘束も受けなければ全体が収縮するだけでひび割れは発生しないのだが、コンクリート構造物の各部材には何らかの拘束が必ず存在するので、乾燥収縮によるひび割れの可能性は、ほとんどのコンクリート部材について、高い確立で存在するといえる。



<備考1>

乾燥収縮によるひび割れの要因は、セメントと反応しない余剰水を多く含むことである。このひび割れ防止対策としては、コンクリート中に含まれる余剰水を減らすことが肝要で、これにより収縮量を抑えることが重要といえる。

次に、コンクリートの内部構成とその配合について簡単に説明する。

Ⅲ コンクリートの配合

i 水セメント比

コンクリートは水を必要とするため、水分の蒸発による乾燥収縮は避けられないと思われがちだが、水の量を減らすことで収縮量を抑えることはできる。

一般的に、セメント量に対する水の量は質量比で 65%程度であるが、セメントとの水和反応に必要な水の量は 25%～40%あれば足り、残りは**施工性能を確保するための**余剰水となる。これらの余剰水が蒸発することが乾燥収縮の大きな要因となる。

ii 単位セメント量

単位セメント量は、水とセメントの水和反応により発生する水和熱および、乾燥収縮によるひび割れを防止するためにはできるだけ少ない方が望ましいが、過少になると施工性が悪くなり、強度や耐久性の面で欠陥を発生しやすくなる。このため単位セメント量の最小値を 270 kg/m³としている。

セメントの種類としては、普通ポルトランドセメントが一般的である。

(ただし、建築工事において早強ポルトランドセメントを用いる場合もある)

iii 単位水量

コンクリートの乾燥収縮に最も大きな影響を及ぼすものとして、単位水量が挙げられる。単位水量が多いほど、乾燥による収縮量は大きくなるので、乾燥収縮が単位水量に大きく支配されているといえる。また、実際の施工現場では、コンクリートのやわらかさの程度を示す数値としてスランプが用いられ、受入れ検査時にその数値が確認できる。

建築工事標準仕様書では

(1) 単位水量の最大値 185 kg/m³

(2) スランプ値 (単位 : cm)

打込み箇所	基礎、基礎梁、土間スラブ	柱、梁、スラブ、壁
所要スランプ	15、18	18



スランプの許容差(単位:cm)

所要スランプ	スランプの許容差
8 未満	±1.5
8 以上 18 以下	±2.5
18 を超える	±1.5(注)

高性能 AE 減水剤を使用する場合は±2 とする。

<備考 2>

現在の建築工事施工現場では、スランプ 18 が一般的であり、生コン工場に対し設計基準強度や空気量等に加えてスランプ値を指定して発注している。コンクリート打設当日は生コン工場からの委託で、連絡担当者が付き添い、品質についての確認やコンクリートの追加の手配などを行っている。

iv 空気量

通常は 4%~5%の範囲内に設定されている。また含有空気にも種類があり、以下に大別される。

①コンクリートの練混ぜや打ち込み中に混入する大きな気泡で、コンクリートが硬化したときのあばたの原因となる（エントラップトエア）

②下記に示す、混和剤の混入により連行される直径が極めて小さな空気泡で、単位水量の低減と施工性の確保等を目指し混入させる空気。（エントレインドエア）

v 混和剤

コンクリートの流動性を確保するために用いられるもので、主な使用目的としては

- ① 施工性能の確保
- ② 凍結融解作用に対する抵抗性の改善
- ③ 水密性の確保
- ④ 乾燥収縮の低減
- ⑤ 耐久性の向上

混和剤の種類

種類	特性	備考
AE 剤	コンクリート中に微細空気を連行させることで施工性を良くし、中性化に対する抵抗性を増大させる。ただし、空気量が増大することで、圧縮強度と鉄筋との付着強度が低下する。単位セメント量を維持することで対応させる。	減水率は 8%程度であるが、空気連行による強度の低下を防ぐため、単位セメント量を維持する
AE 減水剤	セメントを分散して単位水量を減ずると同時に、コンクリート中に微細気泡を連行し、施工性の改善も期待できる。用途に応じて、標準形、遅延形、促進形に分かれる。	減水率は 12%～16%程度で AE 剤と比べて高い減水率を確保できる。単位セメント量も減少可能
高性能 AE 減水剤	AE 減水剤の性能をより高度にしたものである	減水率は 16%～25%程度
流動化剤	あらかじめ練混ぜられたコンクリートに対し、施工現場において添加を行い、流動性（スランプ）を増大させる目的として用いられる。	減水率は 20%～30%程度

vi 骨材

コンクリート中には、粗骨材（砕石）と細骨材（砂）が含まれており、強度を確保するために重要な役目を担っている。

粗骨材は堅硬な石質で、アルカリ性に対し安定した性質でなければならない。

<備考 3>

細骨材には海砂が多く使われるため、塩分対策が重要となる。旧建設省から出された「コンクリート中の塩化物総量規制について」によると、コンクリート中に含まれる塩化物量は、特別の措置を施した場合を除き 0.30 kg/m³以下と規定があり、品質確保に重要な項目である。

粗骨材の中にはコンクリートの強いアルカリ性に反応するものがあり、ポップアウト現象などの原因となる場合がある。こちらについても、「アルカリ骨材反応抑制対策」が国土交通省から示されている。

IV コンクリートの打ち込み

前述のような配合で構成されたコンクリートは、ミキサー車により施工現場へ届けられる。届けられたフレッシュなコンクリートを、施工現場で待機する圧送車へ移され、ポンプ力により打ち込み箇所へ送り、ホースの筒先で待機する数人の作業員により型枠内へ充填される。圧送車一台（つまりは、ホースの筒先 1 本）について配置される人数と構成は通常以下のとおり

- ① 圧送工 3名
- ② 土工 4名
- ③ 電気工 1名
- ④ 設備工 1名
- ⑤ 型枠工 1～2名
- ⑥ 鉄筋工 1名（但し、場合による）
- ⑦ 左官工 3名程（但し、床仕上げにより増員あり）

コンクリート打設日は工程の中でも重要なイベントに当たり、躯体業各職および、関係職は、当該日に照準を定めて人数調整、他業種との連絡調整または全体工程の流れを確実に掴み、施工管理者が作成した工程を遵守している。

コンクリート打設は層別に行われ、例えば 10 階建ての一般的な共同住宅の場合では、基礎部分を含めて通常 11～12 回の打設日を設けなければならない。1 回に打ち込む数量または時間については、建物の規模または施工現場固有に事情により異なるが、道路使用許可または近隣との協定などにより、通常 9 時～16 時頃までの終了を目標とする。ただ確実に充填させるには一度に多くの数量を打ち込むことは望ましくなく、15～20 m³/h が品質面でも適当で、逆算すれば 150 m³/日程度が妥当と考えられる。

また、**蜜実なコンクリート**を得るためには確実な充填作業が不可欠であり、特に②土工の人員配置と人数および、①圧送工との連携が施工上大きなウェイトを占めている。

<実際 1>

施工管理側からすれば、ジャンカや空洞などのコンクリートの欠陥は、外観を損なうとともに、品質低下および後工程に影響が生じる。そのためジャンカ等の発生防止が最大の要求事項であり、当該要求事項を満足させるため、および施工性を確保するためには、多少の水分調整、またはスランプ調整の必要性が生じる。

<実際 2>

型枠内には鉄筋の他、電気のボックス、設備のスリーブなど埋設物が多く、充填作業の妨げになるものが多く存在し、ジャンカや空洞の発生原因となる場合がある。

ジャンカ等の欠陥の発生に対し施工管理者は、②土工に対しペナルティを課すこととなる。土工サイドにしてみれば、ジャンカ防止対策および時間的制約に拘束されることとなり、

この窮屈な立場を回避するためには、スランプ値（つまりはコンクリートの軟らかさの程度）を大きくした作業性重視の軟らかいコンクリートを要求することとなる。

<実際 3>

左官工においては、打設が終了した部分の床均しがメインの作業である。①圧送工②土工の連携で打設が終えたスラブ上を手際よく均していくが、コンクリートが硬めだと、均しの手数が増え、結果的に打設速度を遅らせ他の職方からクレームを受ける。これを回避するには、軟らかいコンクリートの方が扱いやすく、手数の多さを改善できる。

<実際 4>

施工現場によっては、打設数量が少ない場合もあり、その日の現場を掛け持ちする圧送工もいる。この場合、後片付けの時間および移動時間を考えると、最初の施工現場を手際良く行き、余裕を持って次の現場へ移動したいと考える。そのためには迅速な充填作業が望まれ、結果として軟らかいコンクリートが好まれる。

このように、施工性能の確保、時間的制約、その他の事情により、建築工事において硬いコンクリートは敬遠されがちである。しかし、設計指示において、設計基準強度やスランプ値等の指示がなされており、施工者側が独断において指示された以外のコンクリートを注文できないはずである。しかし、実際は上記に記す**スランプの許容差を意図的に使い**、軟らかいコンクリートを注文している実態がある。また、コンクリート打設後は、適正な期間湿潤養生を行い、型枠の状態を保ちながら水分の乾燥を防ぎ、水和反応によるコンクリートの凝結を促進させなければならない。

<実際 5>

打設後のコンクリートは、型枠内部において水和反応を起こし、それにより発熱し凝結を始める。打設後の型枠は、コンクリートの表面を覆って乾燥を防ぐ役目を担う。外気温により型枠の養生期間が定められているが、実際は工期の関係上十分な養生期間の設定は困難であり、コンクリート打設の翌日または翌々日の脱型が通常となっている。特に打設後24時間以内の脱型時には、凝結の最中であるコンクリートから湯気が発生し、急速な乾燥を目の当たりにする。

せき板の最小存置期間(日)

施工箇所		基礎、梁側、柱、壁		
セメントの種類 平均気温		早強ポルトランド セメント	普通ポルトランド セメント他	高炉セメント B 種
コンクリートの材 齢による場合(日)	15℃以上	2	3	5
	5℃以上	3	5	7
	0℃以上	5	8	10
コンクリートの圧 縮強度による場合	—	圧縮強度が 5N/mm ² 以上となるまで		

V 乾燥収縮によるひび割れを防止する

ひび割れを防止するには、単位水量を低減し、収縮量を抑えることが最良と考えられる。しかしその反面、ジャンカ等の欠陥を招く可能性が増大することにもなるので、簡単な問題ではない。単位水量の少ない硬いコンクリートを打ち込むためには、発注者を含めた工事関係者全員が、硬いコンクリートが与える、硬化後の品質向上について認識することが重要である。品質を確保するには環境の整備、工事関係者の理解、配慮、意欲が必要である。

i 発注者の理解

必要な予算と工期の提供が必要と考える。初期投資費用が少々高くなっても、高品質の建築物は、維持費の減少および資産価値の向上など、初期費用以上の効果を得ることが可能となる。そのためには発注者（施主）の協力と理解が必要不可欠である。

ii 設計者の配慮

前述のとおりコンクリートを打設する型枠内は、鉄筋や埋設物により大変窮屈な状態となっている。このような場所に確実に充填をさせるためには、できるだけ単純な型枠形状（つまりは躯体形状）を想定して設計し、蜜実な充填できるスペースを確保する必要がある。最近の建築物は、設計者のデザインが反映され、複雑な形状のものが多い。また、強度を重視するあまり必要以上に鉄筋を組入れる場合（過剰設計）もある。これでは充填が困難となり結果的に流動性のよい軟らかいコンクリートを選択しなければならなくなる。強度と耐久性を確保し、蜜実なコンクリートを得るためには、設計者の協力が不可欠である。また、民間工事においても、コンクリート打設時には立ち会い、設計指示とおりのコンクリートが打ち込まれているか、また悪天候にも関わらず、コンクリート打設が強行されていないか最後まで見届けることは、設計監理者の責任である。

iii 施工者の意欲

施工管理者は、コンクリートのひび割れに関する知識を高め、軟らかいコンクリートが品質面でいかに弱点となり易いかを各工事担当者に周知させる責任がある。また建築工事では、建築物には仕上げを施し（化粧）素地面を覆うことができるが、このことが建築工事施工管理者のひび割れに対する問題意識を緩和しているように思える。意識の改善が急務である。

各工事の担当者は、ひび割れが生じないよう適正で確実な作業を行う責任がある。そのためには、施工管理者の適切な指示を遵守し施工マニュアルに添った作業を心がけることが大切である。また、施工後の欠陥に対するペナルティを回避するための施工ではなく、各職方がプロ意識と誇りを持ち施工に当たることが各職方の責務である。

VI まとめ

繰り返しになるが、乾燥収縮によるひび割れのないコンクリートをつくるには、**単位水量の少ないコンクリート**を用いること、および打設後のコンクリートに**十分な養生期間**を設け

ることに尽きる。コンクリートが乾燥下におかれても、内部から蒸発する水の量が少なければ体積の減少量が減るからである。コンクリートの比重は、 $2.2\text{t}/\text{m}^3\sim 2.4\text{t}/\text{m}^3$ で水の約2倍強の重さがあるが、水の量が多いと乾燥により重量も軽くなり、脆弱なものとなる。しかし、実際は水の量が少ない硬いコンクリートは嫌われ、軟らかいコンクリートが用いられる。また、工期の都合上型枠の養生期間が十分にとられず、早い時期の脱型となり、その結果コンクリートの乾燥を促進させる状況も見られる。コンクリートは、水とセメントが水和反応により強度を発現する水硬性であり、乾燥することで強度を発現するものではないという正しい知識と理解を工事関係者は深めるべきである。コンクリートは植物と同様十分な手入れと気配りにより美しい花やりっぱな実（耐久性と強度の確保）を付けることができる。蜜実で高品質のコンクリートを得るためには、工事関係者全員が一丸となり、**適正な工期**と予算を計上し正しい知識と理解をもって、工事に臨む姿勢が重要である。



バルコニー手すり部分の型枠組立て状況
複雑な形状により施工性が悪くなっている

コンクリート打設直前の型枠のスラブ上
電気の埋設管と配筋状況

福岡県マンション管理士会会員
吉松具一