5.　鉄筋コンクリートはり部材の曲げひび割れ

5.1.　ひび割れ幅の限界状態

・設計では通常、コンクリートの引張強度を無視し、鉄筋により、全ての引張力に抵抗させる。
・通常、コンクリートのひび割れは、RC構造物の破壊と直結しない。
・ただし、無筋コンクリートでは、「ひび割れの発生＝破壊」に直結する場合がある。
・鉄筋コンクリートでもコンクリートの引張抵抗に期待する場合がある（せん断力を受けるスラブや鉄筋の定着部等）。

○曲げを受けるRC部材の場合、使用荷重下ではひび割れに対する検討（使用性に関する検討）を行う。限界状態には、「使用限界状態」と「終局限界状態」がある。ひび割れは一般に「安全性」には直結しない。
・過度のひび割れ幅は、通常、以下のような好ましくない状況を引き起こす。
(1)ひび割れを通しての水分、塩分や酸素の侵入は鉄筋の腐食を引き起こす。
　鉄筋の体積膨張、かぶりコンクリートの剥落、腐食速度の増加→耐久性の低下
(2)気密性・水密性を求められる構造物では、過度のひび割れ幅→機能の喪失
(3)景観面 → 過度のひび割れ幅は好ましくない。美観の低下及び不安感の増大。

○RC構造物では、ひび割れは許容しても、ひび割れ幅は制限するべき。ひび割れ幅に関する使用限界状態の設定。

5.2　ひび割れ幅の限界値

・コンクリート表面のひび割れ幅の限界値は何で決まるか？
　→ これは構造物が置かれる環境条件に依存する。

・鉄筋の腐食：表面ひび割れ幅だけでなく、かぶりにも関係する。

○他の条件が同じとき、かぶり大 → 腐食小、かぶり小 → 腐食大。

◎「コンクリート表面のひび割れ幅を、環境条件、かぶり、鋼材の種類等から定まる鋼材腐食に対するひび割れ幅の限界値以下に制御する。」

　→　土木学会コンクリート標準示方書「設計編」の考え方

◎「ひび割れ幅の限界値は、環境条件、かぶり、鋼材の種類に応じて、表8.3.2のように定めて良い。ただし、かぶりcは 100mm 以下を標準とする。」
→　コンクリート標準示方書・設計編

表8.3.2　ひび割れ幅の限界値 w_a (mm)

鋼材の種類	鋼材の腐食に対する環境条件		
	一般の環境	腐食性環境	特に厳しい腐食性環境
異形鉄筋・普通丸鋼	0.005c	0.004c	0.0035c
PC鋼材	0.004c	—	—

例：c=50mmなら腐食性環境で異形鉄筋使用の際は0.004c=0.2mmが許容ひび割れ幅となる。

○PC鋼材に対するひび割れ幅の限界値は、腐食性環境・特に厳しい腐食性環境に対して、規定されていない。→　PC構造物は、プレストレスの導入により、曲げひび割れの発生と進展を抑制できるからである。したがって、これらの環境では、ひび割れの発生を許していない。
○またPC鋼材は応力腐食の問題など、腐食に対しては、異形鉄筋に比べて、より鋭敏である。→腐食性環境・特に厳しい腐食性環境では、ひび割れの発生を許容しない設計を行う。
○環境条件の区分：コンクリート標準示方書 → 3種類に区分

表8.3.1　鋼材の腐食に対する環境条件の区分

一般の環境	塩化物イオンが飛来しない通常の屋外の場合、土中の場合等
腐食性環境	1.　一般の環境に比較し、乾湿の繰返しが多い場合、および特に有害な物質を含む地下水位以下の土中の場合等、鋼材の腐食に有害な影響を与える場合。 2.　海洋コンクリート構造物で、海水中や特に厳しくない海洋環境にある場合等。
特に厳しい腐食性環境	1．鋼材の腐食に著しく有害な影響を与える場合。 2．海洋コンクリート構造物で、干満帯や飛沫帯にある場合、および激しい潮風を受ける場合等。

簡単に言うと、
「腐食性環境」：常に海水中にある場合、塩分を含んだ大気中にある場合。
「特に厳しい腐食性環境」：海水中につかったり乾燥したりする感潮部および飛沫帯にある場合、または海上大気中にあって、ときどき海水のしぶきがかかる場合。

5.3　曲げひび割れ幅の予測

(1)曲げひび割れ幅の予測式

・RCはりに曲げモーメントが作用 → 曲げ応力により、はりの曲げ引張縁から曲げひび割れが発生する。
・曲げモーメントが増加 → ひび割れの本数は増加し、ひび割れ間隔は減少する。
○ひび割れ間のコンクリート ← 鉄筋との付着で、引張に抵抗する（引張応力の発生）。
・ある程度のひび割れ本数 → 付着伝達長さの減少により、新たなひび割れはそれ以上、発生しなくなる。
○RCはりの曲げ引張側　→　安定した状態となる。
○この状態のRCはりの曲げ引張側に着目すると、軸引張を受けるRC棒部材と等価と見なせる。鉄筋がコンクリートの中心に1本配置されていると仮定する（図5.1参照）。