

各国のコードに見るPC部材の分類

竹 本 靖*

ひびわれ制御をキャッチフレーズとしたⅢ種 PCをはじめ、各種のプレストレストコンクリートが、設計コードの中で、どのように扱われ位置づけられているかを、いくつかの国々について比較してみた。

各種コードに示された設計の考え方なり手法なりは、それぞれの国の内情や伝統に基づいているため、研究発表や情報交換の活発さにもかかわらず、地続きの隣国同志でさえ、かなりの違いがあるが、これを、Ⅲ種 PC あるいは、それに相当する部材の位置づけという観点に立つと、各種コードは、大きく二つに分けられよう。

すなわち、コンクリートの引張縁応力度、および、ひびわれ幅に限界値を設定することによって部材の種類分けを明確に行うヨーロッパ方式と、特に分類はしないが実質的にⅢ種 PC に近いものを包含しているアメリカ方式とである。

ただし、種類を分けるタイプのものでも、ひびわれの発生を認め、その制限幅を数値としてはっきり提示しているコードはまだ少ない。また、分類したそれぞれの内容はもとより、表現さえもがかなりまちまちであり、同一の表現が違う内容であったりするので、比較対照上、油断ができない。

“full prestressing”は、あらゆる荷重状態で引張りを許さない、というのが一般的であるが、わずかな引張りを生ずるもの(わが国の partial に相当)までを含む例(スイス、ユーゴ、チェコ等)もある。“partial”は、わが国のように、低い許容引張応力度内に限定する方がむしろ少数派で、FIP などでは、ひびわれ発生範囲まで(Ⅲ種)を、広く含ませている。ひびわれを許すものを partial と分けて、“limited”と称する国(いずれも英訳した場合)も多い。逆に、ひびわれなしを“limited”、ひびわれありを“light”とする国(オーストリア)、プレストレッシングで分けずに、“no cracking”、“limited cracking”というように直截に表現する国(スウェーデン、ハンガリー)もある。

このほか、各個人でも使い分けが異なり(わが国でのみ使われる“PRC”も、厳密には人によって定義が異なる)、論文などもタイトルだけでは、具体的にはどのクラスのものを対象としているのかわからないことが多い。

とにかく、世界的に、この種の設計概念が、現段階ではバラバラであることを、表現法の差異が示していると言える。

ヨーロッパ方式は、CEB/FIP コンクリート国際指針で代表される。CEB/FIP 指針(1972)では、フルプレストレストのⅠ種から、プレストレストなし(鉄筋コンクリ

ート)のⅣ種までにコンクリート部材を分け、3段階の環境条件に応じて、それぞれ、荷重の全部および一部に対する断面の状態を規定している。表-1 参照。

表-1 CEB/FIP 指針、部材の種類別

種 別	Ⅰ		Ⅱ		Ⅲ		Ⅳ	
	全	一部	全	一部	全	一部	全	
環 境	protected	D	D	F	F	0.2	0.3	外観による
	unprotected	D	D	F	D/F	0.1	0.2	0.3
	very exposed	D				F/0.1	0.2	

protected: 通常的环境下での屋内の部材

unprotected: 不利な外気にさらされるか、多湿あるいは有害な環境下の屋内部材

very exposed: 特に有害な環境下にあるか、または、特殊用途の部材

表中、状態Dは、コンクリートの縁応力が引張りとならない、すなわちフルプレストレストの状態である。Fはひびわれが発生しない状態で、それを確かめる方法として、全断面有効としたときのコンクリートの縁応力度(繰返し荷重、150 N/cm²、その他、300 N/cm²)と鉄筋の応力度変化(繰返し荷重、4000 N/cm²、その他、8000 N/cm²)を抑えることにしている。0.1、0.2、0.3は、いずれもひびわれ幅の上限値(mm)で、鉄筋の応力度変化に対応したひびわれ幅計算式を使うようになっている。

これに似た方式をとっているのが、オランダ、オーストリア、フィンランド、スウェーデン、ハンガリー、スイス等の諸国であり、ひびわれ幅制限値を直接示すか、あるいは、鋼材の応力変動幅に限界値を設けている。わが国の土木学会 PC 標準示方書も、このグループに属する。イギリスとフランスも、同様な分類をしているが、ひびわれ幅を直接規定する代わりに、ひびわれがないものとした仮想断面でのコンクリートの引張縁応力度を制限するという間接的ひびわれ制御を行っている。

アメリカの場合(ACI 318-77)は、ヨーロッパ式の分類・定義づけはしていないが、コンクリートの許容引張応力度によって、結果的に、Ⅲ種相当のものまでを、プレストレストコンクリートの中に含めている。すなわち通常の場合で、許容引張応力度が $6\sqrt{f_c'}$ psi ($1.6\sqrt{F_c}$ kg/cm²)、ひびわれ後のたわみをチェックした場合でその2倍、と定めており、これらの値(たとえば $F_c=300$ kg/cm² で、それぞれ 27、54 kg/cm²) から見ると、通常の場合でほぼⅡ種、たわみチェックの場合でⅢ種の下あ

* (株)大林組技術研究所工法第2研究室長

表—2 各国のコードに見る PC 部材の種別

種別 (含相当)	荷重組合せ 0<x<1	日本・建築 設計施工規 準, 1975	日本・土木 標準示方書, 1978	CEB/FIP 国際指針, 1970	ス イ ス SIA 162, 1968	フィンランド BV5, 1973	イギリス CP 110, 1972	フランス French Code, 1973	西ドイツ DIN 4227, 1972	アメリカ ACI 318, 1977	オーストラ リア AS 1481, 1974
I	G+P	D	D	D	($\frac{D}{F}$) σ_c (11)	($\frac{D}{F}$) σ_c (15)	D	D	D	—	—
II	G	—	D	—	—	—	—	D	—	—	—
	G+x·P	—	—	D	—	—	—	—	—	—	—
	G+P	F σ_c (10)	F σ_c ($\frac{10}{20}$)	F σ_c (13) σ_s (816)	—	F σ_c (41)	F σ_c (21)	F σ_c (31)	F σ_c (30)	F σ_c (27)	F σ_c (13)
III	G	—	F σ_c ($\frac{8}{16}$)	—	—	—	—	D	—	—	—
	G+x·P	—	—	($\frac{D}{F}$ (上記))	F σ_c (11)	—	—	($\frac{D}{F}$ (上記))	—	—	—
	G+P	—	Cr σ_s ($\frac{1000}{2000}$)	Cr σ_s ($\frac{1428}{2448}$)	Cr σ_s (1530)	Cr —	Cr σ_c^* ($\frac{33}{39}$)	Cr σ_c^* ($\frac{62}{78}$)	—	Cr σ_c^* (54)	—
原典での表現	$\frac{1}{30} \cdot F_c$	グレード別 の表	N/cm ²	$0.6\sqrt{\beta_w}^{(1)}$	N/mm ²	グレード別 の表	引張強度	グレード別 の表	$6\sqrt{f_c'}^{(2)}$	$0.25\sqrt{F_c'}^{(2)}$	
日本の慣用に換算 ($F_c=300$ の例)			kg/cm ²	$0.65\sqrt{F_c}$	kg/cm ²	グレード30 の例	$1.8\sqrt{F_c}$	Bn 250の例	$1.6\sqrt{F_c}$	$0.8\sqrt{F_c}$	

{ D : 引張なし (σ_c : コンクリート (引張) 応力度制限 σ_c^* : 見かけの引張応力度制限
 F : ひびわれなし (σ_s : 鋼材応力度 (増分) 制限 () 内, 制限値, kg/cm² (単位はすべて kg/cm² に換算 (SI 単位⁽¹⁾;
 Cr : ひびわれ幅制限 () 内, 制限値, kg/cm² (単位はすべて kg/cm² に換算 (SI 単位⁽¹⁾;
 psi⁽²⁾ から)
 コンクリート立方体強度はシリンダーに換
 算 (×1/1.18)

たりに相当する (イギリスの場合のひびわれ幅 0.2 mm
 よりやや大きい)。

ACI 318-77 のコメントリーで、このひびわれチェッ
 ク型は、特に「積載荷重が一時的なもの」に適している
 旨の言及があり、実質的に、Ⅲ種的な考え方をとり入れ
 ていると言える。

西ドイツ、オーストラリア、それに日本の建築学会
 PC 規準等は、プレストレストコンクリートの中に、ひ
 びわれ発生を認めるものを含んでいない (地震などの異
 常荷重に対しては別である)。いずれも、低い許容引張
 応力度 (西ドイツはやや高い) で、ひびわれ発生を抑え
 る方針をとってきている。なお、西ドイツでは、DIN
 4227 (1972) を改訂して、ひびわれ許容 PC 部材を包含
 する作業を進めているとのことである。また、わが建築
 学会で、従来の PC 規準と RC 規準の間を埋めるⅢ種
 PC 指針を作成中であることは、本特集号でも明らか
 なとおりである。

表—2 に各国のコードから代表的なものを選んで、
 PC 部材の種別 (ないしは種別相当) 毎の、断面の状態

に関するクライテリアを示す。あわせて、相互の比較が
 容易となるように、コンクリートおよび鋼材の応力制限
 値 (許容応力度あるいは、応力変動幅制限値) を、共通
 の単位に換算して () 内につけ加えている。コンクリ
 ートに対しては、設計基準強度 300 kg/cm² を想定した。
 それぞれのコードの原典での表現と、その換算の方法等
 を、表の下部に記入してある。

参 考 文 献

- 1) 建築学会, PC 設計・施工規準, 1975
- 2) 土木学会, PC 標準示方書, 1978
- 3) CEB/FIP コンクリート構造国際指針, 1970
- 4) ACI 318-77 および同コメントリー
- 5) BSI, CP 110, 1972
- 6) SAA (オーストラリア), AS 1481, 1974
- 7) French Code, 1973
- 8) R. Walther : Teilweise Vorspannung, BETON-
UND STAHLBETONBAU, 4/1975
- 9) H. Bachman : Partial Prestressing of Concrete Str-
uctures, IABSE SURVEYS, S-11/79
- 10) 百島祐信 (訳) : DIN 4227 の臨時代替案, コンクリート
工学, 10/1976