

(18) 遠心力法によるプレストレスト コンクリート ボールの設計について

日本鋼 コンクリートKK 河 合 三 郎

前 書

長い間懸案となつてゐたR、CボールのJ I S規格が漸く決定し近く公布されることになつた。続いて起る問題は遠心力ボールのP、S化であらう。果してそれが経済的に立つるか否か、技術的に可能か何うかはこゝでは触れぬことにして理論設計が成り立つか何うかについて一応検討して見た。その結果を御報告し併てJ I S規格によるP、Sボール規格案を御参考に供する次第である。

§ 1. R、CボールJ I S規格の概要

R、CボールのJ I S規格はその種別に関する項が主な部分で (イ) 長さ (ロ) 寸重点の高さ (ハ) 根入の深さ (ニ) 末口径 (ホ) テーパー (ヘ) 設計荷重について標準を定め、併せて鉄筋のカブリ、養生温度、許容寸法誤差等を規定してゐる。然し設計上の細かい点に付ては何の規定もなく単に (a) 曲げ試験を行つた時設計荷重で幅0.5ミリ以上のヒマワレが出ぬこと (b) 荷重を取去つた時0.5ミリ以上のヒマワレが残らぬこと (c) 破壊荷重は設計荷重の2倍以上でなければならないと定めたのみである。結局製品の抜取り試験に重きを置く方針と伺はれる。P、Sコンクリートとする場合も当然此の規定を準用すべきものと思ふから今回の設計に上記J I S規定の寸法荷重に基いて計算した。

§ 2. ボールのP、S化に関する二つの問題

ボールを遠心力で作り、之に原応力を与えるについては二つの難い問題がある。即ち

(i) ボールには末口元口の断面積の差が相当ありその為元末共に同量のピアノ線を引通してプレストレスを与へると先端部には過大のプレストレスが加はり元には所要のプレストレスが加へ難い。(ii) 所要プレストレス量が最大100トンにも達するので此の力を均型に持たせることが困難なことである。此の二点共に一応解決は与へてあるが此処では設計上の問題即ち(1)についてのみ述べることにする。先づ第一に考へられることはピアノ線の量を先程減す方法である。しかし之は引張りと碇着の技術上の点で適當の手段が見出せなかつた。第二の方法は本設計の手段である。即元には全量ピアノ線を使ふが末に行くに従つて順次低強度のロッドを混用し、ピアノ線とロッドはシリーズに繋いで両端で引つ張る方法である。

低強度のロッドには餘り大きな応力を負担させられぬから自然太いものを使ふ。随つて経済上何うかと云ふ問題はあるがこゝではその使用目的に付ての效果のみについて説明する。

§ 3. 低強度引張材混用による原応力減殺の効果

低強度の引張材をピアノ線と混用すれば導入される原応力が減ることは常識で容易に考へられる。そこでその程度を計算する式を誘導して見た。

a_p	ピアノ線の断面積
$a_{r1}, a_{r2}, a_{r3} \dots\dots$	混用ロッドの断面積
a_c	コンクリートの断面積
σ_p	ピアノ線の初引張応力
$\sigma_{r1}, \sigma_{r2}, \sigma_{r3} \dots\dots$	混用ロッドの初引張応力

$E_c, E_p, E_{r1}, E_{r2}, E_{r3}, \dots$ 各弾性係数

そこで $\frac{E_p}{E_c} = n, \frac{E_{r1}}{E_c} = n_1, \frac{E_{r2}}{E_c} = n_2, \dots$ とし且 $E_c, E_p, E_r, \dots$ は実際使用

される応力の範囲内では不変と仮定すれば、当初にコンクリートに導入される原応力は

$$\sigma_c = \frac{\sigma_p a_p + \sigma_{r1} a_{r1} + \sigma_{r2} a_{r2} + \sigma_{r3} a_{r3} + \dots}{A_c + a_p n + a_{r1} n_1 + a_{r2} n_2 + \dots} = \frac{\sigma_p a_p + \sum \sigma_{ri} a_{ri}}{A_c + a_p n + \sum a_{ri} n_i} \quad (1)$$

(1)の分母は引張材を考へ入れたコンクリートの等価断面積、分子は当初引張材に与へる総引張である。簡単にする単混用ロッドの種類太さを一種類とし、且 $E_p = E_r$ とすれば

$$(1) \text{は} \quad \sigma_c = \frac{\sigma_p a_p + \sigma_r a_r}{A_c (a_p + a_r) n} \quad (2)$$

(2)式から σ_c を増し、 σ_r を小さくすれば導入される原応力 σ_c が小さくなることが分る。之が原応力減殺の第一階程である。

次にピアノ線及ロッドの初引張時の弾性歪みは夫れ夫れ $\sigma_p/E_p, \sigma_r/E_r$ であるから、コンクリートに原応力を導入した直後のピアノ線の残溜歪みは

$$\Delta \delta_p = \frac{\sigma_p}{E_p} - \frac{\sigma_c}{E_c} \quad (3)$$

同じくロッドの残溜歪みは

$$\Delta \delta_r = \frac{\sigma_r}{E_r} - \frac{\sigma_c}{E_c} \quad (4)$$

(3) (4)の歪みは更にコンクリートの乾燥収縮 Δs とクリープ $\Delta \delta$ によつて減る。仍て終局的にピアノ線に残る残溜歪みは

$$\Delta \delta'_p = \Delta \delta_p - \Delta s - \Delta \delta \quad (5)$$

ロッドに残る残溜歪みは

$$\Delta \delta'_r = \Delta \delta_r - \Delta s - \Delta \delta \quad (6)$$

随つてピアノ線に終局的に残る応力は

$$\sigma'_p = E_p \Delta \delta'_p \quad (7)$$

ロッドに終局的に残る応力は

$$\sigma'_r = E_r \Delta \delta'_r \quad (8)$$

ピアノ線の総復元力は

$$P_p = \sigma'_p a_p \quad (9)$$

ロッドの総復元力は

$$P_r = \sigma'_r a_r \quad (10)$$

随つてコンクリートに残る終局原応力は

$$\bar{\sigma}_c = \frac{P_p + P_r}{A_c} = \frac{\sigma_p' a_p + \sigma_r' a_r}{A_c} \quad \text{-----} \quad (11)$$

(11) に於て a_p を減じ、 a_r を増し、且ロッドの当初負担応力を小さくすれば $\bar{\sigma}_c$ は無制限に小さくすることが出来る。

§ 4. 主断面（地際断面）の決定

主断面即地際の外径と同部に加へられる曲モーメントは JIS で定められてゐるから、肉厚と所要ピアノ線量を定めればよい。上部に過大のプレストレスが生じるのは § 3 で説明した通り任意に押へ得るからこゝではピアノ線のみ使ふ主断面に付て考へればよい。

仍で D 地際外径
 d 地際内径 とすれば

同部分のコンクリート断面積は

$$A_c = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \quad \text{-----} \quad (12)$$

断面係数は

$$S = \frac{A_c}{8D} (D^2 + d^2) \quad \text{-----} \quad (13)$$

設計曲モーメントを M とすれば所要プレストレス は

$$\bar{\sigma}_c = \frac{M}{S} = \frac{8DM}{A_c(D^2 + d^2)} \quad \text{-----} \quad (14)$$

所要ピアノ線量は

$$a_p = \frac{A_c \bar{\sigma}_c}{\sigma_p'} = \frac{8DM}{\sigma_p'(D^2 + d^2)} \quad \text{-----} \quad (15)$$

で与へられる。 σ_p' は (7) 式でロッド量を 0 とした場合の値である。表 I には概算値として $\sigma_p' = 10.000 \text{ Kg/cm}^2$ を有効残留応力として計算した結果を載せてある。

後 記

(15) によつて主断面の所要ピアノ線量が決めれば上部に混用するロッドの量はボール全量に付各部の曲モーメントに応じて (11) から算出される。即 P、S ボールの実現性はあるものと言ひ得るのである。

尙厳密に言へば (14) の断面係数にはピアノ線の断面積を織り込むべきであり、又 を一率に 10.000 Kg/cm^2 とすることは誤りである。故に (15) 式は一応の目安を立てるに使ひ、 が決つてから、 を精密に算出してチェックする必要がある。但 (15) 式は大體安全側に出て来るから実用上にはそのまゝ使つても差支へない。

表-1

JIS 規格PSポール一覽表

JIS 規格 (テーパーは何れも1/5)						P S 規格 (外形はJISによる)							
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭
末口径 mm	柱 長 mm	根入深 mm	荷重高 mm	荷 重 kg	地盤抵抗 kg/cm ²	肉 厚 mm	元口径 mm	重 量 kg	ヒコリ線 数×太さ	プラスチック 重量 kg	設計重量 M. kg/m	指定重量 kg	予定破壊 重量 kg
1.4	7.0	1.2	5.55	100	5.55	3.6	2333	288	18-29 ⁺	14.150	1033	186	1110
.	.	.	.	150	8.33	4.2	.	319	24-32 ⁺	22.200	1299	235	1666
.	7.5	1.3	5.95	.	8.93	3.6	2400	310	24-32 ⁺	22.200	1404	236	1786
.	.	.	.	200	11.90	4.2	.	350	24-4 ⁺	33.000	1858	312	2380
.	8.0	1.4	6.35	150	9.53	3.6	2460	343	24-35 ⁺	25.600	1542	243	1906
.	.	.	.	200	12.70	4.2	.	384	24-4 ⁺	33.000	1862	292	2540
.	8.5	.	6.85	.	13.80	4.2	2532	415	24-4 ⁺	33.000	2000	292	2760
.	9.0	1.5	7.25	250	18.13	4.8	2600	494	48-32 ⁺	44.600	2498	344	3626
.	9.5	1.6	7.65	.	19.13	4.8	2662	540	48-32 ⁺	44.600	2654	346	3826
.	1.0	1.7	8.05	.	20.13	4.8	2733	578	24-35 ⁺ 24-32 ⁺	48.000	2811	348	4026
.	1.1	1.9	8.85	300	26.55	5.4	2866	710	48-4 ⁺	65.500	3469	393	5310
1.4	1.2	2.1	9.65	.	28.95	5.4	3000	806	12-45 ⁺ 36-4 ⁺	69.500	3822	395	5790
1.7	7	1.2	5.55	150	8.33	3.6	2633	345	18-35 ⁺	19.400	1496	268	1666
.	8	1.4	6.35	200	12.70	3.6	2766	408	24-35 ⁺	25.800	2007	315	2540
.	9	1.6	7.25	.	14.50	3.6	2900	475	36-29 ⁺	28.400	2285	315	2900
.	.	.	.	300	21.75	4.2	.	538	48-32 ⁺	44.600	3070	423	4350
1.7	.	.	.	350	25.38	4.2	.	538	48-35 ⁺	51.500	3431	474	5076
1.9	1.0	1.7	8.05	200	16.10	3.6	3233	602	36-29 ⁺	28.400	2670	330	3220
1.9	.	.	.	250	20.13	4.2	.	682	48-29 ⁺	37.700	3180	396	4026
.	.	.	.	300	24.15	4.2	.	682	48-32 ⁺	44.500	3578	445	4830
.	.	.	.	350	28.18	4.8	.	758	48-35 ⁺	51.500	4074	505	5636
.	1.1	1.9	8.85	200	17.70	3.6	3366	670	36-29 ⁺	28.400	2934	330	3540
.	.	.	.	250	22.13	4.2	.	763	48-29 ⁺	37.700	3477	390	4426
.	.	.	.	300	26.55	4.2	.	763	48-32 ⁺	44.500	3922	442	5310
.	.	.	.	350	30.98	4.8	.	850	48-35 ⁺	51.500	4469	505	6196
.	1.2	2.1	9.65	250	24.13	4.2	3500	869	36-29 ⁺ 12-32 ⁺	39.500	3795	394	4826
.	.	.	.	300	28.95	4.8	.	967	24-32 ⁺ 24-35 ⁺	48.000	4374	453	5790
.	.	.	.	350	33.75	4.8	.	967	24-35 ⁺ 24-4 ⁺	58.600	4846	503	6750
.	.	.	.	400	38.60	4.8	.	967	48-4 ⁺	65.500	5345	553	7720
.	1.3	2.2	10.55	300	31.65	4.8	3633	1085	48-35 ⁺	51.500	4822	456	6330
.	.	.	.	350	36.93	4.8	.	1085	24-35 ⁺ 24-4 ⁺	58.600	5343	505	7386
.	.	.	.	400	42.20	5.4	.	1186	36-4 ⁺ 12-45 ⁺	69.500	5986	565	8440
.	.	.	.	500	52.75	6.0	.	1286	24-45 ⁺ 24-5 ⁺	88.000	7138	675	10550
.	1.4	2.4	11.35	300	34.05	4.8	3766	1183	48-35 ⁺	51.600	5174	456	6810
.	.	.	.	350	39.73	5.4	.	1296	48-4 ⁺	65.500	5853	515	7946
.	.	.	.	400	45.44	5.4	.	1296	24-4 ⁺ 24-45 ⁺	73.250	6416	565	9088
.	.	.	.	500	56.75	6.0	.	1378	12-45 ⁺ 36-5 ⁺	90.000	7633	673	11350
.	1.5	2.5	12.25	300	36.75	4.8	3900	1310	24-32 ⁺ 24-4 ⁺	55.000	5712	465	7350
.	.	.	.	350	42.88	5.4	.	1440	48-4 ⁺	65.500	6364	516	8576
.	.	.	.	400	48.90	5.4	.	1440	24-4 ⁺ 24-45 ⁺	73.200	6949	566	9780
1.9	.	.	.	500	61.25	6.0	.	1552	48-5 ⁺	96.000	8290	676	12250