

Ensayos en Karlsruhe de las presas de embalse sistema Prof. Peña Boeuf¹

III

A nuestro modo de ver, esta serie de artículos referentes a las presas de embalse sistema Profesor Peña Boeuf y su experimentación en Karlsruhe, debió terminar en el artículo anterior, publicado en el número de esta REVISTA correspondiente al 15 de noviembre, porque después de examinar el modelo empleado y habiendo encontrado discrepancias fundamentales con lo que a nuestro juicio debía ser, no podemos conceder crédito decisivo a los resultados que con él se obtengan.

Las características esenciales que diferencian el modelo de lo que debió ser para reproducir las condiciones de trabajo de los arcos en la realidad, son defectos de constitución que se tradujeron constantemente en anomalías de funcionamiento. Y de tal suerte se hizo patente la imperfección del modelo construido, que durante nuestra estancia en Karlsruhe hubo necesidad de numerosas repeticiones y correcciones para llegar a conseguir algunas lecturas que no fuesen de plano rechazables, las cuales, en todo caso, por la eventualidad de su aparición, no iban revestidas de la firmeza necesaria para sentar conclusiones sobre ellas. Y no hemos de olvidar que con los defectos encontrados al modelo en nuestro artículo anterior, no sólo se pone al arco en condiciones de trabajo diferentes a las de la realidad, sino que también todas estas diferencias tienden a empeorar los resultados. En efecto, son diferentes las condiciones de sustenta-

ción, como demuestran las diferencias inadmisibles, repetidas veces encontradas, entre lecturas que debieron ser sensiblemente iguales, por corresponder a puntos simétricos, y las diferencias empeoran los resultados porque en numerosas ocasiones se comprobó la tendencia a producir movimientos radiales en los arranques hacia el trasdós.

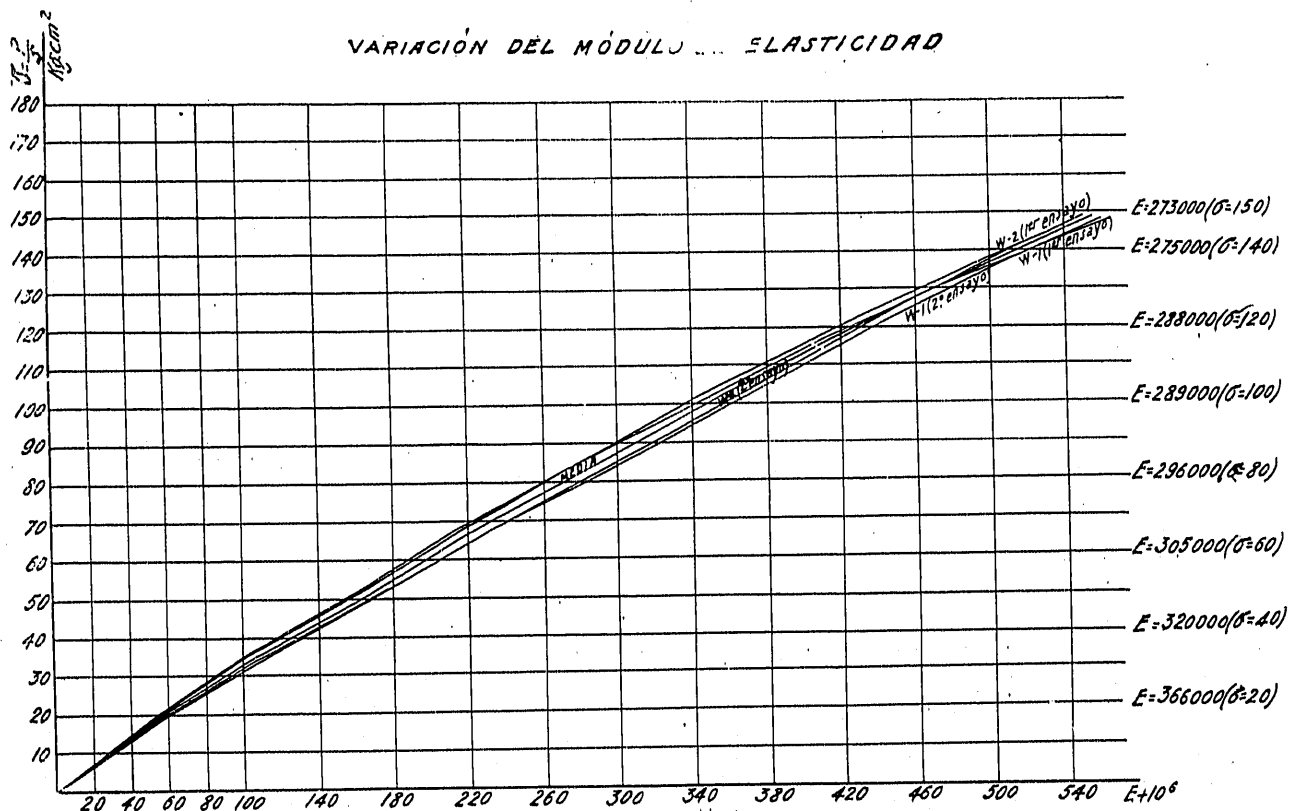
Y además, para terminar con estas opiniones fijemos nuestra atención en que el número de presas es impar (7), con lo cual actúa una directamente sobre la clave y las extremas están alejadas de los arranques, situaciones ambas que favorecen el deperalte del arco y su parcial empotramiento, a pesar de todo lo cual los arranques se movieron más y más al aumentar la carga solicitante y volvieron sensiblemente a su posición inicial al volver a la presión que sirvió de punto de partida, al mismo tiempo que *no aparecían ni tracciones ni cargas nulas en ningún punto del arco* y las compresiones eran tan francas y producían excentricidades tan pequeñas, que bien pueden achacarse a las deficiencias del modelo y no a imperfección del sistema.

A continuación reproducimos la marcha seguida en la obtención de lecturas y cálculo de cargas de trabajo, y, como ejemplo, construimos un par de trapecios de cargas para materializar la excentricidad. Cualquier lector interesado en la cuestión puede repetir la construcción para las demás lecturas (nosotros no lo hacemos, en honor a la brevedad) y comprobar así el comportamiento del arco, que a pesar de todas las circunstancias adversas señaladas en el modelo, *tuvo*

¹ Véase el número anterior, página 417.

MODELO O ARCO N° 2

VARIACIÓN DEL MÓDULO ... ELASTICIDAD

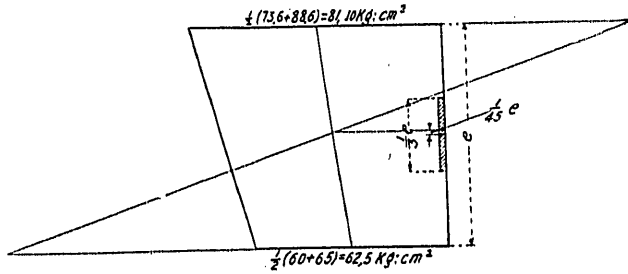


desplazamientos radiales en el arranque y estuvo todo él comprimido.

Como en el arco número 1 se instaló fluido el plomo de arranques, dando lugar a una diferencia indiscutible con lo que ha de hacerse en obra, no alargamos este artículo reproduciendo los resultados con él obtenidos.

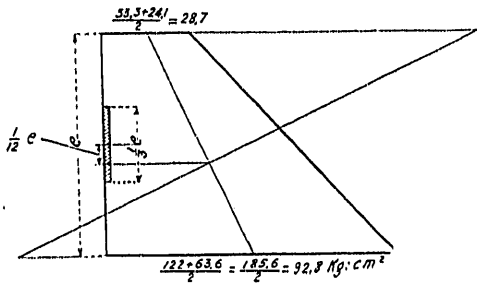
ARCO N°2

PARA 30 AT.-CLAVE



ARCO N°2

PARA 30 AT.-ARRANQUE



Concretándonos al arco número 2 (en el que se puso chapa de plomo), adjuntamos el gráfico representativo de la variación de su módulo de elasticidad, tablas de lecturas, su traducción en tablas de cargas de trabajo y los dos trapecios de cargas citados.

Las lecturas en los espejos vienen expresadas en decimilímetros, de forma que si el espejo tiene, por ejemplo, una multiplicación de 1 : 1 000, una lectura A son $0,1 A \mu$.

Las lecturas de los siete flexímetros vienen directamente expresadas en micras.

Después de obtenido el módulo de elasticidad correspondiente al mortero con que se ha elaborado el arco número 2, se procedió al montaje de éste. Pero, bien a pesar del cuidadoso esmero puesto en esta operación, las disimetrías y las anomalías obtenidas en las mediciones inmediatas obligaron a efectuar numerosas y cuidadosas correcciones encaminadas todas ellas al riguroso emplazamiento del arco. En verdad no se consiguió tal objeto plenamente; muchas veces hubo que desmontar unas prensas u otras y también el modelo entero, procediendo en consecuencia a nuevos montajes y ajustes. No reproduciremos a continuación los cuadros de lecturas que se obtuvieron en el proceso de estas indecisiones y mejoramientos; únicamente cuando se dieron por aceptables las mediciones obtenidas, montamos los espejos de medición de deformaciones para traducirlas en cargas de trabajo, y este cuadro final es el que a continuación reproducimos.

Presión. — At.	MOVIMIENTO RADIAL										CLAVE (Pluma 10 cm.)					ARRANQUE IZQUIERDO Pluma 5 cm.)					OBSERVACIONES
	ARRANQUE IZQUIERDO			CLAVE (4)	ARRANQUE DERECHO			500 veces cara ant.		500 veces cara post.		CARA ANTERIOR		CARA POSTERIOR							
	(1)	(2)	(3)		(5)	(6)	(7)	Trasdós. Esp. (32)	Intradós. (11)	Trasdós. (32)	Intradós. (41)	Trasdós. (42)	Intradós. (21)	Radial. (22)	Trasdós. (23)	Intradós. (4)	Radial. (12)				
I	7 026	1 260	2 135	4 374	3 230	3 298	3 615	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Fecha: 2 agosto 1935.		
3	7 044	1 302	2 174	4 408	3 250	3 305	3 617	7	8	10	10	6	5	25	4	4	4	22	Temperatura: 20,1° ... 20,2°		
5	7 060	1 341	2 211	4 437	3 267	3 309	3 617	12	16	17	19	9	10	50	2	16	16	49	Hora: 10 h. 30 m... 11 h.		
10	7 085	1 405	2 290	4 514	3 324	3 333	3 619	29	33	40	40	17	28	86	7	15	15	91	10 m.		
15	7 102	1 460	2 369	4 591	3 389	3 360	3 625	50	51	68	68	25	47	109	11	22	22	124			
20	7 120	1 507	2 443	4 669	3 443	3 388	3 632	72	68	93	74	30	67	125	20	31	31	149			
25	7 137	1 555	2 519	4 749	3 503	3 420	3 641	97	82	121	80	41	88	138	26	42	42	168			
30	7 152	1 593	2 590	4 824	3 569	3 452	3 648	121	99	150	106	50	108	148	33	51	51	184			
I	7 050	1 308	2 180	4 414	3 259	3 307	3 621	2	5	5	0	0	6	37	—2	2	2	40			
I	7 049	1 304	2 173	4 404	3 250	3 303	3 621	0	4	3	4	0	5	33	—4	1	1	31	Fecha: 2 agosto 1935.		
3	7 056	1 320	2 191	4 430	3 271	3 314	3 624	6	9	10	11	9	8	39	2	2	2	32	Temperatura: 21,2° ... 21,4°		
5	7 070	1 354	2 230	4 458	3 282	3 318	3 624	12	19	19	20	10	10	60	5	5	5	58			
10	7 092	1 415	2 302	4 528	3 333	3 340	3 628	28	36	41	41	16	27	91	10	11	11	96			
15	7 124	1 468	2 380	4 606	3 395	3 367	3 632	49	52	69	60	22	48	111	14	18	18	125	Hora: 14 h. 0 m... 14 h.		
20	7 129	1 511	2 451	4 679	3 457	3 394	3 650	72	69	95	78	32	68	124	21	26	26	145	35 m.		
25	7 144	1 556	2 523	4 754	3 511	3 422	3 648	97	83	120	92	41	89	135	30	38	38	162			
30	7 159	1 592	2 590	4 823	3 572	3 454	3 653	119	100	150	119	51	108	143	39	49	49	175			
I	7 052	1 308	2 180	4 414	3 262	3 308	3 622	1	8	6	7	0	8	31	0	1	1	29			

Llamando M a la multiplicación debida al espejo; p a la longitud de su pluma expresada en dmm., y ε a la lectura efectuada en dmm., la variación unitaria media de la longitud cubierta por la pluma será

$$1 = \frac{\varepsilon}{M \cdot p}$$

en nuestro espejo (32), esto es,

$$1 = \frac{\varepsilon}{500 \times 1500} = \frac{\varepsilon}{750000} = 1,33 \times \varepsilon \times 10^{-6}$$

Conocida esta variación unitaria media de la longitud l , obtendremos la carga de trabajo multiplicando por el coeficiente de elasticidad E "correspondiente", el cual, como sabemos, varía con la carga de trabajo, y por lo tanto, si empleando, por ejemplo, el coeficiente E de sigma = 45 kg./cm.² no se obtiene esta carga al multiplicarlo por l , hay que repetir el tanteo hasta que la obtenida sea la correspondiente al E empleado.

Por ejemplo, la primera lectura del espejo 32 es la correspondiente al paso de 1 atmósfera a 5 atmósferas y es (+ 39).

$$1 = \frac{\varepsilon}{M \cdot p} = 1,33 \times 39 \times 10^{-6} = 52,10^{-6}$$

Ensayamos el valor de la curva para E de 15 kg. por centímetro cuadrado, que es 366 000 kg./cm.²

$$\sigma = 52 \times 0,366 = 19,1 \text{ kg./cm.}^2 \text{ (No vale.)}$$

Ensayamos el valor de E para 19 kg./cm.² que es 364 000 kg./cm.²

$$\sigma = 52 \times 0,364 = 18,9 \text{ kg./cm.}^2 \text{ (Aceptable.)}$$

Con este procedimiento de cálculo, que es el clásicamente establecido, hemos traducido las lecturas de deformaciones de las tablas anteriores en las cargas de trabajo que consignamos a continuación:

At.	CLAVE (Pluma 10 cm.)				ARRANQUE IZQUIERDO (5 cm.)				Desplazamientos rad.		OBSERVACIONES
	(1 a 500) Cara anterior.		(1 a 500) Cara posterior.		Cara anterior.		Cara posterior.		Arranque izquierdo.		
	Trasdós.	Intradós.	Trasdós.	Intradós.	1 000 : 1	500 : 1	1 000 : 1	500 : 1	1 000 : 1	1 000 : 1	
	Kg. : cm. ²	Kg. : cm. ²	Kg. : cm. ²	Kg. : cm. ²	Kg. : mc. ²	Kg. : mc. ²	Kg. : mc. ²	Kg. : mc. ²	Kg. : mc. ²	Kg. : mc. ²	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Los desplazamientos se han obtenido como hemos detallado ya, restando de cada lectura la que encabeza la columna.
3	5,25	6,00	7,40	7,40	4,50	7,50	3,04	6,10	2,5	2,2	
5	8,88	11,80	12,60	14,50	6,70	14,50	1,50	13,00	5,0	4,9	
10	21,40	24,10	27,30	27,30	12,58	33,40	5,00	21,90	8,6	9,1	
15	34,00	34,00	44,50	44,50	18,40	58,30	8,00	30,00	10,9	12,4	
20	47,00	44,50	58,60	47,40	21,90	79,00	14,50	41,20	12,5	14,9	Repetiremos aquí la observación de que, siendo el hormigón demasiado joven cuando se obtuvieron los módulos de elasticidad empleados para obtener estas cargas de trabajo, debe repetirse la obtención de dichos módulos y, en consecuencia, modificar con ellos las cargas de trabajo en el arco.
25	60,00	51,30	73,60	57,00	28,70	100,00	19,30	50,90	13,8	16,8	
30	73,60	60,00	88,60	65,00	33,30	122,00	24,10	63,50	14,8	18,4	
1	1,50	4,00	4,00	4,00	0,00	8,00	0,00	3,00	3,7	4,00	
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
3	4,50	4,00	5,00	5,00	7,00	4,50	4,50	1,50	0,6	0,1	
5	8,88	11,00	11,80	11,80	7,40	7,40	7,00	6,10	2,7	2,7	
10	20,60	22,80	27,40	27,00	11,80	30,00	10,50	14,50	5,8	6,5	
15	33,30	32,50	44,00	37,30	16,40	54,00	13,20	24,90	7,8	9,4	
20	47,00	42,40	58,00	47,40	23,00	75,60	18,40	33,50	9,1	11,4	
25	60,00	49,70	72,00	55,60	28,90	97,00	24,90	47,40	10,2	13,6	
30	72,40	59,00	87,50	68,50	34,00	117,00	19,30	59,20	11,0	14,4	
1	0,37	6,00	4,00	4,00	0,00	4,50	3,00	0,00	— 0,2	— 0,2	

Vicente MUÑOZ POMER,
Ingeniero de C., C. y P.

El nuevo puente de los Viveros sobre el río Manzanares de Madrid ¹

II

Condiciones generales.

Las condiciones que debía cumplir la obra venían impuestas por consideraciones derivadas de las rasantes y situación de las vías que se trataba de enlazar. A éstas era preciso añadir las de desagüe del cauce del río Manzanares y otras de estética, no menos importantes en este caso, consecuencia de hallarse la

obra situada en la zona urbanizada de una gran población.

La debida apreciación de cada una de estas condiciones, sobre cuyo detalle no vamos a insistir, por haber sido desarrolladas en un artículo anterior, fija como tipo de obra adecuada el de tramo de hormigón armado con piso superior. Concretando más, se aprecia la necesidad de reducir a un mínimo la altura del mismo, para mantener la rasante y asegurar el desagüe, quedando proscrita la solución posible de piso inferior, por consideraciones económicas, consecuen-

¹ Véase el número anterior, página 427.