

escasa. Si se hubiera de transformar en permanente el regadío eventual y se hubieran de completar las dotaciones deficientes, poco sobrante podría quedar para ampliar la superficie regada.

Esa exigüidad de los estiajes es otra gran desventaja para los aprovechamientos de energía hidráulica, cuya importancia para la industria moderna es tan considerable, sobre todo cuando el carbón escasea, como ocurre todavía en España. Y ello es más de deplorar cuando los grandes desniveles de nuestro quebrado suelo permitirían obtener caídas de importancia.

Cabría aprovechar las aguas invernales en riegos de primavera y atemperar la producción industrial a las energías disponibles, pero esto último es, en la mayoría de los casos, antieconómico, y también lo es con frecuencia lo primero, porque el riego verdaderamente remunerador es el riego de verano.

En ese mismo año de 1912, el volumen total desaguado por todos los ríos de la España árida ascendió a unos 50.000 millones de metros cúbicos, que embalsado convenientemente, podría proporcionar riego suficiente a 5 millones de hectáreas y aumento considerable de los estiajes utilizables en los aprovechamientos industriales. Las necesidades de uno y otro servicio no son, sin embargo, las mismas: el ideal del aprovechamiento energético sería la constancia del caudal; el del aprovechamiento agrícola que este caudal viniera graduado por las necesidades de la planta. Si los 50.000 millones de metros cúbicos se distribuyeran con igualdad en el año, el caudal constante sería de 1.585 metros cúbicos por segundo y sólo podría regarse con ellos millón y medio de hectáreas.

Es este un punto que deberá resolverse en lo futuro, porque al presente el conflicto está aún muy lejos de presentarse. Los 5 millones de hectáreas de posible aumento del regadío nacional no pueden considerarse sino como un ideal lejano, y no podrían en modo alguno servir de base para un programa de práctica e inmediata aplicación. Por bastante tiempo todavía ese otro millón y medio de hectáreas habrá de absorber los esfuerzos del país en este sentido. No han llegado aún a tanto, a pesar de sus poderosos medios de acción, los servicios federales de los Estados Unidos, en su empeñada lucha para la colonización del Oeste, y ya tropiezan con dificultades que les obligan a redoblar el esfuerzo. Bueno será, sin embargo, estudiar desde hoy estos problemas y evitar que por improvisaciones sensibles puedan crearse derechos abusivos que dificulten para el porvenir fórmulas de armonía, imprescindibles para la obtención de la máxima utilidad pública.

En cuanto a las aguas subterráneas no podrá negarse que son en algunos casos un recurso precioso; su regularidad es mayor, su volumen es, en cambio, por lo general, menos importante que el de las aguas superficiales. Su investigación es difícil y costosa: su elevación hasta la superficie del suelo puede ser más costosa todavía; en muchos casos no son utilizables por su excesiva mineralización. No hay que olvidar tampoco que muchas aguas subterráneas son devueltas a la superficie por los manantiales y vienen a formar parte del caudal de los ríos: otras siguen hasta el mar su curso subterráneo; pero quizás no sean muy importantes, porque el escaso rendimiento de nuestras cuencas hidrográficas podría ser tal vez explicado por la evaporación sola. De todos modos, el estudio de estos problemas está apenas iniciado: debe continuarse con el mayor interés; pero entretanto no habrá que considerar las aguas subterráneas sino como un factor secundario en el problema hidráulico nacional.

Este problema es, como acabamos de ver, de importancia innegable en la economía patria, y esta importancia justifica la intervención del Estado, como activo ejecutor cuando sea preciso, como definidor y mantenedor en todo caso de los derechos naci-

dos por el contraste entre la Naturaleza física y las necesidades sociales. ¿Hasta dónde deberá llegar esta intervención?

Debe ser desde luego función del Estado la formación del inventario de los recursos disponibles y la organización de los trabajos de estudio y experimentación necesarios en todos los órdenes. Cualquiera que sea la opinión que se tenga del valor de la ciencia oficial, esta labor costosa de iniciación cuyos resultados no pueden ser tangibles sino a la larga, que en parte podía resultar infructuosa y que, sin embargo, hay que hacer y que hacer pronto, porque sin ella no pasaría la máquina del punto muerto, no cabe confiarla a iniciativas particulares dispersas, ni a un organismo privado que careciera de los elementos precisos para llevarla a término.

Del estudio han de salir los planes y proyectos, a los que deberá seguir la ejecución. Sería de desear que una vigorosa iniciativa privada viniera en este momento a desarrollar las obras y empresas que se consideraran necesarias; en todo caso habrá que contar con ella hasta donde alcance su acción y estimularla, en lo posible, allí donde resultara deficiente; pero habrá ocasiones en que todos los estímulos serán insuficientes y aun tal vez inadecuados, por falta de la necesaria armonía entre todos los intereses a que la empresa afecte.

Así ocurrirá en la mayor parte de los casos cuando se trate de construir las obras necesarias para la utilización en grande escala con destino a riegos de las aguas superficiales. La construcción de tales obras por Empresas particulares rara vez ha sido acompañada de éxito, y esto no sólo en España, sino también en el extranjero, y aun en aquellos países anglo-sajones entre los que el individualismo tuvo su cuna y que con tanta persistencia han solido mostrarse fieles a aquella tradición. No eran precisas empresas de esta naturaleza bajo el nebuloso cielo de Inglaterra, aunque allí también por opuesto motivo hubo de acudir solícito el Estado en auxilio de las obras de drenaje; pero su actuación en la India y en Egipto es bien conocida, y si esos ejemplos pudieran ser hasta cierto punto recusables por referirse a países donde domina por el número una población indígena, a cuyas costumbres y circunstancias deberán acomodarse los actos del Gobierno, no podrá hacerse igual reproche a las Empresas australianas ó americanas, en las que instituciones más democráticas y población más homogénea, ante condiciones naturales muy distintas de las del país de origen, han sabido encontrar las adecuadas organizaciones, demostrando una vez más el espíritu práctico de la raza.

(Continuará.)

APLICACION DE LA TEORIA DE MÖRSCH

Puente de hormigón armado sobre el río Júcar EN JALANCE (VALENCIA)

POR

ARTURO MONFORT

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

(CONTINUACIÓN) (1)

Para la sección del arranque izquierdo es igualmente $M_0 = 0$, y, por tanto, para los valores

$$\begin{aligned} y_0 &= -3,916 \text{ m.} & x_0 &= 15,381 \text{ m.} \\ y_u &= -4,208 \text{ m.} & x_u &= 15,219 \text{ m.} \end{aligned}$$

tendremos los valores del siguiente cuadro:

(1) Véase el núm. 2177.

Ordenadas de influencia de los momentos del núcleo en los arranques.

$P = 1$ en	M_{ku}	$-Vx_u$	$-Hy_u$	M	$-Hy_o$	$-Vx_o$	M_{ko}
Arranque derecho.....	0	0	0	0	0	0	0
15,	+ 0,002	- 0,002	+ 0,004	+ 0,0003	+ 0,004	- 0,002	+ 0,002
13,	+ 0,208	- 0,122	+ 0,307	+ 0,023	+ 0,286	- 0,123	+ 0,186
11,	+ 0,677	- 0,472	+ 1,060	+ 0,089	+ 0,987	- 0,477	+ 0,599
9,	+ 1,310	- 1,096	+ 2,192	+ 0,214	+ 2,040	- 1,107	+ 1,147
7,	+ 2,004	- 2,009	+ 3,539	+ 0,424	+ 3,340	- 2,030	+ 1,734
5,	+ 2,571	- 3,242	+ 5,058	+ 0,755	+ 4,707	- 3,276	+ 2,186
3,	+ 2,780	- 4,814	+ 6,337	+ 1,257	+ 5,897	- 4,876	+ 2,278
Clave.....	+ 2,016	- 7,610	+ 7,170	+ 2,456	+ 6,673	- 7,691	+ 1,438
3	+ 0,199	- 10,395	+ 6,337	+ 4,757	+ 5,897	- 10,505	- 0,351
5	- 1,164	- 11,977	+ 5,058	+ 5,755	+ 4,707	- 12,105	- 1,643
7	- 2,197	- 13,210	+ 3,589	+ 7,424	+ 3,340	- 13,351	- 2,587
9	- 2,717	- 14,123	+ 2,192	+ 9,214	+ 2,040	- 14,274	- 3,020
11	- 2,598	- 14,747	+ 1,060	+ 11,089	+ 0,987	- 14,904	- 2,828
13	- 1,767	- 15,097	+ 0,307	+ 13,023	+ 0,286	- 15,258	- 1,949
15	- 0,213	- 15,217	+ 0,004	+ 15,0003	+ 0,004	- 15,379	- 0,345
Arranque izquierdo.....	+ 0,081	- 15,219	+ 0	+ 15,30	+ 0	- 15,381	- 0,081

En las figuras del anejo núm. 5 de esta Memoria se dibujan las líneas de influencia que vamos obteniendo.
Para la sección 13.

$y_o = - 2,519 \text{ m.}$ $x_o = 13,070 \text{ m.}$
 $y_u = - 2,759 \text{ m.}$ $x_u = 12,930 \text{ m.}$

Ordenadas de influencia de los momentos del núcleo en la sección 13.

$P = 1$ en	M_{ku}	M_o	$-Vx_u$	$-Hy_u$	M	$-Hy_o$	$-Vx_o$	M	M_{ko}
Arranque derecho.....	0	»	0	0	0	0	0	»	0
15,	+ 0,002	»	- 0,001	+ 0,003	+ 0,0003	+ 0,003	- 0,001	»	+ 0,002
13,	+ 0,121	»	- 0,103	+ 0,201	+ 0,023	+ 0,184	- 0,105	»	+ 0,192
11,	+ 0,383	»	- 0,401	+ 0,695	+ 0,089	+ 0,635	- 0,405	»	+ 0,319
9,	+ 0,720	»	- 0,931	+ 1,437	+ 0,214	+ 1,312	- 0,941	»	+ 0,585
7,	+ 1,070	»	- 1,707	+ 2,353	+ 0,424	+ 2,149	- 1,725	»	+ 0,848
5,	+ 1,317	»	- 2,754	+ 3,316	+ 0,755	+ 3,028	- 2,784	»	+ 0,999
3,	+ 1,313	»	- 4,099	+ 4,155	+ 1,257	+ 3,794	- 4,143	»	+ 0,908
Clave.....	+ 0,692	»	- 6,465	+ 4,701	+ 2,456	+ 4,292	- 6,535	»	+ 0,213
3	- 0,439	»	- 8,831	+ 4,155	+ 4,257	+ 3,794	- 8,927	»	- 0,876
5	- 1,105	»	- 10,176	+ 3,316	+ 5,755	+ 3,028	- 10,286	»	- 1,503
7	- 1,446	»	- 11,223	+ 2,353	+ 7,424	+ 2,149	- 11,345	»	- 1,772
9	- 1,348	»	- 11,999	+ 1,437	+ 9,214	+ 1,312	- 12,129	»	- 1,603
11	- 0,745	»	- 12,529	+ 0,695	+ 11,089	+ 0,635	- 12,665	»	- 0,941
13	- 0,397	»	- 12,827	+ 0,201	+ 13,023	+ 0,184	- 12,965	»	+ 0,242
15	+ 0,004	- 2,07	- 12,929	+ 0,003	+ 15,0003	+ 0,003	- 13,069	- 1,93	+ 0,004
Arranque izquierdo.....	0	- 2,37	- 12,930	0	+ 15,30	0	- 13,070	- 2,23	0

Para la sección 9.ª las coordenadas son:

$y_o = - 0,712 \text{ m.}$ $x_o = 9,035 \text{ m.}$
 $y_u = - 0,914 \text{ m.}$ $x_u = 8,965 \text{ m.}$

Ordenadas de influencia de los momentos del núcleo en la sección 9.ª

$P = 1$ en	M_{ku}	M_o	$-Vx_u$	$-Hy_u$	M	$-Hy_o$	$-Vx_o$	M	M_{ko}
Arranque derecho.....	0	»	0	0	0	0	0	»	0
15,	+ 0,0003	»	- 0,001	+ 0,001	+ 0,003	+ 0,001	- 0,001	»	+ 0,0003
13,	+ 0,018	»	- 0,072	+ 0,067	+ 0,023	+ 0,052	- 0,072	»	+ 0,003
11,	+ 0,041	»	- 0,278	+ 0,230	+ 0,089	+ 0,179	- 0,280	»	- 0,012
9,	+ 0,045	»	- 0,645	+ 0,476	+ 0,214	+ 0,871	- 0,651	»	- 0,066
7,	+ 0,021	»	- 1,183	+ 0,780	+ 0,424	+ 0,607	- 1,193	»	- 0,162
5,	- 0,056	»	- 1,910	+ 1,099	+ 0,755	+ 0,856	- 1,924	»	- 0,313
3,	- 0,209	»	- 2,842	+ 1,376	+ 1,257	+ 1,072	- 2,864	»	- 0,535
Clave.....	- 0,470	»	- 4,483	+ 1,557	+ 2,456	+ 1,213	- 4,518	»	- 0,849
3	- 0,490	»	- 5,123	+ 1,376	+ 4,257	+ 1,072	- 6,171	»	- 0,842
5	- 0,201	»	- 7,055	+ 1,099	+ 5,755	+ 0,856	- 7,111	»	- 0,500
7	+ 0,422	»	- 7,782	+ 0,780	+ 7,424	+ 0,607	- 7,842	»	+ 0,189
9	+ 1,370	»	- 8,320	+ 0,476	+ 9,214	+ 0,371	- 8,384	»	+ 1,201
11	+ 0,597	- 2,035	- 8,687	+ 0,230	+ 11,089	+ 0,179	- 8,755	- 1,965	+ 0,549
13	+ 0,162	- 4,035	- 8,893	+ 0,067	+ 12,023	+ 0,052	- 8,963	- 3,965	+ 0,147
15	+ 0,002	- 6,035	- 8,964	+ 0,001	+ 15,0003	+ 0,001	- 9,034	- 5,965	+ 0,002
Arranque izquierdo.....	0	- 6,335	- 8,965	0	+ 15,30	+ 0	- 9,035	- 6,265	0

Para la sección 5.^a las coordenadas son:

$$\begin{aligned} y_0 &= 0,340 \text{ m.} & x_0 &= 5,024 \text{ m.} \\ y_u &= 0,190 \text{ m.} & x_u &= 4,976 \text{ m.} \end{aligned}$$

Ordenadas de influencia de los momentos del núcleo en la sección 5.^a

$P = 1$ en	M_{ku}	M_0	$-Vx_u$	$-Hy_u$	M	$-Hy_0$	$-Vx_0$	M_0	M_{ko}
Arranque derecho.....	0	»	0	0	0	0	0	»	0
15 ₁	-0,001	»	-0,001	-0,0002	+ 0,0003	-0,0003	-0,001	»	-0,001
13 ₁	-0,031	»	-0,040	-0,014	+ 0,023	-0,025	-0,040	»	-0,042
11 ₁	-0,113	»	-0,154	-0,048	+ 0,089	-0,086	-0,156	»	-0,153
9 ₁	-0,243	»	-0,358	-0,099	+ 0,214	-0,177	-0,362	»	-0,325
7 ₁	-0,395	»	-0,657	-0,162	+ 0,424	-0,290	-0,663	»	-0,529
5 ₁	-0,533	»	-1,060	-0,228	+ 0,754	-0,409	-1,070	»	-0,724
3 ₁	-0,606	»	-1,577	-0,286	+ 1,254	-0,512	-1,593	»	-0,848
Clave.....	-0,356	»	-2,488	-0,324	+ 2,456	-0,579	-2,512	»	-0,635
3	+ 0,572	»	-3,399	-0,286	+ 4,257	-0,512	-3,431	»	+ 0,311
5	+ 1,611	»	-3,916	-0,228	+ 5,755	-0,409	-3,954	»	+ 1,392
7	+ 0,919	- 2,024	-4,319	-0,162	+ 7,424	-0,290	-4,361	- 1,976	+ 0,797
9	+ 0,473	- 4,024	-4,618	-0,099	+ 9,214	-0,177	-4,662	- 3,976	+ 0,399
11	+ 0,195	- 6,024	-4,822	-0,048	+ 11,089	-0,086	-4,868	- 5,976	+ 0,159
13	+ 0,049	- 8,024	-4,936	-0,014	+ 13,023	-0,025	-4,984	- 7,976	+ 0,038
15	+ 0,0001	- 10,024	-4,976	-0,0002	+ 15,0003	-0,0003	-5,023	- 9,976	+ 0,001
Arranque izquierdo.....	0	- 10,324	-4,976	0	+ 15,30	- 0	-5,024	- 10,276	0

Para la sección 3.^a las coordenadas son:

$$\begin{aligned} y_0 &= 0,678 \text{ m.} & x_0 &= 3,025 \text{ m.} \\ y_u &= 0,530 \text{ m.} & x_u &= 2,979 \text{ m.} \end{aligned}$$

Ordenadas de influencia de los momentos del núcleo en la sección 3.^a

$P = 1$ en	M_{ku}	M_0	$-Vx_u$	$-Hy_u$	M	$-Hy_0$	$-Vx_0$	M_0	M_{ko}
Arranque derecho.....	0	»	0	0	0	0	0	»	0
15 ₁	-0,001	»	-0,003	-0,001	+ 0,0003	-0,001	-0,0003	»	-0,001
13 ₁	-0,050	»	-0,024	-0,049	+ 0,023	-0,049	-0,024	»	-0,050
11 ₁	-0,137	»	-0,092	-0,134	+ 0,089	-0,171	-0,094	»	-0,176
9 ₁	-0,276	»	-0,214	-0,276	+ 0,214	-0,353	-0,218	»	-0,357
7 ₁	-0,421	»	-0,393	-0,452	+ 0,424	-0,578	-0,399	»	-0,553
5 ₁	-0,517	»	-0,635	-0,637	+ 0,755	-0,815	-0,643	»	-0,703
3 ₁	-0,485	»	-0,944	-0,798	+ 1,257	-1,021	-0,958	»	-0,722
Clave.....	+ 0,063	»	-1,490	-0,903	+ 2,456	-1,155	-1,511	»	-0,210
3	+ 1,424	»	-2,035	-0,798	+ 4,257	-1,021	-2,063	»	+ 1,173
5	+ 0,763	- 2,021	-2,334	-0,637	+ 5,755	-0,815	-2,378	- 1,979	+ 0,583
7	+ 0,365	- 4,021	-2,586	-0,452	+ 7,424	-0,578	-2,622	- 3,979	+ 0,245
9	+ 0,152	- 6,021	-2,765	-0,276	+ 9,214	-0,353	-2,809	- 5,979	+ 0,079
11	+ 0,047	- 8,021	-2,886	-0,134	+ 11,089	-0,171	-2,927	- 7,979	+ 0,012
13	-0,002	- 10,021	-2,955	-0,049	+ 13,023	-0,049	-2,997	- 9,979	-0,002
15	-0,001	- 12,021	-2,979	-0,001	+ 15,0003	-0,001	-3,021	- 11,979	-0,001
Arranque izquierdo.....	0	- 12,321	-2,979	0	+ 15,30	0	-3,021	- 12,279	0

Basándonos en los valores calculados para las ordenadas, hemos construido las líneas de influencia de los momentos de los núcleos según las figuras del anejo núm. 5 de esta Memoria. Un cálculo comparativo nos indica que en las diversas formas de las líneas de influencia la sobrecarga de 400 kilogramos por metro cuadrado produce mayores momentos respecto a los núcleos que la de carros de 6 toneladas, sobre todo a la distancia a que han de colocarse, según la instrucción.

La primera carga produce para los 6 metros de ancho, en cifra redonda, del puente:

$$p = 0,400 \times 6 = 2,4 \text{ ton.}$$

Halladas las áreas encerradas por las líneas de influencia, obtendremos los siguientes valores límites de los

Momentos respecto a los extremos del núcleo producidos por la sobrecarga de 400 kilogramos por metro cuadrado.

ARRANQUES.

$$\begin{aligned} -M_{ko} &= 25,063 \times p = -60,151 \text{ tm.} & +M_{ko} &= 51,086 \text{ tm.} \\ -M_{ku} &= 22,459 \times p = -53,901 \text{ tm.} & +M_{ku} &= 64,493 \text{ tm.} \end{aligned}$$

SECCIÓN 13.

$$\begin{aligned} -M_{ko} &= -31,998 \text{ tm.} & +M_{ko} &= 20,803 \text{ tm.} \\ -M_{ku} &= -23,262 \text{ tm.} & +M_{ku} &= 30,556 \text{ tm.} \end{aligned}$$

SECCIÓN 9.^a

$$\begin{aligned} -M_{ko} &= -18,999 \text{ tm.} & +M_{ko} &= 9,756 \text{ tm.} \\ -M_{ku} &= -8,441 \text{ tm.} & +M_{ku} &= 12,478 \text{ tm.} \end{aligned}$$

SECCIÓN 5.^a

$$\begin{aligned} -M_{ko} &= -17,415 \text{ tm.} & +M_{ko} &= 14,492 \text{ tm.} \\ -M_{ku} &= -11,660 \text{ tm.} & +M_{ku} &= 18,331 \text{ tm.} \end{aligned}$$

SECCIÓN 3.^a

$$\begin{aligned} -M_{ko} &= -14,012 \text{ tm.} & +M_{ko} &= 10,882 \text{ tm.} \\ -M_{ku} &= -9,529 \text{ tm.} & +M_{ku} &= 15,153 \text{ tm.} \end{aligned}$$

CLAVE.

$$\begin{aligned} -M_{ko} &= -8,064 \text{ tm.} & +M_{ko} &= 8,098 \text{ tm.} \\ -M_{ku} &= -4,033 \text{ tm.} & +M_{ku} &= 12,240 \text{ tm.} \end{aligned}$$

Conocidos estos momentos vamos a hallar los esfuerzos en los bordes de cada una de estas secciones.

Cálculo de los esfuerzos en los bordes.

ARRANQUE.

$$\begin{aligned}
 F &= b \cdot h = 500 \times 100 = 5.000 \text{ cm}^2 \\
 W &= \frac{1}{6} b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 500 \cdot 10.000 = 833.333 \text{ cm}^3 \\
 N_s &= \sqrt{P^2 + H_s^2} = \sqrt{208.990^2 + 286.200^2} = 354.383 \text{ kg.}
 \end{aligned}$$

a) Carga permanente.

$$\begin{aligned}
 \sigma_o &= \frac{N_s}{F} - \frac{H_o y_u}{W} = \frac{354.383}{50.000} - \frac{6.661 \times 420,8}{833.333} = \\
 &= 3,73 \text{ kg. por cm}^2 \\
 \sigma_u &= \frac{N_s}{F} + \frac{H_o y_o}{W} = \frac{354.383}{50.000} + \frac{6.661 \times 391,6}{833.333} = \\
 &= 10,22 \text{ kg. por cm}^2
 \end{aligned}$$

b) Sobrecarga.

$$\begin{aligned}
 \sigma_o &= + \frac{M_{ku}}{W} = + \frac{6.449.300}{833.333} = + 7,74 \text{ kg. por cm}^2 \\
 \sigma_u &= - \frac{M_{ko}}{W} = + \frac{6.015.100}{833.333} = + 7,22 \text{ } \\
 \sigma_o &= + \frac{M_{ku}}{W} = - \frac{5.390.100}{833.333} = - 6,46 \text{ } \\
 \sigma_u &= - \frac{M_{ko}}{W} = - \frac{5.108.600}{833.333} = - 6,13 \text{ }
 \end{aligned}$$

c) Variación de temperatura.

$$\tau = \pm 20^\circ \text{ C.}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_o &= \pm \frac{H_\tau \times y_u}{W} = \pm \frac{30.900 \times 420,8}{833.333} = \pm 15,60 \text{ kg. por cm}^2 \\
 \sigma_u &= \pm \frac{H_\tau \times y_o}{W} = \pm \frac{30.900 \times 391,6}{833.333} = \pm 14,52 \text{ }
 \end{aligned}$$

SECCIÓN 13.

$$\begin{aligned}
 F &= b \cdot h = 500 \cdot 83 = 41.500 \text{ cm}^2 \\
 W &= \frac{1}{6} b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 500 \cdot 6.889 = 574.083 \text{ cm}^3 \\
 N_s &= \sqrt{167.630^2 + 286.200^2} = 330.665 \text{ kg.}
 \end{aligned}$$

a) Carga permanente.

$$\begin{aligned}
 \sigma_o &= \frac{N_s}{F} - \frac{H_o y_u}{W} = \frac{330.665}{41.500} - \frac{6.661 \times 275,9}{574.083} = \\
 &= 4,77 \text{ kg. por cm}^2 \\
 \sigma_u &= \frac{N_s}{F} + \frac{H_o y_o}{W} = \frac{330.665}{41.500} + \frac{6.661 \times 251,9}{574.083} = \\
 &= 10,89 \text{ kg. por cm}^2
 \end{aligned}$$

b) Sobrecarga.

$$\begin{aligned}
 \sigma_o &= + \frac{3.055.600}{574.083} = + 5,32 \text{ kg. por cm}^2 \\
 \sigma_u &= + \frac{3.199.800}{574.083} = + 5,57 \text{ } \\
 \sigma_o &= - \frac{2.326.200}{574.083} = - 4,05 \text{ } \\
 \sigma_u &= - \frac{2.080.300}{574.083} = - 3,62 \text{ }
 \end{aligned}$$

c) Variación de temperatura.

$$\begin{aligned}
 \sigma_o &= \pm \frac{30.900 \times 275,9}{574.083} = \pm 14,85 \text{ kg. por cm}^2 \\
 \sigma_u &= \pm \frac{30.900 \times 251,9}{574.083} = \pm 13,55 \text{ }
 \end{aligned}$$

SECCIÓN 9.^a

$$\begin{cases}
 F = b \cdot h = 500 \times 65 = 32.500 \text{ cm}^2 \\
 W = \frac{1}{6} b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 500 \times 4.225 = 352.083 \text{ cm}^3 \\
 N_s = \sqrt{106.870^2 + 286.200^2} = 305.502 \text{ kg.}
 \end{cases}$$

a) Carga permanente.

$$\begin{aligned}
 \sigma_o &= \frac{N_s}{F} - \frac{H_o y_u}{W} = \frac{305.502}{32.500} - \frac{6.661 \times 91,4}{352.083} = \\
 &= 7,67 \text{ kg. por cm}^2 \\
 \sigma_u &= \frac{N_s}{F} + \frac{H_o y_o}{W} = \frac{305.502}{32.500} + \frac{6.661 \times 71,2}{352.083} = \\
 &= 10,75 \text{ kg. por cm}^2
 \end{aligned}$$

b) Sobrecarga.

$$\begin{aligned}
 \sigma_o &= + \frac{6.247.800}{352.083} = + 3,55 \text{ kg. por cm}^2 \\
 \sigma_u &= + \frac{1.899.800}{352.083} = + 5,39 \text{ } \\
 \sigma_o &= - \frac{844.100}{352.083} = - 2,39 \text{ } \\
 \sigma_u &= - \frac{975.600}{352.083} = - 2,77 \text{ }
 \end{aligned}$$

c) Variación de temperatura.

$$\begin{aligned}
 \sigma_o &= \pm \frac{30.900 \times 91,4}{352.083} = \pm 8,02 \text{ kg. por cm}^2 \\
 \sigma_u &= \pm \frac{30.900 \times 71,2}{352.083} = \pm 6,25 \text{ }
 \end{aligned}$$

SECCIÓN 5.^a

$$\begin{cases}
 F = b \cdot h = 500 \cdot 50 = 25.000 \text{ cm}^2 \\
 W = \frac{1}{6} b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 500 \cdot 25.000 = 208.333 \text{ cm}^3 \\
 N_s = \sqrt{58.910^2 + 286.200^2} = 292.200 \text{ kg.}
 \end{cases}$$

a) Carga permanente.

$$\begin{aligned}
 \sigma_o &= \frac{N_s}{F} - \frac{H_o y_o}{W} = \frac{292.200}{25.000} - \frac{6.661 \times 19}{208.333} = \\
 &= 12,30 \text{ kg. por cm}^2 \\
 \sigma_u &= \frac{N_s}{F} + \frac{H_o y_o}{W} = \frac{292.200}{25.000} + \frac{6.661 \times 34}{208.333} = \\
 &= 10,60 \text{ kg. por cm}^2
 \end{aligned}$$

b) Sobrecarga.

$$\begin{aligned}
 \sigma_o &= + \frac{1.833.100}{208.333} = + 8,79 \text{ kg. por cm}^2 \\
 \sigma_u &= + \frac{1.741.500}{208.333} = + 8,36 \text{ } \\
 \sigma_o &= - \frac{1.166.000}{208.333} = - 5,59 \text{ } \\
 \sigma_u &= - \frac{1.449.200}{208.333} = - 6,95 \text{ }
 \end{aligned}$$

c) Variación de temperatura.

$$\begin{aligned}
 \sigma_o &= \pm \frac{30.900 \times 19}{208.333} = \pm 2,81 \text{ kg. por cm}^2 \\
 \sigma_u &= \pm \frac{30.900 \times 34}{208.333} = \pm 5,04 \text{ }
 \end{aligned}$$

SECCIÓN 3.^a

$$\begin{cases}
 F = b \cdot h = 500 \times 46 = 23.000 \text{ cm}^2 \\
 W = \frac{1}{6} b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 500 \cdot 2.116 = 176.333 \text{ cm}^3 \\
 N_s = \sqrt{37.920^2 + 286.200^2} = 288.700 \text{ kg.}
 \end{cases}$$

a) Carga permanente.

$$\sigma_o = \frac{N_s}{F} - \frac{H_e y_u}{W} = \frac{288.700}{20.000} + \frac{6.661 \times 53}{176.333} = 14,55 \text{ kg. por cm}^2$$

$$\sigma_u = \frac{N_s}{F} + \frac{H_e y_o}{W} = \frac{288.700}{20.000} - \frac{6.661 \times 67,8}{176.333} = 9,99 \text{ kg. por cm}^2$$

b) Sobrecarga.

$$\sigma_o = + \frac{1.515.300}{176.333} = + 8,59 \text{ kg. por cm}^2$$

$$\sigma_u = + \frac{1.401.200}{176.333} = + 7,94 \quad "$$

$$\sigma_o = - \frac{952.900}{176.333} = - 5,40 \quad "$$

$$\sigma_u = - \frac{1.088.200}{176.333} = - 6,17 \quad "$$

c) Variación de temperatura.

$$\sigma_o = \pm \frac{30.900 \times 53}{176.333} = \pm 9,28 \text{ kg. por cm}^2$$

$$\sigma_u = \pm \frac{30.900 \times 67,8}{176.333} = \pm 11,88 \quad "$$

CLAVE.

$$\left\{ \begin{aligned} F &= b \cdot h = 500 \times 40 = 20.000 \text{ cm}^2 \\ W &= \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \times 500 \times 1.600 = 133.333 \text{ cm}^3 \\ N_s &= H_s = 286.200 \text{ kg.} \end{aligned} \right.$$

a) Carga permanente.

$$\sigma_o = \frac{N_s}{F} - \frac{H_e y_u}{W} = \frac{286.200}{20.000} + \frac{6.661 \times 67,1}{133.333} = 17,66 \text{ kg. por cm}^2$$

$$\sigma_u = \frac{N_s}{F} + \frac{H_e y_o}{W} = \frac{286.200}{20.000} - \frac{6.661 \times 80,5}{133.333} = 10,29 \text{ kg. por cm}^2$$

b) Sobrecarga.

$$\sigma_o = + \frac{1.224.000}{133.333} = + 9,18 \text{ kg. por cm}^2$$

$$\sigma_u = + \frac{806.400}{133.333} = + 6,04 \quad "$$

$$\sigma_o = - \frac{403.300}{133.333} = - 3,02 \quad "$$

$$\sigma_u = - \frac{809.800}{133.333} = - 6,07 \quad "$$

c) Variación de temperatura.

$$\sigma_o = \pm \frac{30.900 \times 67,1}{133.333} = \pm 15,55 \text{ kg. por cm}^2$$

$$\sigma_u = \pm \frac{30.900 \times 80,5}{133.333} = \pm 18,65 \quad "$$

Con estos esfuerzos, que para las distintas secciones del arco sin armadura hemos calculado, se obtienen los resultados siguientes:

Valores límites de los esfuerzos en los bordes.

SECCIONES		CARGA permanente. Kg. por cm ²	SOBRECARGA		TEMPERATURA		LÍMITES DE LOS VALORES	
			Kg. por cm ²	Kg. por cm ²	Kg. por cm ²	Kg. por cm ²	Kg. por cm ²	Kg. por cm ²
Clave	σ_o	+ 17,66	+ 9,18	- 3,02	+ 15,55	- 15,55	+ 42,39	- 0,91
	σ_u	+ 10,29	+ 6,04	- 6,07	+ 18,65	- 18,65	+ 34,98	- 14,13
Sección 3. ^a	σ_o	+ 14,55	+ 8,59	- 5,40	+ 9,28	- 9,28	+ 32,42	- 0,13
	σ_u	+ 9,99	+ 7,94	- 6,17	+ 11,88	- 11,88	+ 29,81	- 8,06
Sección 5. ^a	σ_o	+ 12,30	+ 8,79	- 5,59	+ 2,81	- 2,81	+ 23,90	+ 5,90
	σ_u	+ 10,60	+ 8,36	- 6,95	+ 5,04	- 5,04	+ 24,00	- 1,39
Sección 9. ^a	σ_o	+ 7,67	+ 3,55	- 2,39	+ 8,02	- 8,02	+ 19,24	- 2,74
	σ_u	+ 10,75	+ 5,39	- 2,77	+ 6,25	- 6,25	+ 22,39	+ 1,73
Sección 13.	σ_o	+ 4,77	+ 5,32	- 4,05	+ 14,85	- 14,85	+ 24,97	- 14,13
	σ_u	+ 10,89	+ 5,57	- 3,62	+ 13,55	- 13,55	+ 30,01	- 6,28
Arranque	σ_o	+ 3,73	+ 7,74	- 6,46	+ 15,60	- 15,60	+ 27,07	- 18,33
	σ_u	+ 10,2	+ 7,22	- 6,13	+ 14,52	- 14,52	+ 31,96	- 10,43

Según vemos en el cuadro anterior el máximo esfuerzo de compresión tiene lugar en el trasdós de la clave, y es de 42,39 kg. por cm², que no excede el límite de 45 kg., admitido para el hormigón, presentándose en cambio tracciones, siendo la máxima en el trasdós de los arranques de 18,33 kg. por cm².

(Continuare)

