



FIG. 45. GRAFICA CARGA - DEFLEXION DEL MODELO 7N - E - 6 - 22 - 6B PROBADO CON AGUA

produjo bajo carga de servicio fue uniformemente distribuido en todo el claro y aunque propicia inicialmente fugas, estas fueron despreciables y las grietas se autosellaron en un lapso no mayor de 72 hrs.

- d) El método para hacer el junteo de piezas resultó adecuado, pues se logran juntas que no sólo garantizan la continuidad del sistema, sino que son impermeables, esto último se observó durante las pruebas de carga, en que se registraron aberturas en las uniones del orden de 0.3 mm, para carga de servicio, que en un principio permiten el paso del agua, pero que en un lapso no mayor a 72 hrs. se autosellan.
- e) Se considera que la longitud de las piezas que presenta mayores ventajas, tanto desde el punto de vista de comportamiento estructural como de manejo y facilidad de montaje es de 5 m.
- f) En observaciones realizadas después de 4 meses de tener las canaletas cargadas con agua, se notó una corrosión incipiente en la malla E-6-22 por el paso del agua a través de los poros del mortero, lo que entre otras cosas produce agrietamiento en las piezas debido a expansiones ocasionadas por la oxidación de la malla. Esto puede ser un factor que limite la vida útil de las canaletas que empleen metal desplegado como refuerzo principal y sea necesario cambiar la malla por otra galvanizada.

5. ANALISIS DE COSTOS.

Se presentan en la siguiente tabla los costos por m de canal calculados con la sección utilizada para la construcción de los modelos de campo y con los salarios y precios vigentes durante la elaboración del informe, (sept. 1976).

a) Costo de materiales y colocación para revestimiento de concreto.

Concreto f' <sub>c</sub> 200 kg/cm <sup>2</sup>	= \$ 641.30
Para espesor del revestimiento de 5 cm	= \$ 32.10/m <sup>2</sup>
7 cm	= \$ 44.90/m <sup>2</sup>
10 cm	= \$ 64.13/m <sup>2</sup>
Juntas	= \$ 4.78/m <sup>2</sup>
Curado	= \$ 1.88/m <sup>2</sup>

Costo de materiales y colocación para revestimiento de ferrocemento.

Mortero 250 kg/cm <sup>2</sup>	= \$ 881.30/m <sup>2</sup>
Espesor del revestimiento, 2 cm	= \$ 17.63/m <sup>2</sup>
Preparación de la base (mortero pobre)	= \$ 9.60/m <sup>2</sup>
Metal desplegado E-6-22*	= \$ 15.38/m <sup>2</sup>
Malla hexagonal 19 mm*	= \$ 28.38/m <sup>2</sup>
Curado	= \$ 1.88/m <sup>2</sup>

\* Se consideraron dos capas de refuerzo habilitado y colocado.

Costo total por metro lineal de canal.

	Espesor	Costo por ml
Revestimiento de Concreto f' <sub>c</sub> 200 kg/cm <sup>2</sup>	5 cm	\$ 289.15
	7 cm	\$ 384.64
	10 cm	\$ 528.09
Revestimiento de ferrocemento para mortero f' <sub>c</sub> 250 kg/cm <sup>2</sup> y espesor de 2 cm	E-6-22	\$ 331.97
	hexagonal 19 mm (galvanizada)	\$ 428.88

b) Costo de canaleta prefabricada por ml.

Con bloques vibrocomprimidos	\$ 200.00
Con ferrocemento	\$ 120.00

Como se aprecia de la observación de la tabla anterior, los costos del revestimiento de canales con ferrocemento no representan grandes ahorros, sin embargo si con este material se evita la sustitución de arcillas expansiva por material inerte, entonces los canales revestidos con ferrocemento tendrían también ventajas económicas importantes.

En cuanto a la prefabricación de canaleta, los costos resultan más alentado-

res, pues construir ésta de ferrocemento representa un ahorro en el costo del 40 por ciento.

6. RECOMENDACIONES SOBRE ESTUDIOS FUTUROS.

El ferrocemento se comportó, en el tramo de prueba, de acuerdo con lo esperado y aunque se tuvo una serie de dificultades debidas a las características del suelo y del ambiente para lograr un mortero adecuado para este caso particular, en realidad el diseño de una mezcla apropiada no representa un gran problema y se puede adaptar a las condiciones de cada zona.

El estudio de las mezclas presentado en este trabajo puede servir como guía para la elaboración de morteros con los materiales de cada región.

En cuanto al método constructivo utilizado se considera que funcionó adecuadamente, pues permitió la aplicación del ferrocemento en el revestimiento de canales con cierta facilidad. Quedó demostrado que la mano de obra no representa un gran problema, pues resulta fácil entrenarla de manera que se logre la adecuada colocación de la malla y mortero, logrando la compactación requerida y buenos acabados.

No obstante lo anterior se considera que el estudio fue limitado ya que en esta parte de la investigación sólo se estudió la forma de aplicar el ferrocemento para la impermeabilización de canales de riego y se hicieron algunas observaciones del comportamiento del material, pero falta comprobar si el material es aplicable en las zonas donde se encuentren arcillas expansivas, como puede ser en los estados de Zacatecas y Tamaulipas, que es para donde se piensa que el sistema ofrecerá grandes ventajas y ahorros considerables en la construcción de canales.

Así mismo, debido a la presencia de corrosión en la malla de metal desplegado se considera recomendable ampliar las pruebas con el objeto de determinar la factibilidad de emplear aceros galvanizados como material de refuerzo.

En cuanto al método de prefabricación de canaletas aunque fue satisfactorio en cuanto a velocidad de colado y acabado de las piezas, es recomendable ampliar la investigación realizando pruebas de campo, tanto para observar la adaptabilidad de la mano de obra al sistema propuesto como para conocer el comportamiento de los elementos, desde el punto de vista estructural y de permeabilidad, en condiciones reales de servicio.

La solución propuesta está pensada para un método de prefabricación a nivel artesanal, sin embargo, puede ser conveniente ampliar el estudio con el objeto de desarrollar un sistema de prefabricación mecanizado y una teoría de análisis y diseño que permita optimizar la solución propuesta. También es conveniente ampliar el estudio para determinar la posibilidad de otro tipo de mallas de manera que se eviten los problemas de corrosión observados en la solución propuesta y de esta forma ampliar la vida útil de las canaletas.

7. RECONOCIMIENTO.

El estudio se realizó con el patrocinio de la Secretaría de Recursos Hidráulicos.

Se reconoce y agradecen las facilidades que tanto la jefatura del Departamento de Ingeniería Experimental como la Residencia del "Plan Hidráulico del Centro" dieron para la realización de las pruebas.

Los autores reconocen la participación del Dr. Roberto Meli P., en la planeación y revisión de este trabajo y la de los Ingenieros Alberto Fuentes, José de Jesús Lee y Juan Andrés Sáenz en la realización de los ensayos de Laboratorio y agradecen los valiosos comentarios y sugerencias recibidas del Ingeniero José Antonio Maza. Así mismo hacen patente su agradecimiento al Ingeniero Santiago Corro, Jefe de la sección de Vías Terrestres del Instituto de Ingeniería, por haber facilitado el material, equipo y personal necesarios para la construcción de los terraplenes donde se apoyaron los modelos de laboratorio, a los Ingenieros Ramón Durón Ríos y José Guadalupe Sánchez bajo cuya supervisión se realizaron las pruebas de permeabilidad, efectuadas en el Laboratorio de Materiales del Departamento de Ingeniería Experimental de la Secretaría de Recursos Hidráulicos. Se agradece también la participación del personal del Laboratorio de Campo de la propia Secretaría, especialmente al Sr. Ing. Santiago E. Casillas Hernández, Jefe del Laboratorio, por sus atenciones, sugerencias y comentarios.

Así mismo a los autores reconocen y agradecen ampliamente el interés y la colaboración del Departamento de Ingeniería Experimental y de la residencia del "Plan Hidráulico del Centro", sin cuya valiosa participación y apoyo no hubiera sido posible conducir a buen término la presente investigación.

BIBLIOGRAFIA SOBRE FERROCEMENTO.

1. G. K. Khaidukov, "Development of Armocement Structures"
2. P. L. Nervi, Bulletin 36. International Ass. Shell Structures, Madrid (dic. 68), "Concrete and Structural Form" Structural Engineer (may. 1956).
3. R. Brigham, "Down to the Sea in Cement", Life Magazine Vol. 69, No. 11 (sep. 1970).
4. G. W. Bigg, "An Introduction to Design for Ferrocement Vessels", Vessels and Engineering Division, Industrial Development Branch Fisheries Service, Environment Canada, Ottawa Hull (1972).
5. S. P. Shah, "Ferro-cement as a New Engineering Material", Department of Materials Engineering, University of Illinois.
6. Scott, W. G., "Ferrocement for Canadian Fishing Vessels, Industrial Development Branch Fisheries Service", Project report 42 Ottawa, August 1971.
7. Greenius, A. W., Smith, J. D., Ferrocement for Canadian Fishing Vessels, (I D B F S), project report 48, Ottawa, Jan 1972.
8. Vessels an Engineering Division, "Ferrocement for Canadian Fishing Vessels", (I D B F S), project report 55, Ottawa, Aug. 1972.
9. "Tecnologia do ferro-cimento encontra no país grande potencial para sua utilizacao", Cimento & Concreto, Associacao Brasileira de Cimento Portland (ANCP), Río de Janeiro.
10. "Building a Concrete Sail Boat", Concrete Construction (may. 1969).
11. G. Jackson, "Future with a Promise for Concrete Boatbuilding, Vol. 1, Concrete Construction (sep. 1969).
12. G. Jackson. "Future with a Promise for Concrete Boatbuilding, Vol. 2, Concrete Construction (oct. 1969).
13. "Ferro-cement abre novas perspectivas para industria da pesca no Brasil", Cimento & Concreto, Associacao Brasileira de Cimento Portland (ABCP), Río de Janeiro, Año 2, No. 7 (jul-ago 1972).
14. M. K., "Michigan Triumphs in Third Midwest Concrete Canoe Race, Journal ACI (ago 1973).
15. "Building a Ferro-cement Yacht", Concrete Construction (abr. 1971).
16. J. Gardner, "Ferro-cement and Fiberglass Thrive Despite Pseudo Experts", National Fisherman (dic. 1971).
17. R. Walkus y T. G. Kowalski, "Ferrocement: survey". Concrete (feb. 1971).
18. "Boats from Ferro-cement, Utilization of Shipbuilding and Repair Facilities", Serie No. 1, Naciones Unidas, Nueva York (1972).

19. "Ferrocement: Applications in Developing Countries", National Academy of Sciencies, Washington (feb. 1973).
20. R. B. L. Smith y S. Boon-Long. "Ferro-cement Bins for Hermetic Storage of Rice", Reseach report 12, Asian Institute of Technology, Bangkok (may. 1970).
21. M. Raisinghani, R. P. Pama y Seng-Lip Lee, "Mechanical Properties of Ferro-cement Slabs", Reseach report 27, Asian Institute of Technology, Bangkok (jun. 1972).
22. Seng-Lip Lee, M. Raisinghani y R. P. Pama "Mechanical Properties of Ferrocement", Seminar on the Design and Construction of Ferro-cement Fishing Vessels, Session I FAO, Willington, N. Zealand (9-13 oct. 1972).
23. F. Leonhardt, "Suggestions for Future Research", Sesión Plenaria del CEB, Comite Europeen du Beton, Londres (oct. 1973).
24. Samson Marine Design LTD, Richmond. Canada.
25. Ferrocement boats. Concrete (sept. 1973), pp. 29-32.
26. D. Logan y S.P. Shah, Moment Capacity and Cracking Behavior of Ferrocement in Flexure, ACI Journal (dic. 1973), pp. 799-804.
27. A. Noaman y C. Ramos, Propiedades Mecánicas del Ferrocemento en tracción, flexión y compresión, Boletín IMME, Año IX, No. 33 y 34 (enero-junio 1971).
28. S. P. Shah y W. H. Key, Impact Resistance of Ferrocement. Journal of the ASCE (ene. 1972).
29. L. D. Collen y R. W. Kirwan, Some Notes on the Characteristics of Ferrocement, Civil Engineering and Public Works Review, Vol. 54, No. 632 (feb. 1959), pp. 195-6.
30. A. Kama Sundara R. y C. S. Kallappag, A. Study of Behaviour of Ferrocement in Direct Compression, Cement and Concrete (oct-dic 1969).
31. P. Gergely y Le Roy Alutz, Maximum Crack Wide in Reinforced Concrete Flexural Members, ACI Symposium, Philadelphia, Penn (mar 70-10-1966).
32. A. Naaman y S.P. Shah, "Tensile tests of Ferrocement". ACI Journal (sep 71), pp. 693-698.
33. T. Wishwanath, R.P. Mhatre y K. Seetharamulu, "Test of a Ferro-cement Precast Folded Plate".
34. Sathre, J. Some Notes on Stress Analysis and Construction of Fishing Vessel Structures, Conference on fishing vessel construction materials. pp. 31-42.
35. Anon, Featherston Ahoy, Concrete Construction, July 1963, pp. 209-10.
36. C.D. Johnston and D.N. Mowat "Ferrocement-Material Behavior in Flexure", Journal of the Structural Division, ASCE, Oct. 1974.