



*TWENTY-FIRST
INTERNATIONAL
CONGRESS
ON LARGE DAMS*

*VINGT ET UNIÈME
CONGRÈS
INTERNATIONAL
DES GRANDS BARRAGES*

*16-20 JUNE 2003
MONTRÉAL - CANADA*

AVERTISSEMENT EXONÉRATION DE RESPONSABILITÉ :

Les informations, analyses et conclusions auxquelles cet ouvrage renvoie sont sous la seule responsabilité de leur(s) auteur(s) respectif(s) cité(s).

Les informations, analyses et conclusions contenues dans cet ouvrage n'ont pas force de Loi et ne doivent pas être considérées comme un substitut aux réglementations officielles imposées par la Loi. Elles sont uniquement destinées à un public de Professionnels Avertis, seuls aptes à en apprécier et à en déterminer la valeur et la portée et à en appliquer avec précision les recommandations à chaque cas particulier.

Malgré tout le soin apporté à la rédaction de cet ouvrage, compte tenu de l'évolution des techniques et de la science, nous ne pouvons en garantir l'exhaustivité.

Nous déclinons expressément toute responsabilité quant à l'interprétation et l'application éventuelles (y compris les dommages éventuels en résultant ou liés) du contenu de cet ouvrage.

En poursuivant la lecture de cet ouvrage, vous acceptez de façon expresse cette condition.

NOTICE - DISCLAIMER :

The information, analyses and conclusions referred to herein are the sole responsibility of the author(s) thereof.

The information, analyses and conclusions in this document have no legal force and must not be considered as substituting for legally-enforceable official regulations. They are intended for the use of experienced professionals who are alone equipped to judge their pertinence and applicability and to apply accurately the recommendations to any particular case.

This document has been drafted with the greatest care but, in view of the pace of change in science and technology, we cannot guarantee that it covers all aspects of the topics discussed.

We decline all responsibility whatsoever for how the information herein is interpreted and used and will accept no liability for any loss or damage arising therefrom.

Do not read on unless you accept this disclaimer without reservation.

VOLUME

2

QUESTION 82

TRANSACTIONS

COMPTES RENDUS

*Published by the
International Commission
on Large Dams*

*Publiés par
la Commission Internationale
des Grands Barrages*

*151, bd Haussmann, 75008 Paris, France
Tél. : 33 (0) 1 40 42 68 24 - Fax : 33 (0) 1 40 42 60 71
<http://www.icold-cigb.org> and www.icold.cigb.net
E-mail : secretaire.general@icold-cigb.org*

NOTE

Units of Measurement

As for the previous Congresses and though some authors do not fully agree, we attempted to follow the recommendations of the International System of Units (SI).

For example, hm^3 and km^3 were preferred to 10^6 m^3 and 10^9 m^3 , or million and billion cu.m. See Bulletin 34 "ICOLD Guide for the International System of Units (SI)", page 13.

The decimal sign may be the full stop (Anglo-Saxon usage) or the comma (European usage); but as a safeguard against confusion, full stop (period) and comma are used as decimal sign only.

Where the number of digits before or after the decimal sign exceeds three, the digit should be divided into groups of three by half space.

We meet not enough co-operation from some authors writing in English who go on keeping the comma to separate the groups of three digits instead of using half space. It was not possible to make the appropriate corrections in all the tables provided by the authors and even in the text. Sorry for the inconvenience.

AVERTISSEMENT

Unités de Mesure

Comme pour les Congrès précédents et bien que certains auteurs manifestent des réticences à ce sujet, on s'est efforcé de suivre les recommandations du Système International d'Unités (SI).

Par exemple, on a utilisé plus volontiers hm^3 et km^3 au lieu de 10^6 m^3 et 10^9 m^3 ou million et milliard de mètres cubes. Voir Bulletin 34 « Guide CIGB du Système International d'Unités (SI) », page 13.

De même, on a retenu le point (usage anglo-saxon) et la virgule (usage européen) comme signe décimal, mais pour éviter toute confusion, la virgule et le point ne sont utilisés que comme signe décimal.

Aussi, quand le nombre de chiffres avant ou après la virgule est supérieur à 3, les chiffres sont groupés par 3, chaque groupe étant séparé par un court espace.

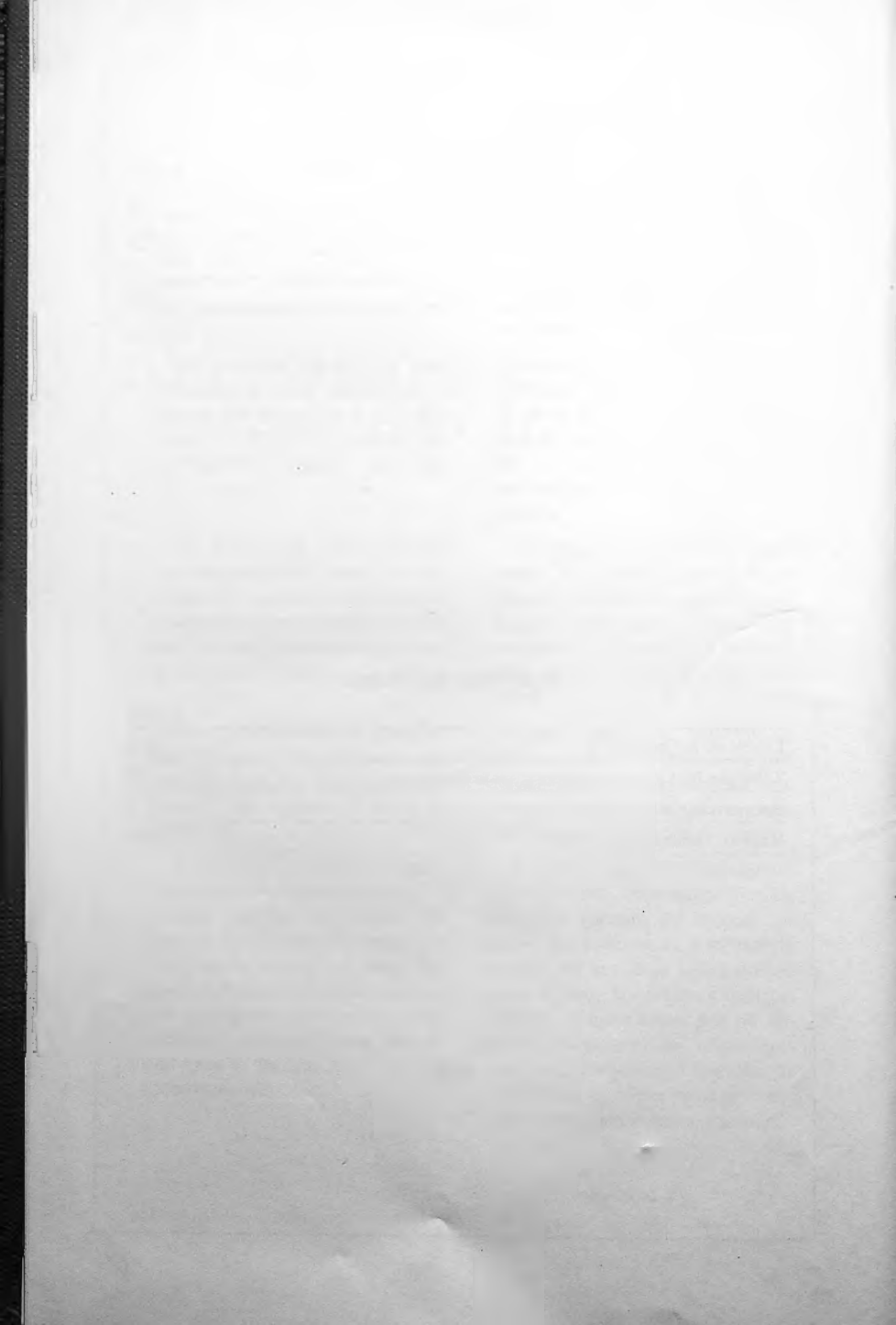
À ce sujet nous rencontrons encore des difficultés de la part de quelques auteurs de langue anglaise qui continuent à utiliser la virgule au lieu d'un court espace pour séparer les groupes de trois chiffres. Nous n'avons pas pu apporter les corrections nécessaires dans tous les tableaux fournis par les auteurs et même dans le texte. On voudra bien nous en excuser.

TABLE OF CONTENTS

	PAGE
Wording of Question 82	VIII
Table of Contents of Papers on Question 82	IX
Papers on Question 82	1
General Report Question 82	1541

TABLE DES MATIÈRES

	PAGE
Libellé de la Question 82	VIII
Table des Matières des Rapports sur la Question 82	IX
Rapports sur la Question 82	1
Rapport Général Question 82	1541



PAPERS ON Q 82

RAPPORTS SUR LA Q 82

**Ageing and rehabilitation of concrete and masonry dams
and appurtenant works**

Subject

1. Types, causes and detection of ageing.
2. Analysis of the ageing process and its consequences on dam safety.
3. Rehabilitation work, particularly using modern methods and materials.
4. Preventive measures (physical and organisational) to mitigate ageing process.

NOTE

The Question excludes the damages covered by routine maintenance, not affecting dam safety.

**Vieillessement et réhabilitation des ouvrages en béton
et en maçonnerie : barrages et ouvrages associés**

Objet

1. Types et causes de vieillissement - Méthodes de détection du vieillissement.
2. Analyse du processus de vieillissement et de ses conséquences sur la sécurité du barrage.
3. Travaux de réhabilitation, en particulier avec utilisation de procédés et matériaux modernes.
4. Mesures préventives (physiques et organisationnelles) destinées à lutter contre le processus de vieillissement.

NOTE

Les détériorations qui relèvent de l'entretien courant, sans compromettre la sécurité de l'ouvrage, sont exclues de la Question.

TABLE OF CONTENTS
OF PAPERSTABLE DES MATIÈRES
DES RAPPORTS

R. 1. BOROS-MEINIKÉ, D., JANKOWSKI, W. (<i>Poland</i>) A monitoring-based assessment of the ageing process of selected Polish dams.....	1
R. 2. HRABOWSKI, W., URBANSKI, A., KONWERSKA-HRABOWSKA, J. (<i>Poland</i>) <i>In situ</i> investigation and numerical analysis of thermal cracking in Zatonie dam.....	9
R. 3. JEPSSON, J., BERNSTONE, C. (<i>Sweden</i>) On-line residual service life assessment of a concrete dam using probabilistic methods and data from monitoring systems.....	21
R. 4. CHRAIBI, A.F., MOUTYA, L. (<i>Maroc</i>) Un grand barrage à contreforts affecté d'une fissuration.....	39
R. 5. JABAROOTI, M.R., GOLABTOONCHI, I. (<i>Iran</i>) Alkali-aggregate reactivity in South-East of Iran.....	53
R. 6. ANDRÉ, S., MANSO, P. de A., SCHLEISS, A., BOILLAT, J.-L. (<i>Switzerland</i>) Hydraulic and stability criteria for the rehabilitation of appurtenant spillway structures by alternative macro-roughness concrete linings.....	63
R. 7. VIRET, R., GICOT, O., LAZARO, P., AMBERG, F. (<i>Suisse</i>) Confortement du barrage de la Maigrange, Fribourg.....	95
R. 8. OSCAR LIBERAL, A., SILVA MATOS, D., CAMELO, A., SOARES DE PINHO, J., TAVARES DE CASTRO, A., MACHADO VALE, J. (<i>Portugal</i>) Ageing process and rehabilitation of Pracana dam.....	121
R. 9. SCHÄFER, P., PERZLMAIER, S., CONRAD, M., STROBL, Th., AUFLEGER, M. (<i>Germany</i>) Rehabilitation of dam facings monitored by an advanced technology for leakage detection.....	139
R. 10. SINCLAIR, M., WARK, R.J. (<i>Australia</i>) Canning dam remedial works, Australia's largest permanent ground anchors.....	155
R. 11. EL JAHRANI, A., LAHJOMRI, A.C., HOUACHMI, A. (<i>Maroc</i>) Diagnostic et mesures confortatives des barrages Infout, Daourat et Sidi Saïd Maâchou.....	173
R. 12. SOARES DE PINHO, J., TAVARES DE CASTRO, A., PITEIRA GOMES, J., SILVA MATOS, D., FERREIRA, I., CAMELO, A. (<i>Portugal</i>) Observed behaviour and deterioration assessment of Pracana dam.....	185
R. 13. KRYŽANOWSKI, A., ŠUŠTERŠIČ, J. (<i>Slovenia</i>) Performance of concrete exposed to long-term underwater abrasion loading.....	207

R. 14. AMMANN, E., BALISSAT, M., POUGATSCH, H., STEIGER, K., THOMANN, P., VIRET, R., DE VRIES, F. (<i>Switzerland</i>) Recent Swiss experience with ageing and rehabilitation of concrete dams	219
R. 15. KAISSOUN, M., LAHJOMRI, A.C., MOUTYA, L. (<i>Maroc</i>) Proposition d'une démarche pour l'établissement d'un plan d'action de maintenance et de réhabilitation des barrages marocains.....	247
R. 16. BRYZGALOV, V., KALOUSTIAN, E., RASSKAZOV, L., SAINOV, M., DAO, T.A., ARGAL, E., ASHIKHMEN, V., KOROLIOV, V., PRONINA, L., SUDAKOV, V. (<i>Russia</i>) Restoration of workability of "old" dams. General approaches and specific solutions.....	263
R. 17. DAWSON, R. (<i>New Zealand</i>) Karapiro dam stability enhancement project: design and construction.....	281
R. 18. RUGGERI, G., FANELLI, G., LEONCINI, A. (<i>Italy</i>) Recent rehabilitation projects for ENEL concrete dams.....	301
R. 19. BRATIANU, G., PENCESCU, R., LUNGU, S. (<i>Romania</i>) Rehabilitation of two old Romanian dams	325
R. 20. CONSTANTINESCU, A., STEMATIU, D., HAPAU-PETCU, S. (<i>Romania</i>) Staged implementation of the remedial works program for Poiana Uzului buttress dam	337
R. 21. SUNDARA ARASU, M. (<i>India</i>) The present planning and the risk factor.....	353
R. 22. MIACHON Filho, G., SALES GOZ, R., ALENCAR DIAS Sobrinho, C. de, MACHADO BITTENCOURT, R., PACELLI DE ANDRADE, W. (<i>Brazil</i>) Underwater concrete restoration of the water inlet stop log guides at generation Units 1 and 2 of the Porto Colômbia hydroelectric plant.....	363
R. 23. HEDIEN, J.E., EMERINE, R.J. (<i>United States</i>) Design and construction of the replacement penstock for the Victoria hydroelectric project	377
R. 24. FORREST, M.P., BISCHOFF, J.A. (<i>United States</i>) Tensile strength of lift joints in concrete dams	393
R. 25. WILSON, G.L., HUTTON, C.C., EISENBRAUN, R.W. (<i>United States</i>) Rehabilitation of concrete dams.....	405
R. 26. BRUCE, D., GILLON, M. (<i>United States</i>) Seepage evaluation and remediation under existing dams	423
R. 27. BRUCE, D. (<i>United States</i>) Issues regarding the use of epoxy protected strand for prestressed rock anchors	439
R. 28. MOHAMMADI, A., KESSLER, D., HAYES, S. (<i>United States</i>) Evaluation and future considerations for a 1930s vintage dam and outlet works: Bull Run dam No. 1	447
R. 29. BUCY, T.B., JAMES, R.A. (<i>United States</i>) Analysis and repair of aging navigation lock miter gate anchorages	465

R. 30.	HARLAN, R.C., ONKEN, S.C. (<i>United States</i>) Mitigation of damage and rehabilitation of aging concrete dams subject to freeze-thaw deterioration	491
R. 31.	WATERS, R.H., MURPHY, J.C., EASTON, C.N. (<i>United States</i>) Stability restoration of two Ambursen spillways on an alluvial foundation	513
R. 32.	UCHITA, Y., HASUMOTO, K., HASHIMOTO, K., SHIMMURA, A. (<i>Japan</i>) A study on ageing of dam concrete in contact with foundation rock.....	535
R. 33.	UETA, T., TANIDA, H., KANAOKA, T., HACHISUKA, U., YAMAGUCHI, Y., ICHIHARA, N. (<i>Japan</i>) Improvement work of facilities for the Ikari dam.....	555
R. 34.	KADOMATSU, T., TAKASU, S., FUJISAWA, T. (<i>Japan</i>) Recent circumstances of dam rehabilitation in Japan	573
R. 35.	MASON, P., SCOTT, C., MOLYNEUX, J.D. (<i>United Kingdom</i>) Ageing of dam components and dam safety regimes.....	597
R. 36.	BROWN, A.J., BILGI, A., DELESSA, A.T. (<i>United Kingdom</i>) Ageing of Koka dam, Ethiopia.....	609
R. 37.	SCHEUER, L., HEINEMANN, E. (<i>Germany</i>) Rehabilitation concept for Agger dam.....	627
R. 38.	KLEIN, P. (<i>Germany</i>) Sealing of gate towers with glas-reinforced plastic pipes	637
R. 39.	BAVESTRELLO, F., LORENZI, V. (<i>Italy</i>) Rehabilitation works of the Ponte dell'Acqua concrete gravity dam.....	655
R. 40.	GILKS, P.A., CURTIS, D.D. (<i>Canada</i>) Dealing with the effects of AAR on the water retaining struc- tures at Mactaquac GS.....	681
R. 41.	ROYET, P., NORET-DUCHÊNE, C., BRUNET, C., COCHET, D., LINO, M. (<i>France</i>) Synthèse sur le vieillissement et la réhabilitation des barrages français en maçonnerie/Synthesis on ageing and rehabilitation of French masonry dams.....	705
R. 42.	POULAIN, D., ALONSO, E., MÉRIAUX, P. (<i>France</i>) Problèmes de stabilité liés aux sous-pressions en fondation des barrages-poids en béton et en maçonnerie de moins de 30 m de hauteur/Stability problems linked with uplift pressures under concrete and masonry gravity dams less than 30 m high	745
R. 43.	FABRE, J.-P., BOURDAROT, E. (<i>France</i>) Analyse du comportement mécanique à long terme des barrages- voûtes.....	781
R. 44.	BOURDAROT, E., CREPON, O., GOGUEL, B., HOONAKKER, M., LIGNIER, P., YZIQUEL, A. (<i>France</i>) Comportement de voûtes en vallées larges : 4 voûtes minces des années 50	803
R. 45.	AGRESTI, P., YZIQUEL, A., HOONAKKER, M., SALEMBIER, M., TOURMENT, R. (<i>France</i>) Réhabilitation de barrages-poids anciens par géomembranes	829

R. 46. PEYRAS, L., LALEU de, V., ROYET, P. (<i>France</i>) Modélisation fonctionnelle des pertes de performance des bar- rages - Application au mécanisme de l'alcali-réaction - Exemple du barrage de Chambon.....	853
R. 47. COMFORT, G., GONG, Y., LIDDIARD, A. (<i>Canada</i>) Static ice loads on dams.....	873
R. 48. RIVARD, P., GRAVEL, C., BALLIVY, G. (<i>Canada</i>) Caractérisation des propriétés mécaniques des bétons de masse atteintes de réactivité alcali-granulats et évaluation du poten- tiel d'expansion résiduelle.....	907
R. 49. SALEH, K., BALLIVY, G., DUMONT, C. (<i>Canada</i>) Évaluation de la résistance au lessivage des coulis d'injection.....	929
R. 50. BALLIVY, G., FAUCHER, C., RIVARD, P., GRAVEL, C., LALONDE, G., VEILLEUX, M. (<i>Canada</i>) Mesures de la contrainte de traction par sectionnement dans des tirants de piles d'évacuateur de crues et développement d'un nouveau système de remise en tension.....	945
R. 51. ØSTERBØ, J., ØDEMARK, E. (<i>Norway</i>) Rehabilitation of Røssvass dam - A review of Norwegian dam engineering expertise.....	959
R. 52. SCUERO, A., VASCHETTI, G. (<i>Italy</i>) Stopping leakage: Performance of drained synthetic liners over 40 years.....	973
R. 53. WITTKÉ, W., SCHRÖDER, D. (<i>Germany</i>) Upgrading the stability of the Diemel masonry dam.....	989
R. 54. SALES GÓZ, R., ALENCAR DIAS Sobrinho, C. de, MACHADO BITTENCOURT, R., PACELLI DE ANDRADE, W. (<i>Brazil</i>) Concrete rehabilitation of the Marimondo hydroelectric plant spillway.....	1005
R. 55. ZAKERI, M.M., JALALZADEH, A.A. (<i>Iran</i>) Rehabilitation of Sefidrud buttress dam after a severe earth- quake.....	1019
R. 56. AYLÓN PEREZ, V., VALDERRAMA CONDE, M., SÁNCHEZ CARO, F.J. (<i>Spain</i>) Revision of safety in old dams. The example of Beniarrés dam.....	1035
R. 57. GIL, A., CAJETE, J. (<i>Spain</i>) Correction of seepage at Cenza dam.....	1047
R. 58. LÁZARO MARTÍN, I., FERNÁNDEZ CUEVAS, R. (<i>Spain</i>) Concrete durability improvement at Iruña dam.....	1059
R. 59. GUERREIRO, M., RUBIN DE CELIX, M., FERNÁNDEZ CUEVAS, R. (<i>Spain</i>) Concrete pore structure and relationship with deterioration.....	1071
R. 60. HOYO FERNÁNDEZ GAGO, R. del, MARTÍNEZ ABELLA, F., VELASCO PASCUAL DE ZULUETA, J. (<i>Spain</i>) The ageing of concrete dams due to alkali-silica reactions.....	1083
R. 61. HERRADOR, M.F., MARTÍNEZ ABELLA, F., HOYO FERNÁNDEZ GAGO, R. del (<i>Spain</i>) An experimental approach to modelisation of mechanical beha- viour of ASR - affected dam concretes.....	1093

R. 62.	DE CEA AZAÑEDO, J.C., ASANZA, E., BLANCO, M. (<i>Spain</i>) Face protection: Geomembranes lining vs. paint coating	1105
R. 63.	ESPINOS SOLIS, J. (<i>Espagne</i>) Vieillessement et réhabilitation des barrages en maçonnerie situés en haute montagne	1117
R. 64.	BLÁZQUEZ PRIETO, F. (<i>Spain</i>) Some experiences and conclusions about underwater tasks for the rehabilitation of dams.....	1129
R. 65.	GARCIA PEREZ, J.-A., GAITAN SANTOS, V. (<i>Spain</i>) Waterproofing works carried out on the "El Vado" dam. Sys- tems, performance and experience gained	1139
R. 66.	MARTÍNEZ MUÑOZ, A. (<i>Espagne</i>) Obtention expérimentale d'abaques sans dimension pour la conception de déversoirs en forme de gradins dans des bar- rages d'une hauteur maximale de 50 m.....	1151
R. 67.	MORLÁNS MARTIN, H.-J., SALINAS MORALES, F., MAÑUECO PFEIFFER, M.G. (<i>Spain</i>) Rehabilitation of Moneva dam's bottom outlets.....	1163
R. 68.	SACRISTÁN GÁRATE, F., GONZALO, A., MAÑUECO PFEIFFER, M.G., VIEJO BLANCO, V. (<i>Spain</i>) Repair of in-service hydraulic works by high pressure polymer grouting.....	1175
R. 69.	GONZALO, A. (<i>Spain</i>) Case study: repair of dams affected by expansion problems	1187
R. 70.	TORRES CEREZO, J., MADRIGAL, S., RUÍZ, R. (<i>Spain</i>) Case study: Repairing dams with new technologies. The La Tajera dam.....	1197
R. 71.	VÁZQUEZ CACHO, D. (<i>Spain</i>) Case study: Inspection of the San Esteban dam by videogramme- try.....	1209
R. 72.	AGUADO, A., RODRÍGUEZ-FERRAN, A., CASANOVA, I., AGUILLÓ, L. (<i>Spain</i>) Modeling time evolution of expansive phenomena in concrete dams as a decision-making tool	1219
R. 73.	DIMITROV, N., IVANCHEVA, K. (<i>Bulgaria</i>) Analysis of the ageing process and safety evaluation of the old concrete gravity dam Beli Iskar	1229
R. 74.	MARCELLO, A., MAZZA', G. (<i>Italy</i>) Rehabilitation design of Molato Dam	1249
R. 75.	FLOGL, W., TSCHERNE, G. (<i>Austria</i>) Rehabilitation of the downstream face of Strubklamm arch gra- vity dam	1263
R. 76.	SHIVAKUMAR, H.V., NAGEDRA, R. (<i>India</i>) Structural immunity induced model studies - A case study	1271
R. 77.	ABDELNOUR, R., LIDDIARD, A., COMFORT, G. (<i>Canada</i>) Development of boom design procedures and site selection to improve the warning and efficiency of hydro plants	1291
R. 78.	SHENOUDA, W.K. (<i>Egypt</i>) Ageing of dams on the Nile in Egypt.....	1321

R. 79.	SILVEIRA, J.F.A., CAVALCANTI, A.J.C.T., DEGASPARE, J.C. (Brazil) Concrete stress measurement at four underground power stations affected by alkali-aggregate reaction	1333
R. 80.	DEGASPARE, J.C., CAVALCANTI, A.J.C.T., SILVEIRA, J.F.A. (Brazil) Investigation of the alkali-aggregate reactivity through mathe- matical models at the underground power station of Paulo Afonso IV	1349
R. 81.	TANGO, C.E.S., ANDRIOLO, F.R. (Brazil) Applying an age function to data from dam jobs - Simulation of concrete strength prediction.....	1365
R. 82.	KRÜGER, D.A.V., MACHADO, R.D., MARINO, M.A. (Brazil) Thermal analysis of layered concrete dams	1379
R. 83.	LEME, C.R., de M., AMARAL, C.K., do, BEZERRA, H.A.. da C. (Brazil) Rehabilitation of Ilha dos Pombos hydropower plant.....	1403
R. 84.	SOARES, A.M., VIANA, M., CORRÊA, N.L.A., CORRÊA, S.F., CORRÊA, M.F., ANDRIOLO, F.R. (Brazil) Rio Descoberto dam: Water supply system for Brasília city - Bra- zil. Rehabilitation and performance.....	1413
R. 85.	HE CHANGLI, WANG JINGTONG, MING GUANGHUI (China) Application of asphalt concrete to the reinforcement of Fengman dam.....	1433
R. 86.	SCUERO, A., VASCHETTI, G. (Italy) Rehabilitating dams without dewatering the reservoir	1445
R. 87.	SCUERO, A., VASCHETTI, G. (Italy) Can uplift be controlled?.....	1459
R. 88.	EKSTRÖM, T. (Sweden) Estimation of current condition and remaining service life of a existing degrading concrete structure	1479
R. 89.	EKSTRÖM, T. (Sweden) Leaching of concrete - Experiments and modelling	1497
R. 90.	NORDSTRÖM, E. (Sweden) Shotcrete repairs on dam structures - A durable method?	1527
	General Report/Rapport Général Q. 82 PACELLI, W., General Reporter (Brazil)	1541