

*Report prepared by a team of Portuguese engineers
of the "Laboratorio de Engenharia Civil" — Lisbon — Portugal,
under the chairmanship of the late Prof. Manuel Rocha,
then of Eng. A. Ferreira da Silveira.*

*Original English text from the Laboratory,
revised by Dr. A.D. Penman (U.K.)*

*French translation by P. Combelles (Electricité de France) and
R. Lafitte (Bonnard & Gardel, Ing. Cons., Lausanne, Switzerland)*

*Rapport préparé par une équipe d'ingénieurs portugais
du « Laboratorio de Engenharia Civil » de Lisbonne — Portugal,
sous la direction du regretté Prof. Manuel Rocha,
puis de l'Ing. A. Ferreira da Silveira*

*Texte anglais original établi par le Laboratoire
et revu par le Dr. A.D. Penman (U.K.)*

*Traduction française par P. Combelles (Electricité de France), et
R. Lafitte (Bonnard & et Gardel, Ing. Cons., Lausanne, Suisse)*

DETERIORATION OF DAMS AND RESERVOIRS

Examples and their analysis

DETERIORATION DE BARRAGES ET RESERVOIRS

Recueil de cas et analyse

Cover by TILT — Drawn by Loic Dronneau

The chequerboard with ragged edges calls up a structural organisation (a dam in this case) attacked by destructive forces; the darker colours represent the forces of the attack with the structure seeming to be forced over towards the downstream side by the red. The two encroaching colours suggest the idea of a double deterioration which can be seen twice, either on the upstream and downstream faces of the dam or on the dam and the reservoir banks. Only this type of representation could reveal, at a glance, the full meaning and content of the title.

Couverture : Réalisation TILT — Dessin Loic Dronneau

Le damier rongé évoque une structure organisée (un barrage dans notre cas), attaquée par des éléments destructeurs; les couleurs foncées soulignent la virulence de l'agression; le rouge crée le mouvement et donne l'impression d'un basculement vers l'aval. Les deux couleurs dévoreuses suggèrent l'idée d'une double détérioration qui peut être ressentie soit sur les faces amont et aval du barrage, soit sur le barrage et les rives du réservoir. Seule une telle représentation pouvait révéler d'un seul coup d'œil toute la densité du message.

MEMBERS OF THE COMMITTEE ON DETERIORATION OF DAMS AND RESERVOIRS

MEMBRES DU COMITE DE LA DETERIORATION DES BARRAGES ET RESERVOIRS

Manuel ROCHA	(Portugal/Portugal), Chairman/Président
Richard WIDMANN	(Austria/Autriche)
Milos SIMEK	(Czechoslovakia/Tchécoslovaquie)
Pierre COMBELLES	(France/France)
Arthur PENMAN	(Great Britain/Grande-Bretagne)
Aniceto REBAUDI, A. MARAZIO	(Italy/Italie)
K. MOCHIZUKI, S. KAWASAKI, K. MATSUMURA, Nobuo AIHARA	(Japan/Japon)
H.C. BLERSCH	(South Africa/Afrique du Sud)
Alfonso ALVAREZ, Gomez LAA, J.L. ALLENDE	(Spain/Espagne)
Conrad SCHUM, Raymond LAFITTE	(Switzerland/Suisse)
Alfred GOLZE, John LOWE, Jack W. HILF, Donald J. DUCK, J.D. LYTLE	(USA/Etats-Unis)
Vladimir SEMENKOV	(USSR/URSS)

CONTENTS

Foreword	3
List of symbols	9
Chapter 1 – General analysis of the collected information	10
1.1 – Introduction	10
1.2 – Collected information on deteriorations	12
1.3 – Existing dams	22
1.4 – Deterioration cases	27
1.5 – Detection methods	30
1.6 – Remedial measures	31
1.7 – Failure cases	31
Chapter 2 – Concrete or masonry dams	105
2.1 – General aspects	105
2.2 – Deteriorations affecting foundations	117
2.3 – Deteriorations affecting materials	118
2.4 – Deteriorations affecting the dam body	120
2.5 – Failure cases	121
2.6 – Detection methods	126
2.7 – Remedial measures	131
2.8 – Final considerations	137
Chapter 3 – Embankment dams	141
3.1 – General aspects	141
3.2 – Deteriorations affecting foundations	147
3.3 – Deteriorations affecting the dam body	151
3.4 – Cases of failure	157
3.5 – Detection methods	165
3.6 – Remedial measures	169
3.7 – Final considerations	174
Chapter 4 – Appurtenant works	179
4.1 – Introduction	179
4.2 – Deterioration cases	180
4.3 – Failure cases	190
4.4 – Detection methods	192
4.5 – Remedial measures	193
4.6 – Final considerations	194
Chapter 5 – Reservoirs and downstream	197

Appendices

Appendix I – Form for inquiry on deterioration of dams and reservoirs	202
Appendix II – Form for inquiry on failures and accidents of dams	204
Appendix III – Answers to inquiry on deteriorations (origin I)	207
Appendix IV – Answers to inquiry on failures and accidents (origin II)	327
Appendix V – Answers not complying with the inquiries (origin V)	361

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	3
Liste des symboles	9
Chapitre 1 – Analyse générale de la documentation recueillie	11
1.1 – Introduction	11
1.2 – Documentation recueillie sur les détériorations	13
1.3 – Barrages existants	23
1.4 – Cas de détérioration	27
1.5 – Méthodes de détection	30
1.6 – Remèdes	31
1.7 – Cas de rupture	31
Chapitre 2 – Barrages en béton et en maçonnerie	105
2.1 – Généralités	105
2.2 – Détériorations affectant les fondations	117
2.3 – Détériorations affectant les matériaux	118
2.4 – Détériorations affectant le corps du barrage	120
2.5 – Cas de rupture	121
2.6 – Méthodes de détection	126
2.7 – Remèdes apportés	131
2.8 – Considérations finales	137
Chapitre 3 – Barrages en remblai	141
3.1 – Généralités	141
3.2 – Détériorations affectant la fondation	147
3.3 – Détériorations affectant le corps du barrage	151
3.4 – Cas de rupture	157
3.5 – Méthodes de détection	165
3.6 – Remèdes apportés	169
3.7 – Considérations finales	174
Chapitre 4 – Ouvrages annexes	179
4.1 – Introduction	179
4.2 – Cas de détérioration	180
4.3 – Cas de rupture	190
4.4 – Méthodes de détection	192
4.5 – Remèdes apportés	193
4.6 – Considérations finales	194
Chapitre 5 – Retenues et aval	197

Annexes

Annexe I – Questionnaire pour l'enquête sur les détériorations de barrages et réservoirs	203
Annexe II – Questionnaire pour l'enquête sur les ruptures et accidents de barrage	205
Annexe III – Réponses à l'enquête sur les détériorations (origine I)	207
Annexe IV – Réponses à l'enquête sur les ruptures et accidents (origine II)	327
Annexe V – Réponses non conformes à l'enquête (origine V)	361

Tables at the end of chapter 1

Table 1 - Deterioration cases in dams and reservoirs	34
Table 2 - Distribution of deterioration cases by classification heading of deterioration	82
Table 3 - Distribution of deterioration cases and classification headings of deterioration by period of completion and type of dam	89
Table 4 - Distribution of deterioration cases and classification headings of deterioration by height and type of dam	90
Table 5 - Distribution of deterioration cases and classification headings of deterioration by deterioration time and type of dam	91
Table 6 - Number of classification headings of deterioration affecting dam foundation, dam body, appurtenant works, reservoir and downstream	92
Table 7 - Distribution of detection methods by type of dam	93
Table 8 - Distribution of remedial measures by type of dam	94
Table 9 - Failure cases in dams and reservoirs	96
Table 10 - Distribution of failure cases by type of dam, period of completion, height and failure time	101

Tableaux à la fin du chapitre 1

Tableau 1 - Cas de détérioration des barrages et réservoirs	34
Tableau 2 - Répartition des cas de détérioration par rubriques de classification	82
Tableau 3 - Répartition des cas de détérioration et des rubriques de classification par date d'achèvement et par type de barrage	89
Tableau 4 - Répartition des cas de détérioration et des rubriques de classification par hauteur et par type de barrage	90
Tableau 5 - Répartition des cas de détérioration et des rubriques de classification par époque de détérioration et par type de barrage	91
Tableau 6 - Nombre de rubriques de classification affectant les fondations, le corps du barrage, les ouvrages annexes, le réservoir et l'aval	92
Tableau 7 - Répartition des méthodes de détection par type de barrage	93
Tableau 8 - Répartition des remèdes par type de barrage	94
Tableau 9 - Cas de rupture de barrages	96
Tableau 10 - Répartition des cas de rupture par type de barrages, par date d'achèvement, par hauteur et par époque de la rupture	101

Tables in the text

Table 1.2.1	12
Table 1.2.2	12
Table 1.2.3	12
Table 1.2.4	12
Table 1.2.5	14
Table 1.2.6	20
Table 1.2.7	20
Table 1.2.8	22
Table 1.3.1	26
Table 1.3.2	26
Table 1.3.3	26
Table 1.4.1	29
Table 1.4.2	29
Table 1.4.3	29
Table 1.4.4	29
Table 2.1.1	106
Table 2.1.2	106
Table 2.1.3	107
Table 2.1.4	107
Table 2.1.5	108
Table 2.1.6	110
Table 2.1.7	111
Table 2.1.8	112
Table 2.1.9	113
Table 2.1.10	115
Table 2.1.11	115
Table 2.1.12	115
Table 2.1.13	115
Table 2.1.14	116
Table 2.1.15	116
Table 2.2.1	117
Table 2.2.2	118
Table 2.2.3	118
Table 2.3.1	119
Table 2.3.2	119
Table 2.3.3	120
Table 2.4.1	120
Table 2.4.2	121
Table 2.4.3	121
Table 2.5.1	122

Tableaux dans le texte

Tableau 1.2.1	13
Tableau 1.2.2	13
Tableau 1.2.3	13
Tableau 1.2.4	13
Tableau 1.2.5	14
Tableau 1.2.6	21
Tableau 1.2.7	21
Tableau 1.2.8	23
Tableau 1.3.1	26
Tableau 1.3.2	26
Tableau 1.3.3	26
Tableau 1.4.1	29
Tableau 1.4.2	29
Tableau 1.4.3	29
Tableau 1.4.4	29
Tableau 2.1.1	106
Tableau 2.1.2	106
Tableau 2.1.3	107
Tableau 2.1.4	107
Tableau 2.1.5	108
Tableau 2.1.6	110
Tableau 2.1.7	111
Tableau 2.1.8	112
Tableau 2.1.9	113
Tableau 2.1.10	115
Tableau 2.1.11	115
Tableau 2.1.12	115
Tableau 2.1.13	115
Tableau 2.1.14	116
Tableau 2.1.15	116
Tableau 2.2.1	117
Tableau 2.2.2	118
Tableau 2.2.3	118
Tableau 2.3.1	119
Tableau 2.3.2	119
Tableau 2.3.3	120
Tableau 2.4.1	120
Tableau 2.4.2	121
Tableau 2.4.3	121
Tableau 2.5.1	122