

*Comité national suisse des
grands barrages
Groupe de travail sur l'observation des
barrages*

*Swiss National Committee
on Large Dams
Working group on dam monitoring*

*Mesures de déformation
géodésiques et
photogrammétriques
pour la surveillance des
barrages*

*The Geodetic and
Photogrammetric
Deformation Measurements
of Dams*





*Comité national suisse des
grands barrages
Groupe de travail sur l'observation des
barrages*

*Swiss National Committee
on Large Dams
Working group on dam monitoring*

*Mesures de déformation
géodésiques et
photogrammétriques
pour la surveillance des
barrages*

*The Geodetic and
Photogrammetric
Deformation Measurements
of Dams*

Le présent rapport a été préparé par le comité national suisse des grands barrages car la mesure de déformations à l'aide de la géodésie, utilisée en Suisse depuis les années 1920, a montré des développements intéressants et forts utiles au cours des deux dernières décennies.

Grace aux développements de méthodes électro-optiques, la mesure de distance a pu être fortement améliorée. L'introduction de mesures par satellites (GPS) permet d'élargir le réseau d'observation lorsque la liaison visuelle entre points d'observation est empêchée par la topographie. Le développement de l'informatique a également contribué à l'augmentation de la précision et de la rapidité des calculs.

C'est avec grand plaisir que le comité national suisse des grands barrages présente cette publication à l'occasion du 19e congrès de la CIGB, tenu à Florence en 1997, en espérant de pouvoir ainsi contribuer à une discussion fructueuse sur un sujet important pour la sécurité des barrages.

Le président
Prof. Raymond Lafitte

The present report has been prepared by the Swiss National Committee on Large Dams because geodetic deformation measurements, used in Switzerland since the years 1920, showed some interesting developments in recent years.

Thanks to the developments of opto-electric methods, the measurement of distances could be improved significantly. The introduction of displacement measurements by satellites (GPS) allows the extension of the geodetic network out of the domain of visual contact between observation points. Furthermore, the developments in the field of computing contributed to the increase in precision and speed of necessary calculations.

It is with great pleasure that the Swiss National Committee on Large Dams is presenting this publication on the occasion of the 19th ICOLD congress held in Florence in 1997. We trust that we can contribute to a fruitful discussion on an important topic in view of the safety of our dams.

The Secretary
Dr. Walter Hauenstein



Contenu

1.	Introduction	3
2.	Surveillance des retenues	4
2.1	Généralités	4
2.2	Surveillance des déformations du barrage, de ses fondations et de ses environs	7
2.3	Surveillance des zones de terrain critiques	13
3.	Mesures terrestres de déformation	15
3.1	Introduction	15
3.2	La conception du réseau	15
3.3	L'installation du dispositif de mesure	20
3.4	Les observations	21
3.5	L'exploitation	21
3.6	Résultats et rapport	22
3.7	Perspectives	22
4.	Mesure de déformation à l'aide de satellites	23
4.1	Introduction	23
4.2	Mensuration exacte avec GPS	24
4.3	Concept des réseaux de surveillance des barrages; projet de canevas	25
4.4	Planification et réalisation des mesures GPS	27
4.5	Calcul GPS et analyse des résultats	28
4.6	Compensation globale des mesures GPS et terrestres	29
4.7	Résumé et perspectives	30
5.	Mesure photogrammétrique des déformations	31
5.1	Introduction	31
5.2	Bases géométriques et données techniques relatives aux appareils	31
5.3	Particularités de la technique de mesure programmétrique	31
5.4	Méthodes de mesure photogrammétriques et leur précision	32
5.5	La photogrammétrie utilisée pour la surveillance des ouvrages de retenue	34
6.	Exploitation, précision et fiabilité	36
6.1	Principes et buts des mesures géodésiques de déformation et de leur analyse	36
6.2	Evolution des méthodes d'exploitation	37
6.3	Modèles mathématiques	37
6.4	La méthode des moindres carrés	38
6.5	Précision et fiabilité	39
6.6	Préanalyses lors de la conception de dispositifs géodésiques	41
6.7	Compensation époque par époque	41
6.8	L'analyse des différences relative de position et d'altitude	43
6.9	Perspectives	44
Annexes		
No 1	Mesures automatiques	45
No 2	GPS – mesure rationnelle dans un domaine de précision centimétrique	54
No 3	Prévention et correction des influences d'erreurs systématiques du GPS	58
No 4	Exemples de mesures GPS	60
	Références	62

Contents

1.	Introduction	3
2.	The Monitoring of Dams	4
2.1	Background	4
2.2	Monitoring of the Behaviour of Dam, Foundation and Surrounding	7
2.3	Monitoring Critical Terrain Zones	13
3.	Terrestrial Measurement of Deformations	15
3.1	Introduction	15
3.2	The Project	15
3.3	Installation of the Survey System	20
3.4	The Observations	21
3.5	Evaluation	21
3.6	Results and Report	22
3.7	Future Trends	22
4.	Deformation Measurement by Satellites	23
4.1	Introduction	23
4.2	Measurement by GPS	24
4.3	Concept for Monitoring Networks; Network design	25
4.4	Planning and Carrying Out GPS Measurements	27
4.5	GPS Postprocessing and Evaluation	28
4.6	Combined Adjustment of GPS and Terrestrial Measurements	29
4.7	Conclusions and Future Developments	30
5.	Photogrammetric Measurement of Deformations	31
5.1	Introduction	31
5.2	Geometric and Technical Basis	31
5.3	Characteristics of the Technique	31
5.4	Photogrammetric Survey Methods and their Accuracy	32
5.5	Photogrammetry used to Monitor Water-Retaining Structures	34
6.	Evaluation, Accuracy and Reliability	36
6.1	Objectives, Principles and Evaluation of Geodetic Deformation Measurements	36
6.2	Developments in Evaluation Methods	37
6.3	Mathematical Models	37
6.4	The Least Squares Method	38
6.5	Accuracy and Reliability	39
6.6	Preliminary Analyses of Geodetic Schemes	41
6.7	Periodic Evaluations	41
6.8	The Analysis of Horizontal and Vertical Displacements	43
6.9	Future Trends	44
Appendix		
Nr. 1	Automatic Measurements	45
Nr. 2	GPS – Economic Measurements to an Accuracy of a Centimetre	54
Nr. 3	Prevention and Correction of Systematic GPS Errors	58
Nr. 4	Examples of GPS Measurements	60
	References	62