

QUALITY CONTROL

FOR FILL DAMS

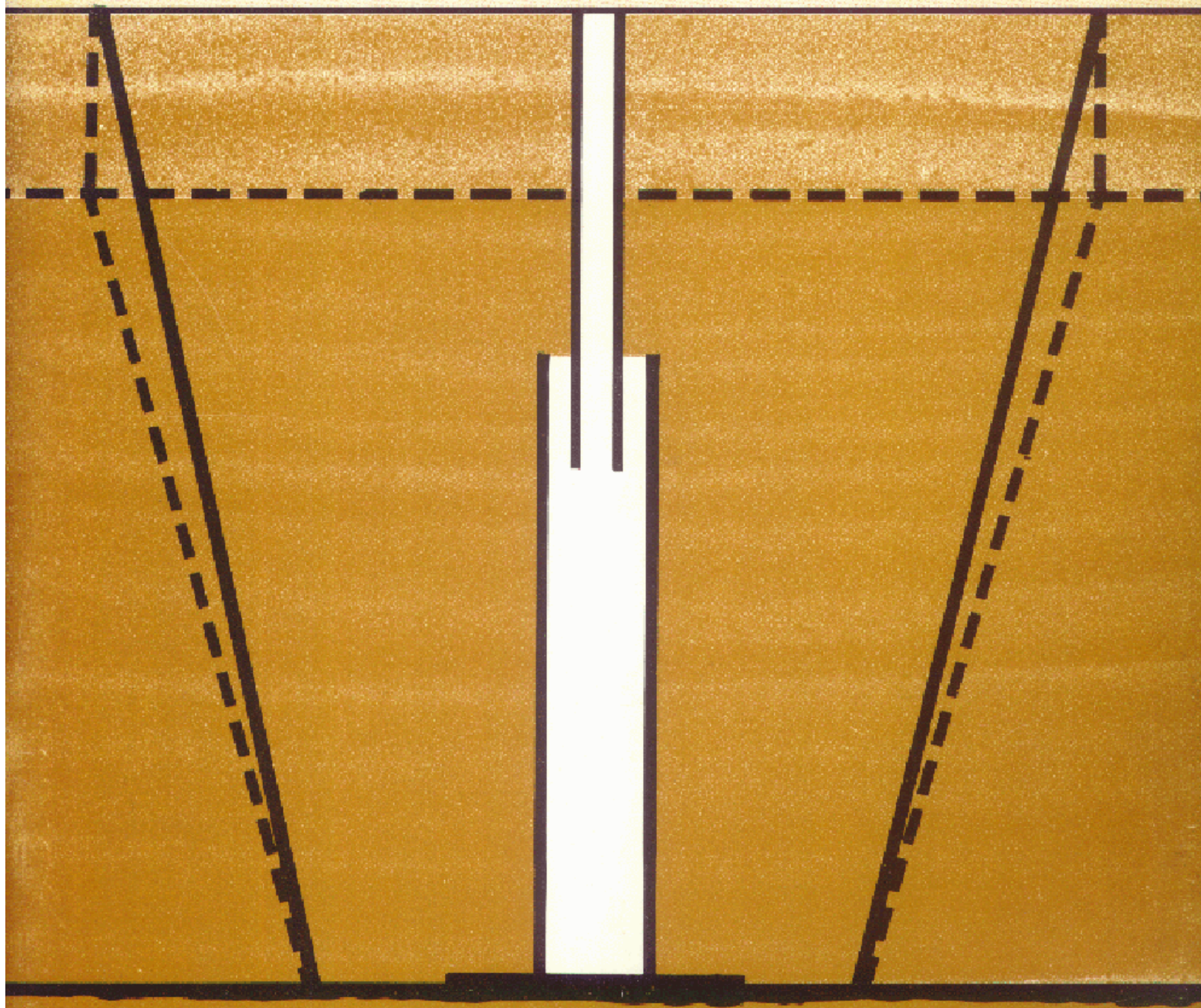
CONTRÔLE DE QUALITÉ

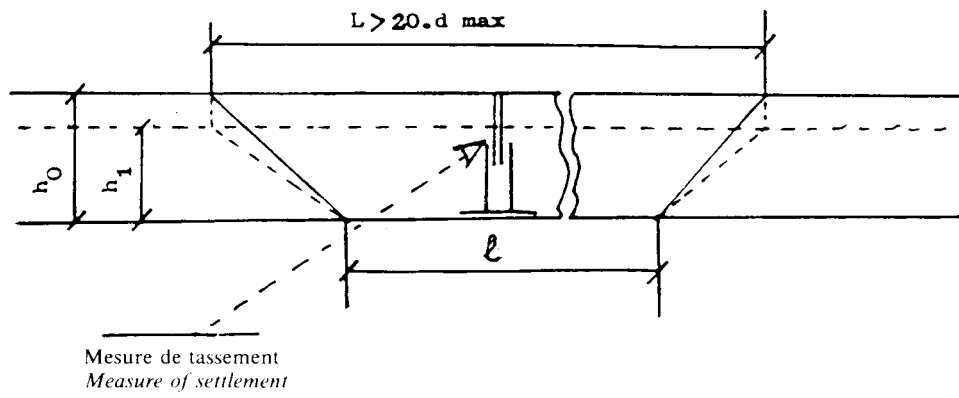
POUR BARRAGES EN REMBLAI



BULLETIN 56

1986





Rapport préparé par les Comités des Grands Barrages
 de France et des États-Unis
 pour le Comité des Matériaux pour Barrages en Remblai

*Report prepared by the French
 and the US Committee on Large Dams
 for the Committee on Materials for Fill Dams*

**QUALITY CONTROL
FOR FILL DAMS**

**CONTRÔLE DE QUALITÉ
POUR BARRAGES EN REMLAI**



**BULLETIN 56
1986**

151, bd Haussmann, 75008 Paris - Tél. : 47 64 67 33 - Télex : 641320 F (ICOLD)

Commission Internationale des Grands Barrages
151, bd Haussmann, 75008 Paris - Tél. : 47 64 67 33 - Télex : 641320 F (ICOLD)

AVERTISSEMENT – EXONERATION DE RESPONSABILITE:

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.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE OF CONTENTS

1. AVANT-PROPOS	4/5	1. FOREWORD
2. INTRODUCTION	6/7	2. INTRODUCTION
2.1. Généralités	6/7	2.1. Background
2.2. Objet et portée	8/9	2.2. Purpose and scope
2.3. Approche	10/11	2.3. Approach
3. REMARQUES SUR LA PÉRIODE AVANT TRAVAUX	12/13	3. CONSIDERATIONS PRIOR TO CONSTRUCTION
3.1. Reconnaissances et projet	12/13	3.1. Investigation and design
3.2. Spécifications techniques	12/13	3.2. Technical specifications
3.2.1. Moyens ou modes d'exécution	14/15	3.2.1. Method or procedure specifi- cations
3.2.2. Résultats ou objectifs	14/15	3.2.2. Performance or end product
3.2.3. Combinaison « Moyens » et « Résultats »	16/17	3.2.3. Combined " Method " and " Performance " specifications
4. CONTRÔLE DE LA QUALITÉ SUR LE CHANTIER	18/19	4. QUALITY CONTROL ON CONS- TRUCTION SITES
4.1. Principes du contrôle de la qualité	18/19	4.1. Principles of quality control
4.2. Programme de contrôle de la qualité	18/19	4.2. Quality control plan
4.2.1. Inspection	18/19	4.2.1. Inspection
4.2.2. Essais	22/23	4.2.2. Testing
4.2.3. Rapports	24/25	4.2.3. Reports
5. RESPONSABLES DU CONTRÔLE DE LA QUALITÉ	26/27	5. QUALITY CONTROL RESPONSI- BILITY
5.1. Généralités	26/27	5.1. General
5.2. Contrôle par le Maître d'Ouvrage ou son représentant - Méthode A	28/29	5.2. Method A - Owner/Engineer control based
5.3. Contrôle par l'Entrepreneur - Mé- thode B	30/31	5.3. Method B - Contractor control based
5.4. Contrôle de la qualité et relations contractuelles	32/33	5.4. Quality control - Contractual rela- tionships
5.5. Non-conformités	34/35	5.5. Noncompliance
RÉFÉRENCES	38	REFERENCES
ANNEXES	40	APPENDICES

1. AVANT-PROPOS

Ce rapport résulte d'une longue et étroite collaboration entre le Comité Français des Grands Barrages (CFGB) et le Comité des États-Unis (USCOLD). Partant de l'idée qu'un barrage est un ouvrage dont la sécurité est aussi nécessaire que celle d'une centrale nucléaire, le premier projet reprenait la plupart des règles élaborées pour ces dernières. Dans le cas de l'industrie nucléaire les procédures de contrôle de qualité sont minutieusement détaillées et la plus grande part de responsabilité dans le contrôle est laissée au Constructeur de matériel, mais étroitement surveillé par le Maître d'Œuvre.

Il est apparu, toutefois, que les habitudes de contrôle de qualité pratiquées dans les barrages étaient très différentes. Généralement le contrôle est exercé par le Maître d'Œuvre, ou quelquefois par un organisme spécialisé, mais toujours distinct de l'Entrepreneur. Une telle disposition n'est pas incompatible avec une bonne organisation du contrôle et mérite donc qu'on la prenne en considération. D'autant plus, il faut le reconnaître, que dans certains cas l'Entrepreneur n'a pas les capacités techniques suffisantes pour qu'on lui confie la plus grande part de responsabilité dans le contrôle de qualité.

En outre la variabilité des matériaux utilisés pour la construction des barrages en terre ou enrochement, impose une adaptation continue aux conditions de travail du moment; aussi, il ne serait pas possible d'imposer aux exécutants des règles aussi contraignantes que dans l'industrie nucléaire. C'est pourquoi l'organisation du contrôle de qualité sur un chantier de barrage en remblai doit être spécifique à ce type d'ouvrage.

D'autre part, l'examen de nombreux cas réels de construction de barrages a montré que souvent, pour ne pas dire généralement, les règles du contrôle de qualité sur le chantier ne sont pas suffisamment précisées, et laissées, plus ou moins, à l'initiative des responsables locaux. Ceci pourrait être à l'origine d'incidents graves. Il appartient donc aux responsables du projet, Maître d'Ouvrage ou Maître d'Œuvre, de s'assurer que le contrôle de qualité sur le chantier est parfaitement défini. Si ce rapport a pour seul résultat d'attirer l'attention des Maîtres d'Ouvrage ou Maîtres d'Œuvre sur la nécessité d'avoir un programme de contrôle de qualité sur le chantier, précis et explicite, il aura atteint son but.

Un programme de contrôle de la qualité est indispensable pour garantir qu'un barrage a été construit en conformité avec les principes du projet et avec les spécifications détaillées, et que c'est un ouvrage sûr, approprié et obtenu à un juste prix. Un bon programme de contrôle de la qualité est bénéfique pour tous ceux qui sont concernés, le coût supplémentaire ne représentant qu'une très faible partie du coût total de l'ouvrage.

1. FOREWORD

This bulletin arises from a long and close collaboration between the French Committee on Large Dams (CFGB) and the United States Committee on Large Dams (USCOLD). The first draft took inspiration from nuclear power plant quality control procedures, since construction of either a nuclear plant or dam project both require a high degree of safety. However, regulations pertaining to the nuclear industry differ in that the Contractor and Manufacturers of equipment have primary responsibility for quality control.

It became apparent that the quality control procedures usually used in the case of fill dams are very different. Generally speaking the quality control program is carried out by the Owner/Engineer or sometimes by a special organization, usually independent of the Contractor. Such common procedures are not inconsistent with good performance of a quality control program, and it is necessary to take this into consideration. Moreover, one has to agree that, in many cases, the Contractor does not have sufficient technical capability to take the major responsibility in quality control.

On the other hand, the variability of materials for construction of large earth and rockfill dams requires a continuous adjustment to real site conditions. Consequently, it would not be practical or economical to prescribe regulations as constraining and rigid as those for the nuclear industry. Accordingly, the requirements for quality control on each fill dam construction site should be specific.

Lastly, investigations of many actual cases of dam construction show that often, or perhaps generally, the construction site quality control program varies considerably, and is left, more or less, to the initiative of those locally responsible. Those in charge of project development have the responsibility of assuring proper quality control is implemented. If this bulletin only results in drawing attention to Owners/Engineers the necessity of having a precise or explicit quality control program during construction, it will have served its purpose.

A quality control program is necessary to assure a dam is constructed in compliance with the design concept and detailed specifications and that the constructed dam is a safe, suitable structure at a proper cost. A good quality control program is beneficial to all concerned, the additional costs being a small part of the total project costs.

2. INTRODUCTION

2.1. GÉNÉRALITÉS

Le présent rapport a été rédigé afin de montrer comment, aujourd'hui, le contrôle de qualité des matériaux de terre ou enrochement peut être effectué afin de parvenir, dans la construction des barrages en remblai, à une réalisation conforme au projet. Il y a de nombreuses années que la nécessité du contrôle de qualité des matériaux de terre ou enrochement a été reconnue pour la construction des barrages en remblai. En 1932, Justin (1) écrivait :

« Un projet entièrement sûr et solide peut être entièrement compromis par une exécution négligée et sans soin : la rupture de l'ouvrage peut très bien en être le résultat. Une attention scrupuleuse aux détails de construction est, de ce fait, aussi importante que les reconnaissances préliminaires ou l'établissement du projet. »

Les conséquences de l'ignorance du contrôle de qualité se sont manifestées par le grand nombre de barrages en terre, construits durant le premier quart du siècle, qui n'ont pas survécu au premier remplissage de la retenue. La plupart de ces barrages ont été réalisés avec une teneur en eau inadaptée et un compactage insuffisant.

La croissance rapide des connaissances en mécanique des sols depuis 1925 a permis un progrès considérable dans la compréhension des différents éléments permettant de transformer des rochers ou de la terre meuble en un matériau de construction. Durant cette même période le progrès des gros engins de terrassement a permis d'accroître énormément la cadence de mise en place des remblais; ceci a rendu possible la construction de très grands barrages en remblai et en même temps augmenté le problème de contrôle de qualité pendant la construction. Des progrès supplémentaires dans l'économie des projets reposent non seulement sur des progrès nouveaux en mécanique des sols, mais aussi en grande partie sur de bons procédés de construction conformes à des spécifications précises, et sur des procédés de contrôle de qualité sérieux (9).

Le rapport a été conçu, d'une part, comme une liste des connaissances théoriques et du savoir-faire pratique qui sont nécessaires pour obtenir une réalisation de bonne qualité et, d'autre part, comme un catalogue des essais et des procédures utilisés dans beaucoup de pays pour assurer que la construction est conforme aux concepts et aux spécifications du projet. Parler de contrôle de qualité aujourd'hui ne signifie pas que rien n'a été fait dans le passé sur les chantiers de barrages en remblai. En fait, pour certains ouvrages anciens, les méthodes d'essais et les procédures étaient définies pour répondre à un besoin des ingénieurs, de comparer la qualité des remblais mis en place avec les exigences des spécifications. Des problèmes sont toutefois apparus, dans le passé, lorsque des méthodes d'essais et des procédures bien définies n'étaient pas appliquées correctement, en tout cas pendant la construction, ce qui avait pour résultat soit une qualité insuffisante, soit des conflits dans l'application des contrats. Par l'utilisation de bons procédés de contrôle de qualité, les intérêts des Maîtres d'Œuvre, Maîtres d'Ouvrage et Entrepreneurs sont mieux protégés.

2. INTRODUCTION

2.1. BACKGROUND

This bulletin was prepared as a guideline to show how the quality control of earth and rockfill materials can be carried out to achieve the proper implementation of the design concept in the construction of fill dams. The necessity for control of the quality of earth and rockfill materials in the construction of fill dams to impound water has been recognized for many years. In 1932, Justin (1) wrote :

“ An entirely safe and substantial design may be entirely ruined by careless and shoddy execution, and the failure of the structure may very possibly be the result. Careful attention to the details of construction is, therefore, fully as important as the preliminary investigation and design. »

The consequences of being ignorant of, or ignoring, quality control are exemplified by the large number of fill dams built during the first quarter of this century which did not survive the first filling of the reservoir. Records show that most of these dams were constructed without proper moistening of the materials and without applying special compactive effort.

The rapid increase in knowledge of soil mechanics since 1925 has resulted in substantial progress toward understanding the factors involved in transforming loose earth and rock into an effective structural material. During this same period, however, the development of large economical earth-moving machines has increased the placing rate of fill materials many times. This has made possible construction of very large fill dams at rapid rates but at the same time intensified the problem of quality control during construction. Future progress in design economy in fill dam construction depends not only on advances in soil mechanics and foundation engineering, but also to a large extent on the development of improved construction practices in accordance with proper specifications and sound quality control practices (9).

This bulletin was conceived on one hand as a compilation of theoretical knowledge interlaced with practical “ know how ” required for quality construction and on the other hand as a catalog of test standards and procedures which are utilized in several countries to ensure a completed safe structure in accordance with the design concept and specifications. To refer to control of the quality that can be carried out does not imply that control of quality has not been conducted in the past on fill dam construction. In fact, past construction is where the test standards and procedures were developed to meet a need by the engineering profession to measure the constructed quality of the earth and rock materials for comparison to specification requirements. In the past, problems have developed when precisely defined test standards and procedures were not applied consistently in all cases during construction which has resulted in either or both the quality level not being achieved or construction contractual conflicts. Through the use of consistent high quality control practices the interests of the Owner/Engineer and the Construction Contractor are best served.

2.2. OBJET ET PORTÉE

L'objectif de ce bulletin ne concerne que l'application d'un programme du contrôle de la qualité, pendant la construction et sur le chantier du barrage.

Pour obtenir, en matière de projet et de réalisation, tous les avantages que permettent les connaissances géotechniques actuelles, un bon contrôle de qualité des matériaux, terre ou enrochement, est essentiel. Ce document a été préparé pour donner à la Communauté Technique Internationale, intéressée aux grands barrages, les grandes lignes des procédures de contrôle de qualité à mettre en place ainsi que les principales méthodes d'essais à utiliser dans la construction de grands barrages en remblai. Ces règles couvrent l'ensemble des mesures de contrôle de qualité qui doivent être prises sur un chantier de barrage en remblai à la fois par l'Entrepreneur et par le Maître d'Ouvrage ou son Représentant Technique. Puisque la construction du remblai n'est que la dernière étape dans la réalisation d'un barrage, il est nécessaire de réfléchir rapidement sur ce qu'est la qualité avant la phase de construction.

La sécurité d'un barrage dépend de la qualité respective du projet, de la réalisation, de l'exploitation et de l'entretien. Le choix des matériaux et leur mise en œuvre représentent une partie importante de la réalisation. Le contrôle de la qualité des remblais en terre ou en enrochement, sur le chantier du barrage, est une des opérations-clés permettant de garantir la sécurité d'un barrage en remblai. C'est ce dernier point qui est surtout mis en relief dans ce qui suit. Les mesures indiquées dans ce rapport sont également valables pour tout ouvrage en remblai nécessitant une organisation de la qualité, en particulier lorsque la sécurité publique est mise en cause par la présence ou l'utilisation de l'ouvrage. L'objet de ce document n'est pas de servir comme texte type à mentionner parmi les spécifications, ni comme annexe à des spécifications d'un ouvrage particulier. L'objet de ce rapport n'est pas non plus de définir un niveau minimal de contrôle de qualité pour tous les barrages en remblai : chaque ouvrage a ses caractéristiques propres, le problème doit donc être examiné cas par cas. Il y a lieu de noter aussi que la stricte application des principes exposés dans ce bulletin peut conduire à des difficultés dans le cas de matériaux très spéciaux, comme il en a été parfois rencontrés dans quelques pays.

Il peut y avoir certaines confusions ou discussions entre les ingénieurs concernés, lorsqu'il s'agit de définir les termes relatifs au contrôle de qualité pendant la construction. Cela provient de ce que, aujourd'hui, on insiste davantage sur la définition de responsabilités précises, et les tâches concernant l'évaluation de la qualité pendant les travaux ont, elles aussi, évolué. Cependant les fonctions qui ont été exercées et étaient habituelles depuis des années dans les études ou les travaux sont toujours nécessaires. Ces fonctions concernent l'inspection et l'essai des matériaux et des modes de réalisation, afin de déterminer si l'ouvrage terminé répond bien aux exigences des spécifications du projet. C'est pourquoi, pour éviter les erreurs d'interprétation, les définitions suivantes ont été utilisées dans la présente publication :

Organisation de la qualité : l'ensemble des actions qui permettent de certifier que les caractéristiques exigées par le projecteur, pour les matériaux de terre et d'enrochement, sont bien obtenues lors de la construction d'un barrage en remblai. L'organisation de la qualité comporte deux aspects séparés et différents : l'assurance de la qualité et le contrôle de la qualité.

2.2. PURPOSE AND SCOPE

The scope of this bulletin is only the application of a quality control program during construction, at the construction site.

To take full advantage of state-of-the art geotechnical engineering knowledge in design and construction, good control of the quality of the earth and rockfill materials is essential. This bulletin has been prepared with the intent to provide the international engineering community associated with fill dams with a general set of guidelines for establishing an overall effective program for quality assurance and quality control of fill dams. These guidelines for control of the quality of earth and rockfill materials for the construction of fill dams are equally applicable to the Construction Contractor, Engineer, and Owner. Since the construction phase is the final step in the implementation of the design concept, it is necessary to briefly reflect on quality aspects prior to construction.

The safety of a dam depends on the quality of design, construction, and operation and maintenance. Material selection and use is an important part of the total process. Quality control of earth and rockfill materials at the construction site is one of the keys in the process of assuring the safety of fill dams. The main emphasis of this bulletin will be to relate to control of quality during construction. These guidelines are also considered to be applicable to most engineered earth and rockfill structure construction, especially where public safety is affected by the presence or the operation of the fill structure. This guideline is not intended to serve as a standard to be cited in construction specifications nor in any way supplement or substitute for the construction specifications of a particular project. Nor is this guideline intended to establish a minimum standard for control of quality on all fill dams as each and every fill dam has its own unique situation which must be considered on a case-by-case basis. Caution must be exercised in the application of the general procedures discussed in this bulletin as they could cause problems if followed in situations with special or unique materials problems as has been reported in some countries.

There is confusion and even dispute by many practicing professional engineers when it comes to defining the terms associated with the control of quality during construction. This has been brought about because more emphasis is being placed on definition of specific responsibilities and roles of the Owner, Engineer, and Construction Contractor for evaluating quality during construction. However, the quality control functions which have been performed by and have been common to the engineering and construction industries for many years are still required. These functions include the inspection, testing of materials and workmanship to determine that the completed work meets the specified design requirements. Therefore, to avoid misunderstanding, the following definitions have been adopted for use in this bulletin :

Quality Program : The overall program to assure the achievement of the quality standard required by the design in earth and rock materials during construction of fill dams. The quality program consists of two separate and specific aspects : quality assurance and quality control.

Assurance de la qualité : C'est la part de l'organisation de la qualité qui apporte l'assurance que les normes requises par le contrôle de qualité sont bien valables pour le barrage en remblai considéré, que les inspections et les essais sont exécutés correctement, que le programme de contrôle de qualité est bien appliqué et que les rapports et documents sont vérifiés et archivés.

Contrôle de la qualité : C'est la part de l'organisation de la qualité qui définit les normes, établit le plan de contrôle, définit les procédures d'essais ou d'inspections pour vérifier que les normes de qualité sont bien obtenues, procède à l'exécution des inspections et essais pour déterminer si les normes de qualité sont ou ne sont pas obtenues. C'est l'autorité qui confirme la réalisation des normes de qualité ou qui rejette le travail non conforme aux normes.

Maître d'œuvre (*) : Personne physique ou morale qui dirige et contrôle le déroulement des travaux et l'exécution des marchés; peut avoir ou non été chargée des études.

Maître d'ouvrage (*) : Personne physique ou morale à laquelle appartiennent les ouvrages.

2.3. APPROCHE

Pour exposer les principes du contrôle de la qualité des matériaux de terre ou enrochement dans les barrages en remblai, l'approche utilisée dans ce bulletin est la suivante :

- a) Bref aperçu sur les dispositions antérieures à la construction, pendant les reconnaissances préliminaires, le projet définitif, et la préparation des spécifications d'un barrage en remblai.
- b) Présentation des principes et des concepts de contrôle de qualité; discussion des divers aspects de l'organisation du contrôle de la qualité, méthodes et procédé d'inspection et d'essais, compte rendu.
- c) Présentation des divers aspects d'un programme de contrôle de la qualité, dans les deux cas les plus courants de définition des responsabilités du contrôle de qualité : les responsabilités contractuelles du contrôle de la qualité incombent soit au Maître d'Ouvrage ou Maître d'Œuvre, soit à l'Entrepreneur.
- d) Liste des méthodes d'essais normalisées, utilisées dans divers pays pour le contrôle de qualité des remblais durant la construction (Annexe A).
- e) Essais spéciaux (Annexe B).
- f) Exemples de barrages en remblai et les essais de contrôle employés pendant leur construction (Annexe C).
- g) Références.

(*) Voir Glossaire, page 57.

Quality Assurance : That aspect of the quality program that entails assurance that the quality control quality standards are valid for the fill dam, that the tests or inspection procedures are being implemented and correctly performed, that the quality control plan is working, and that the records and reports are verified and maintained.

Quality Control : That aspect of the quality program that defines the quality standard, establishes a quality control plan, establishes the test or inspection procedure for the measurement of attainment of the required quality standard, involves the execution of the test or inspection procedures for the determination of the attainment or nonattainment of the quality standard, and the authority to enforce the achievement of the quality standard or reject non-conforming work.

Engineer (*) : The person or organisation appointed by the employer to supervise the construction of works and to administer the contract. The engineer may or may not have previously designed the works.

Owner (*) : The person or authority to whom the permanent works legally belong.

2.3. APPROACH

To present the concepts involved in quality control of earth and rock materials for fill dams the approach taken in this bulletin is as follows :

- a) Provide a brief discussion of considerations prior to construction during the investigation, final design, and specification preparation phase on a fill dam project.
- b) Presentation of the concepts and principles of quality control and discussion of the aspects of a quality control plan and the inspection and testing methods and procedures and reporting.
- c) Presentation of the aspects of a quality program of the two most common conventions of assignment of the responsibility for implementation of the quality control program to the Owner/Engineer or the Contractor and quality control contractual responsibilities.
- d) Appendix A, test standards used in various countries for the quality control of fill dams during construction.
- e) Appendix B, examples of special tests.
- f) Appendix C, examples of constructed fill dams and the frequency of quality control testing performed during construction.
- g) References.

(*) See Glossary, page 57.

3. REMARQUES SUR LA PÉRIODE AVANT TRAVAUX

3.1. RECONNAISSANCES ET PROJET

Pendant les phases de reconnaissances et d'études d'un grand barrage en remblai, le site est reconnu et examiné. La plus grande part de cet examen est la détermination de l'aptitude à la construction des divers types de sols et de roches ainsi que leurs caractéristiques physiques. Il est très important d'essayer ces matériaux avec des essais normalisés, de telle façon que des comparaisons puissent être faites avec des barrages réalisés dans des matériaux similaires dont on connaît les performances. Ces essais comprennent la détermination du poids spécifique, de la résistance au cisaillement, de la perméabilité, des caractéristiques de consolidation, de la granulométrie et d'autres propriétés physiques. Un nombre important de ces essais seront exécutés sur les matériaux finalement retenus pour la construction, pendant les travaux. Les essais effectués pendant la construction doivent inclure à la fois les essais de contrôle de qualité et les rapports d'essais.

Quand les matériaux consistent en gros enrochements, rochers altérés ou d'autres matériaux difficiles à tester, un remblai d'essai peut être réalisé de telle façon que les propriétés physiques et les modes de construction puissent être définis avant la préparation des spécifications techniques et la réalisation de l'ouvrage.

Les propriétés déterminées durant la phase préliminaire sont utilisées pour établir le projet définitif de l'ouvrage. Il est très important lors de l'élaboration du projet, de considérer les possibilités d'exécution du remblai. Les méthodes de réalisation et les matériels utilisables doivent être pris en compte, lors du choix des matériaux, ainsi que les aspects concernant l'assurance de la qualité et le contrôle de la qualité, l'application de ce dernier étant indispensable pour pouvoir assurer que les exigences définies dans le projet sont réellement respectées pendant la construction.

3.2. SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES

La préparation des spécifications techniques, avant travaux, est une tâche très importante pour la réalisation d'un grand barrage en remblai. Les spécifications techniques définissent les prescriptions concernant les matériaux à employer, la façon de les mettre en place, comment obtenir la qualité requise, les méthodes d'essais à utiliser pour déterminer les caractéristiques du travail terminé, comment les règlements financiers doivent être faits, et toutes questions concernant la construction. La grande variabilité des sols et des enrochements, ainsi que le large éventail des moyens permettant de remédier à ces variations, rendent impossible une rédaction suffisamment exacte des spécifications pouvant couvrir tous les cas possibles. De plus, le Maître d'Ouvrage ou son représentant et l'Entrepreneur peuvent avoir eu des expériences différentes et il est normal que chacun veuille exécuter les travaux à la lumière de sa propre expérience. En outre, il n'est pas

3. CONSIDERATIONS PRIOR TO CONSTRUCTION

3.1. INVESTIGATION AND DESIGN

During the investigation and design phases of constructing a large fill dam, the site is explored and evaluated. A very important aspect of this evaluation is the determination of the availability of various types of rock and earth materials for construction and their physical engineering properties. It is important to test these materials with standard test methods so that comparisons can be made with other embankments that have been constructed with similar materials and whose performance has been experienced. These tests determine the unit weight of the material, shear strength, permeability, consolidation characteristics, grain size, specific gravity, and many other engineering physical properties. Many of these same tests will be performed on the fill materials selected for the design during the construction phase. The standard tests performed during construction will include both quality control tests and record tests.

When the materials are large rock, soft or weak rock, or other materials that are difficult to test, a sample or test fill may be constructed so that physical properties can be determined and construction methods established prior to preparation of the technical specifications and actual construction.

The physical properties determined during the investigation and design phases are used to design the structure. It is important during these phases that the constructibility of the fill dam be considered in selecting earth and rockfill materials, the construction methods and equipment that will be available as well as how the material is used in the design of the dam, and the quality control aspects because the construction quality control procedures are essential to assure materials requirements of design are actually carried out during construction.

3.2. TECHNICAL SPECIFICATIONS

The preparation of the technical specifications for the construction of a large fill dam is an important step prior to construction. The technical specifications establish the physical requirements for materials to be used, how and where they are to be placed, how the standards of quality are to be achieved, the test standards and procedures to be used to evaluate the performance of the completed construction work, how payment for construction will be made, and other items related to construction. The inherent variability of soils and rock materials and the wide range of treatments designed to utilize the variations in their characteristics are so great that it is impossible to write technical specifications sufficiently exact to cover every condition likely to be encountered. Moreover, the experiences of the Contractor and the Owner/Engineer have very likely been different, and it is only natural that each will desire to perform the construction in light of its experience. Therefore, it

étonnant de trouver des différences d'opinion entre eux quant aux prescriptions et aux intentions des plans et des spécifications techniques, en particulier au début du contrat. L'emploi de projets solidement établis, de procédés de construction et de méthodes d'essais dans l'exposé des spécifications techniques, réduit la possibilité de faire apparaître des différences d'opinion ou d'intention.

Il y a fondamentalement deux types de spécifications techniques :

- 1) celles fondées sur les moyens (modes d'exécution);
- 2) celles fondées sur les résultats (objectifs).

3.2.1. Moyens ou modes d'exécution

Les spécifications de moyens décrivent comment le travail doit être physiquement réalisé pour obtenir les niveaux de qualité pris en compte dans le projet définitif. Ces spécifications précisent à l'Entrepreneur les matériaux à utiliser, les matériels et les méthodes de construction.

L'Entrepreneur n'est responsable que d'effectuer les travaux conformément aux méthodes prescrites. C'est au Maître d'Ouvrage ou à son représentant qu'il appartient de vérifier la qualité des matériaux utilisés et de s'assurer par des essais sur place que les exigences du projet sont bien satisfaites. C'est aussi au Maître d'Œuvre ou à son représentant que revient la responsabilité de modifier les matériaux, les matériels ou les méthodes spécifiés si les exigences du projet ne sont pas satisfaites. Dans ce cas, le coût des travaux aurait à être renégocié, ainsi que cela est indiqué plus loin au Chapitre 5. Avec ce type de spécifications le contrôle de qualité est généralement fait par le Maître d'Œuvre ou son représentant.

Avec ce genre de spécifications, les différentes rubriques suivantes devraient, par exemple, être précisées pour la mise en place d'un terrain finement granuleux :

- a) origine des matériaux;
- b) type de traitement et teneur en eau requise;
- c) épaisseur des levées;
- d) types de compacteurs;
- e) nombre de passage de compacteurs.

On voit donc que le Maître d'Ouvrage, ou son représentant, est responsable des résultats obtenus.

3.2.2. Résultats ou objectifs

Les spécifications techniques de résultats ou d'objectifs définissent les résultats devant être obtenus par l'Entrepreneur.

Il appartient à l'Entrepreneur de définir les matériaux, les équipements et les méthodes pour parvenir aux résultats spécifiés. Si les résultats ne sont pas atteints, c'est à l'Entrepreneur, sous sa responsabilité, de changer de méthode, d'équipements ou de modes de traitements jusqu'à ce que les résultats spécifiés soient obtenus.

Pour ce type de spécification la mise en place d'un terrain finement granuleux pourrait, par exemple, comporter les rubriques suivantes :

- a) granulométrie;
- b) plasticité;

is not unusual to find that differences of opinion exist between the Contractor and Owner/Engineer as to the intent and requirements of the plans and technical specifications, especially during the early stages of construction of a fill dam. The use of established designs, construction procedures and test standards in the development of the technical specifications reduce the opportunities to develop differences of opinion and intent.

There are two principal types of technical specifications :

- 1) method (procedure);
- 2) performance (end product).

3.2.1. Method or Procedure Specifications

Method or procedure technical specifications describe how the construction is physically to be performed in order to achieve the quality standards established during design. The specifications stipulate to the Contractor the materials to be used, equipment, and construction procedures.

The Contractor is only responsible for performing the construction in accordance with the prescribed method. It is the responsibility of the Owner/Engineer to review the materials used and the field test results obtained to insure that the design requirements are being met. It is also the responsibility of the Owner/Engineer to change the specified equipment, materials or procedures if design requirements are not being met. If changes are necessary, the cost of construction would have to be renegotiated as discussed further in Section 5. In this type of specification, quality control is generally the responsibility of the Owner/Engineer.

In this method of specification, an example would be placing a fine grained soil where the following are designated :

- a) source of materials;
- b) type of processing and moisture conditioning required;
- c) thickness of material placed on embankment;
- d) type of compaction equipment;
- e) number of passes of specified compaction equipment required.

Establishing these criteria in the technical specifications places the burden on the Owner/Engineer for the results obtained by the Construction Contractor.

3.2.2. Performance or End Product

Performance or end product technical specifications describe the results to be obtained by the Contractor.

It is the Contractor's responsibility to select the materials, equipment and methods, and to obtain the specified results. If the results do not meet the requirements, it is the Contractor's responsibility to change methods, equipment, and material processing until the specified results are obtained.

In this type of specification, an example would be placing a fine grained soil where the following are designated :

- a) gradation;
- b) plasticity;

- c) teneur en eau;
- d) degré de compactage.

On voit que c'est donc l'Entrepreneur qui est responsable des résultats obtenus.

3.2.3. Combinaison « Moyens » et « Résultats »

Généralement les spécifications de résultats sont préférables, car elles laissent à l'Entrepreneur le maximum de souplesse et lui permettent de chercher des innovations dans le matériel ou les méthodes de travail. Le problème est que, dans ce cas, il est très difficile de mesurer les résultats avant la fin d'un travail. Si à l'achèvement de celui-ci les résultats ne sont pas conformes aux spécifications, il est très coûteux d'apporter les corrections nécessaires, et il y a une forte pression pour qu'un travail de qualité marginale soit accepté, pour des considérations économiques ou réglementaires.

D'un autre côté, les travaux à accomplir lors de la rédaction du projet et la préparation de spécifications techniques réclament beaucoup plus d'efforts pour être sûrs que les équipements et les méthodes choisis conduiront bien aux prescriptions du projet. Aussi le Maître d'Ouvrage ou son représentant combinent souvent les prescriptions de Moyens et de Résultats pour essayer d'éviter ce problème. Par exemple, on spécifie le type de matériel de compactage, l'épaisseur des levées, la teneur en eau et le nombre minimal des passes de compacteurs et, en plus, le degré de compactage. Si avec la méthode préconisée on n'obtient pas le degré de compactage requis, ce type de spécifications soulève davantage les controverses entre Maître d'Ouvrage et Entrepreneur, plutôt qu'il ne les évite.

- c) moisture content;
- d) degree of compaction.

Based upon these criteria, it can be seen that it is the Contractor's responsibility for the results obtained.

3.2.3. Combined Method and Performance Specifications

Generally, performance technical specifications are preferred to allow the Contractor the maximum amount of flexibility and use of innovative methods and procedures. The problem with performance technical specifications is that it is very difficult to measure conformance until the work has been completed. Once work is accomplished and found not to meet performance requirements, it is very costly to correct and there is great pressure to accept marginal quality work because of legal and economic considerations.

On the other hand, the preconstruction work of design and preparation of method technical specifications requires considerably more effort by the Owner/Engineer to prepare because the selected methods must insure that the specified methods and materials are satisfactory and will meet design requirements. The Owner/Engineer commonly combines method and performance technical specifications to try to avoid this problem. An example of this is to specify a compaction method stating the type of compaction equipment, lift thickness, moisture content, and minimum number of passes of compaction equipment and in addition, the required degree of compaction. However, if the method does not produce the required results, this type of technical specification can add to the controversy regarding conformance that develops between the Owner/Engineer and the Contractor rather than avoiding it.

4. CONTRÔLE DE LA QUALITÉ SUR LE CHANTIER

Comme indiqué ci-dessus, le contrôle de la qualité est l'ensemble de ce qui se rapporte au programme de la qualité, qui définit les critères de qualité, qui établit un plan de contrôle de qualité, qui définit les méthodes d'inspection et d'essais pour juger si la qualité prescrite est obtenue, qui procède aux essais et inspections pour déterminer si la qualité requise est, ou non, obtenue; c'est aussi l'autorité qui oblige que soit obtenue la qualité requise, ou qui refuse un travail non conforme.

4.1. PRINCIPES DU CONTRÔLE DE LA QUALITÉ

Le contrôle de la qualité est basé sur les principes suivants :

- établissement de règles précises pour la définition et la mesure des qualités à obtenir et à contrôler, aussi bien que les moyens pour y parvenir. Ceci a pour conséquences d'éliminer les incertitudes qui rendent le contrôle difficile et peuvent conduire à des prescriptions soit trop restrictives qui représentent un gaspillage, soit inadéquates qui peuvent provoquer un danger;
- établissement sur le chantier de documents permettant de conserver, sous une forme concise, les rapports écrits qui matérialisent les actions effectuées, spécialement en ce qui concerne le niveau de qualité à obtenir, les essais de contrôle à effectuer, et les résultats à obtenir;
- normalisation des procédures de mesures et de contrôle afin d'accroître l'efficacité des actions de contrôle de la qualité et de rendre possible la comparaison avec des réalisations antérieures;
- résumé des résultats de façon qu'on puisse facilement et clairement constater comment se poursuivent les travaux (graphiques statistiques, moyennes en cours, etc.).

4.2. PROGRAMME DE CONTRÔLE DE LA QUALITÉ

Le programme de Contrôle de Qualité est l'organisation et la méthode avec lesquelles on obtient le contrôle de la qualité de l'exécution par inspection, contrôle, essais et rapports. Le programme comporte le détail d'un plan d'inspection, définissant les essais types de contrôle et leur fréquence, les listes de contrôles techniques, l'enregistrement et l'analyse des résultats d'essais, et l'établissement des rapports.

4.2.1. Inspection

La conformité de la construction est déterminée par examen visuel, mesures et essais. L'importance de l'utilisation de ces moyens dépend des conditions locales, de la taille et de la valeur des travaux examinés et de l'habileté de l'inspecteur. La

4. QUALITY CONTROL ON CONSTRUCTION SITES

As stated earlier, quality control is that aspect of the overall quality program that defines the quality standard, establishes a quality control plan, establishes the test or inspection procedure for the measurement of attainment of required quality standard, involves the execution of the test or inspection procedures for the determination of the attainment or nonattainment of the quality standard, and the authority to enforce the achievement of the quality standard or reject non-conforming work.

4.1. PRINCIPLES OF QUALITY CONTROL

Quality control is based on the following :

- establishing reasonable criteria clearly defining and measuring the quality to be obtained, as well as the means to be used to achieve it. This removes the uncertainties that make quality control difficult which avoids requirements that are too restrictive which represent a waste, or inadequate requirements which may be hazardous;
- establishing documentation forms that facilitate keeping in concise form a written record that substantiates the actions taken, especially in regard to the quality level to be reached, the control tests performed, and the results obtained;
- standardizing measures and/or control procedures in order to increase the efficiency of the quality control activities and enable comparison with results from previously constructed projects;
- summarizing the results of inspections and tests in such a way that it can be clearly and readily determined how the construction is developing (statistical plots, running averages, etc.).

4.2. QUALITY CONTROL PLAN

The quality control plan is the process and organization by which construction quality control is obtained using visual inspection, control and record testing, and reports. The plan involves developing an inspection plan, defining the standard control tests, frequency of testing, technical checklists, recording and analysis of test results, and reporting procedures.

4.2.1. Inspection

The adequacy of construction is determined by visual examination, measurements, and testing. The extent to which each of these procedures is employed will depend on local conditions, on the importance and value of the work being

part relative de chaque méthode d'inspection varie avec l'avancement des travaux. Pendant la période initiale, le jugement de l'inspecteur doit être confirmé fréquemment par des mesures et des essais jusqu'à ce que la capacité à vérifier la conformité par des moyens visuels soit confirmée. Dans certains cas la quantité d'essais et de mesures peut être réduite au cours de l'avancement des travaux, cependant on ne doit jamais les supprimer.

L'inspection détermine si les prescriptions des plans et des spécifications sont bien satisfaites; elle ne doit, en aucun cas, définir quelles sont ces prescriptions. Des inspecteurs qualifiés sont indispensables à la réalisation d'un ouvrage de grande qualité. L'inspecteur est responsable de l'attestation que le travail dont il a la surveillance a été exécuté en conformité avec les prescriptions techniques et que les méthodes de contrôle de qualité ont été suivies. Pour pouvoir exercer efficacement cette responsabilité, l'inspecteur doit être parfaitement informé des dispositions techniques du projet ainsi que des méthodes de contrôle de qualité du travail concerné. L'inspecteur devra être bien informé des hypothèses du projet ou être périodiquement assisté des conseils d'un ingénieur du projet, particulièrement pendant les travaux de fondation.

Bien que la fonction essentielle de l'inspection soit de déterminer si un travail est acceptable ou non, il est souhaitable, dans un dessein d'économie, que soit précisé également dans quelle mesure le travail n'est pas acceptable.

Pour faciliter le contrôle de l'exécution il est nécessaire de définir partout où cela est possible les relations entre les caractéristiques employées dans la préparation du projet et celles utilisées dans l'exécution. De même, les caractéristiques visuelles doivent être corrélées avec les matériaux du projet, aussi bien qu'avec les matériaux utilisés dans l'exécution. S'il y a une différence notable entre des matériaux ou des exécutions acceptables ou non, les essais peuvent être relativement réduits, pour confirmer que cette différence existe. Si ces différences sont moins évidentes, la quantité d'essais doit être augmentée. Dans tous les cas, la quantité d'essais doit être suffisante pour assurer un contrôle de qualité convenable et fournir les éléments nécessaires aux rapports permanents.

Il est impossible d'essayer la totalité des travaux exécutés. La méthode habituelle consiste à sélectionner des échantillons de matériaux ou de travail exécuté de façon que les essais soient représentatifs d'une certaine quantité de travail ou de matériaux. La précision d'une telle méthode dépend du rapport entre la taille des échantillons et la taille du travail exécuté, du mode de sélection des échantillons, et de la fréquence des essais. Pour les travaux de remblais, le rapport de la taille des échantillons à la taille du travail ou des matériaux inspectés est toujours très faible. Sous cet aspect seulement la représentation d'un échantillon n'est pas convaincante. Pour améliorer cette situation il est nécessaire d'employer une méthode particulière de choix des échantillons. Puisque le principal objectif est de vérifier la conformité de l'exécution, une méthode consiste à prendre les échantillons dans les zones paraissant les plus douteuses. Si ces échantillons montrent des caractéristiques acceptables, la conformité de l'ensemble du travail est presque certainement assurée.

Une autre méthode consiste à choisir les échantillons au hasard avec une fréquence minimale déterminée. Lorsqu'on suit cette méthode, les résultats des essais seront, en moyenne, plus représentatifs des conditions de l'ouvrage exécuté,

inspected, and on the skill of the inspector. The relative amounts of each type of inspection will vary as the work progresses. During the initial construction stages, the judgment of the inspector should be confirmed at more frequent intervals by tests and measurements until the ability at determining adequacy by visual means is confirmed. In some cases, the amount of measuring and testing can be reduced as the work progresses, however, it should never be eliminated.

The inspection operation determines whether requirements of the plans and specifications are being satisfied; it does not determine what these requirements should be. Qualified inspectors are essential to the achievement of high quality construction. The inspector is charged with the responsibility of assuring that the construction work assigned to him is completed in compliance with the technical specifications and that established quality control procedures are followed. To discharge this responsibility efficiently, the inspector should be fully informed of the design specification provisions and the quality control procedures relating to the construction work. The inspector should be knowledgeable concerning the design assumptions or be assisted periodically by the design engineer, particularly in the inspection of foundation conditions.

Although the basic inspection function is to determine whether the construction work is acceptable or not acceptable, in order to achieve maximum economy it is usually desirable to determine also the extent to which the construction work is unacceptable.

To facilitate construction quality control, it is necessary to develop visual relationships between required engineering design properties and completed construction work. This is necessary because it is impossible to test all of the completed construction work. When the visual relationship between acceptable and unacceptable work or materials is apparent, very little testing is required—just enough to establish confirmation. As the differences become obscure, the amount of testing should be increased. In any event, testing should be sufficient to provide adequate quality control and to furnish the necessary permanent records.

It is impracticable to test all work performed. The usual procedure is to select samples of the construction work or materials for testing which are representative of some unit of construction work or material. The accuracy of such procedures depends on the relationship of sample size to the size of the unit it represents, on the procedures used for sample selection, and on the frequency of sampling. For most earthwork construction, the ratio of sample size to the unit of construction work or material represented is very small. On this basis alone, representation in a single sample is not very reliable. To improve this situation, special sample selection procedures are to be used. Since the principal objective is to assure adequate construction work, one practice is to select the sample from portions of the construction work least likely to be adequate. If such samples show minimum acceptable performance, the adequacy of the construction work in general is almost certainly assured.

The other practice for sample selection in inspection operations is to select samples at random at the minimum recommended frequency. When this practice is followed, the test results will more nearly represent the average condition of the

mais le domaine des résultats est délimité avec moins de précision qu'avec la méthode précédente.

Aussi, il est important de connaître la méthode d'échantillonnage pour estimer les résultats des essais. On doit remédier aux conditions qui provoquent des résultats inférieurs aux exigences des prescriptions; s'il y a un nombre appréciable de résultats proches des limites, des actions immédiates doivent permettre d'en connaître la cause et d'y porter remède. La méthode d'échantillonnage adoptée pour chaque ouvrage doit être déterminée sur le chantier et peut être modifiée pour répondre aux conditions locales réelles.

En plus des essais de contrôle de qualité, certains organismes prélèvent des échantillons à de plus larges intervalles, pour vérifier les caractéristiques techniques comme la résistance au cisaillement, la perméabilité ou le tassement. Ces essais, dits « essais d'identification », servent à vérifier que les paramètres pris en compte dans l'élaboration du projet sont bien ceux que l'on constate dans les conditions réelles de l'exécution. Ces essais d'identification, ainsi que l'enregistrement de données telles que niveaux piézométriques, tassements et déformations, débits de fuite permettent de contrôler la conformité et la sécurité de la construction du barrage en remblai.

4.2.2. Essais

Comme il a été indiqué précédemment, il y a deux types d'essais effectués pendant l'exécution : les essais de contrôle de qualité et les essais d'identification. Le but des essais de contrôle de qualité est de procéder à des mesures sur les matériaux mis en place afin de certifier que les prescriptions du projet, précisées dans les spécifications et les autres documents de contrôle, sont bien satisfaites. Ces essais consistent généralement en mesures indirectes des propriétés techniques et peuvent être exécutés rapidement (un jour ou moins) de telle façon que ces corrections nécessaires, dans le choix ou le traitement des matériaux, puissent être faites immédiatement. Le plus souvent ce sont des mesures de densité, de compactage, de teneur en eau, de granulométrie et de classification. Tous ces essais sont effectués sur le chantier. L'Annexe A donne des listes d'essais caractéristiques utilisés par différents organismes.

Les essais d'identification prennent en général plusieurs jours ou semaines pour être réalisés et procèdent à la mesure directe de caractéristiques techniques comme la résistance statique ou dynamique au cisaillement la perméabilité, la consolidation. Ces essais sont en général effectués au laboratoire central. L'Annexe A donne des listes de tels essais utilisés par différents organismes.

La fréquence des essais est variable, elle dépend de la quantité de matériaux mis en place et de la granulométrie des matériaux. Plus les matériaux sont grossiers et moins les essais ont besoin d'être fréquents. En fait, dans le cas de gros enrochements, aucun essai ne peut être exigé pour de petits ouvrages et un très petit nombre seulement pour de grands ouvrages, exigeant d'ailleurs un matériel spécialisé pour la manipulation et les mesures. La fréquence type d'essais est indiquée en Annexe B pour différents barrages réalisés.

La fréquence des essais est généralement augmentée au commencement des travaux; elle peut également être augmentée si la situation du barrage est telle que sa rupture entraînerait des pertes considérables en biens ou en vies humaines, ou si le risque de rupture est relativement élevé à cause des conditions locales, ou si

construction work performed. The range of performance is not as accurately defined when the biased sampling practice described earlier is used.

In the evaluation of test results, it is important to know the method used for sample selection. Conditions which produce test results below the minimum requirement should be remedied; if there is an appreciable number of borderline test results, immediate steps should be taken to ascertain the cause and to correct it. The sampling practice adopted for each project should be determined on the construction site and may be changed to suit the actual field conditions.

In addition to the quality control testing, some organizations select samples at greater intervals for testing engineering characteristics such as shear strength, permeability, and consolidation. These are referred to as record tests and are used to ensure material parameters used in design reflect the actual as-built conditions. These record tests along with performance records such as piezometric water levels, settlement and movement data, and quantity of seepage data are used to evaluate the adequacy and safety of the constructed fill dam.

4.2.2. Testing

As discussed in the previous section, there are two basic types of testing performed during the construction phase, quality control testing and record testing. The purpose of the quality control testing is to measure the properties of the constructed materials to insure that design requirements are met as required by the specifications or other engineering control documents. These tests are generally index measurements of engineering or design properties and can be performed rapidly (in one day or less) so that corrections in material selection or construction procedures can be made immediately. These tests are generally field density, compaction, moisture content, gradation, and Atterberg limits and are performed on-site. Appendix A contains tables that show the typical test standards used by several organizations.

Record tests are generally tests that take several days or weeks to perform and are direct measurements of engineering properties such as static and dynamic shear strength, permeability, consolidation, and other special tests. These tests are usually performed in a central laboratory. Appendix A also contains typical record test standards used by several organizations.

The frequency of testing is variable depending on the amount of material to be placed and the particle size of the material. Normally, the larger the particles, the less frequent tests are made. In fact, for large particle rockfill, no testing may be required for small projects and only a few for large projects because of the requirement for specialized equipment for handling and testing. Typical frequency of testing for various completed dams is shown Appendix B.

The frequency of testing is generally increased at the beginning of construction; it may also be increased where the location of a dam is such that failure could involve considerable loss of life or property, or where conditions are such that risk of failure is high, or if the Contractor lacks extensive fill dam experience or is experiencing

l'Entrepreneur manque d'une bonne expérience dans la construction de barrages en remblai, ou s'il a des difficultés à obtenir des résultats satisfaisants. Des exemples caractéristiques de la fréquence des essais de chantier sur certains barrages, sont donnés dans les tableaux et figures de l'Annexe C.

L'emploi de très gros enrochements et de blocs pouvant atteindre une dimension de 1 m, est devenu de plus en plus fréquent dans la construction de remblais compactés. Cela a nécessité la mise au point de méthodes d'essais particulières pour procéder au contrôle de tels matériaux, puisque les essais normalisés ne sont valables que pour des matériaux dont les plus gros éléments ne dépassent pas 4 cm. Quelques-unes de ces méthodes sont indiquées à l'Annexe B (Essais spéciaux).

4.2.3. Rapports

Il faut enregistrer et conserver toutes les opérations de la construction. Cela est précieux dans le cas de réparations ou de modifications ultérieures de l'ouvrage. Cela est nécessaire aussi dans le cas de contestations entre Maître d'Ouvrage et Entrepreneur si l'ouvrage n'est pas conforme aux dispositions du contrat. Les documents de base des rapports de chantier sont les plans et les spécifications, les modifications adoptées qui peuvent être considérées comme étant dans le cadre du contrat, les avenants au contrat pour travaux imprévus ou pour modifications, et les contestations. Les rapports de chantier comprennent aussi les résultats des mesures et des essais et les paiements contractuels.

Pour être sûr que l'enregistrement des opérations est fait de façon convenable, des rapports périodiques sont nécessaires. L'examen de ces rapports permet au personnel d'encadrement de déterminer si les travaux sont correctement exécutés ou s'il existe des déficiences ou des incompréhensions. Sur la base de tels rapports, des corrections nécessaires peuvent être faites rapidement. Le rapport d'avancement permet la coordination des différentes opérations nécessaires pour que les travaux soient effectués en temps voulu et de manière efficace. Des rapports doivent être rédigés sur tous les essais pratiqués au laboratoire ou sur le chantier. Les inspecteurs doivent faire journallement des rapports concernant la conformité et l'avancement et commentant les décisions prises. Ces rapports journaliers peuvent être d'une importance vitale dans des actions ultérieures. Ces données de bases doivent être résumées périodiquement par des informations fréquentes et dans des rapports mensuels formalisés, incluant toutes les décisions prises sur des points en discussion. Les bases des rapports sur les décisions sont habituellement fournies par les comptes rendus quotidiens portés sur les journaux personnels tenus par les inspecteurs du chantier et le personnel d'encadrement.

A la fin des travaux, un rapport final doit être rédigé. Ce rapport doit résumer tous les matériels, les méthodes utilisées et les résultats d'essais obtenus.

difficulties in obtaining acceptable results. Typical examples of the frequency of construction testing on selected fill dams is shown in figures and tables in Appendix C.

In recent years large gravel and rock up to a meter in maximum dimension has been commonly used in compacted embankments. This has made it necessary to develop special quality control test procedures for testing this type of material since the usual test standards are appropriate for materials with a maximum particle size of approximately 4 cm. Some of the more common special test procedures are discussed in Appendix B, Special Tests.

4.2.3. Reports

A complete record should be maintained of all fill construction operations. It is valuable in the event that repairs or modifications of the structure are required at a later date. A record is also necessary in the event that claims are made either by the Contractor or the Owner that work required or performed was not in accordance with the contract. Basic documents of the construction record are the plans and specifications, modifications adopted that were considered to come within the terms of the contract, amendments made to the contract as extra work orders or orders for changes, protests, results of tests, measurements of work performed, and contract earnings.

To assure that a proper record of construction is developed and available, various periodic reports are required during the construction phase. Review of these reports permits supervisory personnel to determine whether proper performance is being achieved or whether deficiencies or misunderstandings exist. On the basis of such reports, necessary corrections, if required, can be made. The report of progress permits the coordination of the various operations required for servicing a contract to be performed in a timely and efficient manner. Reports should be made of every test performed in the laboratory and in the field. Inspectors should make daily reports concerning adequacy, progress, and comments on decisions. These daily reports are of vital importance in subsequent actions. The basis for reports on decisions is usually the daily entries in personal diaries maintained by supervisory personnel and field inspectors. These daily and test reports should be summarized periodically in frequent information and monthly formal reports that also include all decisions made on controversial matters.

At the conclusion of the construction, a final report should be prepared. This report should summarize all the methods, equipment, and test results obtained.

5. RESPONSABLES DU CONTRÔLE DE LA QUALITÉ

5.1. GÉNÉRALITÉS

La responsabilité du contrôle de qualité peut être assumée par le Maître d'Œuvre, le Maître d'Ouvrage, l'Entrepreneur, ou une combinaison de ces trois entités. Il y a un grand nombre de possibilités pour se répartir les différents aspects du contrôle de qualité entre le Maître d'Ouvrage, le Maître d'Œuvre et l'Entrepreneur. Les situations extrêmes sont celle où le Maître d'Œuvre a la responsabilité totale pour tous les aspects de la conception et de la construction avec son propre personnel et ses propres moyens et celle où l'Entrepreneur a la responsabilité totale pour tous les aspects de la conception et de la construction. Cependant, il y a deux méthodes qui peuvent être utilisées pour la conduite d'un programme de contrôle de qualité sur un chantier de barrage en remblai. Pour simplifier, nous avons désigné Méthode A, celle basée sur le contrôle par le Maître d'Ouvrage ou son représentant et Méthode B, celle basée sur le contrôle par l'Entrepreneur.

La Méthode A est la plus conventionnelle et la plus généralement employée : c'est le Maître d'Ouvrage ou son représentant qui porte la plus grande responsabilité du programme de la qualité, incluant les deux aspects d'Assurance de la Qualité et de Contrôle de la Qualité; l'Entrepreneur a la responsabilité de réaliser un travail de haute qualité.

La Méthode B est une méthode plus nouvelle qui a été développée dans les industries nucléaires et aérospatiales où la sécurité est une nécessité absolue et qui a conduit à placer la responsabilité du contrôle de la qualité plus directement sous la responsabilité de l'Entrepreneur. Dans cette méthode, l'Entrepreneur a la responsabilité de réaliser un travail de haute qualité, mais aussi celle de mener à bien les opérations de contrôle de qualité pendant les travaux. Le Maître d'Ouvrage, dans la Méthode B, a normalement la responsabilité de procéder aux opérations d'assurance de la qualité, qui fait partie du programme de la qualité.

Aucune des deux méthodes, pour un programme de qualité équivalent, ne nécessite un supplément en personnel ou en matériel.

Dans le cas de contrats « clés en main », l'Entrepreneur est aussi le responsable du projet technique. L'application extrême du concept du « Clés en main » est celle où l'Entrepreneur a la responsabilité totale pour tous les aspects de la conception et de la construction, y compris le programme complet de qualité. L'expérience montre que l'application de concept clés en main est en général modifiée d'une certaine façon pour permettre au Maître d'Ouvrage d'être plus impliqué dans la conception et la construction d'un barrage en remblai. Dans de telles situations, le Maître d'Ouvrage peut s'assurer des services d'un organisme technique indépendant, chargé de vérifier la qualité de l'ouvrage. Cet organisme technique peut procéder seulement à une surveillance générale ou accomplir entièrement les opérations d'assurance de la qualité du programme de qualité.

5. QUALITY CONTROL RESPONSIBILITY

5.1. GENERAL

The responsibility for conducting the quality control program can be assigned to the Owner, Engineer, Contractor or some combination of these three entities. There are a large number of possibilities in the sharing of the varied aspects of the quality control program between the Owner, Engineer and Contractor. The extreme situations are where either the Owner has total responsibility for all aspects of design and construction with its own staff and own means, or where the Contractor has total responsibility for all aspects of design and construction. However, there are generally two combinations that are commonly used for the conduct of a quality program on fill dams during construction. For convenience they have been designated as Method A — Owner/Engineer Control Based and Method B — Contractor Control Based.

Method A is the most conventional and has been the more generally applied method in the past in which the Owner/Engineer has the principal responsibility for the quality program including both aspects of Quality Assurance and Quality Control and the Contractor has the responsibility to perform construction work in conformance with the contract documents.

Method B is a newer evolving method which has been brought about by the aerospace and nuclear industries where required safety is an absolute necessity and has led to placing more direct responsibility on the Contractor for quality control during construction. In Method B, the Contractor has the responsibility to perform construction work in compliance with the contract documents and also the responsibility to carry out the quality control aspect of the quality program during construction. The Owner/Engineer in Method B normally has the responsibility to carry out the quality assurance aspect of the quality program.

In either method, if the overall quality program is equivalent, it should not require the use of additional resources of either personnel or equipment.

In the design-build concept or the « Turnkey Construction » situation, the Contractor is also the design engineer. The extreme application of the pure turnkey construction concept is where the Contractor has total responsibility for all aspects of design and construction including the entire quality program. Experience indicates that application of the pure turnkey construction concept is normally modified to some extent to provide more involvement of the Owner in design and construction of a fill dam. In such situations, the Owner may retain a separate engineering organization to serve as its consultant or agent for establishment of basic design requirements and for inspection purposes during construction to assure the quality of the construction. The separate engineering organization may perform only a general overview or the entire quality assurance aspect of the quality program.

5.2. MÉTHODE A - CONTRÔLE PAR LE MAITRE D'OUVRAGE OU SON REPRÉSENTANT

Comme indiqué précédemment, dans cette méthode le Maître d'Ouvrage ou son représentant est le principal responsable du programme de qualité et exerce à la fois les fonctions de Contrôle de la Qualité et d'Assurance de la Qualité. Très souvent, le Maître d'Ouvrage, s'il est qualifié, exerce lui-même le rôle de l'Assurance de la Qualité, dans d'autres cas il engage un ingénieur-conseil indépendant pour le faire en son nom. Ainsi le Maître d'Ouvrage ou son représentant qui était déjà responsable des reconnaissances, du choix, des essais et de l'origine des matériaux de terre et d'enrochement pour le barrage en remblai, de l'élaboration du projet et de la préparation des spécifications, est aussi responsable du Contrôle de Qualité. L'Entrepreneur est responsable de la réalisation d'un travail de haute qualité en utilisant les terres et enrochements reconnus par le Maître d'Ouvrage ou son représentant. L'Entrepreneur doit être responsable d'un niveau de qualité conforme aux spécifications : dans de nombreux cas il possède un échelon interne de contrôle de la qualité, pour s'assurer lui-même que le travail qu'il effectue remplit bien les conditions de qualité spécifiées. Un organigramme qui indique l'organisation et les responsabilités est présenté Fig. 5.1. Ainsi le Maître d'Ouvrage, ou son représentant est seul responsable de l'établissement du programme de qualité sous ses deux aspects, Assurance de la Qualité et Contrôle de la Qualité. Conformément à ce qui est indiqué au Chapitre 4, ce programme doit :

- définir et spécifier les niveaux de qualité et vérifier qu'ils sont valables;
- établir les règles d'essais ou d'inspection permettant de déterminer si les niveaux de qualité exigés sont obtenus ou non;
- vérifier que les règles d'essais ou d'inspection sont régulièrement et correctement appliquées et procéder aux essais ou inspections afin de déterminer si les niveaux de qualité exigés sont obtenus ou non;
- vérifier et accepter que le niveau de qualité exigé est obtenu ou refuser un travail non conforme;

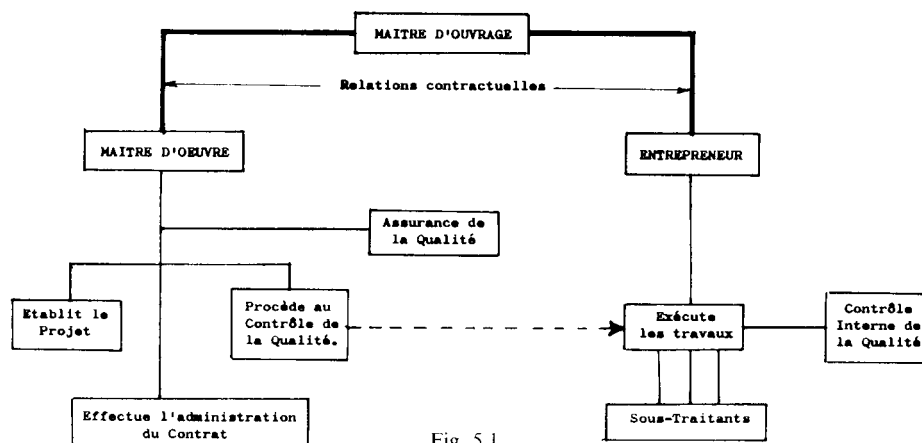


Fig. 5.1

ORGANIGRAMME

Méthode A - Maîtres d'Ouvrage et d'Œuvre
Responsables du Contrôle de Qualité.

5.2. METHOD A - OWNER/ENGINEER CONTROL BASED

As previously stated, in this method the Owner/Engineer has the principal responsibility for the quality program and performs both the Quality Assurance and Quality Control aspects. Quite frequently, the Owner, if qualified, performs the Quality Assurance role itself or in some cases may retain a separate engineering organization to perform this on its behalf. As such, the Owner/Engineer who was responsible for the investigations and selecting and testing the sources of the earth and rock materials for the fill dam and performing the design and preparation of the specifications is responsible for the Quality Control aspect. The Contractor is responsible to perform construction work in conformance with the contract documents using earth and rock materials identified by the Owner/Engineer. The Contractor must be responsible to the quality standard requirements of the specifications and in most instances has an internal supervisory level quality control program to assure itself that its work will meet the specified quality standards. An organization chart which sets forth the Method A organization and responsibilities is shown Fig. 5.1. As such, the Owner/Engineer is solely responsible for establishing the quality program and its two aspects of Quality Assurance and Quality Control. Thus, as described in Section 4, the Owner/Engineer must :

- define and specify the quality standards and assure that they are valid;
- establish the test or inspection procedures for the determination of the attainment or nonattainment of the specified quality standards;
- assure that the tests and inspection procedures are being implemented and correctly performed and conduct the tests and inspection procedures for the determination of the attainment or nonattainment of the specified quality standards;
- assure and enforce that the specified quality standard is achieved or nonconforming work rejected;

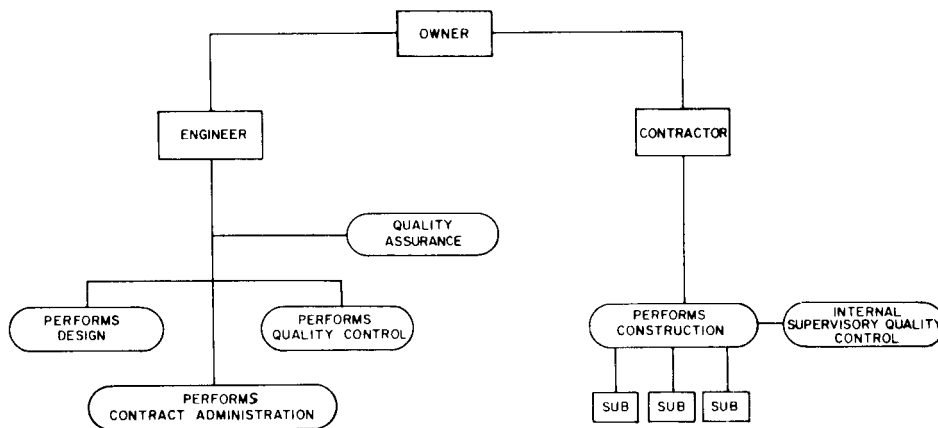


Fig. 5.1

ORGANIZATION CHART

Method A - Owner/Engineer Control Based.

- tenir à jour les procès-verbaux et rapports d'essais et d'inspection;
- vérifier que le programme des Contrôles de la Qualité est bien suivi et que les procès-verbaux et rapports sont bien tenus.

5.3. MÉTHODE B - CONTRÔLE PAR L'ENTREPRENEUR

Dans cette méthode l'Entrepreneur a la principale responsabilité des opérations de contrôle de la qualité. Cependant le Maître d'Ouvrage, ou son représentant, procède aux opérations d'Assurance de la Qualité et participe à l'élaboration et à l'approbation des règles d'essais et d'inspection de Contrôle de la Qualité qui doivent être suivies par l'Entrepreneur pendant l'exécution. Dans cette méthode l'Entrepreneur applique à ses travaux un programme de Contrôle de la Qualité. Ceci accroît donc les responsabilités de l'Entrepreneur qui doit alors procéder aux tâches de Contrôle de la Qualité, pour lesquelles il est habilité, au lieu et place du Maître d'Ouvrage ou son représentant qui, dans la démarche plus traditionnelle de la Méthode A, effectue les essais et inspections de Contrôle de la Qualité. Un organigramme qui indique l'organisation et les responsabilités est présenté Fig. 5.2.

Avec la Méthode B, le Maître d'Ouvrage, ou son représentant, est responsable de la recherche, du choix et des essais des matériaux de terre ou enrochement pour le barrage en remblai, de l'élaboration du projet et de la préparation des spécifications. Il est aussi responsable de l'approbation du programme de Contrôle de la Qualité et procède normalement aux tâches de l'Assurance de la Qualité.

Dans la Méthode B, l'Entrepreneur a la principale responsabilité en établissant, conjointement avec le Maître d'Ouvrage ou son représentant, le programme de Contrôle de la Qualité qui permettra de satisfaire aux prescriptions des spécifications et qui sera appliqué durant l'exécution. Dans ce cas, les spécifications donnent une description technique du barrage à construire, les matériaux de terre et enrochement qu'il faut utiliser et les niveaux de qualité des caractéristiques techniques qu'il faut obtenir. Le programme de Contrôle de la Qualité, approuvé par le Maître d'Ouvrage ou son représentant, sera un document formel qui doit :

- préciser les méthodes du Contrôle de la Qualité, en y incluant les modes d'essais et d'inspection, et la fréquence des essais;
- définir les matériaux spécifiques de terre et d'enrochement qu'il faut essayer et inspecter et les procédés spécifiques de construction qu'il faut vérifier;
- définir les critères de conformité ou de non-conformité pour chaque essai spécifique ou chaque procédé de construction;
- décrire les rapports d'essais ou d'inspection à rédiger, la méthode d'archivage et de distribution des rapports, ainsi que la fréquence des rapports.

L'Entrepreneur a donc la plus grande responsabilité de remplir le programme de Contrôle de la Qualité, en réalisant les essais et les inspections en conformité avec le programme approuvé. L'Entrepreneur propose, met au point et présente les fiches des données requises, procède aux essais sur les matériaux avant leur mise en place, donne l'accord pour leur mise en place, inspecte les procédés d'exécution pendant la mise en place. L'Entrepreneur peut procéder lui-même au contrôle de qualité, mais il peut aussi s'assurer du concours d'un organisme indépendant pour s'acquitter de cette tâche. L'Entrepreneur maintiendrait un échelon de surveillance indépendant afin de s'assurer que ses travaux sont bien conformes aux niveaux de qualité exigés.

Le Maître d'Ouvrage est représenté sur le chantier par un ingénieur résident,

- maintain records and reports on the tests and inspections;
- assure that the Quality Control plan is working and that the records and reports are verified and maintained.

5.3. METHOD B - CONTRACTOR CONTROL BASED

In this method, the Contractor has the principal responsibility for the quality control process. However, the Owner/Engineer normally performs a Quality Assurance role and participates in establishment and approval of the Quality Control testing and inspection procedures plan to be followed by the Contractor during construction. In this method, a quality control plan is applied by the Contractor to its operations. This increases the Contractor's responsibility for the Quality Control tasks to which it has been entrusted in place of the more common traditional approach in Method A of using the Owner/Engineer to perform the Quality Control tests and inspections. An organization chart which sets forth the Method B organization and responsibilities is shown Fig. 5.2.

Under Method B, the Owner/Engineer is responsible for the investigations and selecting and testing the sources of the earth and rock materials for the fill dam, performing the design, and preparation of the specifications. The Owner/Engineer is also responsible for the approval of the Contractor's Quality Control plan and normally performs the Quality Assurance aspect of the Quality Control program.

In Method B the Contractor has the lead responsibility in jointly establishing with the Owner/Engineer the Quality Control plan that will meet the requirements of the specifications and which it will follow during construction. The specifications in this instance establish an engineering description of the fill dam to be constructed, the earth and rockfill materials to be utilized in the construction, and the engineering properties' quality standards to be achieved. The Quality Control plan developed by the Contractor which is approved by the Owner/Engineer should be a formal document which describes the following :

- Quality Control procedures to be performed, including specific test methods and inspections and frequency of testing;
- definition of the specific earth and rockfill materials to be tested and inspected and the specific construction procedures to be checked;
- definition of the compliance/noncompliance criteria for each specific quality control test method or construction procedure;
- description of the test and inspection reports to be prepared, procedures for maintaining records and distribution of reports and frequency of reporting.

The Contractor then has the major responsibility to implement the Quality Control plan by performing the tests and inspections in accordance with the approved plan. The Contractor proposes, updates, and produces the required data sheets, performs testing before fill material is placed, gives approval for placing fill material, inspects construction procedures during placement of fill materials, and inspects procedures for protection of fill materials after placement. The Contractor may perform the quality control plan or retain a geotechnical laboratory and testing firm to perform the work. The Contractor would maintain a separate supervisory level quality control program to assure itself that its work will meet the specified quality standards.

The Owner/Engineer is represented at the construction site by a resident

avec le personnel nécessaire. Le Maître d'Ouvrage ou son représentant procède à l'administration du marché, y compris la détermination des quantités de travaux exécutés, prépare le règlement des travaux exécutés, interprète les prescriptions des spécifications, prépare et négocie les ordres de modification du projet, de travaux supplémentaires demandés par le Maître d'Ouvrage, ou de conditions imprévues. Le Maître d'Ouvrage, ou son représentant, est responsable de procéder aux inspections, révisions, et vérifications, ainsi qu'aux essais des matériaux de terre et enrochement, en vue de confirmer que les matériaux mis en place dans le remblai ont bien les caractéristiques techniques prévues dans ce projet. Dans les conditions normales, les inspections et essais du Maître d'Ouvrage ou son représentant ne doivent ni remplacer, ni faire double emploi avec les modes de Contrôle de Qualité adoptés par l'Entrepreneur.

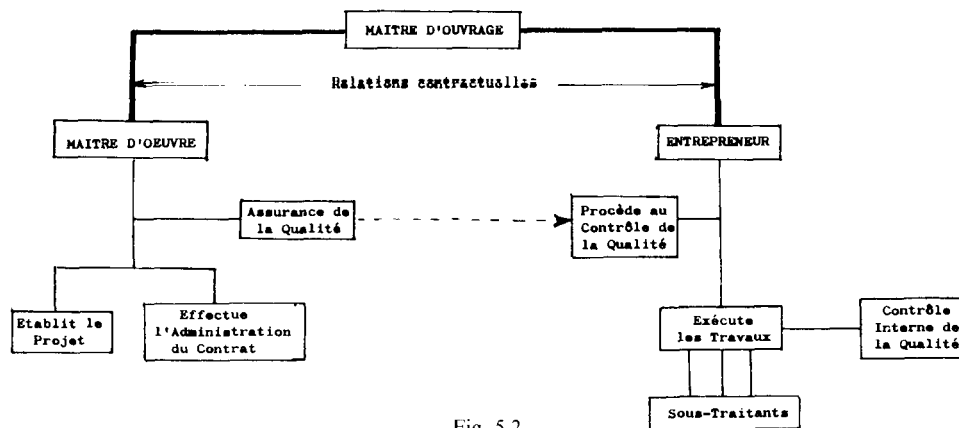


Fig. 5.2

ORGANIGRAMME
Méthode B - Entrepreneur
Responsable du Contrôle de Qualité.

5.4. CONTRÔLE DE QUALITÉ ET RELATIONS CONTRACTUELLES

Un barrage en terre et enrochement projeté par le Maître d'Ouvrage ou son représentant est habituellement construit avec un marché conclu entre le Maître d'Ouvrage et l'Entrepreneur.

Les bases du Marché consistent en un ensemble de conditions générales ou commerciales qui déterminent les divers aspects du travail et un planning de l'exécution de l'ouvrage. Le Marché contient aussi les plans et les spécifications techniques qui précisent les prescriptions concernant les dimensions du barrage, précise l'origine et les propriétés des matériaux à employer, définit les niveaux de qualité, indique les méthodes d'exécution, et décrit les résultats d'essais à obtenir. Sur les bases des informations fournies dans les documents du marché, compte tenu de son expérience, du matériel dont il dispose et de son programme pour l'exécution du travail, l'Entrepreneur propose un ensemble de prix pour réaliser les différentes parties du travail; après acceptation par le Maître d'Ouvrage, cet ensemble de prix devient un élément du marché conclu entre le Maître d'Ouvrage et l'Entrepreneur. Bien que ce soit le Maître d'Ouvrage, ou son représentant, qui a établi les plans et les spécifications techniques définissant le travail à exécuter, une fois le marché signé

construction engineer with a supporting staff. The Owner/Engineer performs the administration of the contract including determination of quantities of work performed, prepares vouchers for payment of work performed, interprets the requirements of the specifications, prepares and negotiates change orders for additional or changed work resulting from design changes, additional work required by the Owner or from a changed or unforeseen conditions. The Owner/Engineer is also responsible to perform the quality assurance inspections, reviews and verifications and record tests of the earth and rockfill materials for confirmation that the materials placed in the fill meet the adopted design engineering properties. Under normal conditions, the inspections and testing by the Owner/Engineer should neither replace nor duplicate the Quality Control procedures adopted by the Contractor.

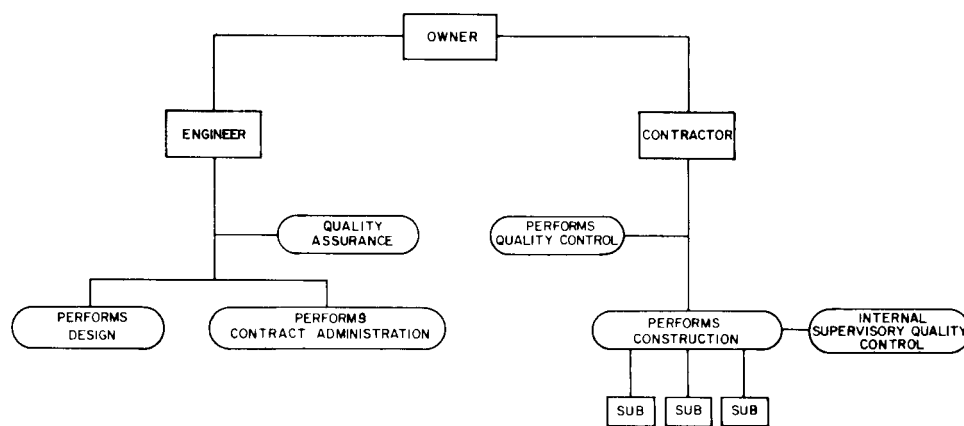


Fig. 5.2

ORGANIZATION CHART

Method B - Contractor Control Based.

5.4. QUALITY CONTROL - CONTRACTUAL RELATIONSHIPS

An earth and rockfill dam designed by an Owner/Engineer is usually built with a contract agreement between the Owner and the Contractor.

The basis for the contract is a set of general or commercial conditions which establishes the business aspects of the contract and a time schedule for completion of the construction. The contract also contains plans and technical specifications which describe the dimensional requirements of the fill dam, describes the source and properties of materials to be used, sets forth quality standards, outlines construction procedures, and describes testing results to be obtained. On the basis of the information provided in the contract documents, the experience of the Contractor and the equipment it has and its plan for the execution of the work, the Contractor proposes a set of prices for performing the items of work, which when accepted by the Owner becomes a part of the contract between the Owner and the Contractor. Although the Owner/Engineer has prepared the plans and technical specifications defining the work to be performed, once a contract is signed by the Owner and the Contractor, neither party to the contract has the unilateral right to

par le Maître d'Ouvrage et l'Entrepreneur, aucune des parties n'a le droit de modifier unilatéralement les termes du marché sans l'accord de l'autre partie.

Pendant les travaux, il est tout à fait courant que le Maître d'Ouvrage ou son représentant veuille procéder à une modification du projet à cause de nécessités nouvelles ou différentes, pour le Maître d'Ouvrage, ou parce que des niveaux de qualité différents ont été adoptés par le Maître d'Ouvrage ou son représentant, ou exigés par un règlement d'Administration qui diffère de celui stipulé au Marché. Puisque la plupart des marchés se prémunissent contre les changements et additions apportés par le Maître d'Ouvrage, qui diffèrent du travail initialement prévu dans le marché, un ordre de modification doit être négocié entre le Maître d'Ouvrage et l'Entrepreneur, pour procéder aux ajustements nécessaires au marché en ce qui concerne les quantités, les niveaux de qualité, le planning et les clauses de paiement.

Occasionnellement se présentera sur le chantier une situation entièrement différente de celle envisagée par le Maître d'Ouvrage ou son représentant lors de la préparation des plans et des spécifications, et par l'Entrepreneur dans la préparation de ses propositions pour la réalisation de l'ouvrage. Puisque le Maître d'Ouvrage ou son représentant est l'auteur du projet du barrage, il a la responsabilité d'examiner la situation, de déterminer si le projet ou les niveaux de qualité doivent être modifiés, et de donner des directives à l'Entrepreneur pour réaliser l'ouvrage d'une manière différente de celle précédemment spécifiée ou de fournir des propositions concernant le projet ou les niveaux de qualité. Si des modifications des conditions existent, il est normal de donner des directives dans les documents du marché qui permettent la négociation et un accord mutuel entre Maître d'Ouvrage et Entrepreneur afin d'adapter les quantités, les niveaux de qualité, le planning et les conditions de paiement.

5.5. NON-CONFORMITÉS

Pendant les travaux, et avec l'emploi d'un programme de contrôle de la qualité, les cas de non-conformités peuvent être reconnus et traités plus rapidement que s'il n'y a pas de procédures formelles. Les non-conformités peuvent se présenter à différents niveaux :

- non-conformité reconnue avant exécution du travail;
- non-conformité détectée pendant l'exécution;
- non-conformité détectée après achèvement du travail.

Quand la conformité ne peut être obtenue après achèvement du travail, la non-conformité devient une « anomalie ». Les règles à suivre dépendent du degré de non-conformité et de ses effets sur les niveaux de qualité. Il y a lieu d'examiner les remèdes possibles qui peuvent être :

- insister pour que soient respectés les spécifications et les niveaux de qualité;
- appliquer des niveaux de qualité qui excèdent les niveaux spécifiés, sans que soit nécessaire l'approbation préalable du Maître d'Ouvrage ou de son représentant;
- appliquer de nouveaux niveaux de qualité inférieurs aux niveaux spécifiés à l'origine, mais qui requièrent l'approbation du Maître d'Ouvrage, ou de son représentant, avant d'être utilisés dans les travaux.

De telles anomalies sont examinées par le Maître d'Ouvrage ou son représentant, qui est responsable de la décision à prendre, qui peut être :

- accepter le remblai tel quel, comme s'il était conforme aux niveaux de qualité exigés dans le projet;

change any terms of the contract without agreement of the other party to the contract.

During construction, it is quite common that the Owner/Engineer will require a design change to be incorporated in the construction because of a new or different need by the Owner or that a different quality standard has been adopted by the Owner/Engineer or required by a regulatory agency that differs from that originally stipulated in the contract. Most construction contracts provide for changes and additions for work that is different from the work originally intended by the contract by issuing a change order. Negotiations are necessary between the Contractor and the Owner to make appropriate adjustments in the contract for quantities, quality standards, schedule, and payment provisions.

Occasionally a condition will develop in the field which is drastically different from that anticipated to exist by the Owner/Engineer during the preparation of the plans and technical specifications and by the Contractor in the preparation of its proposal for performing the work. Since the Owner/Engineer is the designer of the fill dam he has the responsibility to evaluate the condition, determine if any design or quality standard change is required and provide direction to the Contractor to perform the construction in either the manner as originally specified or to perform some alternative design or quality standard. It is becoming more common practice to provide in the contract documents differing site condition provisions to permit the negotiation and mutual agreement between the Owner and the Contractor to provide for adjustments for quantities, quality standards, schedule, and payment provisions.

5.5. NONCOMPLIANCE

During construction, with a detailed quality control plan, cases of noncompliance with specification tests or procedures can be identified and handled more expeditiously than without formal procedures. Noncompliance can occur at various stages in a project as follows :

- noncompliance detected before any work is carried out;
- noncompliance detected during construction;
- noncompliance detected after the work has been completed.

When compliance cannot be assured in the completed construction, the noncompliance becomes an « anomaly ». The procedures to be followed depends on the degree of noncompliance and its effect on the quality standard. Consideration must be given to possible remedies which might consist of :

- insisting on application of the existing specifications and quality standard.
- application of a new quality standard that exceeds the original specified quality standard and would not require the Owner's/Engineer's prior approval;
- application of a new quality standard that may be less than the original specified quality standard but would require the Owner's/Engineer's approval before it was utilized in the work.

Anomalies are reviewed by either the Owner/Engineer or the Contractor, depending on who is responsible for making the final decision. Possible actions are :

- acceptance of the fill as constructed if it meets the criteria required by the design;

- modifier le projet initial pour accepter des matériaux de remblai de niveaux de qualité différents mais maintenir la qualité d'ensemble prévue dans le projet en vue du résultat final et de la sécurité;
- démolir une partie du remblai et reconstruire avec les niveaux de qualité prévus à l'origine, si le projet ne peut être modifié et si des matériaux de caractéristiques différentes ne permettent pas d'obtenir les qualités prévues au projet en vue du résultat final et de la sécurité.

Les règles à suivre dépendent du degré de non-conformité et généralement supposent un processus en deux étapes. La première étape consiste à classer les non-conformités d'après leur degré de gravité, ce qui permet d'extraire celles qui peuvent être corrigées sans qu'il soit nécessaire de recourir à des modifications du marché. La seconde étape concerne les cas de non-conformités qui demandent des investigations et des évaluations détaillées pour déterminer s'il faut modifier le projet, les niveaux de qualité ou le marché afin de parvenir à la décision finale. Des modifications telles que celles-ci ne peuvent être décidées à l'échelon local; elles doivent être approuvées par le Maître d'Ouvrage ou le Maître d'Œuvre.

Les règles pour modification pendant les travaux, ou changement dans les conditions locales, doivent être définies avec précision dans le marché par le Maître d'Ouvrage ou son représentant, et au tout début de l'exécution, à une conférence préliminaire. Une fois que la décision a été prise de faire une modification, le travail correspondant est exécuté avec les mêmes niveaux de qualité que ceux prévus à l'origine, ou avec de nouveaux niveaux de qualité si l'ordre de modification porte sur des niveaux de qualité différents. Les décisions prises, dans le cas de non-conformités avec les spécifications, doivent rester dans le cadre du contrat d'entreprise. Quelle que soit la procédure suivie, il faut prendre soin de vérifier qu'on a obtenu un juste équilibre entre le besoin de poursuivre les travaux rapidement et la nécessité de se conformer aux exigences du projet.

- modification of the initial design to permit fill materials of a different quality standard but maintain the overall quality standards adopted in design for performance and safety;
- demolition of that part of the fill with reconstruction to the original quality standards when the design cannot be modified and materials of a different quality standard would not result in a fill dam with quality standards consistent with those required by the design for performance and safety.

The procedures to be followed depend on the degree of noncompliance and usually involve a two-stage process. The first stage is to classify each noncompliance by its degree of seriousness, which makes it possible to discard those that can be remedied without resorting to specific actions involving a change to the contract. The second stage involves those noncompliance cases which require detailed investigation and evaluation to determine if a change in the design, quality standards, or contract is required to arrive at the final decision. Changes such as these should not be within the authority of the Owner/Engineer's field representative and should therefore require approval of the Owner/Engineer.

Procedures for administration of changes during construction and differing site conditions should be accurately defined by the Owner/Engineer in the contract and at the very beginning of the construction at a preconstruction conference. Once a decision has been made to make a change, the corresponding work is carried out with the same quality standards as those for the initial construction or to a new quality standard if the change order provides for a new quality standard. The decisions on noncompliance with the specifications must be in accordance with the construction contract. Whatever the administration procedure is to implement changes, care must be taken to assure that a balance is achieved between the need to carry forward the construction expeditiously and the necessity to meet design requirements.

REFERENCES

- [1] *Quality Management*, ER 1180-1-6, April 24, 1978, Change 1, July 17, 1978, Department of the Army, Office of the Chief of Engineers.
- [2] *Field Control Data for Earth and Rock Fill Dam*, ER 1110-2-1925 (RCS Eng. CWE-11 (R 1)), Change 2, July 2, 1969. Department of the Army, Office of the Chief of Engineers.
- [3] *Construction Control for Earth and Rock Fill Dams*, EM 1110-2-1911, January 17, 1977, Department of the Army, Office of the Chief of Engineers.
- [4] *Earth and Rock Fill Dams General Design and Construction Considerations*, EM 1110-2-2300, May 10, 1982, Department of the Army, Office of the Chief of Engineers.
- [5] *A Guide to Effective Contractor Quality Control*, EP 715-1-2 (CWC), November 1980, Department of the Army, Office of the Chief of Engineers.
- [6] FISK, E. R. — *Construction Project Administration*, John Wiley & Sons, 1978.
- [7] Edited by Golze, A. R., *Handbook of Dam Engineering*, Van Nostrand Reinhold Company, 1977.
- [8] *Design of Small Dams*. Second edition, US Bureau of Reclamation, Water Resources Technical Publication, 1973.
- [9] DAVIS, F. J. — *Quality Control of Earth Embankments*, Third International Conference on Soils Mechanics and Foundation Engineering, Switzerland, Vol. 1, p. 218, 1953.
- [10] WARD, S. A., THORNDIKE, L. — *Cost Control and Design and Construction*, McGraw-Hill, 1980.
- [11] *Oroville Dam Embankment Materials Control Report*, Department of Water Resources, Oroville Division, May 1968.
- [12] BERTRAM, G. E. — *Embankment Dam Engineering Casagrande Volume*, John Wiley & Sons, 1973.
- [13] BRANDL, H. — *Qualitätsanforderungen und Prüfungen für Erdarbeiten und ungebundene Tragschichten*, Schriftenreihe der Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen im OIAV, Heft 69, Wien, 1978.
- [14] *Technische Vorschriften und Anleitungen für Erdarbeiten*, RVS 8.24 Bundesministerium für Bauten und Technik, Wien, 1979.
- [15] BRANDL, H. — *Construction and Compaction of 100 - 120 m high Highway Embankments*, International Conference on Compaction, Paris, 22. — 24, April 1980.
- [16] DIN Taschenbuch 113 : Baunormen. Baugrund 2 : *Erkundung und Untersuchung*, Beuth Verlag GmbH, Berlin, Köln, 1977.
- [17] SCHULTZE, Edgar; MUHS, Heinz : *Bodenuntersuchungen für Ingenieurbauten*, Springer Verlag 1967.

- [18] « Control of Earth and Rockfill for Oroville Dam », Proceeding Paper 4822, *Journal of the Soils Mechanics and Foundation Division*, American Society of Civil Engineers.
- [19] *Manual of Testing Procedures for Soils*, Department of Water Resources, April 1962.
- [20] *Report to Chief Engineer on Zone 2 Embankment Material for Oroville Dam*, Office Report, Department of Water Resources, Sacramento, California, December 15, 1964.
- [21] *Effect of Rock Content on Compaction Characteristics of Clayey Gravel*, Compaction of Soils, STP 377, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, Pennsylvania, June 1964.
- [22] *Large Scale Tests on Impervious Embankment Materials*, Soils Laboratory Report No. S-2, Department of Water Resources, Sacramento, California, November 1962.
- [23] *Basic Data Report on Test Fills on Proposed Embankment Materials for Oroville Dam*, Office Report, Department of Water Resources, Sacramento, California, December 1961.
- [24] *Compaction Study of Impervious Embankment Materials*, Oroville Dam, Soils Laboratory Report No. S-3, Department of Water Resources, Sacramento, California, February 1964.
- [25] Discussion of Paper on Research on Vibratory Maximum Density Test for Cohesionless Soils by H. C. Pettibone and I. Hardin, Compaction of Soils, STP 377, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, Pennsylvania, June 1964.
- [26] *Report of Soil Tests, Impervious Zone Material and Dredger Tailings Proposed for Pervious Zone, Oroville Dam*, Corps of Engineers, Sausalito, California, September 1960.
- [27] *Report of Soil Tests, Proposed Embankment Materials for Oroville Dam*, Corps of Engineers, Sausalito, California, March 1962.
- [28] *Report of Soil Tests, Pervious Zone Materials from Oroville Dam*, Corps of Engineers, Sausalito, California, December 1964.
- [29] *Oroville Dam Embankment Materials Control Report*, Department of Water Resources, Oroville Division, May 1968.
- [30] *Construction Specifications for Rolled Earthfill Dams and Powerplants*, G-9, June 1972, Tennessee Valley Authority.

ANNEXES

ANNEXES

A - Catalogue des normes d'essai

B - Essais spéciaux

C - Fréquence des essais sur chantier

APPENDICES

APPENDICES

A - Catalog of test standards

B - Special tests

C - Frequency of construction testing

ANNEXE A/APPENDIX A

Catalogue des normes d'essai

Catalog of test standards

Tableau
Table

A 1	USA	American Society for Testing and Materials (ASTM), 1916 Race Street, Philadelphia, Pennsylvania 19103.
A 2	USA	United States Bureau of Reclamation (USBR), Attn : D-922, PO Box 25007, Denver, Colorado 80225.
A 3	USA	United States Army Corps of Engineers Publications Depot (DAEN-ASP-D), 2803, 52nd Avenue, Hyattsville, Maryland 20781.
A 4	AUSTRIA	Osterreichisches Normungsinstitut (ON).
A 5	GERMANY (FRG)	German Industrial Norm (DIN).
A 6	INDIA	Indian Standards (IS).
A 7	NETHERLANDS	Eisen 1978 Rijkswaterstaat.
A 8	GREAT BRITAIN	British Standards Institution (BSI), 2 Park Street, London W1A2 13S.
A 9	CZECHOSLOVAKIA	Czechoslovak Standard Specification.
A 10	FRANCE	Association Française de Normalisation (AFNOR), Tour Europe, Cedex 7, 92080 Paris La Défense. Laboratoire Central des Ponts-et-Chaussées (LCPC), 58, boulevard Lefebvre, 75732 Paris Cedex 15.

TABLE A-1

USA - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM)
 1984 Annual Book of ASTM Standards
 Section 4, Volume 04.08, Soil and Rock; Building Stones

CONSTRUCTION CONTROL TESTS	DESIGNATION	TITLE
SOIL CLASSIFICATION		
Classification Method	D 2487-69	Classification of Soils for Engineering Purposes.
Gradation Analysis	D 422-63	Particle Size Analysis of Soils
	D 1140-54	Amount of Material in Soils Finer than the No. 200 (75 mm) Sieve.
Atterberg Limits	D 423-66	Liquid Limit of Soils.
	D 424-59	Plastic Limit and Plasticity Index of Soils.
Water Content	D 2216-80	Water (Moisture) Content of Soil, Rock, and Soil-Aggregate Mixtures, Laboratory Determination.
	D 3017-78	Moisture Content of Soil and Soil-Aggregate in Place by Nuclear Methods (Shallow Depth).
Specific Gravity	D 854-58	Specific Gravity of Soils.
COMPACTION		
Laboratory Moisture	D 698-78	Moisture-Density Relations of Soils and Soil Aggregate Mixtures Using 5.5-lb (2.49-kg). Rammer and 18-in (457-mm) Drop.
Density Relationship (Impact Type)	D 1557-78	Moisture-Density Relations of Soils and Soil Aggregate Mixtures Using 10-lb (4.54-kg). Rammer and 18-in (457 mm) Drop.
Relative Density (Vibratory Type)	D 2049-69	Relative Density of Cohesionless Soils.
IN-PLACE DENSITY		
	D 1556-82	Density of Soil in Place by the Sand-Cone Method.
	D 2922-81	Density of Soil and Soil-Aggregate in Place by Nuclear Methods (Shallow Depth).
	D 2937-71	Density of Soil in Place by the Drive-Cylinder Method.
	D 2167-66	Density of Soil in Place by the Rubber Balloon Method.
CONSTRUCTION RECORD TESTS (1)	DESIGNATION	TITLE
PERMEABILITY		
Laboratory Permeability	D 2434-68	Permeability of Granular Soils (Constant Head).
(1) Test taken in same location as quality control tests for comparative purposes.		

CONSTRUCTION RECORD TESTS	DESIGNATION	TITLE
SHEAR STRENGTH		
Triaxial Compression	D 2850-82	Unconsolidated, Undrained Compressive Strength of Cohesive Soils in Triaxial Compression.
Direct Shear	D 3080-72	Direct Shear Test in Cohesive Soil.
In-Place Shear	D 2573-72	Field Vane Shear Test in Cohesive Soil.
CONSOLIDATION		
	D 2435-80	One Dimensional Consolidation Properties of Soils.
	D 4186-82	One Dimensional Consolidation Properties of Soils Using Controlled-Strain Loading.

TABLE A-2

USA - UNITED STATES BUREAU OF RECLAMATION (USBR)
Earth Manual, Second Edition, 1974

CONSTRUCTION CONTROL TESTS	DESIGNATION	TITLE
SOIL CLASSIFICATION		
Classification Method	E-3	Visual and Laboratory Methods for Identification and Classification of Soils.
Gradation Analysis	E-6	Gradation Analysis of Soils.
Atterberg Limits	E-7	Soil Consistency Tests.
Water Content	E-9	Moisture Determination of Soils.
Specific Gravity	E-10	Specific Gravity of Soils, Aggregate, and Density of Irregular Blocks of Soil.
COMPACTION		
Laboratory Moisture Density Relationship (Impact Type)	E-11	Proctor Compaction Test (Moisture-Density Relations of Soil).
	E-38	Compaction Test for Soil Containing Gravel (Moisture-Density Relation).
Relative Density (Vibratory Type)	E-12	Relative Density of Cohesionless Soils.
IN-PLACE DENSITY		
	E-22	Field Density of Dry, Gravel-Free Soils.
	E-24	Field Density Test Procedure.
	D-25	Rapid Compaction Control.
CONSTRUCTION RECORD TESTS	DESIGNATION	TITLE
PERMEABILITY		
Laboratory Permeability	E-13	Permeability and Settlement of Soils.
	E-14	Permeability and Settlement of Soils Containing Gravel.

CONSTRUCTION RECORD TESTS	DESIGNATION	TITLE
SHEAR STRENGTH		
Triaxial Compression	E-17	Triaxial Shear of Soils.
In-Place Shear	E-20	In-Place Vane Shear Test.
CONSOLIDATION		
	E-15	One Dimensional Consolidation of Soils.

TABLE A-3

USA - UNITED STATES ARMY CORPS OF ENGINEERS
Laboratory Soils Testing, EM 1110-2-1906, November 30, 1970
Soil Sampling, EM 1110-2-1907, March 31, 1972

CONSTRUCTION CONTROL TESTS	DESIGNATION	TITLE
SOIL CLASSIFICATION		
Gradation Analysis	EM 1110-2-1906 App. V	Grain-Size Analysis.
Atterberg Limits	EM 1110-2-1906 App. III	Liquid and Plastic Limits.
	EM 1110-2-1906 App. IIIA	One-Point Liquid Limit Test.
	EM 1110-2-1906 App. IIIB	Shrinkage Limit Test.
Water Content	EM 1110-2-1906 App. I	Water Content - General.
Specific Gravity	EM 1110-2-1906 App. IV	Specific Gravity.
COMPACTION		
Laboratory Moisture Density Relationship (Impact Type)	EM 1110-2-1906 App. VI	Compaction Tests.
	EM 1110-2-1906 App. VIA	Compaction Test, Earth Rock Mixtures.
Relative Density (Vibratory Type)	EM 1110-2-1906 App. XII	Relative Density.
	EM 1110-2-1906 App. XIIA	Modified Providence Vibrated Density Test.
IN-PLACE DENSITY		
	EM 1110-2-1907 App. E	Field Density Determinations.
CONSTRUCTION RECORD TESTS	DESIGNATION	TITLE
PERMEABILITY		
Laboratory Permeability	EM 1110-2-1906 App. VII	Permeability Tests.

CONSTRUCTION RECORD TESTS	DESIGNATION	TITLE
SHEAR STRENGTH		
Triaxial Compression	EM 1110-2-1906 App. X	Triaxial Compression Tests.
Direct Shear	EM 1110-2-1906 App. IX	Drained (s) Direct Shear Test.
	EM 1110-2-1906 App. IXA	Drained (s) Repeated Direct Shear Test.
In-Place Shear	EM 1110-2-1907 App. D	Field Vane Shear Tests.
CONSOLIDATION		
	EM 1110-2-1906 App. VIII	Consolidation Tests.

TABLE A-4
AUSTRIA - OSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT (ON)

CONSTRUCTION CONTROL TESTS	DESIGNATION	TITLE
SOIL CLASSIFICATION		
Classification Method	B 4400/XI/1978	Classification of Soils.
Gradation Analysis	B 4412/VII/1974	Determination of Particle Size.
Atterberg Limits	B 4411/VII/1974	Consistency Limits of Soils.
Water Content	B 4410/V/1974	Determination of Saturation by Drying in Stove.
Specific Gravity	B 4413/VII/1975	Unit Weight of Soil.
COMPACTION		
Laboratory Moisture-Density Relationship (Impact Type)	B 4414/VIII/1976 1. Teil	Density of Soil, Determined in Labora- tory.
Relative Density (Vibratory Type)	B 4418/X/1981	Proctor Test.
Relative Compatibility	B 4417/XII/1979	Plate Loading Test.
IN-PLACE DENSITY		
	B 4414/X/1979 2. Teil	Density Tests In Situ.
	B 4419/#/1985 1. Teil	Penetrometer (five types including B 4405/X/1977).
CONSTRUCTION RECORD TESTS	DESIGNATION	TITLE
PERMEABILITY		
Laboratory Permeability	B 4421/1986	In preparation.
SHEAR STRENGTH		
Triaxial Compression	B 4416/VI/1978	Triaxial and Shearbox Tests.
In-Place Shear		Not standardized.

CONSTRUCTION RECORD TESTS	DESIGNATION	TITLE
CONSOLIDATION		
Compression	B 4415/VII/1976	Uniaxial compression.
Consolidation (Oedometer)	B 4420/1986	In preparation.

TABLE A-5

GERMANY - GERMAN INDUSTRIAL NORM (DIN)

CONSTRUCTION CONTROL TESTS	DESIGNATION	TITLE
SOIL CLASSIFICATION		
Classification Method	V 18123/VI/1971	Determination of Particle Size.
Gradation Analysis	V 18121/IV/1976	Determination of Saturation by Drying
Atterberg Limits	1. Teil	in Stove.
Water Content	V 18124/III/1973	Unit Weight of Soil.
Specific Gravity	1. Teil	
COMPACTION		
Laboratory Moisture-Density Relationship (Impact Type)	V 18125/IV/1972 1. Teil	Density of Soil, Determined in Labora- tory.
Relative Density (Vibratory Type)	V 18127/IV/1976	Proctor Test.
IN-PLACE DENSITY	V 18125/VI/1975 2. Teil	Density Tests In Situ.
Generally : See DIN Taschenbuch 113 : Baunormen. Baugrund 2 : Erkundung und Untersuchung. Beuth Verlag GmbH, Berlin Koln, 1977.		

TABLE A-6

INDIA - INDIAN STANDARDS (IS)

CONSTRUCTION CONTROL TESTS	DESIGNATION	TITLE
SOIL CLASSIFICATION		
Classification Method	IS : 1498-1970 (First Rev.)	Classification and Identification of Soil for General Engineering purposes.
Gradation Analysis	IS : 2720 (Part IV) 1975	Methods of Test for Soils : Part IV, Grain Size Analysis (First Revision).
Specific Gravity	IS : 2720 (Part III/Sec. 1) 1980	Methods of Test for Soils : Part III, Determination of Specific Gravity, Sec- tion 1, Fine Grained Soils (First Revi- sion). Determination of Specific Gravity, Sec- tion 2, Fine, Medium and Coarse Grai- ned Soils (First Revision).

CONSTRUCTION CONTROL TESTS	DESIGNATION	TITLE
COMPACTION Laboratory Moisture-Density Relationship (Impact Type)	IS : 2720 (Part VII) - 1980	Methods of Test for Soils, Part VII. Determination of Water Content Dry Density Relation Using Light Compaction (Second Revision).
	IS : 2720 (Part VIII) - 1974	Methods of Test for Soils, Part VIII, Determination of Water Content, Dry Density Relation Using Heavy Compaction.
Relative Density (Vibratory Type)	IS : 2720 (Part XIV) - 1968	Methods of Test for Soils, Part XIV, Determination of Density Index (Relative Density) of Cohesionless Soils.
IN-PLACE DENSITY	IS : 2720 (Part XXVIII) 1974	Methods of Test for Soils, Part XXVIII, Determination of Dry Density of Soils, in Place, by Sand Replacement Method (First Revision).
	IS : 2720 (Part XXIX) 1975	Determination of Dry Density of Soils, in Place, by the Core Cutter Method (First Revision).
	IS : 2720 (Part XXXIII) 1971	Determination of Density in Place by the Ring and Water Replacement Method.

TABLE A-7

NETHERLANDS - EISEN 1978 RIJKSWATERSTAAT

CONSTRUCTION CONTROL TESTS	DESIGNATION	TITLE
SOIL CLASSIFICATION Classification Method Gradation Analysis Atterberg Limits Water Content Specific Gravity	6.0, etc.	Grain-Size Analysis.
	(in 5)	Moisture Content.
COMPACTION Laboratory Moisture-Density Relationship (Impact Type) Relative Density (Vibratory Type)	5	Proctor Test.
	3	Degree of Compaction.
IN-PLACE DENSITY	4.0, etc.	Density In Situ.
CONSTRUCTION RECORD TESTS	DESIGNATION	TITLE
PERMEABILITY Laboratory Permeability	11.0, etc.	Permeability for Water

TABLE A-8

GREAT BRITAIN - BRITISH STANDARDS INSTITUTION
BS 1377 : 1975 Methods of Test for Soils for Civil Engineering Purposes

CONSTRUCTION CONTROL TESTS	DESIGNATION	TITLE	
SOIL CLASSIFICATION			
Classification Method Gradation Analysis	2.7 Test 7	Determination of the Particle Size Distribution.	
	2.7.1 Test 7 (A)	Standard Method by Wet Sieving	
Atterberg Limits	2.7.2 Test 7 (B)	Subsidiary Method by Dry Sieving.	
	2.7.3 Test 7 (C)	Standard Method for Fine-Grained Soils (Pipette Method).	
	2.7.4 Test 7 (D)	Subsidiary Method for Fine-Grained Soils (Hydrometer Method).	
	2.2 Test 2	Determination of the Liquid Limit.	
	2.2.1 Test 2 (A)	Preferred Method Using the Cone Penetrometer.	
	2.2.2 Test 2 (B)	Method Using the Casagrande Apparatus.	
Water Content	2.2.3 Test 2 (C)	One Point Method Using the Casagrande Apparatus.	
	2.3 Test 3	Determination of the Plastic Limit.	
	2.4 Test 4	Determination of the Plasticity Index.	
	2.5 Test 5	Determination of the Linear Shrinkage	
	2.1 Test 1	Determination of the Moisture Content.	
	2.1.1 Test 1 (A)	Standard Method (Oven Drying Method)	
	2.1.2 Test 1 (B)	Subsidiary Method (Sand Bath Method)	
	2.1.3 Test 1 (C)	Subsidiary Method (Alcohol Method)	
	Specific Gravity	2.6 Test 6	Determination of the Specific Gravity of Soil Particles.
		2.6.1 Test 6 (A)	Method for Fine-, Medium-, and Coarse-Grained Soils.
2.6.2 Test 6 (B)		Method for Fine-Grained Soils.	
COMPACTION			
Laboratory Moisture-Density Relationship (Impact Type)		4.1 Test 12	Determination of the Dry Density/Moisture Content Relationship (2.6 kg Rammer Method).
	4.2 Test 13	Determination of the Dry Density/Moisture Content Relationship (4.5 kg Rammer Method).	
Relative Density (Vibratory Type)	4.3 Test 14	Determination of the Dry Density/Moisture Content Relationship of Granular Soil (Vibrating Hammer Method).	

CONSTRUCTION CONTROL TESTS	DESIGNATION	TITLE
IN-PLACE DENSITY	4.4 Test 5	Determination of the Dry Density of Soil on the Site.
	4.4.1 Test 15 (A)	Sand Replacement Method Suitable for Fine- and Medium-Grained Soils (Small Pouring Cylinder Method).
	4.4.2 Test 15 (B)	Sand Replacement Method Suitable for Fine-, Medium-, and Coarse-Grained Soils (Large Pouring Cylinder Method).
	4.4.3 Test 15 (C)	Sand Replacement Method Suitable for Fine-, Medium-, and Coarse-Grained Soils (Hand Scoop Method).
	4.4.4 Test 15 (D)	Core-Cutter Method for Fine-Grained and Chalk Soils Free From Stones.
	4.4.5 Test 15 (E)	Immersion in Water Method
	4.4.6 Test 15 (F)	Water Displacement Method.
CONSTRUCTION RECORD TESTS	DESIGNATION	TITLE
SHEAR STRENGTH	5.1 Test 16	Determination of the California Bearing Ratio.
	5.2 Test 17	Determination of the One-Dimensional Consolidation Properties.
	5.3 Test 18	Determination of Shear Strength in the Field by the Vane Test.
	5.4 Test 19	Determination of the Penetration Resistance Using the Split-Barrel Sampler.
	5.5 Test 20	Determination of the Unconfined Compressive Strength Using Portable Apparatus.
	5.6 Test 21	Determination of the Compressive Strength of a Specimen Tested in Undrained Triaxial Compression Without the Measurement of Pore Water Pressure.

TABLE A-9

CZECHOSLOVAKIA - CZECHOSLOVAK STANDARD SPECIFICATION

CONSTRUCTION CONTROL TESTS	DESIGNATION	TITLE
SOIL CLASSIFICATION Classification Method	CSN 01 0250	Statistical Quality Control. Principal Term and Definitions Recommended.
Water Content	CSN 72 1002	Classification of Soils for Road.
	CSN 72 1012	Laboratory Determination of Moisture in Soils.

CONSTRUCTION CONTROL TESTS	DESIGNATION	TITLE
COMPACTION	CSN 72 1005	Compaction Degree of Soils for Road Building.
	CSN 72 1006	Checking of Soil Compaction.
	CSN 72 1010	Laboratory Determination of Soil Density.
	CSN 72 1015	Laboratory Determination of the Compactibility of Soils.
	CSN 72 1018	Laboratory Determination of Relative Settling of Non-Cohesive Soils.
IN-PLACE DENSITY	CSN 73 1821	Determination of the Settling of Sand by the Dynamic Penetration Test.
	CSN 73 6190	Static Loading Test of Subsoil and Base Layers of Roads.
GENERAL	CSN 73 6824	Low-Rise Earth Dams.
	CSN 73 6850	Designing and Inspection in the Construction of Earth Dams.
	ON 73 6852	Construction of Earth Dams.

TABLE A-10

FRANCE - MODES OPÉRATOIRES DU LCPC ET NORMES AFNOR

ESSAIS DE CONTRÔLE	RÉFÉRENCE	DÉNOMINATION
IDENTIFICATION DES SOLS		
Méthode de classification	NFP 18-560	Analyse granulométrique.
Calcul de la granulométrie	LCPC G 3-1970	Analyse sédimentométrique
Limites d'Atterberg	LCPC G 4-1970	Limites d'Atterberg
Teneur en eau		
Masse spécifique	NFP 18-558	Densité spécifique.
COMPACTAGE		
Rapport humidité-densité		
Essais de laboratoire (Méthode des impacts)	LCPC SC 1-1966	Essais Proctor
Densité relative (Méthode par vibration)		
DENSITÉ EN PLACE		
ESSAIS DE CONFORMITÉ	Normes ASTM	

ESSAIS DE CONTRÔLE	RÉFÉRENCE	DÉNOMINATION
PERMÉABILITÉ Mesures de laboratoire		Mesure au banc à gradient constant.
CISAILLEMENT Compression triaxiale	LCPC SMS 7-1968	Essai triaxial.
CONSOLIDATION	LCPC SMS 2-1963	Compressibilité à l'œdomètre.

ANNEXE B

Essais spéciaux

L'Annexe B donne la description de différents essais de contrôle qui ne sont pas d'un usage général, ce sont ainsi des essais spéciaux. Ces essais spéciaux sont donnés pour information. Ils ont généralement été conçus pour répondre à des situations spéciales ou à des conditions locales particulières.

DENSITÉ OU POIDS SPÉCIFIQUE EN PLACE

Pénétromètre. Cette méthode consiste à mesurer l'enfoncement d'une sonde de forme déterminée sous une charge déterminée, dans le matériau à essayer. On établit une corrélation entre la profondeur d'enfoncement et le degré de compactage au moyen d'essais sur des remblais connus. Cette méthode donne des résultats très rapides, mais ne peut être utilisée qu'avec des matériaux très fins et d'une teneur en eau uniforme.

Mesure directe. Cette méthode est généralement utilisée pour les enrochements lorsque leur dimension excède 300 mm. Les matériaux en place sont pesés dans les engins de transport, et le volume en place est déterminé par des mesures topographiques précises. Le rapport poids/volume donne la moyenne de la densité ou poids spécifique en place.

Mesure indirecte. Une fosse pyramidale, de la profondeur d'une levée, est creusée dans le matériau avant compactage. Au milieu de la fosse on place un dispositif de mesure de tassement. La fosse est ensuite remplie avec des matériaux pesés, nivelée, et recouverte par un grillage fin. Après compactage, le nouveau volume de la fosse est calculé et on en déduit la densité. Cette méthode a été utilisée en Autriche pour des matériaux meubles contenant de gros éléments (blocs ou galets).

APPENDIX B

Special tests

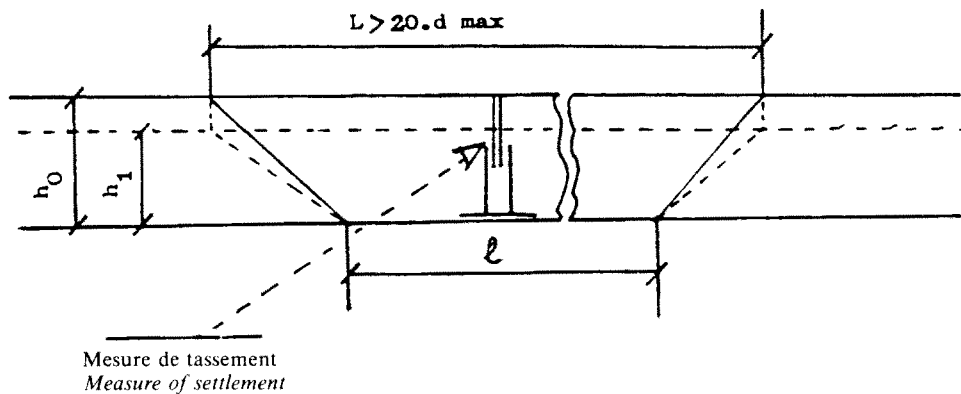
Appendix B discusses several of the quality control tests that are not in common usage; therefore, they are called special tests. These special tests are presented for informational purposes. They generally have been developed for special situations where uncommon materials or site conditions have been encountered. A listing of the special tests follows :

IN SITU DENSITY OR UNIT WEIGHT

Penetrometers. This method consists of measuring the depth to which a probe with a given shape penetrates into a fill with a given applied load. A correlation is established between the depth of penetration and degree of compaction by penetrating fills of known degree of compaction. This method can be used very rapidly, but is limited to fine-grained material of very uniform moisture content.

Direct Measurement. This method is generally used on rockfills when the rocks exceed about 300 mm in size. The rock material being placed is weighed in the transporting equipment, and the volume placed is determined by careful topographic survey. The weight/volume ratio gives the average *in situ* density or unit weight.

Indirect Measurement. A pyramidal ditch, as deep as the lift, is dug in the uncompacted fill. In the middle of the ditch, a gage for settlement measurements is placed. Then the ditch is filled up with weighted materials, leveled, and coated with a fine wire netting. After each compactor action, the new volume of materials is calculated and then density is inferred. This method is used in Austria for loose material of large particle size (rock or gravel).



D'autres méthodes employées pour mesurer la densité en place de matériaux rocheux ou graveleux sont analogues à celles utilisées pour des matériaux fins, excepté l'augmentation de taille des cônes de sable ou des volumes d'eau d'un diamètre supérieur à 2 mètres. Plus la taille des éléments est grande, dans le matériau à contrôler, plus l'échantillon à essayer doit être important; il en résulte un accroissement dans la taille du matériel d'essais et dans le coût de son emploi. C'est pourquoi il est nécessaire, dans chaque cas particulier, de choisir un équilibre judicieux entre, la représentativité des essais aux caractéristiques et paramètres du remblai tels qu'ils ont été définis dans le projet, d'un côté, et la difficulté et le coût de faire de tels essais, de l'autre. Des matériaux contenant 30 à 40 % de gros éléments nécessitent des méthodes spéciales d'essais.

Un exemple de méthode de contrôle spécialement mise au point et utilisée avec succès pour un barrage contenant des matériaux rocheux est celui du barrage d'Oroville. A cause de la grande proportion d'éléments rocheux dans toutes les zones du barrage, un matériel de dimension exceptionnelle et des méthodes particulières ont été mis au point afin de contrôler la mise en place et de vérifier, pendant la construction, la conformité des résultats avec les hypothèses du projet. Un résumé des principaux résultats pour l'ensemble du programme, est présenté ci-dessous. Les références 18 à 29 de la bibliographie concernent le contrôle de qualité des matériaux à gros éléments.

**BARRAGE OROVILLE
GRANULOMÉTRIE SPÉCIFIÉE**

Dimension des éléments	Zone 1 noyau imperméable	Zone 2 transition	Zone 3 recharges amont-aval	Zone 5 drain
600 mm			100	100
380 mm		100		
76 mm	100			
38 mm		50 à 90		
5 mm	40 à 70	17 à 50	0 à 25	0 à 12
0,75 mm	10 à 40	0 à 8 (1)		
5 Microns	5 à 20			
(1) 6 % maximum en moyenne sur 5 jours.				

Other methods used to measure the *in situ* density or unit weight of rock or gravel fills are basically the same as used on fine-grained material, except they are increased in size such as large sand cones and large water volume methods using rings up to 2 meters in diameter. The larger the particle size included in the construction control tests, the larger must be the test sample volumes and, therefore, the larger must be the testing equipment and corresponding costs to accommodate these materials. Decisions in this regard must be made on a case-by-case basis in order to achieve a proper balance between obtaining test results which relate realistically to the fill characteristics and adopted design parameters, on the one hand, and the cost and difficulty of performing the required tests, on the other hand. Materials with more than about 30 to 40 % of the larger particles require special testing procedures.

One example of an innovative fill control testing program which was specially developed and successfully utilized for a dam containing rock materials is that for the Oroville Dam embankment, USA. Because of the relatively high rock content of all principal zones of the dam, larger-than-standard sized test equipment and control tests were developed and used to monitor fill placement and correlate with original design data throughout construction. A summary of the more pertinent data for the overall field testing program is presented below. References 18 to 29 in the Bibliography concern quality control testing of large particle material.

**OROVILLE DAM - USA
SPECIFIED GRADING LIMITS**

Particle Size	Zone 1 Impervious Core	Zone 2 Transition Zone	Zone 3 Outer Shell Zone	Zone 5 Drain Zone
24 inches			100	100
15 inches		100		
3 inches	100			
1-1/2 inches		50 to 90		
No. 4 US Standard Sieve	40 to 70	17 to 50	0 to 25	0 to 12
No. 200 US Standard Sieve	10 to 40	0 to 8 (*)		
5 Micron	5 to 20			
(*) 6 % maximum 5-day running average.				

MESURES DE DENSITÉ EN PLACE

Zone du barrage	Diamètre de la fosse d'essai	Volume de la fosse d'essai	Méthode de la mesure volumétrique
1. (Noyau)	0,50 m	Min. 34 dm ³	— Cone de sable 60 cm — Méthode de mesure à l'eau : anneau de fer diamètre 1,80 m feuille de plastique épaisseur 1 mm
2. (Transition)	1,80 m	Min. 280 dm ³	
3. (Recharges)			
4. (Drains)			

RÉSULTATS D'ESSAIS DE COMPACTAGE BARRAGE D'OROVILLE

Zone du barrage	Dimension max. des éléments pour l'essai	Dimension du moule d'essai	Méthode de mesure du compactage
1	5 mm (1)	1,42 dm ³ (108 mm de diam.)	Chute 97,6 kg·m/dm ³
	38 mm (1) et 76 mm (1)	18,9 dm ³ (305 mm de diam.)	
2,3 et 5	152 mm	0,685 m de diam. 0,762 m de profond.	Vibration (5 minutes par échantillon avec une surcharge de 0,14 kg/cm)
(1) Des courbes de compactages 5 mm et 38 mm ont été réalisées pour tous les échantillons de tous les essais de densité. Les courbes de compactages 76 mm ont été faites sur seulement 49% des essais de densité, avec corrélation pour le restant.			

Dans le cas d'Oroville, le contrôle de la teneur en eau en place des matériaux de la zone 1 était fait suivant les mêmes bases pour les matériaux 5 mm et 76 mm. La teneur en eau des autres matériaux n'était pas critique, sauf le maintien d'une humidité suffisante pour empêcher le gonflement.

D'autres renseignements sur les essais en place de matériaux rocheux peuvent être trouvés à la référence 12 de la bibliographie.

FILL DENSITY TESTS

Embankment Zone	Test Hole Diameter	Required Test Hole Size	Volumetric Test Method
1. (Impervious core) 2. (Transition) 3. (Shell), and 5. (Drain)	20 inches 6 ft	Min. 1.2 cu ft Min. 10 cu ft	20-inch sand cone Water volume method using 6-ft diameter steel ring and 4-mil plastic sheeting

**OROVILLE DAM u USA
FIELD LAB COMPACTION TESTS**

Embankment Zone	Maximum Particle Size for Compaction Tests	Compaction Mold Size	Compaction Method
1	No. 4 Sieve (1)	1/20 cu ft (4.25-inch diameter)	Impact (20,000 ft-lb per cu ft)
2, 3 and 5	1-1/2 inches (1) and 3 inches (1) 6 inches	2/3 cu ft (12-inch diameter) 27-inch diameter × 30-inch height	Vibratory (5 minutes minimum per sample with 2 psi surcharge load)
(1) Minus No. 4 and minus 1-1/2-inch compaction curves were developed for all samples from all density tests. Minus 3-inch compaction curves were developed on materials from only 49 % of fill density tests, with correlations used for remainder.			

In the case of Oroville Dam, field moisture control of the Zone 1 materials was done on the basis of both the minus No. 4 sieve and minus 3-inch material. Moisture control of the other zones was not critical, except to maintain sufficient moisture in these materials to preclude bulking.

Another discussion of the subject of field tests for rocky embankment materials can be found in Reference 12 of this bulletin.

ANNEXE C / APPENDIX C

Fréquence des essais au chantier
Frequency of construction testing

- C-1 Oroville Dam, USA.
- C-2 Culmbach Dam Stage II, USA.
- C-3 Finstertal Dam, Austria.
- C-4 Zirmsee Dam, Austria.
- C-5 Beas Dam, India.
- C-6 La Grande Complex - QA-8 Dyke, Canada.
- C-7 Brandy Branch Dam, USA.
- C-8 Bloomington Dam, USA.
- C-9 Anapo Upper Dam, Italy.
- C-10 Anapo Lower Dam, Italy.

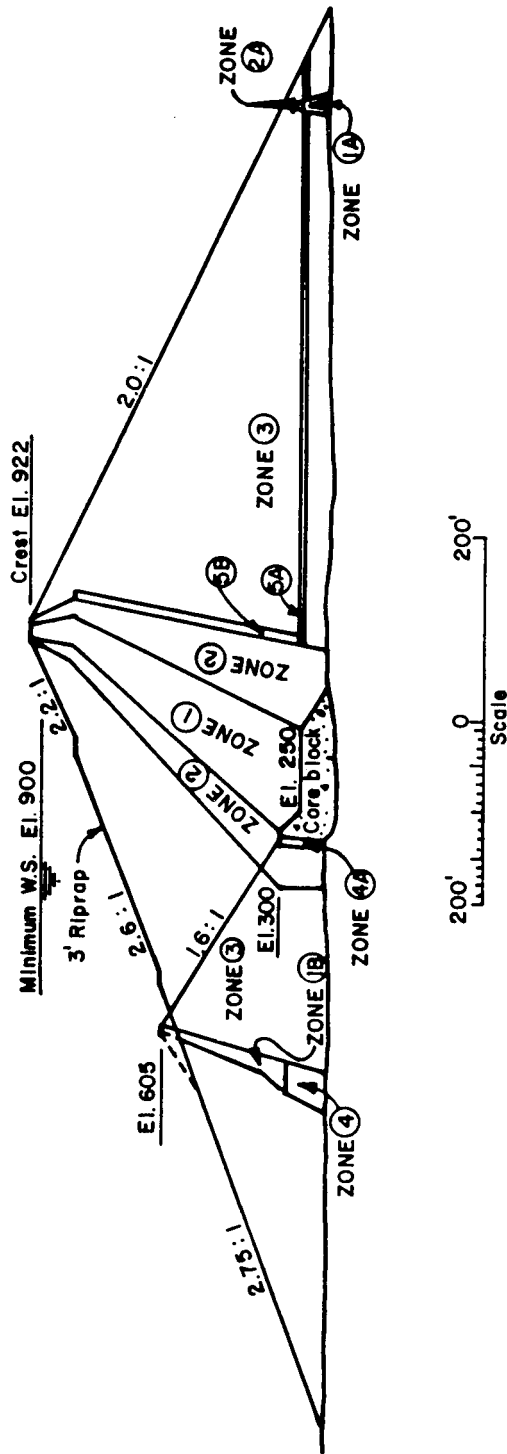


Fig. C 1

Oroville Dam - USA

- | | |
|---|--|
| (1) Noyau imperméable. | (1) Impervious core. |
| (1 A) Écran imperméable. | (1 A) Impervious seepage measurement barrier. |
| (1 B) Noyau au-dessus de 290. | (1 B) Impervious upstream core above El. 290. |
| (2) Transition. | (2) Transition. |
| (2 A) Écran de mesures de fuites. | (2 A) Transition seepage measurement barrier. |
| (3) Recharge perméable. | (3) Pervious shell. |
| (4) Noyau au-dessous de 290. | (4) Impervious upstream core below El. 290. |
| (4 A) Imperméable à l'amont du blocage. | (4 A) Impervious at upstream face of core block parapet. |
| (5 A) Drain. | (5 A) Drain. |
| (5 B) Drain. | (5 B) Drain. |

TABLEAU C 1 / TABLE C 1
Oroville Dam - USA

Fréquence minimale des essais sur le site (yd³/essai)
Minimum required frequency of construction testing (yd³/test)

Zone	Volume <i>Volume</i> (yd ³)	Granulo- métrie <i>Gradation</i> <i>Analysis</i>	Limites Atterberg <i>Atterberg</i> <i>Limits</i>	Teneur en eau <i>Water</i> <i>Content</i>	Masse spécif. <i>Specific</i> <i>Gravity</i>	Compactage <i>Compaction</i>	Densité en place <i>In-Place</i> <i>Density</i>	Perméabilité <i>Permeability</i>	Cisaillement <i>Shear Strength</i>
1	8 649 000	4 000	4 000	4 000	—	4 000	4 000	150 000	—
1 A et 1 B	536 500	4 000	4 000	4 000	—	4 000	4 000	150 000	—
2 et 2 A	9 499 000	C	—	B	—	50 000	50 000	1 000 000	—
3	60 300 000	C	—	D	—	100 000	100 000	—	—
4 et 4 A	202 000	4 000	4 000	4 000	—	4 000	4 000	150 000	—
5	1 325 000	50 000	—	50 000	—	50 000	50 000	—	—

A - Toutes les 8 heures.
B - Toutes les 12 heures.
C - Toutes les 24 heures.
D - Suivant besoins.

A - Each 8 hours.
B - Each 12 hours.
C - Each 24 hours.
D - As needed.

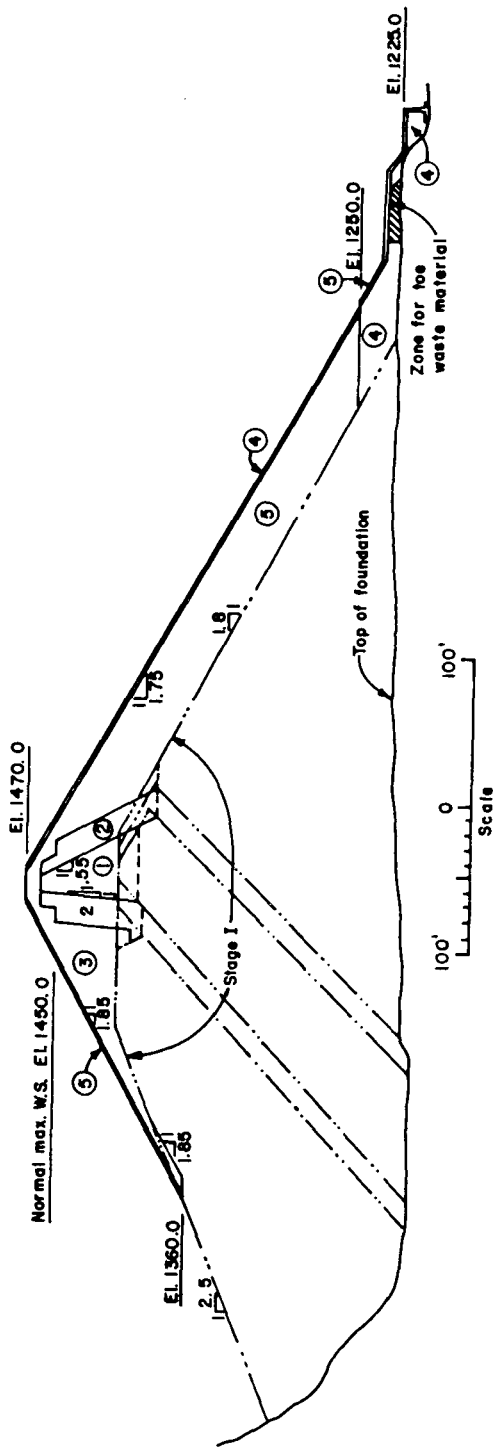


Fig. C 2

Sultan River Project - Culmback Dam - USA

- | | |
|------------------------------|----------------------|
| (1) Noyau imperméable. | (1) Impervious core. |
| (2) Filtre. | (2) Fine filter. |
| (3) Remblai d'alluvions. | (3) Gravel fill. |
| (4) Alluvions sélectionnées. | (4) Select gravel. |
| (5) Rip-rap. | (5) Wave protection. |

TABLEAU C 2/TABLE C 2
Sultan River Projet - Culmback Dam - USA

Fréquence minimale des essais sur le site (yd³/essai)
Minimum required frequency of construction testing (yd³/test)

Zone	Volume <i>Volume</i> (yd ³)	Granulo- métrie <i>Gradation</i> <i>Analysis</i>	Limites Atterberg <i>Atterberg</i> <i>Limits</i>	Teneur en eau <i>Water</i> <i>Content</i>	Masse spécif. <i>Specific</i> <i>Gravity</i>	Compactage <i>Compaction</i>	Densité en place <i>In-Place</i> <i>Density</i>	Perméabilité <i>Permeability</i>	Cisaillement <i>Shear Strength</i>
1	27 000	1 800	—	500	—	1 000	1 000	6 750	13 500
2	36 000	1 400	—	—	—	1 400	1 400	18 000	18 000
3	130 000	5 200	—	—	—	7 200	7 200	65 000	65 000
4	50 000	12 500	—	—	—	—	—	—	—
5	25 000	12 500	—	—	—	—	—	—	—

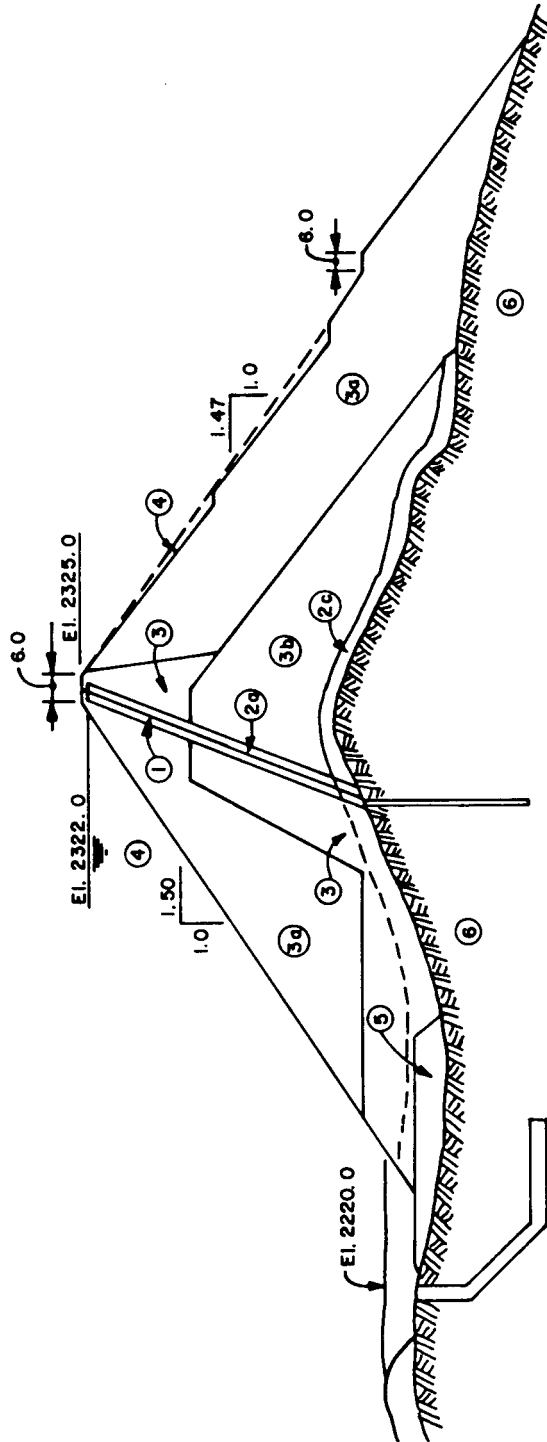


Fig. C 3

Finstertal Dam - A

- | | |
|---|--|
| (1) Noyau (béton bitumineux). | (1) Core (asphaltic concrete). |
| (2 a) Transition (moraine). | (2 a) Transition zone (moraine). |
| (2 b) Transition (matériau de carrière). | (2 b) Transition zone (quarry material). |
| (2 c) Drainage (matériau de carrière). | (2 c) Drainage layer (quarry material). |
| (3) Remblai amont (matériau de carrière). | (3) Upstream shoulder (quarry material). |
| (3 a) Remblai aval (moraine). | (3 a) Downstream shoulder (moraine). |
| (4) Riprap (matériau de carrière). | (4) Riprap (quarry material). |
| (5) Sédiments (moraine). | (5) Sedimentation (moraine). |
| (6) Fondation (gneiss schistoseux). | (6) Foundation, rock (gneiss schistose). |

TABLEAU C 3/TABLE C 3
Finstertal Dam - Austria

Fréquence minimale des essais sur le site (m³/essai)
Minimum required frequency of construction testing (m³/test)

Zone	Volume <i>Volume</i> (m ³)	Granulo- métrie <i>Gradation</i> <i>Analysis</i>	Limites Atterberg <i>Atterberg</i> <i>Limits</i>	Teneur en eau <i>Water</i> <i>Content</i>	Masse spécif. <i>Specific</i> <i>Gravity</i>	Compactage <i>Compaction</i>	Densité en place <i>In-Place</i> <i>Density</i>	Perméabilité Lab. <i>Permeability</i> <i>Lab.</i>	Perméabilité En place <i>Permeability</i> <i>In Situ</i>	Cisaillement <i>Shear Strength</i>
2 a	106 000	3 000	10 000	10 000	10 000	10 000	6 000	10 000	3 000	A
2 b	71 000	2 000	—	7 000	7 000	7 000	6 000	7 000	6 000	A
2 c	97 000	20 000	—	—	20 000	—	—	—	3 tests	A
3	630 000	60 000	—	—	20 000	—	B	—	3 tests	A
3 a	2 790 000	100 000	—	—	200 000	—	B	—	3 tests	A
3 b	626 000	100 000	50 000	50 000	100 000	100 000	B	100 000	100 000	2 A
5	—	8 tests	12 tests	12 tests	6 tests	6 tests	4 tests	6 tests	—	2 A

A - 1 essai par saison, toutes zones.
B - 2 essais par saison de construction.
2 A - 2 essais par saison, toutes zones.

A - 1 test per season all zones.
B - 2 tests per construction season (big-filling test).
2 A - 2 tests per season all zones.

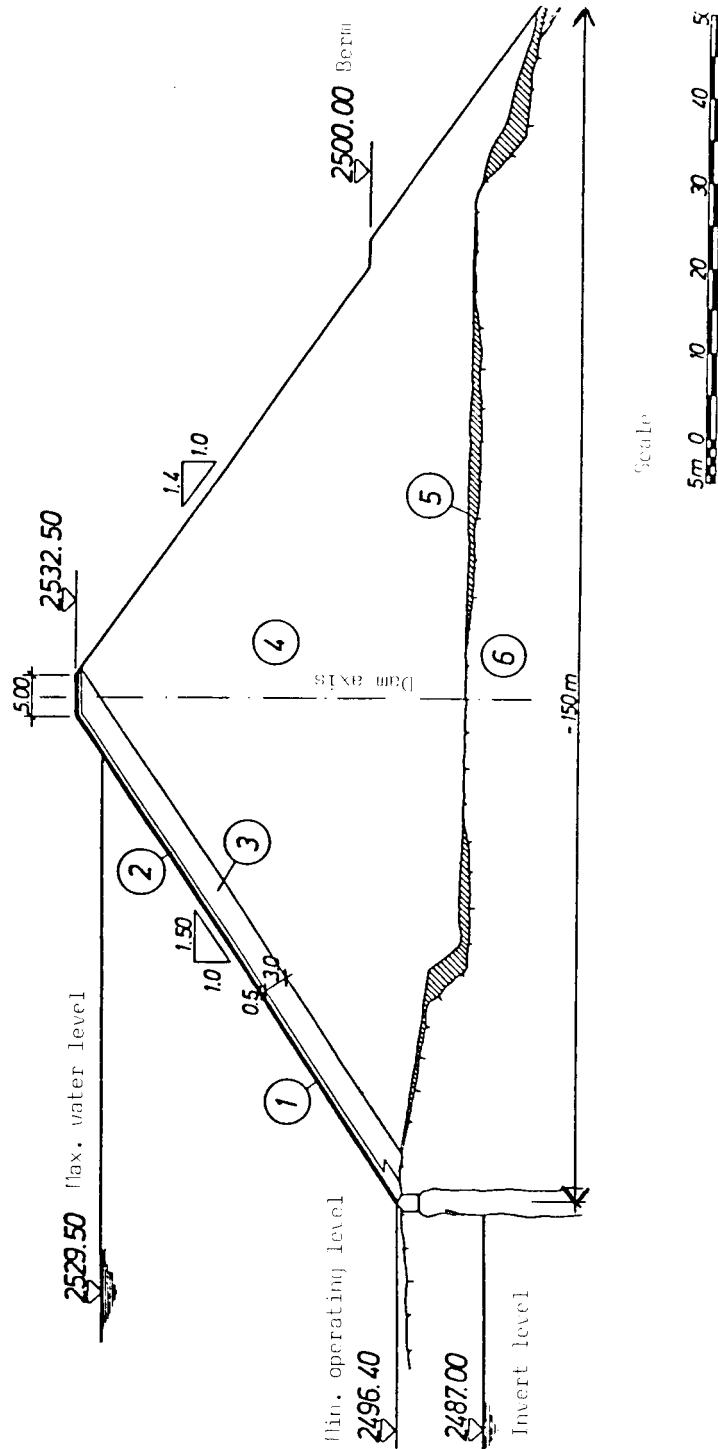


Fig. C 4

Zirrmsee Dam - Austria

- | | |
|---|---|
| (1) Masque en béton bitumineux. | (1) Bituminous concrete sealing. |
| (2) Filtre Ø 0-100 mm. | (2) Filter Ø 0-100 mm. |
| (3) Matériaux de carrière Ø 0-500 mm. | (3) Quarry material Ø 0-500 mm. |
| (4) Corps du barrage (entrochement Ø 0-1 000 mm). | (4) Dambody (Quarry material Ø 0-1 000 mm). |
| (5) Mort terrain. | (5) Overburden. |
| (6) Bedrock. | (6) Bedrock. |

TABLEAU C 4/TABLE C 4
Zirzee Dam - Austria

Fréquence minimale des essais sur le site (m³/essai)
Minimum required frequency of construction testing (m³/test)

Zone	Volume <i>Volume (m³)</i>	Granulo- métrie <i>Gradation Analysis</i>	Limites Atterberg <i>Atterberg Limits</i>	Teneur en eau <i>Water Content</i>	Masse spécif. <i>Specific Gravity</i>	Compactage <i>Compaction</i>	Densité en place <i>In-Place Density</i>	Perméabilité Lab. <i>Permeability Lab.</i>	Perméabilité En place <i>Permeability In Situ</i>	Cisaillement <i>Shear Strength</i>
2	10 000	1 000					4 000 (A)			
3	44 000	10 000					275 000 (B)			
4	550 000	40 000								
<p>A - Essai de chargement à la plaque. B - Essai de remplissage en grand.</p> <p><i>A - Plate-loading test. B - Big-filling test.</i></p>										

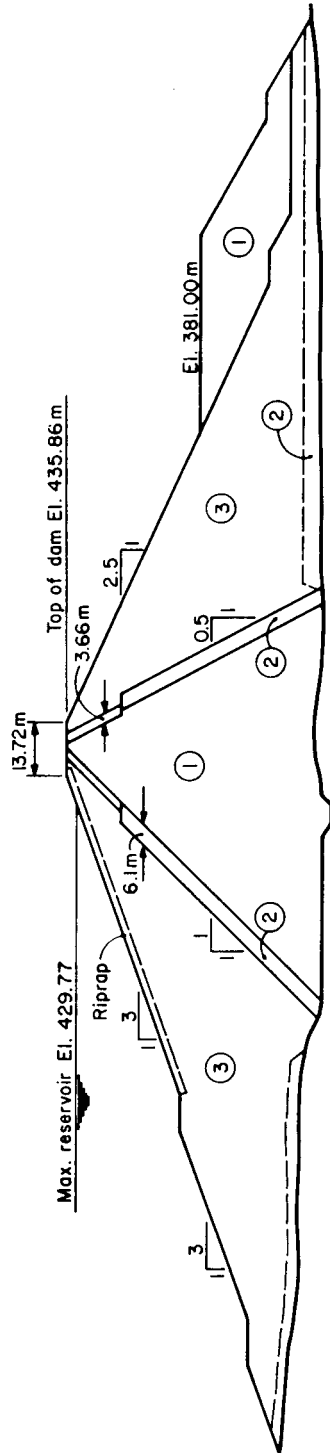


Fig. C 5
Beas Dam - India

- | | |
|--|----------------------------------|
| (1) Noyau imperméable. | (1) Impervious core. |
| (2) Filtre. | (2) Filter zone. |
| (3) Recharge perméable. | (3) Pervious shell. |
| (4) Recharge de pied (matériaux de rebut). | (4) Toe weight (waste material). |

TABLEAU C 5/TABLE C 5
Beas Dam - India

Fréquence minimale des essais sur le site (m³/essai)
Minimum required frequency of construction testing (m³/test)

Zone	Volume <i>Volume</i> (m ³)	Granulo- métrie <i>Gradation</i> <i>Analysis</i>	Limites Atterberg <i>Atterberg</i> <i>Limits</i>	Teneur en eau <i>Water</i> <i>Content</i>	Masse spécif. <i>Specific</i> <i>Gravity</i>	Compactage <i>Compaction</i>	Densité en place <i>In-Place</i> <i>Density</i>	Perméabilité Lab. En place <i>Permeability</i> <i>Lab. In Situ</i>	Cisaillement <i>Shear Strength</i>
Impervious Core Filter Zone Pervious Shell	11 500 000 1 670 000 22 400 000	56 000 — —	56 000 — —	1 150 — —	56 000 — —	5 750 000 — —	1 150 6 000 15 000	— A B	56 000 — C
<p>A - Occasionnellement. B - Quelques essais. C - Très peu.</p> <p>A - Occasionally. B - A number of tests. C - A few.</p>									

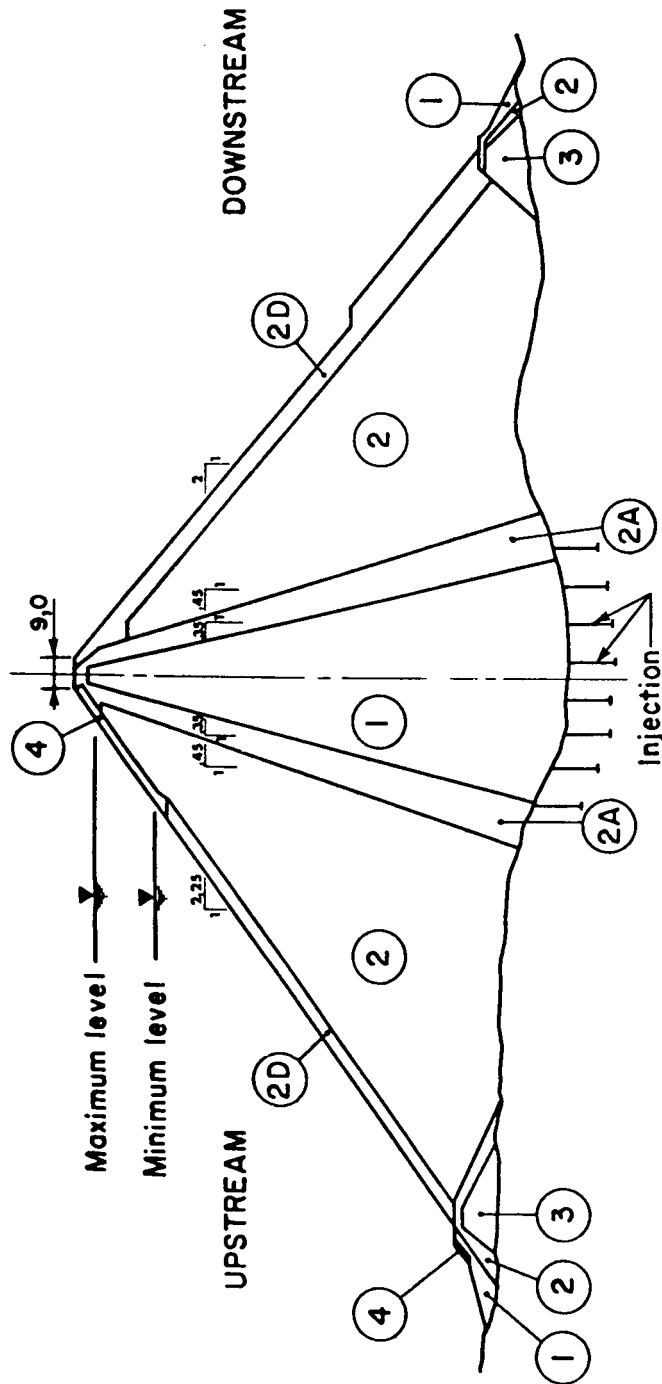


Fig. C 6

QA-8 DYKE

La Grande Complex - Canada

- (1) Noyau (moraine).
- (2) Remblai (éléments roulés).
- (2 A) Filtre (sable et gravier).
- (2 D) Protection (éléments grossiers).
- (3) Batardeau (enrochement).
- (4) Rip-rap (enrochement).

- (1) Core (moraine).
- (2) Shell (pit run granular).
- (2 A) Filter zone (sand and gravel).
- (2 D) Shell protection (coarse granular).
- (3) Cofferdam (quarry material).
- (4) Riprap (quarry material).

TABLEAU C 6 / TABLE C 6
QA-8 Dyke (La Grande Complex) - Canada

Fréquence minimale des essais sur le site (m³/essai)
Minimum required frequency of construction testing (m³/test)

Zone	Volume <i>Volume (m³)</i>	Granulo- métrie <i>Gradation Analysis</i>	Limites Atterberg <i>Atterberg Limits</i>	Teneur en eau <i>Water Content</i>	Masse specif. <i>Specific Gravity</i>	Compactage <i>Compaction</i>	Densité en place <i>In-Place Density</i>	Perméabilité Lab. En place <i>Permeability Lab. In Situ</i>	Cisaillement <i>Shear Strength</i>
1	1 900 000	4 000	if required	1 000	80 000	4 000	4 000	A	800 000
2	5 600 000	4 000	—	—	80 000	10 000	5 000	—	—
2 a	1 300 000	4 000	—	—	80 000	8 000	4 000	—	—
2 d	1 100 000	16 000	—	—	80 000	10 000	A	—	—
3	50 000	B	—	—	—	—	—	—	—
4	140 000	B	—	—	—	—	—	—	—

A - 2 essais par saison de construction.

B - Estimation visuelle de la taille des enrochements.

A - 2 tests per construction season.

B - Visual estimation of rock fragment size.

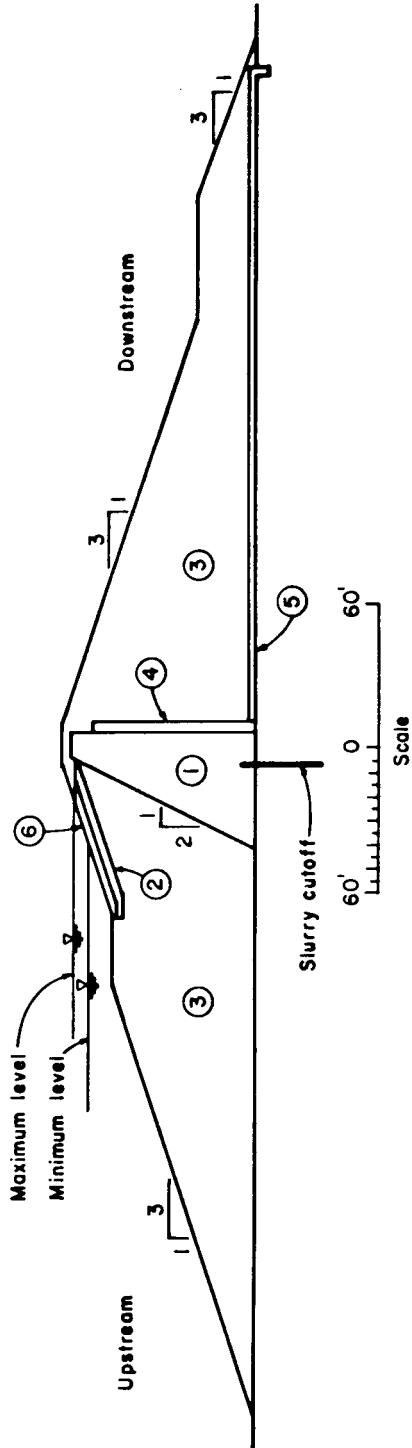


Fig. C 7

Brandy Branch Dam - USA

- | | |
|--|---|
| <p>(1) Noyau (argile à haute plasticité PL > 12, LL > 30).</p> <p>(2) Protection du remblai (argile sableuse ou sable argileux PL 8-1).</p> <p>(3) Remblai (argile, argile sableux, silt).</p> <p>(4) Filtre (sable à béton).</p> <p>(5) Filtre en doigts (agrégats grossiers enveloppés dans un tissu perméable).</p> <p>(6) Protection de la berge (sol ciment).</p> | <p>(1) Coze (moderate to high plasticity clays; PL > 12, LL > 30 > 40% passing No. 200 sieve).</p> <p>(2) Shell protection (sandy clay and clayey sand; PL 8 to 15).</p> <p>(3) Shell (random clay, sandy clay, silty clay).</p> <p>(4) Filter (concrete sand (ASTM C 33)).</p> <p>(5) Finger drain (No. 67 coarse aggregate (ASTM C 33) wrapped in filter fabric).</p> <p>(6) Slope protection (soil cement).</p> |
|--|---|

TABLEAU C 7/TABLE C 7
Brandy Branch Dam - USA

Fréquence minimale des essais sur le site (yd³/essai)
Minimum required frequency of construction testing (yd³/test)

Zone	Volume <i>Volume</i> (yd ³)	Granulo- métrie <i>Gradation</i> <i>Analysis</i>	Limites Atterberg <i>Atterberg</i> <i>Limits</i>	Teneur en eau <i>Water</i> <i>Content</i>	Masse spécif. <i>Specific</i> <i>Gravity</i>	Compactage <i>Compaction</i>	Densité en place <i>In-Place</i> <i>Density</i>	Perméabilité <i>Permeability</i>	Cisaillement <i>Shear Strength</i>
1	250 000	—	4 000	4 000	—	4 000	4 000	—	—
2	20 000	—	4 000	4 000	—	4 000	4 000	—	—
3	1 000 000	—	4 000	4 000	—	4 000	4 000	—	—
4	22 000	1 500	—	—	—	4 500 (a)	1 500	—	—
5	7 000	500	—	—	—	—	—	—	—
6	18 000	—	—	—	—	—	500	—	—

a- Minimum et maximum de densité.

a - Minimum-Maximum density.

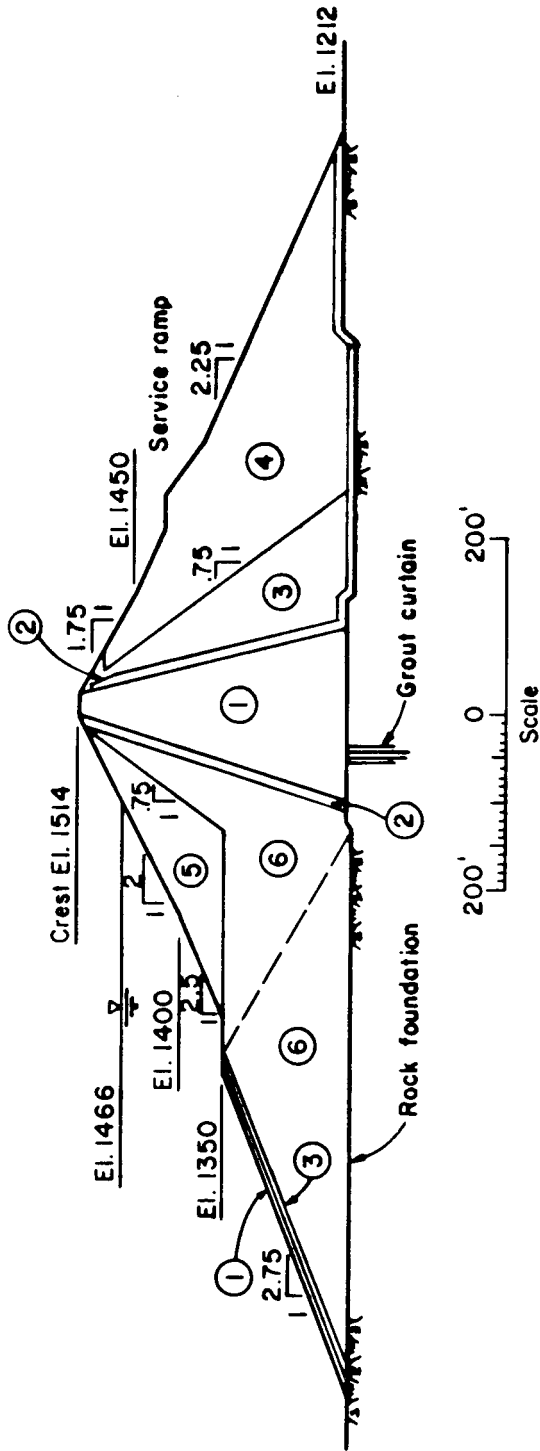


Fig. C 8
Bloomington Dam - USA

- | | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| (1) Remblai imperméable. | (1) Impervious fill |
| (2) Sable et graviers traités. | (2) Processed sand and gravel. |
| (3) Entrochement 75 mm. | (3) Minus 3 inch rock fill. |
| (4) Entrochement choisi, non traité. | (4) Unprocessed select rock fill. |
| (5) Entrochement choisi | (5) Select rock fill. |
| (6) Entrochement en vrac. | (6) Unprocessed random rock fill. |

TABLEAU C 8/TABLE C 8
Bloomington Dam - USA

Fréquence minimale des essais sur le site (yd³/essai)
Minimum required frequency of construction testing (yd³/test)

Zone	Volume <i>Volume</i> (yd ³)	Granulo- métrie <i>Gradation</i> <i>Analysis</i>	Limites Atterberg <i>Atterberg</i> <i>Limits</i>	Teneur en eau <i>Water</i> <i>Content</i>	Masse spécif. <i>Specific</i> <i>Gravity</i>	Compactage <i>Compaction</i>	Densité en place <i>In-Place</i> <i>Density</i>	Perméabilité <i>Permeability</i>	Cisaillement <i>Shear Strength</i>
1	1 750 000	5 000	5 000	5 000	5 000	90 000	5 000	—	15 tests
2	444 000	4 000	—	—	4 000	80 000	5 000	—	—
3	1 253 000	5 000	—	5 000	—	100 000	5 000	—	—
4	3 010 000	100 000	—	—	—	—	100 000	—	—
5	924 000	9 000	—	—	—	—	50 000	—	—
6	2 795 000	100 000	—	—	—	10 tests	100 000	—	—

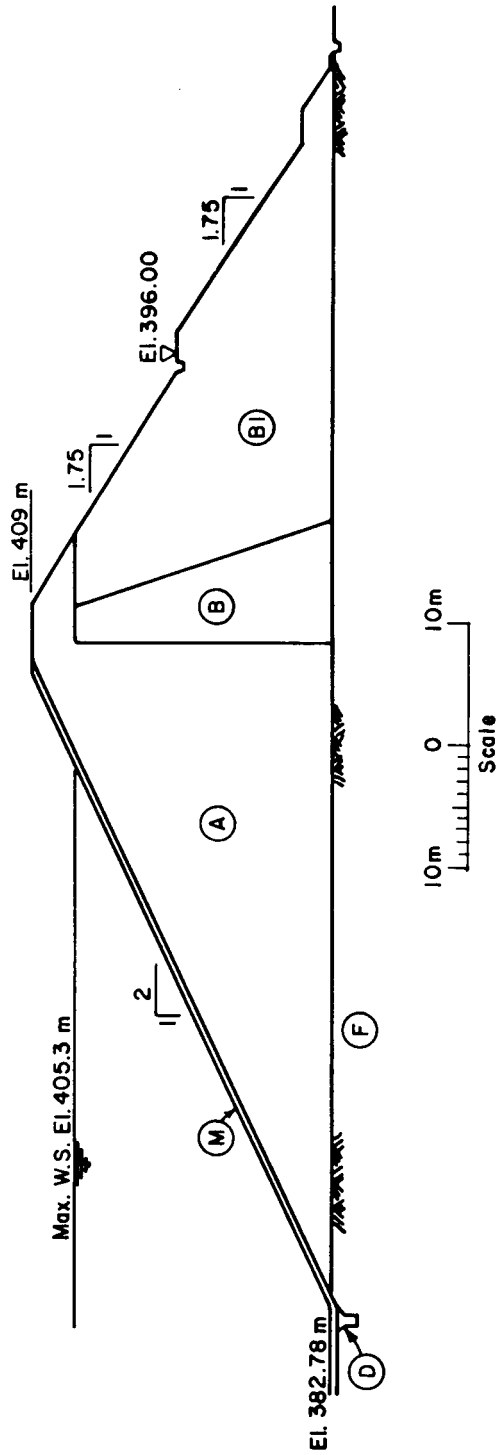


Fig. C 9
 Anapo Pumped-Storage plant
 Upper Reservoir - Italy

- | | | | |
|-------|--|-------|---|
| (A) | Remblai amont (calcarénite des fouilles). | (A) | Upstream shell (calcarenite from site excavation). |
| (B) | Zone de transition (enrochement calcaire). | (B) | Transition zone (quarried sound limestone). |
| (B 1) | Remblai aval (enrochement calcaire). | (B 1) | Downstream shell (quarried sound limestone). |
| (F) | Rocher de fondation (calcarénite). | (F) | Foundation rock (calcarenite). |
| (D) | Drain (gravier). | (D) | Drain (gravel). |
| (M) | Étanchéité (multicouche bitumineux). | (M) | Watertight lining (bituminous multiple layer system). |

TABLEAU C 9/TABLE C 9
Anapo pumped - storage plant
upper reservoir - Italy

Fréquence minimale des essais sur le site (m³/essai)
Minimum required frequency of construction testing (m³/test)

Zone	Volume	Granulo- métrie	Limites Atterberg	Teneur en eau	Masse spécif.	Compaction	Densité en place	Perméabilité Lab.	Cisaillement
Zone	Volume (m ³)	Gradation Analysis	Atterberg Limits	Water Content	Specific Gravity	Compaction (In Situ)	In-Place Density	Permeability Lab.	Shear Strength
A	900 000	10 000	—	—	—	10 000	—	30 000	—
B	200 000	5 000	—	—	—	5 000	15 000	10 000 (b) 40 000 (a)	—
B 1	700 000	15 000	—	—	—	15 000	45 000	30 000 (b) 100 000 (a)	—

(a) Permeamètre Ø 1 500 mm.
(b) Permeamètre Ø 600 mm.

(a) Permeameter diameter = 1 500 mm.
(b) Permeameter diameter = 600 mm.

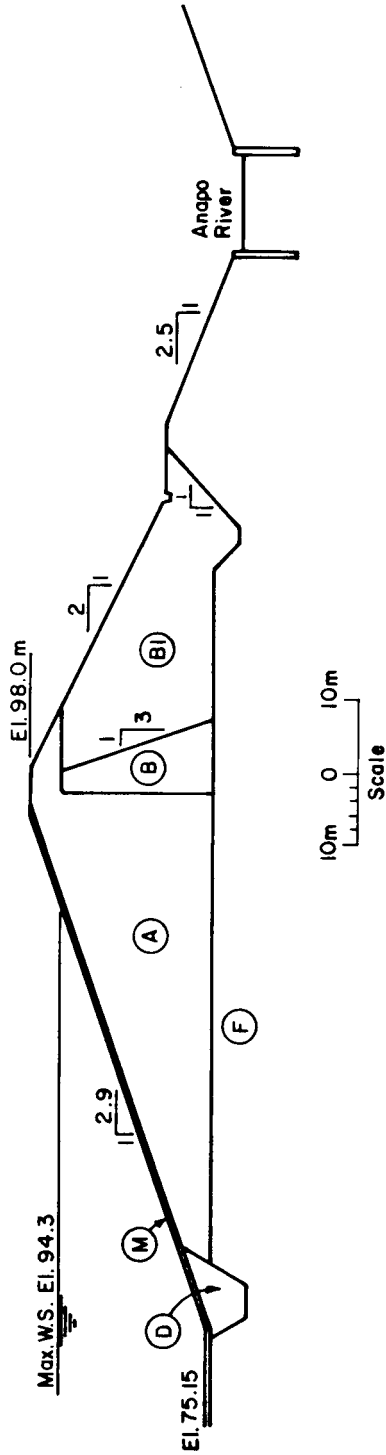


Fig. C 10

Anapo Pumped - Storage Plant
Lower Réservoir - Italy

- | | | | |
|-------|--|-------|--|
| (A) | Remblai amont (alluvions des fouilles). | (A) | Upstream shell (alluvial material from site excavation). |
| (B) | Zone de transition (enrochement calcaire). | (B) | Transition zone (quarried sound limestone). |
| (B 1) | Remblai aval (enrochement de basalte). | (B 1) | Downstream shell (quarried basalt). |
| (F) | Sol de fondation (alluvions). | (F) | Foundation rock (alluvial soil). |
| (D) | Drain (gravier). | (D) | Drain (gravel). |
| (M) | Étanchéité (multicouche bitumineux). | (M) | Watertight lining (bituminous multiple layer system). |

TABLEAU C 10/TABLE C 10
Anapo Pumped - Storage Plant
Lower Reservoir - Italy

Fréquence minimale des essais sur le site (m³/essai)
Minimum required frequency of construction site (m³/test)

Zone	Volume <i>Volume (m³)</i>	Granulo- métrie <i>Gradation Analysis</i>	Limites Atterberg <i>Atterberg Limits</i>	Teneur en eau <i>Water Content</i>	Masse spécif. <i>Specific Gravity</i>	Compactage <i>Compaction (In Situ)</i>	Densité en place <i>In-Place Density</i>	Perméabilité Lab. <i>Permeability Lab.</i>	Perméabilité En place <i>Permeability In Situ</i>	Cisaillement <i>Shear Strength</i>
A	1 400 000	10 000	—	—	—	10 000	—	30 000	—	—
B	200 000	5 000	—	—	—	5 000	15 000	10 000 (b) 40 000 (a)	—	—
B 1	700 000	15 000	—	—	—	15 000	45 000	30 000 (b) 100 000 (a)	—	—

a - Perméamètre Ø 1 500 mm.
b - Perméamètre Ø 600 mm.

a - Permeameter Ø 1 500 mm.
b - Permeameter Ø 600 mm.

Imprimerie de Montlignon
61400 La Chapelle Montlignon
Dépôt légal : avril 1986
N° 12849
ISSN 0534-8293
Couverture : TILT

Copyright © ICOLD - CIGB

Archives informatisées en ligne



Computerized Archives on line

*The General Secretary / Le Secrétaire Général :
André Bergeret - 2004*



**International Commission on Large Dams
Commission Internationale des Grands Barrages
151 Bd Haussmann -PARIS -75008**
<http://www.icold-cigb.net> ; <http://www.icold-cigb.org>