

Energie- und Umwelttechnik

Energy & Environmental Technology

Talsperrensicherheit in Indonesien

Indonesien mit mehr als 13'000 Inseln ist der grösste Archipel der Welt. Er erstreckt sich über mehr als 5'000 km von Osten nach Westen und bedeckt eine Fläche von rund 3'000'000 km². Die Wasserreserven spielen eine wichtige Rolle für die Wirtschaft des Landes und die Zahl der hohen Dämme des öffentlichen und privaten Sektors übersteigt heute 200. Rund zwei Drittel davon wurden nach 1970 erstellt. Bis in die 90-er Jahre existierte jedoch kein verbindliches System für die Überwachung dieser Bauwerke. Der Zustand eines Staudammes wurde erst dann näher untersucht, wenn ein grösseres Problem auftrat oder mangelnder Unterhalt und Überwachung ganz offensichtlich die Sicherheit ernsthaft beeinträchtigten.



Bild 1: Der Delingan Damm vor der Sanierung
Picture 1: Delingan Dam before rehabilitation

Die Indonesische Regierung war sich der dringenden Notwendigkeit einer Verbesserung der Talsperrensicherheit bewusst und begann 1993 ein Projekt für Talsperrensicherheit vorzubereiten. Die Verhandlungen der Regierung mit der Weltbank für die Finanzierung wurden im Juni 1994 abgeschlossen. In der Folge erteilte die Indonesische Regierung im Mai 1995 der Colenco Power Engineering AG zusammen mit vier Indonesischen Partnern den Auftrag für die technische Unterstützung des Projektes mit den folgenden Hauptzielen:

- Aufbau einer Dammsicherheitsorganisation, die später das Amt für Talsperrensicherheit für alle Dämme in Indonesien wird.
- Straffung und Ausbildung der amtlichen Instanzen, die mit der Talsperrensicherheit beauftragt sind.
- Ausarbeitung eines Talsperrenreglements, das für alle betroffenen Dämme des öffentlichen und privaten Sektors gültig ist.

Dam Safety Project Indonesia

Indonesia with more than 13'000 islands is the world's largest archipelago. It extends from east to west over more than 5'000 km and covers an area of about 3'000'000 km². The water resources play an important role in the country's economy and the number of large dams operated by the public and private sector may exceed 200 at this date. About two-thirds of them were constructed after 1970. However, there was until the 1990's no formal system of surveillance of these structures. Evaluation of safety of dams was carried out essentially on an ad hoc basis where potential problems became evident and there were serious concerns over the safety of dams due to inadequate maintenance and lack of monitoring or routine inspections.



Bild 2: Der Delingan Damm nach der Sanierung
Picture 2: Delingan Dam after rehabilitation

The Government of Indonesia was aware of the urgent need for improvement of Dam Safety and started detailed preparation for a Dam Safety Project in 1993. The negotiations for the financing of the Project between the Government and the World Bank were finalized in June 1994. Subsequently, the Indonesian Government awarded a contract for technical assistance and institutional strengthening and training to Colenco Power Engineering Ltd., in association with four Indonesian partners, in May 1995, with the following primary objectives:

- Establish a Dam Safety Organization that shall eventually become the proper entity for Dam Safety issues for all dams in Indonesia.
- Assist in the institutional strengthening and training of the government bodies involved in dam safety issues.
- Develop a sustainable dam safety regulation applicable to all concerned dams of the public and private sector.

- Überwachung der Planung und Ausführung dringender Sanierungsarbeiten an Talsperren und Nebenbauten, um weiteren Schäden und einem allfälligen Versagen vorzubeugen.
- Aufbau eines verlässlichen Informationssystems für die Registrierung und Klassifizierung aller Talsperren in Indonesien.

Es war eine der Hauptaufgaben von Colenco & Associates, die Behörden beim Aufbau der notwendigen Stellen, Organigramme, Qualitätssicherungspläne und Stellenbeschreibungen aktiv zu unterstützen. Es wurden grundlegende Richtlinien für die Bereiche Inspektion, Planung, Offert- und Auftragswesen, Bauausführung und Bauleitung sowie Betrieb und Unterhalt von Talsperren und Nebenbauten erstellt. Weiter wurden einige Anlagen mit minimal erforderlichen Betriebseinrichtungen ausgerüstet und Hochwasserstudien für zahlreiche Einzugs- und Bewässerungsgebiete erarbeitet.

Das Ministerium für öffentliche Bauten erliess 1993 und 1997 Verordnungen über Talsperrensicherheit, die für den öffentlichen und den privaten Sektor gelten. Sie definieren die Schaffung einer Talsperrenorganisation bestehend aus einer Talsperrensicherheitskommission und eines Talsperrenaufsichtsamtes und regeln die Verantwortlichkeiten der Talsperrenbesitzer.

Die Kommission für Talsperrensicherheit wurde als unabhängiges Organ innerhalb des Ministeriums für öffentliche Bauten etabliert, losgelöst von jenen Ministerien, die für Planung, Bau und Betrieb von Talsperren direkt zuständig sind. Sie ist verantwortlich für alle Belange der Talsperrensicherheit und direkt dem Minister für öffentliche Bauten unterstellt.

Das Talsperrenaufsichtsamt ist die Exekutive der Talsperrenkommission. Es spielt eine Schlüsselrolle in Fragen der Talsperrensicherheit innerhalb der Organisation und ist die Stelle, die abzuklären hat, ob ein Damm im aktuellen Zustand sicher ist.

Die Talsperreneigentümer sind verantwortlich, dass Betrieb und Unterhalt der Dämme und Nebenbauten klar organisierte Aktivitäten sind. Sie müssen für reguläre Inspektionen sorgen, Messdaten sammeln und auswerten und die Folgerungen schriftlich an das Talsperrenaufsichtsamt übermitteln. Im Falle der staatseigenen Talsperren nehmen Talsperrenüberwachungsteams diese Aufgaben wahr, während private Eigentümer geeignete Vorkehrungen treffen müssen, um den Anforderungen des Talsperrenreglements zu genügen.

Auf Grund erster Inspektionen wurde entschieden, rund 90 Talsperren im Rahmen des Projektes zu sanieren.

- Supervise design and execution of rehabilitation works on dams and other facilities found to be necessary to prevent further deterioration that could lead to failures.
- Establish a sustainable management information system for the inventory and classification of all dams in Indonesia.

It was one of the main tasks of the Technical Assistance Consultants "Colenco & Associates" to assist actively in establishing the required organizational bodies, the corresponding organization charts, quality assurance plans and job descriptions. Various basic guidelines covering the areas of inspection, design, tendering, construction and supervision as well as operation and maintenance of dams and their appurtenant structures have been produced. Further, a selected number of dams have been equipped with basic facilities and flood studies were performed for various catchment and irrigation areas.



Bild 3: Delingan Hochwasserentlastung vor der Sanierung
Picture 3: Delingan Spillway before rehabilitation

The Ministry of Public Works issued decrees on Dam Safety in 1993 and 1997 which apply to dam owners of the public and the private sector. They define the establishment of a Dam Safety Organization consisting of a Dam Safety Commission and a Dam Safety Unit and stipulate the responsibilities of the dam owners.

The Dam Safety Commission was established as an independent functional organization within the Ministry of Public Works, separate from those Ministries with direct responsibility for design, construction and operation of the dams. It is responsible for supervising all matters related to the safety of dams and reports directly to the Minister of Public Works.

The Dam Safety Unit is the executive body of the Dam Safety Commission. It plays a key role in the field of dam safety aspects within the Dam Safety Organization

Die Inspektionen zeigten, dass viele von ihnen wegen Alterung, Sickerungen, Erdbeben­­tätigkeit, Setzungen sowie an innerer und äusserer Erosion gelitten hatten. Weiter mangelten viele an geeigneten Zufahrtsstrassen, Instrumentierung sowie Transport- und Kommunikationsmitteln für das Überwachungspersonal. Ungeeignete Konstruktionen, Vernachlässigung des Unterhalts und unvernünftiger Betrieb waren andere wichtige Ursachen für Schäden. Bei älteren Sperrern war es oft schwierig, die wahren Gründe für Schäden anzugeben, vor allem dann, wenn Ausführungspläne und Daten über das Verhalten einer Talsperre fehlten. Es war auch schwierig, das Risikopotential dieser Sperrern anzugeben, obwohl sie während ihrer Betriebszeit mehrere Zyklen von Füllen und Leeren erfolgreich überstanden hatten.

Die Sanierungen bestanden vorwiegend darin, Überwachungseinrichtungen zu verbessern, zum Beispiel die Instrumentierung zu ersetzen oder zu ergänzen sowie in Massnahmen für die Reparatur und Verbesserung von Sperrern, der Hochwasserentlastungen und anderen Nebenbauten im Interesse der Sicherheit. In einigen Fällen wurden neue Brücken gebaut, um Verkehr und Vandalismus auf Dammkronen zu verhindern. Die Planung der Sanierungen erfolgte durch lokale Ingenieurfirmen und wurde durch Colenco & Associates vor der Baufreigabe geprüft. Weiter beriet Colenco & Associates die lokalen Bauleitungen in der Überwachung der Arbeiten.



Bild 4: Delingan Hochwasserentlastung nach der Sanierung
Picture 4: Delingan Spillway after rehabilitation

Delingan und Lalung sind zwei Sperrern in Zentraljava, die Teil des Rehabilitationsprogramms waren. Der Delingan Damm ist rund 23 m hoch und 800 m lang. Die Dammkrone ist 4.50 m breit. Er wurde von den Holländern zwischen 1920 und 1923 für Bewässerungszwecke gebaut. Er ist ein Erddamm mit einer Dichtungszone

and is the entity which has to state if a dam is safe under actual conditions.

The dam owners are responsible that operation and maintenance of dams and their appurtenant structures are properly organised activities and they must arrange for regular inspections, collect and evaluate the monitoring data and forward the findings in written form to the Dam Safety Unit. In the case of state owned dams, the Dam Monitoring Units assume these tasks, whilst private owners must likewise make provision for adequate monitoring in order to comply with the requirements of the Ministerial Regulation.

On grounds of initial inspections it was decided to rehabilitate approximately 90 dams during the course of the project. The inspections showed that many of them had suffered from ageing, seepage, seismic activity, settlement as well as internal and superficial erosion. Further, a large number lacked of adequate access roads, instrumentation and means of transportation and communication for monitoring staff. Improper design, neglect of maintenance and unreasonable operation procedures were other important causes for defects. As far as older dams were concerned it was frequently difficult to assess the exact reasons for deterioration, particularly when as-built drawings were missing and no data on dam behaviour available. It was also difficult to predict the hazard which these dams pose, although they have gone through many critical phases due to repeated filling and draw-down of the reservoir during their operation successfully.

The rehabilitations consisted primarily in up-grading of basic dam safety facilities such as replacement or addition to existing instrumentation and in measures required to repair and upgrade dam bodies, spillways and other appurtenant structures in the interests of safety. In some cases new bridges have been constructed in order to avoid traffic and vandalism activities on the dam crests. The designs of rehabilitation works were carried out by local Consultants and reviewed by Colenco & Associates before they were released for construction. Further, Colenco & Associates assisted local consultants in supervising the construction activities. Delingan and Lalung are two dams in Central Java which were part of the rehabilitation program. The Delingan dam is about 23 m high and 800 m long. The crest of the embankment is 4.50 m wide. It has been built for irrigation water supply by the Dutch between 1920 and 1923. The dam is a zoned earth fill embankment with a sealing structure made of a mixture of clay, sand and lime. The upstream face is protected by concrete slabs whilst the downstream face is grassed and has two berms. Its toe was provided with a toe drain.

aus Lehm, Sand und Kalk. Die wasserseitige Böschung ist mit Betonplatten geschützt, während die luftseitige Böschung begrast ist und zwei Bermen hat. Am Dammfuss befinden sich eine Sickerpackung und eine Sammeldrainage.

Die Dammbetreiber berichteten, dass sich in der wasserseitigen Böschung wiederholt Sinklöcher bildeten und auf der luftseitigen Böschung durchnässte Stellen beobachtet wurden. Der Sicherheitszustand der Sperre gab Anlass zu hoher Sorge nachdem 1998 ein grösserer Rutsch erfolgte. Nach diesem Vorfall beschloss man, das Reservoir nur noch teilweise zu füllen und mit der Reparatur baldmöglichst zu beginnen. Man ging davon aus, dass Reservoirwasser entlang unbekannter Sickerwege einen Weg über die Dichtungszone des Dammes fand, und dass die angrenzende Steindrainage und der horizontale Drainagetepich teilweise verstopft waren. Auf Grund von Sondierresultaten schloss man zudem, dass alle Teile des Dammes Mängel aufwiesen. Die Sanierung bestand darin, Teile des Dammes und die vermutlich fehlerhaften internen Filter und Drainagen zu ersetzen. Der luftseitige Stützkörper wurde teilweise abgetragen, und für die Neuschüttung wurden bewährte Filterkriterien angewendet. Weiter wurde die bestehende Hochwasserentlastung umgebaut und ihre Kapazität erhöht. Auch die Fussdrainage wurde ersetzt und die ganze Länge der luftseitigen Böschung wurde mit Y-Drainagen versehen. Defekte Betonplatten auf der wasserseitigen Böschung wurden repariert oder ersetzt und der Damm wurde neu instrumentiert.

Die Bilder 1 bis 4 zeigen die Sperre und die Hochwasserentlastung vor und nach der Sanierung.



Bild 5: Der Lalung Damm vor der Sanierung
Picture 5: Lalung Dam before rehabilitation

The dam operators were reporting that sinkholes had formed in the upstream face on several occasions and that wet areas were observed on the downstream slope of the dam. The safety status of the dam was of high concern since a major slide occurred in 1998. Following this incident it was decided to operate the reservoir up to a limited elevation only and to proceed with the rehabilitation of the dam as soon as possible. It was assumed that reservoir water could find its way along unknown seepage paths over the sealing portion of the dam, and that both the adjacent stone drain as well as the horizontal drainage blanket was partially clogged. Based on investigation results, it was further concluded that all parts of the dam had deteriorated to some extent.

The rehabilitation consisted in replacing parts of the dam and the probably defected internal filters and drains. The downstream shoulder of the area to be reconstructed was removed partially and reconstructed observing accurate filter rules. Further the existing spillway was rehabilitated and its flood handling capacity increased. The toe drain was also reconstructed over the whole length of the dam and a Y-shaped drain system installed on the downstream slope. Deteriorated upstream slope protection slabs were repaired or replaced and adequate dam instrumentation provided. Pictures 1 to 4 show the dam and the spillway before and after rehabilitation.



Bild 6: Der Lalung Damm während der Sanierung
Picture 6: Lalung Dam during rehabilitation

The Lalung dam is a homogeneous earth fill and stores water for irrigation supplies. It has been built in 1940. The dam is horse shoe shaped in plan, about 12 m high and 3'300 m long. Lalung reservoir gets its water from a small direct catchment as well as by a di-

Der Lalung Damm ist ein homogener Erddamm für Bewässerungszwecke. Er wurde 1940 gebaut. Der Damm ist im Grundriss hufeisenförmig, rund 12 Meter hoch und 3300 m lang. Das Lalungbecken erhält Wasser aus einem kleinen eigenen Einzugsgebiet sowie mittels eines Umleitkanals aus dem Delinganreservoir und hat deshalb keine Hochwasserentlastung. Der Damm hatte stark gealtert und Bild 5 zeigt seinen schlechten Zustand vor der Sanierung.

Ein grosser und zahlreiche kleinere Rutsche ereigneten sich 1998 auf der luftseitigen Böschung und bei vollem Reservoir traten hier auch Durchsickerungen auf. Weiter wurden unterhalb des Dammes Wasserlöcher beobachtet. Anfangs 1999 in der Dammfundation und nahe am wasserseitigen Böschungsfuss ausgeführte geotechnische Untersuchungen zeigten unter der Gründungssohle eine sandige Kiesschicht, die durchlässiger als das Dammmaterial war und ein bevorzugter Sickerweg darstellte. Man entschied, auf die wasserseitige Böschung einen Dichtungsteppich einzubauen und ihn bis 45 m ins Becken hinein auszudehnen.

Die Dammböschungen wurden bis auf das gesunde Material abgetragen und wieder auf das Sollprofil geschüttet. Der Dichtungsteppichtepfich wurde im Böschungsbereich mit einem Filter und Riprap geschützt. Die luftseitige Böschung wurde abgeflacht und eine neue Fussdrainage und ein Y-Drainagesystem eingebaut. Weiter wurde die hydromechanische Ausrüstung ersetzt. Bild 6 zeigt die Ausführung der Erdarbeiten im wasserseitigen Bereich.

Die Sanierungsarbeiten begannen im Mai 1999. Anfangs war angenommen worden, dass alles Material für den Dichtungsteppich dem Lalung Reservoirboden entnommen werden könne. Es mussten jedoch mehr als 20'000 m³ aus einer Abbaustelle in rund 10 km Entfernung antransportiert werden, was die Bauzeit verlängerte und die Sanierungskosten erheblich erhöhte. Trotz dieser Widerwärtigkeit konnten die Arbeiten Ende August 2000 erfolgreich abgeschlossen werden. Der Wiedereinstau begann im Laufe der Regenzeit 2000/2001 und die Talsperre verhält sich gut. Das Bild 7 zeigt den Damm nach dem Wiedereinstau im April 2001.

In vielen Ländern sind Vandalismus und andere absichtliche Zerstörungen an Talsperreneinrichtungen in den letzten Jahren ein ernstes Problem geworden. Das ist auch in Indonesien der Fall und solcher Vandalismus war häufig auf dem Wonogiri Damm in Zentraljava zu beobachten. Er liegt im Bengawan Solo Tal und staut Wasser für Stromproduktion und Bewässerung. Die Schützen der Hochwasserentlastung und Instrumente waren besondere Ziele dieser bedauerlichen Taten und gefährdeten deren Betrieb in Notfällen. Man beschloss,

version channel from Delingan reservoir and for this reason no spillway is provided. The dam had suffered from aging and Picture 5 shows its deteriorated condition before rehabilitation.

A large slide and a number of small slips formed on the downstream shoulder in 1998 and leakage was also reported in that shoulder at full reservoir level. Further waterholes have been observed downstream of the dam. Geotechnical investigations carried out in the dam foundation and in the vicinity of the upstream toe of the dam in early 1999 evidenced the presence of a sandy gravel layer below the dam foundation level which was more permeable than the dam material itself indicating a preferential seepage path. It was decided to install an impermeable blanket on the upstream dam shoulder and to extend it towards the reservoir for 45 m.



Bild 7: Der Lalung Damm nach der Sanierung
Picture 7: Lalung Dam after rehabilitation

The dam shoulders were stripped down to the sound embankment fill and the slopes reconstructed by backfilling to its designed shape. The slope portion of the upstream blanket was protected with a filter layer and riprap. The downstream shoulder was flattened and a new toe drain and a Y-drain system installed. Further, the hydromechanical equipment was replaced. Picture 6 shows the execution of the earth moving works in the upstream area.

The remedial works started in May 1999. Initially it was expected that all necessary material for the impervious blanket could be excavated from the Lalung reservoir itself. However, more than 20'000 m³ had to be taken from a borrow area with a hauling distance of 10 km about and this fact generated an extension of construction time and a substantial increase of rehabilitation cost. Despite that adversity the works were successfully concluded by end of August 2000. Refilling of the reservoir started in the course of the rainy season 2000/2001 and



Bild 8: Neue Wonogiri Brücke über den Bengawan Solo Fluss
Picture 8: New Wonogiri Bridge over the Bengawan Solo River

für die Verbindung der Talseiten unterhalb des Dammes eine neue Brücke samt Zufahrtsstrassen zu bauen, um so den öffentlichen Verkehr von der Dammkrone fernzuhalten. Die Brücke, Bild 8, wurde mit Unterstützung von Colenco & Associates durch lokale Ingenieure und Unternehmer in der Rekordzeit von sechs Monaten geplant und gebaut.

Weil Dammsicherheit in Indonesien vermehrt an Bedeutung gewonnen hat, wurde die ursprüngliche Dauer von sechs Jahren des Projekts um ein Jahr bis Ende September 2002 verlängert. Die Erkenntnisse und Nutzen aus der Projektstätigkeit sind unzählbar und werden die Basis sein für ein Folgeprojekt, das zurzeit von der Indonesischen Regierung vorbereitet wird. Weitere Stärkung und Ausbildung der involvierten öffentlichen Stellen sowie Ausbildung im Dammbau auf allen Stufen, das heisst Projektierung, Bauausführung, Bauleitung, Betrieb, Unterhalt und Überwachung von Talsperren, Bewirtschaftung der Wasserreserven sowie Durchsetzung des Talsperrenreglements werden vorrangige Ziele dieses Folgeprojektes sein. Weiter ist beabsichtigt, die Bevölkerung durch geeignete Massnahmen und Kommunikation vermehrt für die Lösung von Problemen, die sich beim Betrieb von Stauseen und Talsperren unweigerlich ergeben, beizuziehen.



Peter Lüpold Tel: +41 (0)56 483 17 55

Colenco Power Engineering Ltd
 Mellingerstrasse 207
 CH-5405 Baden
 Switzerland

it is reported that the facility performs well. Picture 7 shows the dam after refilling of the reservoir in April 2001.

In many countries vandalism and other intentionally performed destruction of installations on dams has become a serious problem in the past years. This is also the case for Indonesia and such vandalism was frequent on the Wonogiri dam in Central Java. It is located in the Bengawan Solo river basin and dams up water for power generation and irrigation. The spillway gates and parts of the instrumentation were particularly aimed by these deplorable activities and their operability in an emergency case was at risk. It was decided to build a new bridge downstream of the dam including the necessary access roads in order to connect the two valley-sides and thus avoid further public traffic over the dam

crest. The bridge, Picture 8, was designed and built with assistance by Colenco & Associates by local Consultants and Contractors in a six months record time.

Because Dam Safety has become an increasingly important issue in Indonesia the initial duration of six years of the project has been extended for one year and it is now scheduled for completion in September 2002. The findings and benefits of the project activities are innumerable and will serve as a basis for a consecutive project actually under preparation by the Indonesian government. Further institutional strengthening and training of the involved public entities as well as capacity building in dam design, construction and site supervision, operation, maintenance and surveillance of dams, management of water resources and full implementation of the Ministerial Regulation for Dam Safety will be priority targets of the consecutive project. Further, it is intended to involve by adequate measures and communication the local communities much more in the process of solving problems that arise inevitably from the operation of reservoirs and dams.

Peter Lüpold Tel: +41 (0)56 483 17 55

Impressum

Herausgeber:
 Colenco Power Engineering AG
 Mellingerstrasse 207
 CH-5405 Baden
 Schweiz

Tel: +41 (0)56 483 11 11
 Fax: +41 (0)56 493 73 53
 E-mail: info@colenco.ch
 Internet: http://www.colenco.ch

Redaktion:
 G. Tresch
 +41 (0)56 483 13 54

Produktion:
 U. Habegger
 +41 (0)56 483 12 35

Layout:
 St. Shulist
 +41 (0)56 483 15 53