

Surveillance des puits et galeries blindés par analyse des coups de bélier en continu

Fadi Hachem, Anton Schleiss

Résumé

Avec demande croissante de l'énergie de pointe, les centrales hydro-électriques à accumulation opèrent de plus en plus d'une manière abrupte pour assurer avec efficacité, flexibilité et sécurité l'équilibre entre la production et la demande d'électricité. Les coups de bélier produisent des sollicitations fortement dynamiques dans les puits et galeries blindés. Par la fatigue des matériaux les marges de sécurité peuvent devenir critiques surtout avec l'utilisation des aciers de blindage à haute résistance dans les nouvelles centrales hydro-électriques. Dans le cadre d'un projet de recherche, une approche de dimensionnement adaptée et une méthode novatrice de surveillance ont été développées avec une attention particulière sur le phénomène d'interaction fluide-structure. Le modèle théorique proposé peut être considéré comme base pour le développement des nouveaux critères de dimensionnement qui considèrent la mécanique de rupture fragile dans l'analyse de la réponse du blindage. D'autre part, l'influence de la détérioration locale de la rigidité de la paroi des puits et galeries blindés sur la célérité et l'atténuation de l'onde de coup de bélier a été étudiée expérimentalement. Une méthode de surveillance pour détecter la formation, l'endroit et la sévérité de ces faiblesses a pu être développée par une analyse en continu du signal des coups de bélier. Une série de mesures sur le puits blindé d'un aménagement de pompage-turbinage en Suisse a été également effectuée pour valider le concept de surveillance proposé en pratique.

Zusammenfassung

Mit zunehmender Nachfrage nach Spitzenenergie werden die Speicherkraftwerke immer rauer betrieben, um das Gleichgewicht zwischen Produktion und Nachfrage effizient, flexibel und sicher zu gewährleisten. Stark wechselnde Betriebszustände verursachen dynamische Belastungen in gepanzerten Druckstollen und Druckschächten. Durch Materialermüdungen können sich mit der Zeit die Sicherheitsmargen verringern, insbesondere im Falle von hochfesten Stählen. Im Rahmen eines Forschungsprojektes wurde ein entsprechend angepasster Bemessungsansatz sowie ein neues Überwachungskonzept für Stahlpanzerungen entwickelt, welches die Wechselwirkungen zwischen Druckschwankungen und Panzerung berücksichtigt. Das vorgeschlagene theoretische Modell dient als Entwicklungsbasis für neue Bemessungskriterien, welche die Bruchmechanik von hochfesten Stählen berücksichtigen. Der Einfluss einer sich in der Panzerung ausbildenden Schwachstelle auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit und Dämpfung des Druckstosses wurde experimentell untersucht. Es konnte eine Überwachungsmethode entwickelt werden, welche es erlaubt, mit Hilfe einer kontinuierlichen Analyse des Druckstossesignales die Entstehung, den Ort sowie das Ausmass einer Schwachstelle in einem gepanzerten Druckschacht oder Druckstollen frühzeitig festzustellen. Die praktische Anwendbarkeit des vorgeschlagenen Überwachungskonzeptes wurde an einem Pumpspeicherkraftwerk in der Schweiz mit einer Messkampagne überprüft.

1. Introduction

Les conditions du marché de l'électricité de pointe et de réglage offrent une excellente opportunité aux centrales hydroélectriques à accumulation de pompage-turbinage de valoriser leur production tout en gardant des marges de sécurité acceptables. En plus de son prix attractif, cette énergie de réglage est indispensable pour éviter le black-out qui pourrait couvrir des grandes régions et causer des pertes économiques importantes.

Un consortium scientifique nommé HydroNet I (<http://hydronet.epfl.ch>) a été créé en 2007 dans le but de définir des nouvelles méthodologies de dimensionnement, de fabrication, d'opération, d'auscultation et de contrôle des centrales de pompage-turbinage. L'objectif stratégique de ce consortium est de maintenir la position privilégiée de

la Suisse dans le domaine de la production hydro-électrique et dans l'exportation de la haute technologie.

Le Laboratoire de Constructions Hydrauliques (LCH) de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) a été désigné responsable de la partie génie civil de HydroNet I. Deux thèses ont été définies avec comme sujets: (i) comprendre l'influence de pompage-turbinage sur la sédimentation des réservoirs et (ii) le dimensionnement et l'auscultation des puits et galeries blindés. C'est ce dernier qui fait l'objet de cet article où les objectifs suivants sont visés:

1. Amélioration des bases de dimensionnement par une étude théorique qui pourra être le point de départ pour des futurs développements incluant les méthodes de la mécanique de rupture fragile pour analyser la réponse

et la sécurité des blindages fabriqués en acier à haute résistance.

2. Développement de nouvelles méthodes et approches d'auscultation non-intrusives basées sur l'analyse des signaux transitoires générés par les coups de bélier et sur le phénomène d'interaction fluide-structure. Ces méthodes sont capables de détecter la formation, l'emplacement et la sévérité d'une importante détérioration de la rigidité de la paroi des puits et tunnels blindés par le moyen de traitement et d'analyse des pressions dynamiques mesurées à leurs deux extrémités accessibles.

2. Problématique du dimensionnement

L'analyse de l'état des connaissances (Hachem & Schleiss, 2009) a montré que



