รหัสโครงการ SUT7-719-45-24-04

รายงานการวิจัย

การพัฒนาคอมพิวเตอร์ซอฟท์แวร์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบความลาดชันของชั้นหิน โดยใช้กรณีศึกษาความรู้และประสบการณ์จากผู้เชี่ยวชาญ

Development of Computer Software for Analysis and Design of Rock Slopes Based on Expert's Knowledge and Experience

ผู้วิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร

สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2545 และ 2546

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

กันยายน 2546

บทคัดย่อ

คอมพิวเตอร์ซอฟท์ที่ได้พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้เพื่อใช้ในการประเมินเสถียรภาพและออกแบบการค้ำยันของความลาดเอียงมวลหินภายใต้ลักษณะทางธรณีวิทยาและความต้องการทางด้านวิศวกรรมในรูปแบบต่าง ๆ ระบบการทำงานของซอฟท์แวร์ไม่อยู่ในพื้นฐานของสูตรการคำนวณและทฤษฎีแบบดั้งเดิม แต่จะอาศัยความรู้ ขบวนการการเชื่อมโยง และประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญซึ่งสนับสนุนโดยความเป็นเหตุเป็นผลของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ดังนั้น ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อเสถียรภาพและนอกเหนือไปจากความสามารถของสูตรดั้งเดิมจึงสามารถนำมาใส่ในขบวนการวิเคราะห์ของระบบได้ ปัจจัยเหล่านี้ เช่น ประวัติของความลาดเอียงมวลหิน วิธีที่ใช้ในการขุดเจาะ ลักษณะพืชที่ปกคลุมอยู่ การค้ำยันที่มีอยู่ในปัจจุบัน เป็นต้น

คอมพิวเตอร์ซอฟท์แวร์ในงานวิจัยนี้ถูกสร้างขึ้นโดยเครือข่ายทางความคิดของแนวทางและขบวนการตัดสินใจที่ใช้คุณลักษณะความลาดเอียงมวลหินมาใส่เป็นข้อมูล มีการประเมินข้อมูลนั้น ๆ และนำไปสู่ผลลัพธ์ในรูปของความน่าจะเป็นในการพังทลาย ชนิดของการพังทลายที่พิจารณา คือ การไหลแบบแผ่นระนาบและแผ่นรูปลิ่ม การพลิกคว่ำและการพังทลายแบบรูปโค้ง โครงสร้างของโปรแกรมถูกพัฒนาอยู่ใน Visual basic ซอฟท์แวร์ ดังนั้น ระบบจึงสามารถโต้ตอบกับผู้ใช้ได้อย่างง่ายดายและยังสามารถแก้ไขปรับปรุงได้ดีด้วย ปัจจัยที่เกี่ยวกับความลาดเอียงมวลหินที่นำมาใส่เป็นข้อมูลถูกจำแนกอย่างเป็นลำดับและแบ่งออกเป็นหลายกลุ่มโดยใช้เกณฑ์คุณลักษณะของพื้นที่ ลักษณะทางด้านธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยา คุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ รูปทรงเชิงเรขาคณิตของความลาดเอียง ประวัติการพังทลาย พืชปกคลุม การสั่นสะเทือนของพื้น ความต้องการเชิงวิศวกรรม ข้อจำกัดในการออกแบบ จุดประสงค์ของโครงการ ฯลฯ ในขั้นแรกระบบจะวิเคราะห์เชิงกลศาสตร์เพื่อบ่งชี้ถึงชนิดของการพังทลายทั้งหมดที่จะเป็นไปได้ ชุดของคะแนนจะถูกกำหนดลงในปัจจัยเหล่านี้เนื่องจากตระหนักว่าบทบาทของปัจจัยเหล่านี้จะต่างกันไปตามลักษณะมวลหินที่แตกต่างกัน ดังนั้น ชุดของค่าอิทธิพลจะถูกกำหนดขึ้นเพื่อเป็นตัวคูณค่าคะแนนเหล่านี้ ความน่าจะเป็นของการพังทลายสามารถคำนวณได้โดย $P\{f\} = \Sigma\{R_n * I_n\}$ โดยที่ R_n คือ คะแนนของแต่ละปัจจัย หรืออัตราความไม่มีเสถียรภาพของแต่ละปัจจัย (มีค่าอยู่ระหว่าง 0-70) I_n คือ ค่าอิทธิพลหรือระดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยในการไม่มีเสถียรภาพของความลาดชัน (ผลรวมของทุกปัจจัยที่นำมาพิจารณามีค่าเท่ากับ 10) และ n เป็นจำนวนปัจจัยทั้งหมดที่นำมาพิจารณาในแต่ละการวิเคราะห์ ความน่าจะเป็นของการพังทลายที่ซอฟท์แวร์คำนวณได้มีค่าระหว่าง 0-100% ความสามารถในการคาดคะเนของระบบได้ถูกสอบทานโดยการเปรียบเทียบกับความลาดเอียงมวลหินจริง 32 แห่ง ทั้งที่มีเสถียรภาพและไม่มีเสถียรภาพ ซึ่งผลออกมาเป็นที่น่าพอใจ สำหรับการออกแบบการค้ำยันระบบจะกำหนดความต้องการของหน้าที่ของแต่ละชนิดการพังทลาย จากนั้นจะเลือกคำตอบของการออกแบบที่เหมาะสมที่สุดโดยนำคุณลักษณะความลาดเอียงมวลหินนั้น ๆ มาพิจารณา คำตอบในการออกแบบจะมีทั้งหมด 9 กลุ่มที่แตกต่างกัน แต่ละกลุ่มจะประกอบด้วยองค์ประกอบของการออกแบบหรือการรวมองค์ประกอบของการออกแบบที่ต่างกันด้วย องค์ประกอบเหล่านี้ เช่น หมุดยึดหิน ตาข่ายลวด ซีเมนต์ดาด ท่อระบายน้ำ ฯลฯ รายละเอียดขององค์ประกอบเหล่านี้ก็จะถูกคำนวณโดยอาศัยคุณลักษณะของการพังทลายและค่าความปลอดภัยที่ต้องการเป็นพื้นฐาน ท้ายสุดข้อเสนอแนะในการออกแบบก็จะรวมไปถึงขบวนการก่อสร้างหรือติดตั้งอุปกรณ์การค้ำยันแต่ละชนิด

Abstract

A computer software has been developed for use in the stability evaluation and support design of rock slopes under various geological conditions and engineering requirements. The proposed system is not based on the known analytical solutions or theories, but are based on the heuristic knowledge, inference procedure and experience of a slope expert backed by the rationale and logic. As a result, other factors (beyond those considered in the classical methods), that may have an impact on the stability can be explicitly incorporated in the analysis, e.g., slope history, excavation methods, existing vegetation, current support, etc.

This computer software is formed by neural network of paths and decision making procedures that use rock slope characteristics as input, evaluate the information, and lead to the output in form of the probability of failure. The modes of failure considered are plane and wedge sliding, toppling and circular failures. The program structure is developed on Visual Basic software, and hence makes it interactive, user-friendly and revisable. The input rock slope parameters are hierarchically characterized into several groups using various criteria, e.g., site characteristics, geological and hydrological conditions, mechanical properties, slope geometry, past failure, vegetation, ground vibration, engineering requirements, design constraints, and project goals, etc. The kinematics analysis is first performed to identify all potential modes of failure. A set of rating is assigned to these parameters for each failure mode considered. Recognizing that the role of these parameters can be different for different conditions of the rock mass, a set of influencing factors is also derived as a multiplying factor for the corresponding parameter. The probability of failure for each mode can be calculated by $P\{f\} = \Sigma\{R_n * I_n\}$, where R_n is the rate for each parameter, I_n is the influencing factor, and n represents type or number of the parameters considered for each slope (varying from 1, 2, 3, 4...n). The predictive capability of the proposed software has been verified by comparing with 32 actual rock slopes under a variety of stable and unstable conditions. The results are satisfactory. For the support design, the system first identifies the functional requirements for each mode of failure. Based on the slope characteristics, the software selects the most suitable design solution for the reinforcements. A total of 9 design solutions are available. They comprise different combinations of the design components (e.g., rock bolt, wire mesh, shotcrete, drained pipe, etc.). The specifications for each design component are determined by the failure characteristics and the safety requirements. The final design recommendations also include the construction process for each type of rock support.