

EUROCK '96/TORINO/ITALY
PROCEEDINGS/COMPTE-RENDUS/SITZUNGSBERICHTE
ISRM INTERNATIONAL SYMPOSIUM/1996.09.2-5

Prediction and Performance
in Rock Mechanics and Rock Engineering
Prévisions et réalisations
en Mécanique et Ingénierie des Roches
Voraussichten und Leistungen
in Felsmechanik und Felsingenieurwesen

Editor/Éditeur/Herausgeber

GIOVANNI BARLA

Department of Structural Engineering, Politecnico di Torino, Italy

VOLUME/TOME/BAND 1



Published for/Publiés pour/Herausgegeben für
AGI – Associazione Geotecnica Italiana

A.A. BALKEMA / ROTTERDAM / BROOKFIELD / 1996

Table of contents
Table des matières
Inhalt

	Preface	XIX
	Préface	XXI
	Einleitung	XXIII
	Organization	XXV
	Organisation	
	Organisation	
1 <i>Fundamental aspects in rock mechanics and rock engineering</i>		
<i>Aspects fondamentaux en mécanique et en ingénierie des roches</i>		
<i>Grundlegende Aspekte in Mechanik und Ingenieurwesen von Gesteinen</i>		
1.1 <i>Rock properties and testing methods</i>		
<i>Caractéristiques des roches et méthodes d'essai</i>		
<i>Die Eigenschaften von Gesteinen und Testmethoden</i>		
R. Risnes H. Kaarigstad	Extension tests on high porosity chalk Essais d'extension sur une craie de haute porosité Extension Versuch an hoch-porösen Kreide	3
G. Pecqueur, A. Mikolajczak J.M. Siwak	The way of rupture of chalk submitted to a torsional stress Modalité de rupture de la craie pendant des essais de torsion Bruchmodalitäten im Kalkstein bei Verwindungstests	11
G. Pecqueur A. Mikolajczak J.M. Siwak A. Dragon	Validation of an anisotropic damage model under torsional loading Validation d'un modèle d'endommagement anisotrope en cas de contrainte torsionnelle Die Bewertung eines Modells für anisotrope Beschädigungen unter Verwindungsbelastung	19

M.H.Nasseri K.S.Rao T.Ramamurthy	Prediction of anisotropic responses of strength and deformation of schists Evaluation des réponses anisotropes de la force et de la déformation des schistes Die Vorhersage von anisotropischer Reaktion der Schiefer auf Festigkeit und Verformung	25
K.Tani K.Kudo	Shear strength of uniform weak sandstone: Shear tests vs. triaxial compression tests Le cisaillement dans des grès uniformément friables: Tests de cisaillement contre tests de compression triaxiale Scherfestigkeit von gleichförmigem schwachem Sandstein: Felsscherfestigkeitsversuche gegenüber dreiachsigen Kompressionsversuchen	33
J.F.Couvreur J.F.Thimus	Creep and ultrasonic waves Fluage et ondes ultrasoniques Das Kriechen und die Ultraschallbehandlung	41
I.Plischke	Statistical analysis of the influence of geological-mineralogical parameters on the creep behavior of rock salt Étude statistique de l'influence des paramètres géologiques et minéralogiques sur le comportement rhéologique du sel gemme Statistische Untersuchungen zum Einfluß geologisch-mineralogischer Parameter auf das Kriechverhalten von Steinsalz	49
C.Karpuz T.Bozdağ	A comparison on the double cantilever beam and short rod fracture toughness test results of Ankara andesite La comparaison des valeurs de dureté de la cassure branche et pair du coude qui appartient à l'andesite d'Ankara Ein Vergleich über die Harttestergebnisse von Ankaraner Andesiten in Form von kurzen Stäben und doppelten Querbalken	53
B.Unver	A statistical method for practical assessment of sawability of rocks Une méthode statistique pour l'évaluation pratique de la sciabilité des roches Eine statistische Methode für praktische Einschätzung der Sägarbeit von Gesteinen	59

1.2 *Shale behaviour under different test conditions*

Comportement des argillites sous différentes conditions d'essai

Das Verhalten von tonhaltigen Gesteinen unter verschiedenen Testbedingungen

M.Gutierrez G.Vik T.Berre	Shale strength as function of stress history and diagenesis Résistance des schistes argileux en fonction de l'histoire des contraintes et de la diagénèse Der Einfluß der Vorbelastung und Diagenese auf die Festigkeit von Schieferm	69
J.C.Fooks M.B.Dusseault	Strength of Pierre I shale as function of moisture content La force des argiles Pierre I en fonction de la teneur en eau Festigkeit von 'Pierre I' Schiefer als Funktion des Feuchtigkeitsgehaltes	77

R. M. Holt E. F. Sønstebø R. Skaflestad P. Horsrud	Fluid effects on acoustic wave propagation in shales Influence d'un fluide sur la vitesse de propagation des ondes acoustiques dans l'argillite Der Einfluß von Flüssigkeiten auf die Verbreitungsgeschwindigkeit von akustischen Wellen in tonhaltigen Gesteinen	83
E. F. Sønstebø P. Horsrud	Effects of brines on mechanical properties of shales under different test conditions Effets provoqués par les saumures sur les caractéristiques mécaniques des argillites sous différentes conditions d'essai Der Einfluß von Salzlaken auf die mechanischen Eigenschaften von tonhaltigen Gesteinen	91
H. Santos A. Diek J. C. Roegiers S. Fontoura	Can shale swelling be (easily) controlled? Est-il possible de maîtriser (facilement) le gonflement du schiste argileux? Kann die Volumenzunahme von Tonstein (einfach) kontrolliert werden?	99
D. MacGillivray B. Davidson M. B. Dusseault	One-dimensional thermal conductivity measurements in quartz-illite and smectitic shales Mesures uni-dimensionnelles de la conductivité thermique de quartz-illite et de schistes argileux smectiques Eindimensionale Wärmeleitfähigkeitsmessungen in Quarz-Illite und smektitischem Schiefer	107

1.3 *Strength and deformation properties of rock joints* *Propriété de force et déformation de joints dans les roches* *Widerstand und Verformbarkeit von Felsfugen*

L. N. Lamas	An experimental and analytical study of the roughness of granite joints Un étude expérimental et analytique de la rugosité des joints de granite Eine experimentelle und analytische Untersuchung der Rauigkeit von Granitrissen	117
H. Kusumi K. Nishida T. Suzuki	Shear behaviour of joint roughness with two types of asperities Comportement au cisaillement de la rugosité des joints avec deux types différents d'aspérités Scherverhalten von Trennflächenrauigkeit mit zwei Arten von Rauigkeitsformen	127
G. Sfondrini S. Sterlacchini	Influence of joint roughness on discontinuity shear strength Influence de la rugosité dans la détermination de la résistance au cisaillement des discontinuités Einfluss der Rauigkeit der Oberfläche bei Scherklüftspannungen	135

T.T. Papaliangas A.C. Lumsden S.R. Hencher	Prediction of in situ shear strength of rock joints Prédiction de la résistance au cisaillement in situ des joints de roche Vorhersage von In-Situ-Scherfestigkeit von Gesteinsklüfte	143
K.K. Kabeya T.F.H. Legge	Influence of particle size on the shear behaviour of rock joints Influence de la dimension des grains de la roche sur le comportement en cisaillement des joints Der Einfluß der Partikelkorngröße auf das Scherverhalten von Klüftflächen	151

1.4 Modelling of intact rock

Modélisation de la roche intacte

Die Modellierung des intakten Felsens

A. Amorosi D.L. Millar S. Rampello	On the use of artificial neural networks as generic descriptors of geomaterial mechanical behaviour Sur l'utilisation des réseaux neroux artificiels pour la description du comportement constitutif de géomatériaux Über den Gebrauch von künstlichen, neuronalen Netzwerken als generische Beschreibung von geomaterialen, mechanischen Verhalten	161
G. Şenyur	A proposed criterion for rock failure Le critère proposé pour la rupture dans la roche Ein Vorschlag zum Kriterium für den Zusammenbruch der Gesteine	169
I.C. Duarte Azevedo E.A. Vargas L.E. Vaz	Derivations of time step magnitudes for self-adaptive viscoplastic implementation of Hoek-Brown failure criterion Détermination des magnitudes de l'intervalle de temps pour une implementation viscoplastique auto-adaptatif du critère de rupture de Hoek-Brown Ableitungen der Zeitschrittenamplituden für die eigen-angepasene viskoplastische Implementierung der Hoek-Brown Versagenskriterium	179
I. Vardoulakis J. Sulem A. Oulahna E. Papamichos T.E. Unander J. Tronvoll	Elasto-plastic behaviour of a weak sandstone Comportement élasto-plastique d'un grès faible Elastoplastisches Verhalten eines weichen Sandsteines	189
E. Papamichos J. Tronvoll A. Skjærstein T.E. Unander I. Vardoulakis J. Sulem	The effect of plane-strain and isotropic loading in hollow-cylinder strength Effet d'un chargement en déformation plane et d'un chargement isotrope sur la résistance d'un cylindre creux Der Effekt ebener Verzerrung und isotroper Belastung auf die Festigkeit eines Hohlzylinders	197

A. Pellegrino J. Sulem G. Barla	Effects of induced anisotropy on the strength and deformation behavior of two sedimentary rocks Effet de l'anisotropie induite sur la résistance et la déformation de deux roches sédimentaires Der Einfluß der durch Belastungszustände induzierten Anisotropie auf das Bruchverhalten von Felsen	205
V.S. Vutukuri H. Moomivand	Development of a brittle rock-like material having different values of porosity, density and strength L'Etude d'un matériau fragile et rocheux avec porosité, densité et résistance variables Entwicklung eines spröden Materials mit verschiedenen Werten für Porosität, Dichte und Zerreißfestigkeit	213
E. Papamichos C. Ringstad M. Brignoli F.J. Santarelli	Modelling of partially-saturated collapsible rocks Modélisation des roches partiellement saturées collapsables Modell für teilweise gesättigte, kollabierbare Gesteine	221

1.5 *Modelling of rock joints*
Modélisation de joints dans les roches
Die Modellierung der Felsfugen

M. H. Bagheripour G. Mostyn	Prediction of the strength of jointed rock – Theory and practice Prédiction de la résistance de roches fracturés – Théorie et pratique Festigkeitsvoraussage für Verbindungsgestein – Theorie und Praxis	231
F. Baldoni A. Millard	A three-dimensional extension of Amadei-Saeb's 2D rock joints constitutive model Une extension tridimensionnelle du modèle de comportement de fracture rocheux d'Amadei-Saeb Eine dreimessige Verallgemeinerung von dem Amadei-Saeb felsigen Bruchverhalten Modell	239
G. Archambault S. Gentier J. Riss R. Flamand C. Sirieix	Rock joint shear mechanical behavior with 3D surfaces morphology and degradation during shear displacement Comportement mécanique avec modélisation 3D d'un joint en cisaillement Das mechanische Verhalten und die 3D-Modellierung der Morphologie der Oberflächen und ihrer Beschädigung in Direktschnitt-Proben	247
J. P. Seidel C. M. Haberfield W. Fleuter	Scaling considerations for the modelling of rock joints in laboratory shear tests Considérations d'échelle pour la modélisation des interfaces rocher-rocher avec les essais de laboratoire Überlegungen betreffs der Beziehung von Modellen des Gesteins-fugen mit Laboratoriums Scherwiderstandes Versuchen	255

1.6 *Modelling of jointed rock masses*
Modélisation du massif rocheux jointé
Die Modellierung von verfugten Felsmassen

P.A. Fonaryov V.V. Kononov	Determination of the shear strength factors by the planes of weakness in jointed rock masses Définition des indices de solidité du décrochements dans les plans affaiblis des massives des roches fracturées Ermittlung von Scherfestigkeitswerten auf den Trennflächen in klüftigen Felsmassiven	265
E. Johansson J. Pöllä P. Holopainen	Predicted and observed behaviour of weakness zones in a hard, jointed rock mass Comportement prédit et observé des zones de faiblesse dans la masse rocheuse dure et fracturé Geschätztes und festgestelltes Verhalten von Klüftzonen in harten Felsmassen	271
V.I. Rechitski	Analysis of different-scale deformation studies of rock masses L'analyse des recherches à l'échelle différente dont caractéristiques de déformation des massifs rocheux Analyse der Deformationsforschungen von dem Verschiedensmaßstabs in dem Felsmassen	277
M.H. Bagheripour G. Mostyn	The strength of rock masses with finite sized joints La résistance de masses rocheuses à fractures limitées Die Festigkeit von Gesteinsmassen mit Verbindungen begrenzter Größe	283

1.7 *Rock mass characterization*
Caractérisation du massif rocheux
Die Charakterisierung von Felsmassen

M. Cravero G. Iabichino F. Piana S. Tallone	Characterization of rock mass structure for tunneling from outcrop survey and comparison with excavation evidence Caractérisation géologique et structurale du massif rocheux pour le creusement d'un tunnel à partir de données de surface et comparaison avec les données relevées dans le trou pilote Die geologisch-strukturelle Kennzeichnung von Felsmassen auf der Grundlage von Erhebungen und Vergleichen mit den Beobachtungen beim Abbau	293
T.R. Reid J.P. Harrison	Development of a system for the automatic construction of discontinuity trace maps and discontinuity measurements from digital images Développement d'une système pour la construction automatique des cartes des traces discontinuités et des mesures des discontinuités des images digitales Entwicklung eines Systems für die automatische Erfassung von Trennflächen-spuren und die Bestimmung der Raumlage aus digitalen Bildern	303

P.Lu J.P.Latham	In-situ block size distribution prediction with special reference to discontinuities with fractal spacing distributions Prévision de la répartition des dimensions de blocs avec une référence particulière aux discontinuités avec distribution d'espaces de fractal Voraussage von Blockgrösseverteilungen mit besonderer Erwähnung Diskontinuitäten in fraktaler Abständeverteilung	311
R.Sturk J.Johansson L.Olsson H.Stille	Probabilistic rock mass characterization and deformation analysis Caractérisation des masses rocheuses et analyse des déformations par la méthode des probabilités Wahrscheinlichkeitsanalyse der Gebirgseigenschaften und dessem Deformationsverhalten	319
D.Wenner J.P.Harrison	Techniques to cope with uncertain parameters in geomechanics on different levels of information Techniques de maîtrise de paramètres géomécaniques incertains contenant différents types d'information Techniken zur Behandlung unsicherer geomechanischer Parameter bei unterschiedlichen Informationsgehalten	327
C.X.Wu M.B.Dusseault	Quantitative study in rock mass around a tunnel using an RVSP/CWS inverse technique Etude quantitative de la masse rocheuse d'un tunnel par technique inverse RVSP/CWS Quantitative Untersuchung von tunnelumgebendem Felsgestein mit Hilfe der RVSP/CWS inversen Methode	335

1.8 *Continuum versus discontinuum modelling*
Modélisation continue et discontinue
Kontinuierliche und diskontinuierliche Modellierung

P.L. La Pointe P.C. Wallmann S. Follin	Continuum modelling of fractured rock masses: Is it useful? La création de modèles continuum des massifs rocheaux fracturés: Est-ce utile? Das Kontinuum-Modellieren von geklüfteter Formationen: Hat es Sinn?	343
M.A. Kayupov M. Kuriyagawa	DDM modelling of narrow excavations and/or cracks in an anisotropic rock mass Modélisation en MDD de fentes étroites et/ou de fissures dans une roche anisotropique 'DDM' Simulation von engen Hohlräumen und/oder Rissen in einer anisotropischen Gesteinsmasse	351
J.Sulem H.B. Mühlhaus	A Cosserat continuum model for blocky rock under dynamic loading Un modèle de Cosserat pour une structure de blocs rocheux sous chargement dynamique Ein Kontinuum Modell für blockigen Fels unter dynamischer Belastung	359

Y. Ichikawa J. Wang	Deformation and failure of crystalline rock and an elastoplastic homogenization theory Déformation et rupture de roche cristalline et théorie de l'homogénéisation élastoplastique Verformung und Verfall kristallinen Gesteins und Theorie für einen elasto-plastische Homogenisierung	367
C. Boutin	Critical analysis of microstructural modellings Analyse critique de modèles microstructuraux Kritische Analyse über mikrostrukturellen Modellen	377
Th.v. Schmettow W. Wittke	Comparative investigations of stress distribution and displacements around shotcrete lined tunnels using the finite-element and the distinct-element method Analyses comparatives de la distribution des stresses et des déplacements dans l'environ d'un tunnel stabilisé par un coque en béton projeté avec la méthode d'éléments finis et la méthode d'éléments distinctes Vergleichende Untersuchungen zur Spannungsverteilung und zu den Verschiebungen in der Umgebung von mit Spritzbeton gesicherten Tunneln mit Hilfe der Finite-Elemente- und der Distinct-Element-Methode	385

1.9 *In situ state of stress*

Etat de contrainte in situ

Der Spannungszustand von Ort

M. Seto D.K. Nag V.S. Vutukuri	Experimental verification of the Kaiser effect in rock under different environment conditions Vérification expérimentale de l'effet de Kaiser sur des roches soumises à diverses conditions Experimentelle Bestätigung des Kaiser-Effekts in Fels unter verschiedenen Umweltbedingungen	395
B.C. Haimson	Can inclined exploratory boreholes be used for in situ stress measurements? A review of three case histories Peut-on utiliser des forages inclinés d'exploration pour la mesure des contraintes in-situ? Können geneigte Sondierungsbohrungen für in-situ Spannungsmessungen benutzt werden? Ein Überblick über drei Fallbeispiele	403
M.V.S. Ask O. Stephansson	Prediction of stress orientation and distribution in Denmark based on borehole breakout data from the Tornquist Fan and the Danish Central Graben Prédiction de l'orientation et de la distribution des contraintes au Danemark basé sur des relevés de 'borehole breakout' provenant de Tornquist Fan et de Danish Central Graben Berechnungen von Richtung und Vorbereitung der Bergspannungen in Dänemark auf Daten von 'borehole breakout' aus Tornquist Fan und Danish Central Graben	411

A. Öhberg P. Tolppanen C. Ljunggren H. Klasson	Rock stress measurements for the underground nuclear waste repository in Finland Mesurages des contraintes dans la roche pour stockage souterrain des déchets nucléaires en Finlande Gebirgsspannungsmessung für die unterirdische Endlagerung radioaktiver Abfälle in Finnland	419
K. Shin F. Li S. Okubo	Hydro-fracturing for stress measurement in intact granitic rock Hydro-fracturation pour les mesures du stress dans des roches granitiques intactes Hydraulischer Bruch und Messung der Spannungen in intakten Granitfelsen	427
P. J. Tolppanen E. J. W. Johansson J.-P. Salo	Rock mechanical analyses of in-situ stress/strength ratio at the Posiva Oy investigation sites, Kivetty, Olkiluoto and Romuvaara, in Finland Analyses mécaniques du ratio contrainte/résistance in situ de la roche sur les sites d'investigation de la société Posiva Oy à Kivetty, Olkiluoto et Romuvaara en Finlande Gebirgsmechanische Analysen des örtlichen Spannungs/Festigkeits-Verhältnisses auf den Untersuchungsbaustellen Kivetty, Olkiluoto und Romuvaara der Posiva Oy, in Finnland	435

1.10 *Fracture propagation in rock*

Propagation de la fracturation dans les roches

Die Ausbreitung von Rissen in Felsen

C. Scavia M. Castelli	Analysis of the propagation of natural discontinuities in rock bridges Analyse de la propagation des discontinuités naturelles dans les ponts rocheux Analyse der Ausbreitung natürlicher Lockerstellen in Gesteinsbrücken	445
C. Scavia F. Re A. Zaninetti	Fracture surface fractality as a major factor in the evaluation of rock fracture energy Le rôle de la fractalité des surfaces de rupture dans l'évaluation de l'énergie de fracture des roches Die Bedeutung der Fraktalität von Bruchflächen für die Bewertung der Bruchkraft	453
D. Garagash E. Detournay	A study of the breakdown process in hydraulic fracturing tests conducted in impermeable rocks Etude de la rupture pendant des essais de hydro-fracturation dans des roches imperméables Studie über den Bruch in Proben von wasserundurchlässigen Gesteinen mit hydraulisch verursachten Brüchen	461
J. S. Kuipers J. A. L. Napier	Effective growth rules for macro fracture simulation in brittle rock under compression Simulation du développement des macro-fractures dans des roches fragiles sous compression Simulation der Entwicklung von Makrobrüchen in zerbrechlichen Gesteinen unter Kompressionsbedingungen	469

1.11 *Rock mechanics modelling of large scale natural phenomena*
Modélisation en mécanique des roches des phénomènes
naturels à grande échelle
Die Modellierung von Naturphenomänen in großem Maßstab

N.M.Syrnikov S.V.Kondratyev Y.S.Rybnov	On some exhibitions of structure heterogeneities in rock massif as the effect of large-scale action Au sujet de quelques manifestations des hétérogénéités structurales dans le massif rocheux à l'action à gros échelle Über gewissen Bekundigungen von Strukturheterogenität im Gebirgsstock bei Einwirkungen im grossen Maßstab	483
C.Lamouroux A.Hedir D.Kondo	Experimental analysis of natural shear zones under compressive loading Analyse expérimentale des zones de cisaillement naturelles sous sollicitations de compression Experimentelle Analyse von natürlichen Scherbändern unter Druckbeanspruchung	491
T.Uemura	Deformation facies of bedding failure in folded rocks Faciès déformations de rupture parallèle à la stratification dans les roches plissées Deformationsfazien der schichtungs-parallele Entkräftung in gefalteten Gesteine	497

2 *Near surface rock engineering*
Mécanique des roches à faible profondeur
Das Ingenieurwesen von Gesteinen in geringer Tiefe

2.1 *Rock mechanics and rock engineering in dams*
and foundations
Mécanique et ingénierie des roches pour barrages
et fondations
Mechanik und Ingenieurwesen von Felsen für Staudämme
und Gründungen

T.Bozdağ D.Sarı A.G.Paşamehmetoğlu	Geophysical and rock mechanics investigations at Berke dam site Géophysique et mécanique des roches du site de barrage Berke Geophysische und felsmechanische Forschungen im Berke Dammgelände	505
J.Thanopoulos D.Dalias	Excavation and support of a rock slope in Sykia dams site, Greece Excavation et soutènement d'un talus rocheux au site de barrage de Sykia, en Grèce Aushub und Sicherung von einer Felsböschung im Damm Sykia Griechenland	511

J.V.Lemos	Modelling of arch dams on jointed rock foundations Modélisation de barrages-voûtes sur des fondations fracturées Modellierung von Bogenstaudämmen auf einem geklüfteten Felsuntergrund	519
T.Rotonda R.Ribacchi	Stress- and time-dependent deformations in the foundation rock of a gravity dam Déformations dues aux contraintes et au temps dans le rocher de fondation d'un barrage poids en béton Spannungs- und zeitabhängige Verformungen im Gründungsfelsen von einer Gewichtsstaumauer	527
X.Rachez J.-L. Durville	Numerical modelling of a bridge foundation on a jointed rock slope with the distinct element method Modélisation numérique d'une fondation de pont dans un versant rocheux à l'aide de la méthode par éléments distincts Numerische Modellierung eines Brücke Fundaments in einem Tal mit der Methode der distinkten Elemente	535
W.Steiner H.R. Keusen U.Graber	Construction in rock at 3550 meters elevation (Jungfrauoch, Switzerland) Construction pour tourisme en rocher à 3550 mètres (Jungfrauoch, Suisse) Hochgebirgsbauten in Fels auf 3550 Meter Meereshöhe in der Schweiz	543

2.2 Rock slope stability

Caractérisation et analyse de la stabilité de versants rocheux

Die Stabilität von Felsfronten

A.M.Ferrero J.P.Harrison G.Scioldo	Evaluation of sliding instability factor of safety using fuzzy analysis of discontinuity orientation Evaluation d'un facteur de sécurité au glissement des talus par l'analyse fuzzy des données d'orientation de discontinuités Ermittlung eines Gleitsicherheitsfaktors nach der Trenngefüge mit der Hilfe der s.g. 'unscharfen Analyse'	553
C.Deangeli O.Del Greco A.M.Ferrero G.Pancotti G.P.Giani	Rock mechanics studies to improve intact rock block exploitation and slope stability conditions in a quarry basin Etudes de mécanique de roche pour l'amélioration de l'exploitation et de la stabilité des pentes des carrières de pierre de taille Felsmechanische Untersuchungen und Böschungsstabilitätsverhältnisse in einem Werksteinabbaugebiet	561
P.de Buhan S.Maghous A.Bekaert	Stability analysis of a jointed rock excavation through a homogenization method Analyse de stabilité d'une excavation creusée dans un massif rocheux fracturé par une méthode d'homogénéisation Standicherheit einer geklüfteten Böschung durch eine Homogenisierungsmethode	569
X.Feng K.Katsuyama Y.Wang	Integrated intelligent modelling on slope stability analysis Modélisation intelligente intégrée de l'analyse de stabilité des pentes Integrierte intelligente Modellierung für Analyse der Stabilität von Böschungen	577

C. P. Nathanail	Appraisal of a systems approach to slope engineering at the Ffos Las opencast coal site Evaluation d'une approche systématique pour les pentes à la Ffos Las houillère Eine Abschätzung einer Systemart für die Böschungstechnik bei dem Kohlentagebau an Ffos Las	635
Ö. Aydan R. Ulusay H. Kumsar A. Ersen	Buckling failure at an open-pit coal mine Rupture par plissement d'une mine de charbon à ciel ouvert Knickdefect in einem Kohlen-Tagbergwerk	641

2.4 Large slope movements

Les mouvements importants des versants

Große Verformungen von Abhängen

A. Cividini G. Garigali V. Manassero	A numerical interpretation of the observed behaviour of an unstable slope Une interprétation numérique du comportement observé d'une pente instable Eine numerische Interpretation des beobachteten Verhaltens eines instabilen Hangs	651
J.-M. Vengeon D. Hantz A. Giraud D. Ract	Numerical modelling of rock slope deformations Modélisation numérique des déformations d'un versant rocheux Numerische Modellierung von Deformationen einer Felsböschung	659
R. Poisel A. H. Zettler W. Unterberger	Tunnelling in landslides Construction de tunnels dans les zones de glissements de terrain Tunnelbau in Massenbewegungen	667

2.5 Shallow tunnels

Les tunnels à faible profondeur

Oberflächen-Tunnel

N. N. Fotieva N. S. Bulychev A. S. Sammal	Design of shallow tunnel linings Calcul des blindages des tunnels de faible profondeurs Die Berechnung der Verkleidung von Nichttieftonneln	677
P. Carrubba G. Cortellazzo	Three-dimensional analysis of near-surface tunnels in weak rock Analyse tridimensionnelle de tunnels peu profonds dans des roches tendres Dreidimensionale Analyse von Tunnels in geringer Tiefe im nachgiebigen Gestein	681
D. Sterpi A. Cividini S. Sakurai S. Nishitake	Laboratory model tests and numerical analysis of shallow tunnels Tests sur modèle en laboratoire et analyses numériques de tunnels à faible profondeur Laborversuche an Modellen und numerische Analysen untiefer Tunnel	689