

1052265  
1052264

COMPTEES-RENDUS D'UN SYMPOSIUM INTERNATIONAL ORGANISE PAR LE  
GROUPE NATIONAL GREC DE L'AIGI / ATHENES / 19-23 SEPTEMBRE 1988

# La géologie de l'ingénieur appliquée aux travaux anciens, monuments et sites historiques *Préservation et protection*

*Rédacteurs*

**PAUL G.MARINOS**

*Département de Génie Civil, Université Technique Nationale d'Athènes*

**GEORGE C.KOUKIS**

*Département de Géologie, Université de Patras*

## VOLUME 1

1 *Géologie de l'ingénieur et protection des sites historiques et des  
monuments*



*Parrainé par l'AIGI et avec le support du Ministère Grec de la Culture*

A.A.BALKEMA / ROTTERDAM / BROOKFIELD / 1988

PROCEEDINGS OF AN INTERNATIONAL SYMPOSIUM ORGANIZED BY THE GREEK  
NATIONAL GROUP OF IAEG / ATHENS / 19-23 SEPTEMBER 1988

# The Engineering Geology of Ancient Works, Monuments and Historical Sites

## *Preservation and Protection*

*Editors*

PAUL G. MARINOS

*Civil Engineering Department, National Technical University of Athens*

GEORGE C. KOUKIS

*Geology Department, University of Patras*

**VOLUME 1**

1 *Engineering geology and the protection of historical sites and monuments*



*Sponsored by the IAEG and with the support of the Greek Ministry of Culture*

A.A.BALKEMA / ROTTERDAM / BROOKFIELD / 1988



Table of contents  
Table des matières

•

1	<i>Engineering geology and the protection of historical sites and monuments</i> <i>Géologie de l'ingénieur et protection des sites historiques et des monuments</i>	
1.1	<i>Slope stability; Underground works and caves</i> <i>Stabilité des pentes; Oeuvres souterraines et grottes</i>	
J.M.Rodriguez Ortiz	Stability problems of historic sites atop degrading cliffs Problèmes de stabilité des sites historiques situés au sommet de falaises en cours de dégradation	3
R.Schwartzmann F.Homand-Etienne J.P.Josien	Stabilité et surveillance de sites historiques Stability and monitoring of historical sites	11
B.Griveauax R.Dinkel G.Tilmant	Protection de l'Abbaye du Thoronet contre des glissements de terrain, Sud de la France Protection of the Thoronet Abbey, southern France, from a sliding hill	21
R.Ribacchi M.Sciotti P.Tommasi	Stability problems of some towns in central Italy: Geotechnical situations and remedial measures Problèmes de stabilité de quelques villes anciennes en Italie centrale: contextes géotechniques et mesures de stabilisation	27
D.G.Price J.W.Hollingbery I.Maxwell	Rock stabilisation works to preserve the castles at Edinburgh and Stirling, Scotland Travaux de stabilisation des rochers pour la sauvegarde des châteaux d'Edinbourg et de Stirling en Ecosse	37
P.Gostelow	Engineering geology and ancient monuments in Scotland: The use of terrestrial photogrammetry as a survey method at Dunbar Castle, East Lothian La géologie de l'ingénieur et les anciens monuments en Ecosse: l'utilisation de la photogrammétrie terrestre comme méthode d'étude du château de Dunbar (East Lothian)	45
R.Ribacchi P.Tommasi	Preservation and protection of the historical town of San Leo (Italy) Préservation et protection de la ville historique de San Leo (Italie)	55

B.A.Voight M.A.Voight L.Voight B.Voight	Architecture and engineering at Pueblo Bonito, New Mexico: 11th-12th and 20th century hazard forecasts and mitigation practices compared Architecture et construction à Pueblo Bonito, Nouveau Mexique: comparaison des prévisions de risques et des méthodes d'atténuation au 11-12ème et au 20ème siècles	65
R.Ondrášik J.Malgot	Engineering geology and historical sites in Slovakia La géologie de l'ingénieur et les monuments en Slovaquie	75
J.Malgot F.Baliak J.Sikora	Engineering geological causes of failure of the middleage castles in Slovakia and the methods of their geotechnical stabilization Les causes géotechniques de la détérioration de châteaux de moyen âge en Slovaquie et méthodes de stabilisation	83
G.P.Petrides D.Antoniou	Stavrovouni Monastery, Cyprus – A case history of stabilizing a cliff that threatened the east wing of the monastery Monastère de Stavrovouni, Chypre – Stabilisation de la falaise qui menace l'aile est du monastère	93
N.G.Kazilis M.Zaccas	The engineering geology of Nisyros Castle and its impact in stabilizing the cliffs of Panagia Spilianni Monastery, Nisyros Island, Greece La géologie de l'ingénieur appliquée au château de Nisyros, en vue de stabiliser les falaises du monastère de Panagia Spilianni, Grèce	101
J.Zhang Z.Wang	Tonglushan open pit mine steep slope and preservation of ancient ruins Préservation des anciennes mines à ciel ouvert aux talus à pente très forte à Tonglushan, Chine	105
A.Musso L.Ercoli	Monuments and landslides in the Agrigento Valley Monuments et glissements de terrain dans la vallée d'Agrigente, Italie	113
J.Silberbauer R.Poisel W.Eppensteiner	Geomechanical model tests concerning the gliding apart of hard rock on soft ground Essais géomécaniques sur modèles concernant des blocs rocheux durs reposant sur un substratum mou	123
I.Jašarević M.Srkoc N.Matasović	Investigation, design and repairing works on Forte Mare fortress Travaux de reconnaissance et de réparation à la forteresse de Forte Mare	129
G.Koukis K.Floros	Ground foundation conditions and erosion problems of the Kalamata Castle (Greece) Conditions du sol de fondation et problèmes d'érosion de la forteresse de Kalamata (Grèce)	137
N.Kazilis D.Dalias	Potential slope instability, a common acropolis disease – The case of the acropolis of Lindos, Rhodes Island, Greece Instabilité potentielle de versant, une maladie commune des acropoles – Le cas de l'acropole de Lindos, île de Rhodes, Grèce	147
J.P.Piguet H.Helal F.Imam	Les phénomènes géotechniques des sites et monuments de l'antiquité égyptienne Geotechnical phenomena in sites and monuments of Egyptian antiquity	153

A.Dragowski R.Kaczyński J.Wróblewski	Engineering-geological problems related to the reconstruction of the Hatshepsut temple in Deir el-Bahari Problèmes de géologie de l'ingénieur appliqués à la reconstruction du sanctuaire Hatsepsut à Deir el-Bahari	161
N.Fytrolakis	Soil instability at Koroni town and at Dimiova and Agia Triada Monasteries, Greece Instabilité dans la ville de Koroni et dans les monastères de Dimiova et d'Agia Triada, Grèce	169
B.Andronopoulos A.Tzitziras N.Nicolaou	Geotechnical conditions at the Koutloumousi Monastery area of Agio Oros mountain, Greece Conditions géotechniques au monastère de Koutloumousi dans la région du mont Agio Oros, Grèce	177
S.C.Bandis S.C.Tzaros	Design of retaining concrete piles for stabilization of a slope at the Koutloumousi Monastery, Mount Athos, Greece Etude des pieux de soutènement en béton pour la stabilisation d'une pente au monastère de Koutloumousi, mont Athos, Grèce	183
J.A.Gusmão Filho J.M.Justino da Silva J.F.Thomé Jucá	The movements in the hills of Olinda, Brazil Mouvements dans les collines d'Olinda, Brésil	191
C.V.Constantinidis J.Christodoulias A.I.Sofianos	Weathering processes leading to rockfalls at Delphi archaeological site Dégénération progressive et chutes de blocs sur le site archéologique de Delphes	201
K.S.Koroniotis A.A.Collios A.P.Basdekis	Stabilisation of the rock slopes at the region of Kastalia spring at Delphi Stabilisation des versants rocheux dans la région de la fontaine de Kastalia (Delphes)	207
A.I.Sofianos C.V.Constantinidis J.Christodoulias A.G.Anagnostopoulos	Rockfall analysis at the ancient region of Argos Analyse des chutes de blocs dans la région de l'ancienne Argos	213
F.Dramis C.A.Garzonio S.Leoperdi T.Nanni F.Pontoni M.Rainone	Damage due to landslides in the ancient village of Sirolo (Marches, Italy); Preliminary analysis of risk mitigation on the historical site Dégâts dûs à des glissements de terrain dans l'ancien village de Sirolo (Marches, Italie); Analyse préliminaire en vue d'atténuer le risque sur le site historique	217
S.D.Costopoulos E.Sotiropoulos P.Papanicolaou	Geotechnical engineering works in the Corinth Canal Travaux géotechniques dans le canal de Corinthe	225
K.P.Andrikopoulou D.Vainalis P.G.Marinos	Geotechnical zoning in the Corinth Canal Zonation géotechnique dans le canal de Corinthe	231

A.B.Hawkins	Stabilisation of a monument on Leckhampton Hill, Cheltenham, England La stabilisation d'un monument à Leckhampton Hill, Cheltenham, Angleterre	237
R.Lippmann	Protection of building sites by the dowelling of slopes Protection des sites de construction par clouage des pentes	243
M.Arvanitakis E.Kotsopoulou P.Mira A.Asteriou	Stabilisation and protection of the sides of the trenches and pits of the Vergina Royal Tombs, Greece Stabilisation et protection des parois des tranchées et puits sur le site des tombes royales de Vergina, Grèce	249
B.Voight B.A.Voight M.A.Voight L.Voight	Failure prediction for soil and rock slopes in protection of architectural and archaeological monuments and historical sites Prédiction de la rupture de pentes meubles ou rocheuses en vue de protéger des monuments architecturaux et historiques	253
J.Tiedemann	Key-block analysis in fold structures Etude analytique par blocs de structures plissées	261
P.Bomboe C.M.Brown	Stochastic outlook on jointed rocks failure by environmental impact Point de vue stochastique sur la rupture de roches fracturées sous l'influence de l'environnement	269
D.K.Ghosh	Geological evaluation of foundations of ancient monuments and stability of rockcut caves in central India Evaluation géologique des fondations d'anciens monuments et stabilité de grottes en Inde centrale	275
D.G.Price R.van Steveninck	On the stability of ancient mine workings for building stone in southern Limburg, the Netherlands Au sujet de la stabilité des anciennes mines exploitées pour retirer la pierre à bâtir au Limbourg du Sud, Pays-Bas	285
C.-Z.Chen J.-Q.Chen B.-Z.Zhu D.Zou	A study of the engineering geological problems of grottoes in Sichuan, China Etude des problèmes de géologie de l'ingénieur dans des grottes du Sichuan en Chine	295
P.Bietong	Geological hazards, prevention and treatment of Longmen Grottoes in China Risques géologiques: prévention et traitement des grottes de Longmen, Chine	301
B.Andronopoulos A.Tzitziras	Geotechnical study of the christian catacombs in Milos island Etude géotechnique des catacombes chrétiennes à l'île de Milo	309
M.Arvanitakis Ch.Miligos	The early christian catacombs at Melos island, Greece – Study on the consolidation of the entrance Les anciennes catacombes chrétiennes de l'île de Melos, Grèce – Etude de la consolidation de l'entrée	319
J.Ma	Research and application of chemical grouting material FMA-30 Utilisation du matériau pour injection chimique FMA-30	327

1.2 *Foundations and miscellaneous aspects*  
*Fondations: Sujets relatifs et divers*

M.E.Barton	An engineering geological appraisal of the foundations and underpinning of Winchester Cathedral Une évaluation géotechnique des fondations et de la reprise en sous-œuvre de la cathédrale de Winchester	335
P.N.Vettas	Underpinning of the scoured piers of the old bridge of Arta, Greece Reprise en sous-œuvre des piles affouillées du pont ancien d'Arta, Grèce	343
J.M.Rodriguez Ortiz	Analysis of disorders affecting the church of the Cistercia Monastery of Santa Maria de Huerta (Spain) Analyse des désordres de l'église du monastère cistercien de Santa Maria de Huerta (Espagne)	351
J.Hoekstra J.D.Nieuwenhuis	Foundation problems of ancient buildings in the Netherlands and their solution Problèmes de fondation d'anciens bâtiments aux Pays-Bas et leur solution	357
J.Launay	Restauration du Temple de Baphuon, Cambodge Restoration of the Baphon Temple, Cambodia	365
M.Arvanitakis	The church of Saint Nectarios of Pefkakia, Greece: Underpinning of the eastern wall L'église de Saint Nectarios de Pefkakia, Grèce, reprise en sous-œuvre du mur oriental	371
K.Hilmer M.Knappe	Jet grouting: A method to protect ancient constructions L'injection à haute pression: une méthode pour la protection des anciennes constructions	375
M.Bertero G.Marchi M.Merli A.Paviani	Foundation improvement by jet grouting of a historical building in Cervia, Italy – Experimental investigation Renforcement au moyen d'injections sous pression des fondations d'un ancien bâtiment à Cervia, Italie – Recherche expérimentale	381
J.Launay J.Morey	Restauration de la Cour Carrée du Louvre, France Restoration of the 'Cour Carrée du Louvre', France	393
G.Moreno Pecero	Recimentation of an ancient building supported by a very warping soil Recimentation d'un ancien bâtiment, fondé sur un sol très déformable	399
S.D.Voronkevich T.T.Abramova	Chemical stabilization of soil layers at the archaeological monuments of the northern part of the Black Sea coast Conservation chimique des couches anthropogènes des monuments archéologiques de la partie septentrionale des rivages de la Mer Noire	405
V.I.Sergeyev T.G.Shimko	New technology for the injection stabilization of soils in the foundations of historical monuments Nouvelle méthode de stabilisation des sols de fondation des monuments historiques, par injections	413
M.Bancon P.Vandangeon	Arc de Triomphe, Paris – Diagnostic des désordres et détermination des remèdes Arc de Triomphe, Paris – Disorder diagnosis and solutions	423

K.Kawasaki J.Nakazawa K.Komatsu	Soil improvement planning to stabilize the leaning Tower of Pisa L'amélioration du sol pour la stabilisation de la tour penchée de Pise	433
S.Li B.Shi	Why does the Huqiu pagoda of Suzhou, China, incline and what has been done to it? Pourquoi la pagode Rouqiu de Suzhou en Chine est-elle penchée?	439
M.Atalla A.Fareed R.Fouad M.Tewfik	Saving of Notre Dame de Zewela, Cairo, Egypt Sauvetage de Notre Dame de Zewela, le Caire, Egypte	445
S.A.Ahmad K.R.Peaker	Engineering geological study to preserve the Holy Prophets' Mosque in Medina, Kingdom of Saudi Arabia Etude géotechnique en vue de la préservation de la mosquée 'Holy prophets' (Médine, Arabie Saoudite)	451
G.Calabresi A.Lazzarotto M.Micheluccini	The Cathedral of Pienza, Italy, and its foundation soils La cathédrale de Pienza, Italie, et son sol de fondation	459
Z.Ortolan B.Stanić Z.Tušar D.Cvijanović N.Čukvas	Conditions des fondations, dégradations et mode de réfection des bâtiments du monastère Savina à Herceg Novi, Yougoslavie Foundation conditions and degradation of the buildings by the Savina Monastery, Yugoslavia	469
B.Andronopoulos G.Koukis A.Tzitziras	Engineering geological investigations in the area of Apollo Epikourios Temple at Phigalia (Peloponnesus, Greece) Investigations de géologie de l'ingénieur dans la région du temple d'Apollon Epikourios à Phigalia (Péloponnèse, Grèce)	479
S.Tsotsos Th.Hatzigogos N.Manou-Andreadis K.Theoharidou V.Xanthos	Geotechnical problems of the foundations of Byzantine and post Byzantine monuments in Thessaloniki, Greece Problèmes géotechniques posés par les fondations des monuments byzantins et pré-byzantins de Thessalonique, Grèce	487
Z.Żmudziński	Changes of engineering geological conditions and their influence on buildings in the historical centre of Cracow Changements des conditions géologiques et géotechniques et leur influence sur les bâtiments dans le centre historique de Cracovie	495
A.Kowińska J.Pinińska	Protection problems of the old housing mine estate in Upper-Silesian Giszowiec town Problèmes de protection des vieux bâtiments des mineurs dans la ville de Giszowiec	503
H.Mu J.Liu	Preservation of Jiang Jun Precipice rock painting relic in Lian Yun Gang, China Préservation des reliques des peintures sur roches de Jiang Jun Precipice à Lian Yun Gang, Chine	509

H.Halbout J.Y.Marin	Exploitation archéologique et géomorphologique préalable à l'implantation d'un parking souterrain à Caen An archaeological and geomorphological development previous to the building of an underground car-park in Caen	515
C.C.Mathewson T.Gonzalez	Protection and preservation of archaeological sites through burial La protection et la préservation des sites archéologiques par enfouissement	519
E.S.Kapokakis	Metric information sampling and processing: The link between ancient monuments deformations and their sources Information métrique d'échantillonnage et traitement: la liaison entre les déformations des monuments anciens et leurs sources	527
G.P.Giani B.Astori O.Del Greco P.P.Rossi	Analysis and control of the static behaviour of the Consolazione church in Todi, Italy Analyse et contrôle du comportement statique de l'église de la consolation à Todi, Italie	535
B.Astori G.P.Giani P.P.Rossi	Control measurements and stability analysis of the Cathedral of Orvieto, Italy Contrôle et analyse de stabilité de la cathédrale de Orvieto, Italie	547
P.Deletie J.Montlucon H.Helal	Analyse géomécanique des structures internes de la pyramide de Khéops au voisinage de la chambre du Roi Geomechanical analysis of the internal structures of the Kheops Pyramid in the vicinity of the King's Chamber	559
R.E.Goodman J.Podany A.Karzulovic	The application of rock mechanics to the reassembly of a broken sculpture Utilisation de la mécanique des roches pour restaurer des sculptures fracturées	567
P.N.Michelis L.P.Touratzidis B.G.Loumos	Database use for geotechnical studies related to ancient structures Utilisation de bases de données pour étude géotechnique des constructions anciennes	575