

Contrôle de la stabilité d'un mur de soutènement

Autor(en): **Miserez, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mensuration, photogrammétrie, génie rural**

Band (Jahr): **73-F (1975)**

Heft 3-4: **Prof. Dr. F. Kobold zum 70. Geburtstag**

PDF erstellt am: **11.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-227535>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Auf den Beobachtungsstandpunkten betrug der mittlere Richtungsfehler $\pm 2,4^{\circ}$. Die Abweichungen gegenüber den Anschlussrichtungen zu den festen Zielmarken betragen rund $\pm 5^{\circ}$, so dass bei der koordinatenmässigen Bestimmung der Zielmarken an den südlichen Chorhallenpfeilern eine Unsicherheit von $\pm 0,4$ mm auftreten kann. Berücksichtigt man noch die Zentrierungsunsicherheit von $\pm 0,6$ mm, so erhält man für einen Zielpunkt eine mittlere Lageunsicherheit von etwa ± 1 mm.

5. Schlussbetrachtung

Auf die Zusammenhänge zwischen Architektur und Denkmalpflege, Geodäsie und Photogrammetrie kann 1975, im Jahre der Denkmalpflege, nicht genug hingewiesen werden. Eine intensive Zusammenarbeit dieser Disziplinen ist immer von Nutzen und daher erforderlich.

Wesentlich ist, dass bei einem Bauwerk, bei dem Schäden und Bewegungen aufgetreten sind, Messungen angeordnet werden, um die räumlichen Verschiebungs-

komponenten für eine etwa erforderliche Sanierung feststellen zu können.

Die Verpflichtung, durch Messungen Zahlenangaben über die Grössenordnung der Verschiebungen zu erhalten, ist um so grösser, wenn es sich – wie bei der gotischen Chorhalle des Aachener Domes – um eine bautechnisch und kulturgeschichtlich wertvolle Anlage handelt.

Literatur

- [1] *Eidherr, F.*: «Neuartige Stabilisierung von Polygonpunkten», Österreich. Zeitschrift für Vermessungswesen, 1962, S. 96.
- [2] *Löschner, Berling, Foramitti*: «Architekturphotogrammetrie – Denkmalpflege – Kulturgüterschutz», Veröffentlichung des Geodät. Institutes der RWTH Aachen, 1972, Nr. 22.

Adresse des Verfassers

o. Prof. Dr. techn. F. Löschner, Geodätisches Institut der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen

Contrôle de la stabilité d'un mur de soutènement

A. Miserez, Lausanne

Introduction

Entre Puidoux et Palézieux-Gare, la voie ferrée CFF Lausanne–Berne longe le flanc nord-ouest du Mont Pélerin. De part et d'autre du kilomètre 18, elle traverse, dans le Bois de Granges FR, une région particulièrement instable et les problèmes de consolidation et de contrôle des voies préoccupent depuis fort longtemps la Direction des Travaux du 1er Arrondissement des Chemins de Fer Fédéraux.

A la fin du siècle dernier, dès la mise en exploitation de la simple voie, des mouvements du remblai se manifestent. Lors de la construction de la double voie, de 1901 à 1903, à cause du délai de mise en service et de l'opposition du propriétaire des terrains situés à l'aval, il n'est pas possible de réaliser les travaux d'assainissement projetés en 1900 déjà. On peut tout de même exécuter des saignées d'assainissement, prolongées sous les voies par des galeries excavées jusqu'au rocher et remplies de blocs de pierre. Ces tranchées s'étendent jusqu'en limite de la propriété des CFF, environ 20–30 mètres à l'aval des voies.

Malgré d'autres travaux entrepris jusqu'en 1915 (prolongement des tranchées, nouveaux drainages, éperons en maillons), on constate de perpétuels mouvements nécessitant très souvent la correction des voies. Entre mars et fin juin 1939, par exemple, on détermine au kilomètre 18.200 un déplacement latéral des voies de 3,5 centimètres. La vitesse des trains est limitée et les interventions des équipes de la voie sont fréquentes. De nouveaux assainissements importants sont exécutés en 1940–1941 sur une partie de la zone instable et l'effica-

cité de ces travaux semble bonne selon les observations faites sur place pendant les quelques années qui ont suivi.

En 1946, une demande de crédit pour consolider un nouveau secteur est refusée par la Direction Générale des CFF qui exige un complément des mesures de nivellement, puis repousse les travaux d'année en année.

Dès 1952, des mesures de déformations plus importantes sont entreprises par le bureau des géomètres du 1er Arrondissement. Le relevé d'une série de repères placés près de la voie avale permet de déceler au kilomètre 17.700, entre avril 1952 et juillet 1958, un déplacement maximum vers l'aval de 41 cm et un tassement de 31 cm.

Des travaux de correction des voies n'ont pas cessé d'être exécutés jusqu'en 1972, mais aucun ouvrage de stabilisation ou d'assainissement n'a été construit durant cette dernière période.

En décembre 1970, un bureau d'ingénieurs genevois est chargé de l'étude de plusieurs zones instables de la ligne Lausanne–Berne, de la traversée du Bois de Granges en particulier. Des forages sont exécutés de part et d'autre des voies et les mesures de la déformation des forages, à l'aide de l'appareil *Télécline*, permettent de déceler

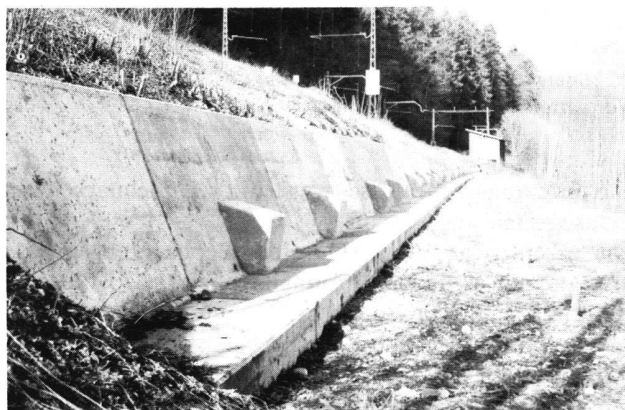


Figure 1 Le mur de soutènement avec les têtes d'ancrage

l'épaisseur des masses en mouvement et de localiser les plans de rupture en profondeur. A la suite de ces études, le bureau mandaté présente, en août 1972, un projet de consolidation de la voie sur le tronçon le plus instable (kilomètre 17.670–kilomètre 17.770). Un mur de soutènement, supporté par des pieux et ancré dans la roche en place à l'aide de câbles, est alors construit en 1973–1974.



Figure 2 Vue depuis le point de référence No 1

Contrôle de la stabilité du mur

Pour contrôler la stabilité du mur construit, le bureau d'ingénieurs, auteur du projet, et la Direction des Travaux du 1er Arrondissement ont décidé de faire exécuter des mesures de déformation pour s'assurer de l'efficacité des travaux entrepris.

Le bureau d'ingénieurs s'est chargé de l'exécution de mesures clinométriques, tandis que des mesures géodésiques ont été partagées entre le bureau des géomètres du 1er Arrondissement et l'Institut de Géodésie et Mensuration de l'EPFL.

Les géomètres des CFF s'occupent du nivellement géométrique de repères scellés sur le mur de soutènement ou placés dans le talus qui supporte les voies, ainsi que du contrôle de la déformation «relative» du mur ou du remblai par mesure d'alignement. La tâche de notre Institut est de déterminer le déplacement «absolu» des deux extrémités du mur et de trois points du talus situés en dehors de la zone consolidée.

Nous rapportons dans cet article uniquement sur les mesures faites par l'Institut de l'EPFL.

Points de référence et points à contrôler

Un premier problème difficile à résoudre (cela arrive souvent dans ce genre de travail) fut de trouver, à proximité du mur à contrôler, des endroits a priori stables où l'on puisse implanter des points de référence. Suivant les conseils du géotechnicien, nous avons opté pour les abords du Corbéron. Ce petit cours d'eau coule à 100–150 mètres au nord de la ligne de chemin de fer et à une vingtaine de mètres en contrebas. Près du ruisseau, le terrain naturel est plat et la molasse à faible profondeur. Nous avons repéré quatre points de référence par des chevilles à trou scellées dans des tuyaux en ciment remplis de béton et fondés sur la molasse. Nous avons aussi planté trois gros piquets de bois dans le sol rela-

tivement mou autour de chacun des quatre points de référence. Sur ces piquets, les trépieds sont restés particulièrement stables; un contrôle du centrage après les mesures, avec le plomb optique, n'a pas montré de déplacement appréciable.

Les points à contrôler ont aussi été repérés par des chevilles scellées vers les deux extrémités de la semelle du mur de soutènement ou dans trois tuyaux en ciment pleins de béton et enfoncés dans le remblai de la voie.

Réseau

Toutes les visées entre les différents points de référence et entre les points à contrôler ne sont évidemment pas possibles. Il s'est même avéré difficile de construire un réseau bien structuré. Une ferme et des arbres ou buissons empêchent de nombreuses visées. L'implantation d'un point complémentaire (no 10) a permis d'assurer une liaison convenable entre les points de référence, la visée 5–6 étant malheureusement impossible.

En ne procédant qu'à des mesures de directions, la structure du réseau ne garantit pas une précision suffisante sur la position des points. Nous avons donc mesuré également toutes les distances de façon à obtenir un haut degré de surdétermination et pourvoir mettre en évidence le déplacement éventuel d'un des points de référence.

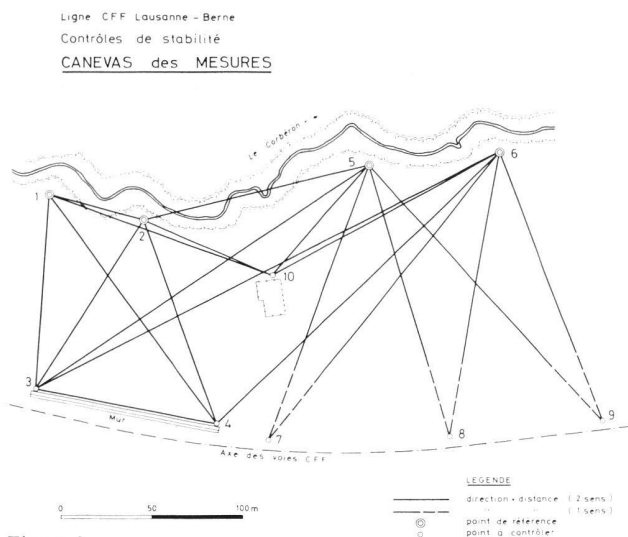


Figure 3

Mesures

Les mesures, faites en centrage forcé, ont nécessité une journée de travail pour une équipe composée d'un ingénieur, d'un secrétaire et d'un aide. Après avoir mis en place un trépied sur chacun des dix points et centré avec soin des embases Wild GDF 4 avec le plomb optique ZBL, nous avons effectué les mesures avec un équipement T2/DI3. Pour les directions horizontales, deux séries complètes ont été observées, tandis que les angles verticaux (qui ne servent qu'à la réduction des distances) n'étaient lus que dans une position de la lunette. Les réflecteurs GDR 31 avec leurs petits voyants jaunes sont pratiques à viser et ont permis des pointés précis. Avec le DI 3, nous avons fait deux ou trois mesures pour chaque distance sans introduire de facteur

d'échelle, puis réduit au bureau, avec un ordinateur de table, les distances mesurées sur la base de l'angle vertical, de la température et de la pression relevés en chaque station. A propos des distances, signalons encore que sur les vingt côtés du réseau, quatorze sont mesurés dans les deux sens. La moyenne des écarts, calculée sur 84 mesures doubles de distances comprises entre 63 mètres et 277 mètres, est de 6,2 mm, alors que l'écart maximum atteint par deux fois 17 mm!

Compensation

L'ensemble des mesures (directions et distances) a été compensé par la méthode des observations médiates comme réseau libre avec un point et une direction fixes. Ce réseau, composé de 10 points dont sept stations avec au total 34 directions et 20 distances, comprend ainsi 24 inconnues et 30 mesures surabondantes. Pour les six états mesurés entre avril 1974 et mai 1975, la moyenne quadratique des erreurs résiduelles varie

pour les directions de $\pm 2,5''$ à $\pm 4,8''$
et pour les distances de $\pm 3,1$ mm à $\pm 5,4$ mm

Après compensation, les coordonnées de tous les points calculés sont ajustées par transformation de Helmert sur les coordonnées initiales des quatre points de référence. Les écarts résiduels de la transformation sur ces quatre points ne dépassent pas 2 mm pour cinq ajustages successifs et permettent de conclure, avec bonne probabilité, que les repères de référence sont restés fixes.

Pour les points à contrôler, les erreurs moyennes de position, par rapport aux points de référence, atteignent les valeurs suivantes:

Repères 3 et 4 (mur) ± 2 mm à ± 4 mm
Repères 7, 8 et 9 (remblai) ± 4 mm à ± 7 mm

Déplacements

Les différences de coordonnées pour les repères 3 et 4 scellés dans la semelle du mur de soutènement n'ont atteint que 4 mm et 3 mm en une année. Ces différences sont du même ordre de grandeur que les erreurs

moyennes à craindre et ne permettent pas de conclure à un mouvement réel du mur. Remarquons toutefois que ces déplacements possibles vers l'amont (tassements dus à l'action des câbles d'ancrage) sont confirmés en grandeur et en direction par les mesures clinométriques. Notons enfin que, d'après les mesures effectuées par les CFF, la déformation «relative» du mur varie de 1 mm à 4 mm et que le nivellement de neuf repères scellés sur le mur fait apparaître des tassements de 2 mm à 5 mm.

Pour les repères 7, 8 et 9 implantés dans le remblai, les différences de coordonnées entre l'état initial et le dernier état observé traduisent des déplacements vers l'aval de respectivement 14 mm, 6 mm et 10 mm. Ces valeurs, qui atteignent approximativement le double de l'erreur moyenne de position, semblent aussi confirmer que le remblai continue à glisser vers l'aval dans la zone où il n'est pas retenu par le mur de soutènement. Ce mouvement est également mis en évidence par le nivellement de ces trois repères qui accusent des tassements de 5 mm à 8 mm.

Conclusion

Les mesures effectuées pour la détermination du déplacement «absolu» du mur de soutènement et des repères implantés dans le remblai des voies ferrées conduisent à des résultats très plausibles. Etant donné la structure du réseau, les distances mesurées avec le Distomat DI 3 sont suffisamment précises pour apporter une garantie supplémentaire dans un travail aussi délicat. La Direction des Travaux du 1er Arrondissement des CFF souhaitait connaître les déplacements des repères avec une précision de ± 1 cm. Le réseau mis en place et les mesures effectuées permettent de répondre à cette exigence.

Adresse des Verfassers

Professeur A. Miserez, Institut de Géodésie et Mensuration,
Ecole polytechnique fédérale, Av. de Cour 33, 1006 Lausanne