

# Fondations sur pilotis en terrain soumis à des affaissements miniers

E. RAUSCH, Kettwig (Ruhr)

Traduit de « Glückauf » du 22 décembre 1951 par L. D.

Quand le terrain de fondation se trouve à une profondeur de plusieurs mètres sous la surface du sol, une fondation sur pilotis peut être plus économique qu'une fondation reposant immédiatement sur le terrain solide. Le cas peut se présenter dans les régions minières ayant subi de forts affaissements et où le niveau du sol a été maintenu grâce à de forts remblais de matières meubles. Lors de l'établissement d'un nouveau bâtiment, il faut traverser ces terres rapportées. A partir d'une épaisseur de 4 mètres, on peut estimer qu'une fondation sur pilotis sera la moins coûteuse. Mais en terrain soumis à des affaissements miniers se pose la question de la sollicitation des pieux par suite des mouvements horizontaux des couches superficielles, et partant des mesures de construction à appliquer pour prévenir les dégâts des pieux qui pourraient endommager toute la fondation.

Dans les « Principes pour la construction en terrains influencés par les exploitations souterraines » (1), on impose l'intercalation d'une surface de glissement (fig. 1) entre la tête des pieux et le bâtiment. Grâce à ce joint, il est possible que les pieux soient tirés latéralement sans grande résistance par les effets d'étirement ou de compression

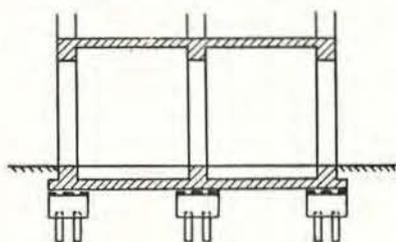


Fig. 1. — Séparation de la fondation sur pilotis et de la base du bâtiment par un joint de glissement.

sous la construction maintenue elle-même horizontale par une dalle résistante à l'extension; autrement dit, que les pieux soient entraînés sans dom-

mage dans les mouvements positifs ou négatifs des terrains.

Pour atteindre ce résultat, il faut que la surface de joint présente un très faible frottement; on pourrait imaginer par exemple des plaques de tôle avec enduits de graphite. De toute façon, il faut connaître l'angle de frottement ( $\rho$ ) pour en déduire les forces de frottement et les contraintes en résultant pour les pieux. Il semble très difficile de maintenir d'une façon durable un faible frottement. A la longue, les joints enfouis et incontrôlables peuvent gripper sous l'effet des charges de sorte que le glissement sous l'effet des forces horizontales ait à vaincre une résistance énorme ou même ne se fasse plus; par conséquent, les têtes des pieux seront alors soumises à une force horizontale intense. Si l'on constitue le joint de glissement par du carton, comme il paraît normal, alors le coefficient de frottement est dès le début trop élevé pour obtenir le glissement sans grande résistance que l'on a en vue. Si l'on veut procéder sûrement, on doit compter, d'après le schéma de la figure 1, sur un coefficient de frottement de  $2/3$ , le même qu'entre la fondation et le terrain ferme. En cas de compression ou d'extension, on doit donc compter que la force agissant entre la dalle et la tête des pieux aura pour valeur  $H = 2/3P$ . Le pieu en lui-même n'a pas grande résistance et il est visible sans autre calcul qu'il ne résistera pas à une force horizontale égale aux  $2/3$  de sa charge verticale. Si les efforts d'extension ou de compression vont en croissant, il en est de même de la résistance de frottement tant qu'il n'y a pas de glissement. Ainsi, il faut admettre, toujours dans la disposition de la figure 1, que le maximum à prévoir pour la force horizontale est  $H = 2/3 P$ . Mais, comme on va le démontrer, cette hypothèse est inadmissible, parce que la contrainte dans les pieux est déjà trop grande bien avant qu'on atteigne cette valeur maximum. Il se fait donc qu'il n'y a pas de glissement et que ce système de joint est inefficace.

Voyons donc comment travaillent les pieux dont la tête est solidaire de la dalle de base. L'effet est évidemment le même que celui d'une force hori-

(1) Wedler et Luekens: « Richtlinien für die Ausführung von Bauten im Einflussbereich untertägigen Bergbaus ». - Berlin, Ed. Lipfert, 1948.

zontale agissant sur la tête du pieu dans un sol meuble (fig. 2). Cette force H fait naître des réactions réparties sur toute la longueur.

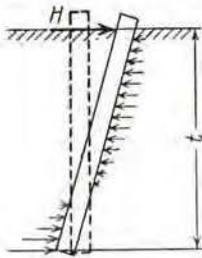


Fig. 2. — Force horizontale appliquée à la tête du pieu et réactions dans le terrain.

L'auteur fait à ce sujet une hypothèse purement théorique. Il admet que ces réactions sont de deux sortes, l'une proportionnelle à la profondeur, l'autre nulle à la surface et au fond et ayant son maximum au milieu. Le moment de flexion maximum se situerait à 0,42 t et aurait pour valeur  $M = 0,25 Ht$  (\*).

D'après les Principes cités ci-dessus, il faut compter que l'extension ou la contraction dans le terrain peut atteindre 1 %. Si donc un pieu se trouve à la distance a d'un point fixe, le sol pourrait glisser de a : 100. L'effet de ce glissement sur le pieu sera le même que si l'on forçait la tête du pieu à se déplacer latéralement de la même quantité, le terrain restant inchangé. Il faut donc appliquer à la tête du pieu une certaine force horizontale H et il faut déterminer l'intensité de cette force en fonction du glissement; elle dépend de la nature du sol et de la longueur du pieu. On peut y arriver par le dispositif d'essai (fig. 3) qui n'est pas trop dispendieux. Deux pieux sont enfoncés verticalement à une courte distance et on intercale

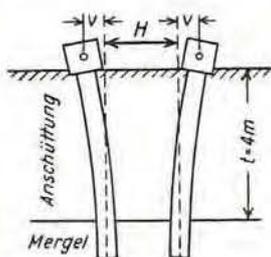


Fig. 3. — Dispositif d'essai pour déterminer la relation entre le déplacement v et la force H.

entre leurs têtes un vérin horizontal. On mesure la pression et les écartements correspondants. Puisque cette force H s'exerce par le moyen de la dalle armée, on a en même temps les éléments nécessaires pour calculer les efforts de tension dans les barres

(2) Il est très difficile de se représenter à quelle réalité physique correspond une telle répartition et comment la partie inférieure du pieu encastrée dans la marne ne serait pas le siège d'une réaction ou d'un moment d'encastrement contribuant à équilibrer H (Note du traducteur).

de l'armature. Les efforts de la dalle sur le pieu vont en diminuant à mesure qu'on s'écarte du point fixe. D'après la manière dont les deux pieux d'essai s'écartent, on peut, en creusant entre les pieux et en maintenant la force H appliquée, arriver à supputer le plus grand écartement que le pieu pourrait encore supporter. D'après cela, on déterminera la distance entre les joints de glissement du bâtiment. Par exemple, si le pieu ne peut supporter qu'un déplacement de 10 cm à la tête, le point fixe, c'est-à-dire le milieu du bâtiment, ne doit pas se trouver à plus de 10 m et la distance entre les joints ne doit pas dépasser 20 m.

L'auteur a été chargé d'étudier un projet de fondations pour un bâtiment du charbonnage Ewald-König Ludwig, à Herten. A la surface du sol se trouve une épaisseur de 4 m de terrains rapportés reposant sur la marne compacte. Une fondation sur pilotis a été trouvée la plus économique. Une fondation directement sur le remblai a paru peu appropriée à cause des inégalités de tassement probable et de la très forte dépense en acier qui aurait été nécessaire dans les larges fondations.

On a procédé à un essai d'après le schéma fig. 3. Pour se rapprocher des conditions pratiques, on a en outre fait porter sur les pieux une charge verticale de 20 t. Le résultat de l'essai est représenté par le diagramme fig. 4. La loi qui relie les déplacements à la force est parabolique et s'exprime par  $H = \sqrt{50v}$  (v en cm et H en t).

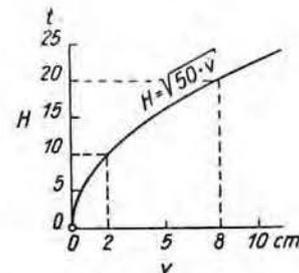


Fig. 4. — Diagramme de H en fonction de v d'après l'essai n° 5.

Pour un écart de la tête du pieu de 2 cm,  $H = 10$  t et le moment de flexion calculé aurait été de 10,4 tm. A ce moment correspondrait la limite d'élasticité des barres de l'armature. Puisque, à partir de cette limite, le moment de flexion ne peut plus s'accroître, H devrait aussi rester constante. Mais en poursuivant l'essai, on a constaté que H continue à croître. Il en résulte que la répartition des réactions dans le sol n'est pas celle admise dans le diagramme (fig. 2) (\*) et que la résultante de ces réactions se rapproche de la surface. Pour un écart des pieux de 8 cm et  $H = 20$  t, on a constaté dans les deux faces rapprochées des pieux de nombreuses fissures se suivant à 25 cm d'intervalle et ayant une ouverture de 1 mm.

(5) Cette remarque vient à l'appui des réserves exprimées par le traducteur dans sa note, précédente.

La fondation sur pilotis d'une partie du bâtiment comprise entre deux plans de jeu est représentée fig. 5 et 6. La distance des lignes d'appui est de 5 m

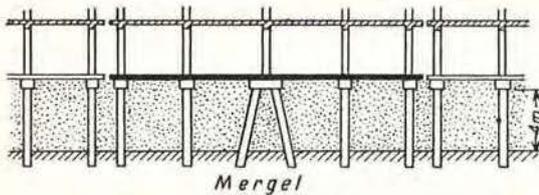


Fig. 5. — Coupe verticale suivant une ligne de pilotis.

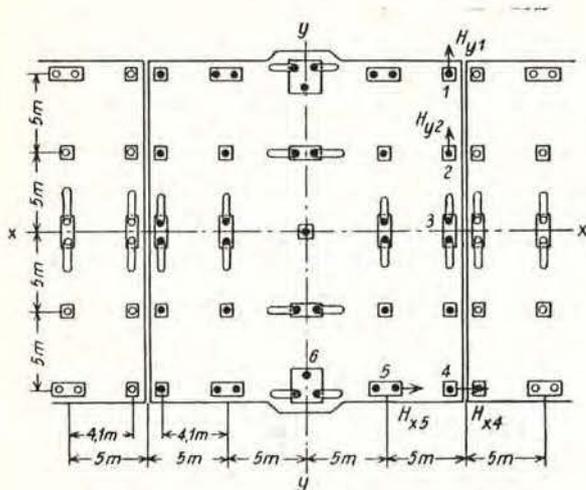


Fig. 6. — Plans de la fondation sur pieux d'une section du bâtiment.

d'axe en axe dans les deux sens. Aux limites des sections, les pieux sont doublés. Les têtes traversent la dalle armée qui sert de pavement aux caves, et supporte une charge en matériel, repose directement sur le sol naturel et ne charge pas la tête des pieux. Cette dalle peut suivre les tassements du sol indépendamment des pilotis. En direction horizontale, elle relie toutes les têtes des pieux.

Les 4 tréteaux de pieux placés suivant l'axe X maintiennent le milieu de la dalle fixe dans le sens Y. Pareillement, la dalle est maintenue fixe dans la direction X par les 4 tréteaux alignés suivant l'axe Y. La plus grande distance entre le centre et le pieu extrême n° 1 est de 10 mètres. En cas d'extension,

ces pieux peuvent donc subir un déplacement de 10 cm, ce qui d'après le diagramme n° 5 provoquerait une poussée  $H_{y1}$  de 22,3 t. Le déplacement du pieu n° 2 ne serait que la moitié et la poussée serait de  $H_{y2} = 15,2$  t. La poussée entre les têtes 2 et 3 se monte à  $H_{y1} + H_{y2}$ . C'est pour cette valeur qu'il faut proportionner l'armature de la dalle dans le sens Y. De la même manière, on calcule les efforts dans le sens X. Pour le pieu n° 4 à 9,10 m de distance, on trouve  $H_{x4} = 21,3$  t et pour le n° 5,  $H_{x5} = 2 \times 15,7 = 31,4$  et par suite entre les têtes des pieux 5 et 6 : un effort  $H_{x4}$  et  $H_{x5}$ . Ces efforts déterminent les dimensions des armatures dans le sens X. Ces tensions sont sans aucun doute moindres que les  $\frac{2}{3}$  des charges verticales.

Puisque la dalle maintient les pieux dans le sens horizontal, il est possible de placer aussi des pieux isolés si leur forme portante est suffisante. On arrive ainsi à réduire au minimum le nombre total des pieux de fondations, d'autant plus qu'ils n'ont pas à porter la dalle de base.

D'après l'essai, un déplacement de 10 cm de la tête des pieux a pour conséquence des détériorations sensibles. Mais ce glissement de 1% est une hypothèse extrême et d'ordinaire on ne dépassera pas la moitié, soit 5 cm. De plus, on intercale entre les têtes et la dalle un joint de bitume de 2 cm d'épaisseur, ce qui permet au pieu un déplacement relatif par rapport à la dalle d'environ 2 cm et réduit le déplacement par la dalle à 3 cm. La limite élastique par tension des barres d'armature des pieux ne sera donc pas dépassée lors de la flexion. Mais il faut compter en outre sur les contraintes dues aux charges verticales, de sorte que l'on reste tout juste sous la limite comme l'exigent les *Principes à suivre en terrain soumis à des affaissements miniers*.

Les valeurs numériques indiquées dans cet article n'ont évidemment de valeur que pour ce cas particulier et elles sont données à titre d'exemple. Comme on l'a fait observer, les forces de pression ou de tension agissant sur la tête des pieux dépendent essentiellement de la nature du sol, de la longueur et de l'espèce des pieux; tant qu'on ne possède pas de données plus nombreuses, il conviendra, dans des cas d'espèce, de procéder à des essais du genre *proposé au schéma n° 5*.