

Dynamische Intensivverdichtung (DYNIV): eine Methode zur Verdichtung mächtiger Baugrundsichten

Autor(en): **Meier, Peter / Studer, Jost**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **103 (1985)**

Heft 30/31

PDF erstellt am: **15.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-75853>

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.

Dynamische Intensivverdichtung (DYNIV)

eine Methode zur Verdichtung mächtiger Baugrundsichten

Von Peter Meier und Jost Studer, Zürich

Die Autoren beschreiben eine Methode zur Verdichtung mächtiger Baugrundsichten. Bei dieser dynamischen Intensivverdichtung (DYNIV) werden Gewichtsteine von bis zu 200 t mit Kranen in Höhen bis zu 40 m gehoben und fallen gelassen. Nach dem Kenntnisstand werden das Verfahren und die Vorgänge im Baugrund beschrieben. Abschliessend wird der Eignungsbereich dieses patentierten Verfahrens genannt.

Einleitung

Die «Dynamische Intensivverdichtung» (DYNIV) ist eine spektakuläre Methode zur Verdichtung mächtiger Baugrundsichten. Bei ihr werden Gewichtsteine von bis zu 200 t mit Kranen in Höhen bis zu 40 m gehoben und auf die Bodenoberfläche fallen gelassen. Die Methode ist patentiert und darf nur von der französischen Firma Techniques Louis Ménard und ihren Lizenznehmern angewandt werden.

Die DYNIV entwickelte sich um 1970, als Ménard in Frankreich verschiedene Grundstücke für Überbauungen vorzubereiten hatte. Der Baugrund bestand zum Teil aus Aufschwemmungen, die bei der Landgewinnung aus dem Meer entstanden waren, und zum Teil aus

Schutt- und Mülldeponien. Beflügelt durch die Erfolge in der praktischen Anwendung wählte Ménard immer schwerere Fallgewichte und immer höhere Krane. 1970 und 1972 folgten die Patentanmeldungen.

Im Unterschied zu konventionellen Verdichtungsmethoden, bei denen der Baugrund durch Auflasten oder mit Hilfe von Verdichtungsgeräten verdichtet wird, erfolgt bei der DYNIV eine Konsolidation hauptsächlich unter dem Eigengewicht des Bodens. Die Schlagwirkung erzielt nur in den obersten Schichten (etwa bis zu einer Tiefe von 3 m) des Baugrundes eine direkte Verdichtung. In den tiefergelegenen Schichten (bis etwa 20 m) folgt die Konsolidation nach der Bearbeitung, wenn also die Belastung (Geräte) wieder entfernt wurde.

Kenntnisstand und Wirtschaftlichkeit

Das Wissen über die DYNIV, speziell über die Erfolgsaussichten und die Wirtschaftlichkeit der Anwendung bei konkreten Bauvorhaben, ist wenig verbreitet, einerseits wegen der Patentierung, andererseits wegen der Unkonventionalität der Vorgänge. Die Autoren erhielten deshalb im Rahmen der Strassenbauforschung vom Eidgenössischen Departement des Innern den Auftrag, die Grundlagen zur Beurteilung der Erfolgchancen einer DYNIV-Anwendung zu erarbeiten. Diese Arbeiten fanden mit dem Bericht Nr. 64 des Bundesamtes für Strassenbau «Dynamische Intensivverdichtung» ihr vorläufiges Ende. Zusammenfassend werden folgende Schlussfolgerungen gezogen:

- Die Vorgänge, die bei der DYNIV im Baugrund ablaufen, sind verständlich und passen in das bekannte Gerüst der klassischen bodenmechanischen Theorien.
- Wichtige Teilvorgänge entziehen sich aber den heutigen Berechnungsmöglichkeiten, da wegen der extremen Verhältnisse die notwendigen bodenmechanischen Kennwerte unbekannt bzw. noch unerforscht sind.
- Es wird empfohlen, dass eine öffentliche Stelle systematisch Erfahrungen auf Baustellen in Form von Daten über die DYNIV sammelt, damit der Baupraxis die notwendigen Grundlagen unabhängig vom Unternehmer für eine Eignungsbeurteilung zur Verfügung gestellt werden können.

Bild 1. Schematische Darstellung der Bearbeitung mit DYNIV

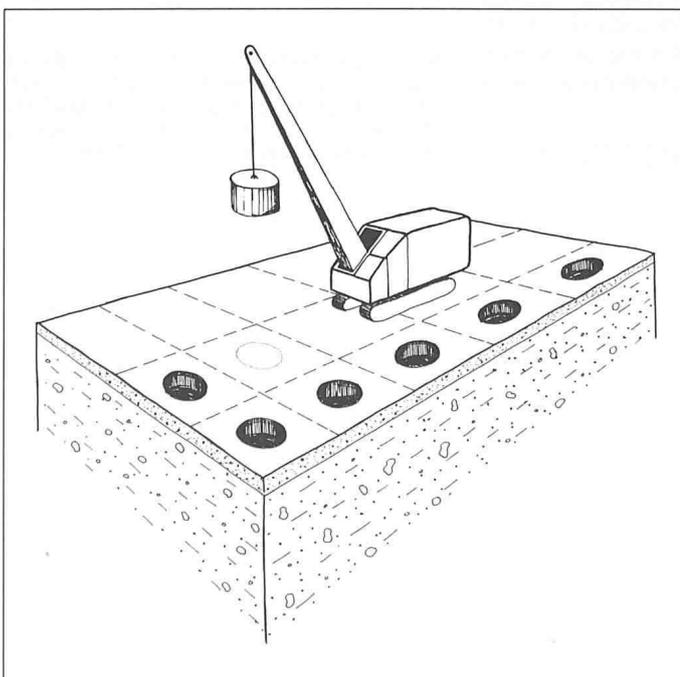
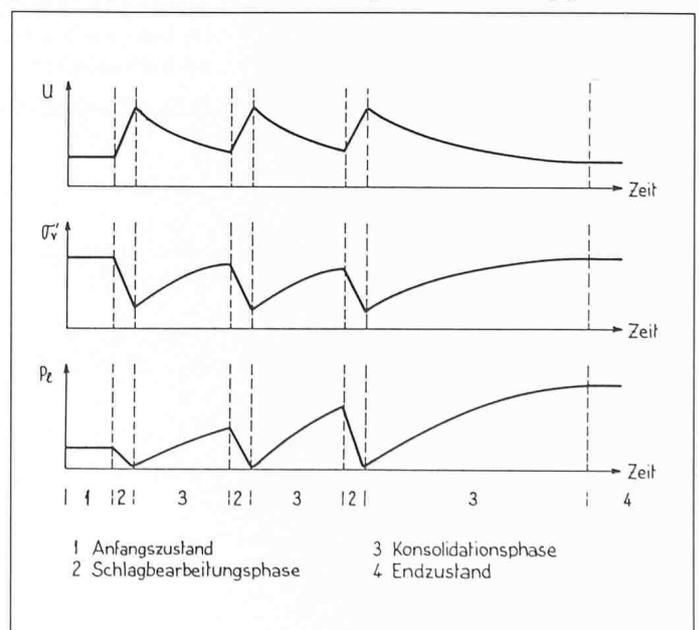


Bild 2. Entwicklung der Porenwasserspannung u , der effektiven Vertikalspannung σ'_v und der horizontalen Tragfähigkeit p_t (Pressiometer-Grenzwert) im Baugrund bei dynamischer Intensivverdichtung mit drei Bearbeitungsphasen.



Verfahren

Die DYNIV findet zur Verdichtung grosser Areale mit mittel- bis grobkörnigem Baugrund Anwendung. Wegen der hohen Installationskosten, bedingt durch die grossen Geräte, kommt sie bei kleineren Baustellen kaum in Betracht. Zur Vorbereitung wird das zu verdichtende Areal mit einer etwa 1 m dicken Kiesschicht überschüttet, damit auf dieser Unterlage schwere Geräte verkehren können.

In einer ersten Etappe werden im Zentrum von schachbrettartigen Feldern durch Serien von 3 bis 7 Aufschlägen mit dem Fallgewicht etwa 1 m tiefe Krater erzeugt (Bild 1). Bei dieser Behandlung wird ein grosser Teil des Untergrunds nahezu verflüssigt, d. h. es werden hohe Porenwasserdrücke erzeugt und damit die Korn-zu-Korn-Drücke (effektive Spannungen) stark verringert. In der Folge stellt sich eine erwünschte Konsolidation des Untergrunds ein.

Nach einer Ruheperiode von einigen Wochen bis Monaten wird die Oberfläche planiert und die Behandlung mit dem Fallgewicht wiederholt. Hierbei werden die Schachbrettfelder versetzt, so dass die neuen Schlagtrichter zwischen den früheren zu liegen kommen.

Vorgänge im Baugrund

Diese Behandlung führt im Baugrund zu den im folgenden beschriebenen Vorgängen. Bei den Aufschlägen des Fallgewichts wird die Bodensäule unter dem Schlagtrichter komprimiert. Dies ist möglich, da auch unter dem Grundwasserspiegel stets ein kleiner Rest Porenluft im Boden enthalten ist. Falls das Material locker gelagert ist, wird es durch die Erschütterungen verflüssigt. Dieses Phänomen ist vom Erdbebeningenieurwesen her bekannt. Die Verflüs-

sigung führt zu einer Setzung des Bodens, die vom im Boden enthaltenen Wasser behindert wird. Das Wasser wird unter dem Eigengewicht des Bodens ausgetrieben. Dies ist eine Konsolidation, die wegen der hohen Porenwasserdrücke (Druckgradienten) sehr heftige Strömungen hervorrufen kann. Auf einigen Baustellen wurden sogar geysirartige Wasseraustritte beobachtet.

In Bild 2 sind die Spannungen im Untergrund als Funktion der Zeit dargestellt. Während der Schlagbearbeitung nehmen die Porenwasserdrücke rasch zu, und die effektiven Vertikalspannungen nehmen entsprechend ab. In der Konsolidationsphase werden die Porenwasserdrücke wieder abgebaut, und die effektiven Vertikalspannungen nehmen zu. Im untersten Diagramm ist die Entwicklung der horizontalen Tragfähigkeit, wie sie mit dem Pressiometer gemessen wird, dargestellt.

Die Effektivität der DYNIV ist um so grösser, je mehr Wasser pro Bearbeitungszyklus ausgetrieben werden kann. Dies setzt voraus, dass möglichst grosse Setzungen (gemittelt über das ganze Gelände, nicht im Schlagtrichter gemessen) pro Passe entstehen und dass die Konsolidation in kurzer Zeit (Wochen, eventuell wenige Monate) sehr weit fortschreitet. Die Konsolidationszeit entspricht aber nicht bei allen Böden der normalerweise berechneten Konsolidationszeit, da in günstigen Fällen zusätzliche Effekte das Abströmen des Wassers begünstigen. So entstehen bei geeigneten Böden in der Umgebung der Schlagtrichter vertikale Bruchflächen, die als bevorzugte Drainagekanäle wirken. Darüber hinaus ergeben sich bei Verflüssigung so hohe Porenwasserdruck-Gradienten, dass die Nichtlinearität des Gesetzes von Darcy bei fein- bis mittelkörnigen Böden (Silt) von Bedeutung ist. Eine Erhöhung des k -Wertes um eine bis drei Zehnerpotenzen ist deshalb möglich.

Eine weitere Stärke der DYNIV liegt in

der Verdichtung von schutthaltigen Böden. Wegen der enormen Schlagenergie können selbst Fundamentreste im Untergrund zerstört werden. Damit ist es möglich, durch Brückenbildung entstandene Hohlräume zu schliessen.

Eignungsbereich

Aus den erwähnten Eigenheiten der DYNIV lässt sich das Einsatzgebiet grob abgrenzen:

- nur für grosse Areale wirtschaftlich,
- sehr gut geeignet für schutthaltige Böden,
- sehr gut geeignet für locker gelagerte mittel- bis grobkörnige, nichtbindige Böden (z. B. Flussdeltas),
- teilweise geeignet für fein- bis mittelkörnige, locker gelagerte Böden,
- ungeeignet für stark bindige oder relativ dicht gelagerte Böden.

Eine ausführliche Literaturreferenzliste befindet sich in Meier, P.; Studer, J.: Dynamische Intensivverdichtung, Forschungsbericht Nr. 64 des Eidgenössischen Departements des Innern, Bundesamt für Strassenbau (Juni 1983)

Adresse der Verfasser: P. Meier, dipl. Bauing. ETH/SIA, und J. Studer, Dr. sc. techn., c/o GSS Glauser Studer Stüssi, Ingenieure SIA/ASIC AG, Witikonstrasse 15, 8032 Zürich, vormals Institut für Grundbau und Bodenmechanik ETHZ.