Odpowiedź na zapytanie do zamówienia Z-4/1/2014/PNT Budowa hali montażowo-magazynowej z instalacją.

Kolumny kamienne wykonywane za pomocą wibroflota wykonywane są w Polsce od roku 1968. Prekursorem wykonawstwa było Katowickie Przedsiębiorstwo Budownictwa Przemysłowego nr 1. Przedsiębiorstwo to wykonywało kolumny kamienne za pomocą wibroflota typu ZWZ 63 A. Za pomocą tego typu wibroflota kolumny były wytwarzane na mokro. Ponieważ w latach późniejszych były problemy z odprowadzaniem zużytej wody zakupiono wibroflot chłodzony olejem o mocy 130 kW i wibracją wytwarzaną w osi flota. Za pomocą tego typu wibroflota otwór w podłożu wykonuje się na sucho. Za pomocą tego urządzenia w nasypach mineralnych uzyskiwano nośność kolumny dochodzącą do 700 kN, a więc jak pale żelbetowe. Przemysłówka do chwili upadłości wykonała wzmocnienia podłoża kolumnami na około 300 budowach i w żadnym przypadku nie wystąpiły problemy z nośnością wzmocnionego podłoża. Wykonanie tego typu kolumn przejęła firma Transport Towarowo-Mechaniczny Piórowski Julian z Tychów. Firma ta odkupiła wymieniony wyżej wibroflot i przejęła pracowników z wieloletnim doświadczeniem. Technologie wymienione w zapytaniu pojawiły się w późniejszym terminie, wzmocnienie podłoża metodą udarową zastosował w Polsce prof. Maciej Gryczmański w Opolu przy wzmocnieniu podłoża pod Wojskowy Szpital z Przychodnią Zdrowia. Kolumny kamienne upowszechnił również prof. M. Gryczmański, a autor projektu pracował w Jego zespole. Metoda wykonywania kolumn żwirowych za pomocą wibratora śluzowego upowszechniła w Polsce w późniejszym okresie firma Keller. Kolumny te mają niższą nośność oraz średnicę. Projekt wzmocnienia podłoża został wykonany w uwzględnieniu tego typu kolumn gwarantujących średnicę nie mniejszą niż 80 cm oraz kącie tarcia wewnętrznego materiału wynoszące co najmniej 40°.

W załączeniu ksero publikacji omawiającej metodę wykonania kolumn kamiennych.

mgr inż. Marian Byrski
specjalista geotechnik
45-714 Opole, ul. Licealna 2/9
Certyfikat Polskiego Komitetu
Geotechniki nr 0169

$$m \le \mathrm{tg}^2\left(45^\circ + \frac{\phi_p}{2}\right)\left(1 + \frac{c_g}{\sigma_g}\right) \tag{3.16}$$

Współczynnik m powinien spełniać warunek

$$\mathrm{tg}^2\left(45 + \frac{\phi_p'}{2}\right) \le m \le \frac{\mathrm{tg}^2\left(45 + \frac{\phi_p'}{2}\right)}{\mathrm{tg}^2\left(45 - \frac{\phi_g'}{2}\right)} \tag{3.17}$$

We wzorach (3.16) i (3.17):

ϕ_p', ϕ_g' – efektywny kąt tarcia wewnętrznego odpowiednio piasku i gliny, stopni,

c_g' – spójność efektywna gliny, kPa,

σ_g – naprężenie w glinie, kPa.

Wskaźnik redukcji osiadań po zastosowaniu pali wynosi

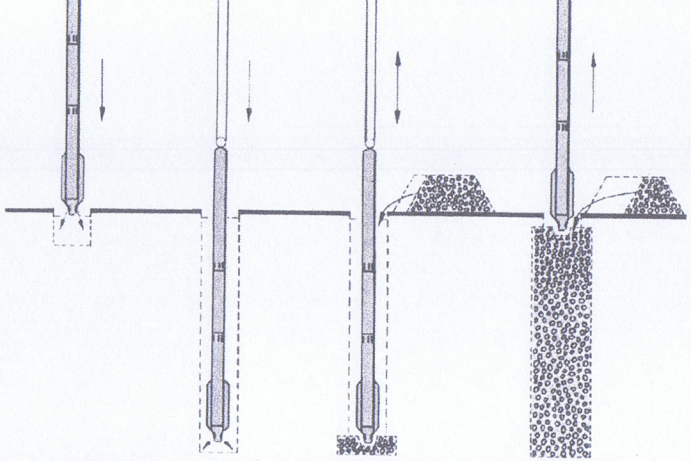
$$\beta = \frac{s'}{s} = \frac{1}{\mu_g} \tag{3.18}$$

3.3.2. KOLUMNY KAMIENNE

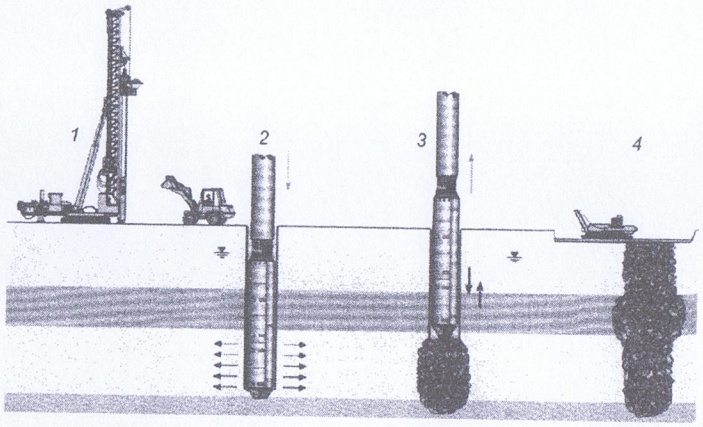
3.3.2.1. WYKONYWANIE KOLUMN

Do wzmacniania gruntów spoistych i organicznych stosuje się kolumny kamienne. Metodę tę można też stosować do wzmacniania niekontrolowanych nasypów zawierających m.in. gruz, żużel, popioły i inne odpady. W metodzie tej dodatkowy efekt stanowi przyspieszone rozpraszanie ciśnienia wody w porach gruntu rodzimego między kolumnami, wzmacniające podłoże już podczas wznoszenia obiektu.

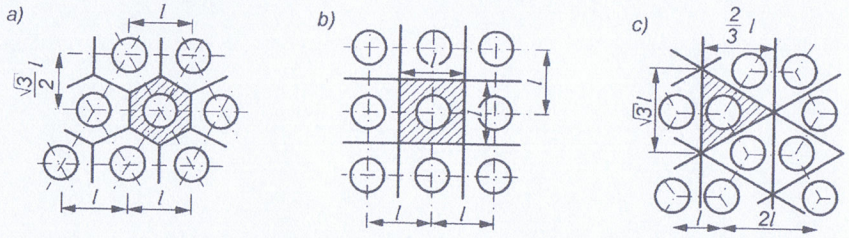
Kolumny kamienne wykonywane są z kruszywa o wymiarach ziarn 20÷100 mm (tłucznia, rumoszu, grubego żwiru). Kolumny formuje się w gruncie metodą wibroflotacji (rys. 3.13) lub za pomocą specjalnego wibroflotatora (o średnicy 40 cm) z rurą obsadową, wypełnioną w części żwirem (o uziarnieniu 2÷32 mm). Wibroflotator z rurą wprowadza się na sucho (bez płuczki wodnej), stosując tylko odpowiednią wibrację i nacisk maszyny podstawowej oraz utrzymując odpowiednie ciśnienie w rurze (rys. 3.14). Kolumny kamienne wykonywane metodą wibrowymiany osiągają średnicę 0,6÷1,2 m (zależnie od rodzaju gruntu) i długość do 30 m, a nawet 45 m (zależnie od typu wibroflotatora). Rozstaw kolumn projektuje się w siatce trójkątnej, kwadratowej lub sześciokątnej (rys. 3.15). Odległość między kolumnami przyjmuje się od ok. 1,5 do 3,0 m. Kolumny kamienne mogą też zastąpić pale pod obiektami; są co najmniej dwukrotnie tańsze a czas ich realizacji zwykle krótszy. Znacznie przyspieszają konsolidację podłoża i redukcję osiadania podłoża. Wykazują ponadto całkowitą odporność na korozję.



Rys. 3.13. Kolejne etapy wykonywania kolumn kamiennych metodą wibroflotacji: 1, 2 – wprowadzanie wibroflotatora w podłoże, 3 – wyciąganie wibroflotatora i rozpoczęcia wykonywania kolumny, 4 – gotowa kolumna



Rys. 3.14. Kolejne etapy wibrowymiany: 1 – przygotowanie, napełnianie pojemnika z kruszywem; 2 – zagłębianie wibratora rozpychającego i penetrującego grunt do żądanej głębokości; 3 – formowanie kolumny ruchem posuwisto-zwrotnym, podciąganiu towarzyszy wypływ kruszywa, przy obniżaniu następuje rozpychanie i zagęszczanie kruszywa; 4 – dodatkowe zagęszczenie powierzchniowe dna wykopu z podsypką pod fundament lub warstwą wyrównawczą



Rys. 3.15. Typowe siatki kolumn i odpowiadające podobszary wpływu (figury zakreskowane): a) siatka trójkątna, b) siatka kwadratowa, c) siatka sześciokątna