

Zlepšovanie málo únosných zemín pomocou hĺbkového hutnenia CDC, praktický príklad zo stavby „ŽSR, Modernizácia trate Púchov – Žilina, pre rýchlosť do 160 km/hod., I. etapa“

Metóda hĺbkového hutnenia CDC je rýchla a osvedčená technika hutnenia nesúdržných zemín. Podložné vrstvy sú hutnené z povrchu terénu padaním 9 – 16 ton ťažkého závažia z vopred určenej výšky v intervaloch od 40 do 80 úderov za minútu. Celkové zhutnenie závisí od typu zeminy, od vstupnej energie, požadovaného stupňa zhutnenia a je merateľné až do hĺbky 8 m pod úrovňou terénu. Z dôvodu potreby založenia železničných násypov na málo únosných zeminách bolo realizované hĺbkové hutnenie týchto zemín na stavbe ŽSR, Modernizácia trate Púchov – Žilina, pre rýchlosť do 160 km/hod., I. etapa. Celková plocha hutnenia bola 97 378 m². Realizácia CDC prebiehala v období Apríl – Júl 2017.

The CDC (Cofra Deep Compaction) method is a fast and reliable technique that densifies granular material with high accuracy and efficiency. Depending on the soil type and energy input a densification of the soil strata can be measured down to 8 meters below surface level. The CDC method is executed by dropping a 9-16 tonne weight at a rate of 40-80 times per minute. During the compaction of a location, the foot remains in contact with the soil. Due to foundation of embankment on poor subsoil, the CDC method was used on „Modernization of railroad in Puchov – Zilina on fast speed train up to 160 km/hour, 1st phase. Total compacted area was 97 378m². Compaction was carried out during the April – July 2017 period.

ÚVOD

V posledných rokoch sa dostávajú stavby do časovo – náročných termínov a preto je potrebné využívať nové a progresívne metódy na ich urýchlenie. Zabezpečenie únosnosti zemnej pláne je jednou z prvých úloh v procese realizácie stavby. V prípadoch, keď túto podmienku nemožno splniť z dôvodu nevhodných základových pomerov horninového prostredia, je nevyhnutné pristúpiť k ekonomicky efektívnym opatreniam. Vylepšenie podložia na stavbe ŽSR, Modernizácia trate Púchov – Žilina, pre rýchlosť do 160 km/hod., I. etapa si vyžiadalo použiť inovatívne metódy vylepšenia neúnosného podložia. V tradičných metódach (štrkové a pieskové piliere, výmena podložia) sa nachádzame v časovej a finančnej tiesni. Použitím metódy hĺbkového hutnenia – CDC, výrazným spôsobom eliminujeme nie len časovú náročnosť výstavby, ale zabezpečíme tým aj rovnomerné sadanie konštrukcií budovaných na násype a eliminujeme finančnú náročnosť realizácie stavby.

VŠEOBECNE – METÓDA HĽBKOVÉHO HUTNENIA CDC

Účelom hĺbkového hutnenia je dynamicky konsolidovať podložné vrstvy a zvyšovať stabilitu podložia zemnej pláne a samotného zemného telesa. Dynamické hutnenie zemín sa využíva v prostredí na to vhodnom ako sú piesky, štrkopiesky, štrky, íly a spraše (prípadne atropogénny materiál). Tieto zeminy sú charakterizované rôznou konzistenciou, vysokou pórovou kapacitou a náchylnosťou na nerovnomerné sadanie. V prípade zaťaženia týchto typov zemín, dochádza ku značnému sadaniu, ktoré je spôsobené ich vysokou stlačiteľnosťou. Vzniknuté sadania spôsobujú následné konštrukčné problémy.

Realizácia dynamického hutnenia prebieha nasledovne:

- Pred realizáciou dynamického hutnenia na vopred vytýčenom území je potrebné upraviť povrch terénu do horizontálnej úrovne. (prípadne terasovito upravená),
- Po odhumusovaní terénu sa na pláň navezie min. 300mm štrkodrvy (napr. f. 0-63mm)

Zariadenie (príslušenstvo) potrebné pre realizáciu dynamického hutnenia

Pre realizáciu dynamického hutnenia sa používa súprava, ktorá sa skladá z podvozku hydraulického rýpadla a hutniacej hlavice. Typ rýpadla ktorý bude použitý sa navrhuje podľa požiadavky zhutnenia, v tomto prípade ide o typ Caterpillar 350. Typ hlavice používaný na hutnenie je JUNTAN (obr. 1).

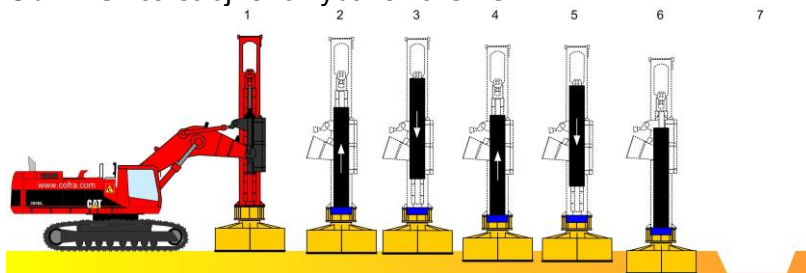


Obr. 1: Zariadenie potrebné pre realizáciu dynamického hutnenia

Hutniaca hlavica sa skladá z dvoch častí, ktoré sú spojené. Spodnú časť tvorí hutniaca doska kruhového tvaru a vrchná časť je hydraulická s kladivom vo vnútri Obr. 2.

Pre zloženie hutniacej hlavice na stavbe je potrebný žeriav s dotatočnou nosnosťou . Pre potreby manipulácie s materiálom na stavbe je postačujúci bežný kolesový, alebo pásový nakladač.

Obr. 2 Skica strojného vybavenia CDC



Kontrolné skúšky CDC

Účinnosť hutnenia sa overuje buď statickými penetračnými skúškami alebo dynamickými penetračnými skúškami (DPS), prípadne statickými zaťažovacími skúškami doskou. Kontrolné skúšky sú rovnomerne rozložené na aplikačnej pláni a sú realizované pred a po hutnení v približne rovnakých polohách.

- po ukončení hutnenia sa realizujú kontrolné skúšky zhutnenia pomocou statických alebo dynamických penetračných sond. V prípade potreby sa realizujú aj statické zaťažovacie skúšky .

Po realizácii dynamického hutnenia vznikajú na pláni depresie, ktoré sa zarovnávajú štrkodrvou vhodnej frakcie, následne sa celá pláň zhutní valcom Obr. 3.

Obr. 3 Vzniknuté depresie po realizácii CDC



POUŽITIE DYNAMICKÉHO HUTNENIA

Dynamické hutnenie je vhodné v nesúdržných zeminách, pri prechodových oblastiach mostov (ale napríklad aj skládok), pri zakladaní hál a objektov na neúnosnom podloží (napríklad medzistaničné priestory, atď.) Dynamickým hutnením možno adekvátne a efektívne nahradiť štrkové piliere alebo výmenu podložia. Výhodou je rýchlosť realizácie dynamického hutnenia, ktorá je 1 000 - 1500 m² denne.

Použitie hutniacej päty závisí od požiadavky zhutnenia prostredia. Používame 3 typy o Ø 1,5 m; 2,0 m a 2,6 m. V závislosti od požadovaného stupňa a hĺbky zhutnenia sa zvolí potrebný priemer (čím je Ø nohy menší, tým sa dosiahne väčšia hĺbka). Použitie dynamického hutnenia je vhodné aj v intraviláne, kde minimálna vzdialenosť od zástavby je asi 15,0 m, s tým, že je potrebné merať vibrácie v budove. Vzdialenosť sa dá skrátiť napríklad vytvorením ryhy pred alebo v okolí budovy. Technológia dynamického hutnenia umožňuje rýchlo a efektívne pripraviť podložie na ďalšiu výstavbu.

OCHRANA ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA

Dôležitým prvkom dynamického hutnenia je, že nedochádza k činnosti, pri ktorej by bolo priamo ohrozené životné prostredie. Pri realizácii dynamického hutnenia nevznikajú žiadne odpady.

ŽSR, Modernizácia trate Púchov – Žilina, pre rýchlosť do 160 km/hod., I. etapa

Generálnym projektantom stavby je Reming Consult, a.s. Bratislava. Investorom stavby sú Železnice Slovenskej Republiky a generálnym dodávateľom Doprastav, a.s. Bratislava a TSS GRADE, a.s. Bratislava.

Realizácia dynamického hutnenia bola vykonaná na stavebných objektoch UČS 44.32.02, UČS 47.32.02 a UČS 46.32.02. Celková plocha realizácie dynamického hutnenia jednotlivých stavebných objektov je uvedená v tab. 1.

Tab. 1 Rozpis počtov hutnenia a celková zhutnená plocha

Stavebný objekt	Počet hutnených bodov	Počet úderov pre jednotlivý bod	Celková plocha zhutnenia (m ²)
UČS 44.32.02	8 673	20 – 60	78 052
UČS 47.32.02	719	20 – 60	6 470
UČS 46.32.02	1 428	20 – 60	12 856

GEOLOGICKÉ PODMIENKY ÚZEMIA

Pokryv územia tvoria náplavové sedimenty, zastúpené ílmi strednej plasticity (F6/Cl) až ílmi piesčitými (F4/CS), prípadne pieskami ílovitými a vzájomnými prechodmi jednotlivých typov. Konzistencia je prevažne mäkká až tuhá. Hrúbka náplavového komplexu dosahuje 1,5 – 2,5 m. Fluviálne zeminy možno považovať za málo uľahnuté.

Komplex náplavov je prekrytý nerovnako hrubou a heterogénnou vrstvou navážok, prevažne charakteru štrkov s rozličným stupňom zahlinenia (G3/G-FY, G4/GMY, G6/GCY). Navážky sú málo uľahnuté až kypré. V podloží holocénnych náplavov sa nachádza vrstva štrkov korytovej fácie. Tieto zeminy a antropogénny materiál sú charakterizované rôznou konzistenciou a vysokou pórovou kapacitou.

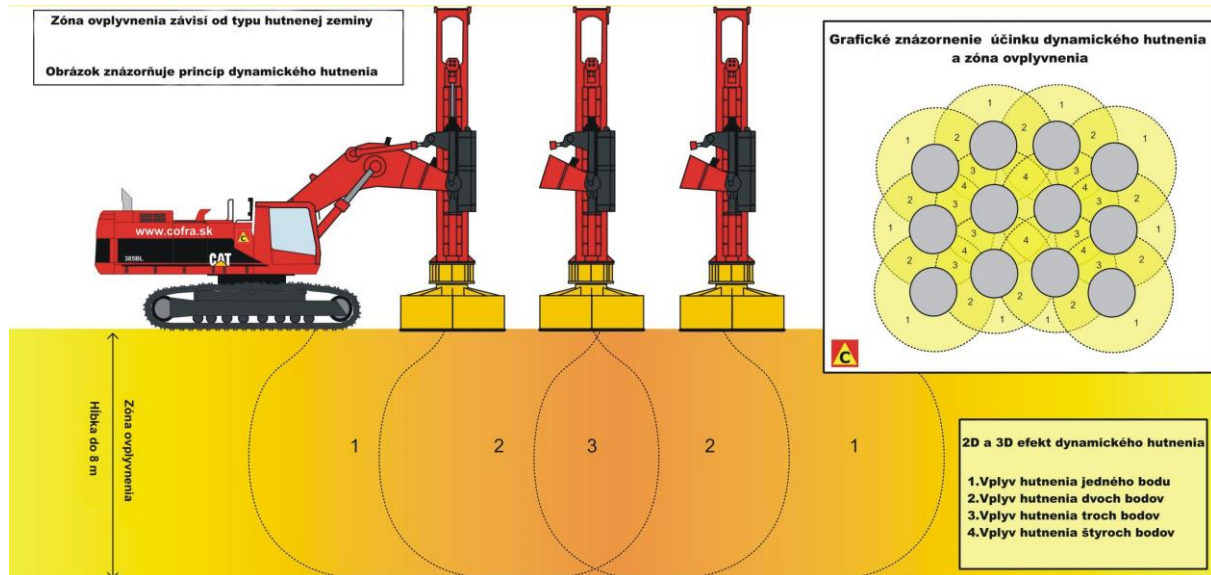
Keďže sa v tomto prostredí počíta s násypovými telesami až do výšky 12,0m, mostnými objektami (a ich prechodovými oblasťami, ktoré sú citlivé na dodatočné sadanie celej konštrukcie), bolo nutné zabezpečiť stabilitu celého územia voči celkovej stabilite budúcich konštrukcií a zamedziť nie len nerovnomernému sadaniu prostredia, ale aj urýchliť samotnú konsolidáciu podložných vrstiev. Z dôvodu nakyprenia týchto zemín bolo potrebné hlbkovo zhutniť tieto zeminy zvýšiť ich deformačné parametre.

POUŽITÉ STROJNÉ VYBAVENIE A REALIZÁCIA

Na realizáciu dynamického hutnenia sa použila špeciálna hlavica vyvinutá spoločnosťou Cofra B.V. s označením JUNTAN, ktorá je inštalovaná na pásový nosič CAT 350. Hlavica JUNTAN sa skladá z dvoch častí, ktoré sú spojené. Spodnú časť tvorí hutniaca päta \varnothing 2,0 m a vrchná časť je hydraulická s 9t kladivom vo vnútri. Rozmer hutniacej dosky je určený fyzikálno-mechanickými vlastnosťami zemín, ktoré sa hutnia a tiež požiadavkou zhutnenia, ktoré určil projektant. Kladivo, ktoré sa nachádza v hutniacej hlavici sa navrhlo podľa potrebnej sily pre dosiahnutie požadovanej dynamickej konsolidácie. Dynamické hutnenie sa realizuje z povrchu terénu položením hutniacej hlavice na povrch. Hutniaca doska má

kruhový tvar priemeru 2,0m. V hlavici sa nachádza kladivo 9 t ťažké, ktoré udiera vo frekvencii 30 – 60 úderov na jedno miesto v danom aplikačnom rastri. Raster hutnenia bol štvorcový v osovej vzdialenosti hutniacej dosky 3,0m keďže sa dynamické hutnenie prostredím šíri kónicky (Obr.4). Pri takejto frekvencii úderov a v zvolenom rastri dosiahneme počas hutnenia konsolidáciu podložných vrstiev do hĺbky $\geq 6,0\text{m}$.

Obr. 4: Znáznornenie účinku dynamického hutnenia a zóna ovplyvnenia



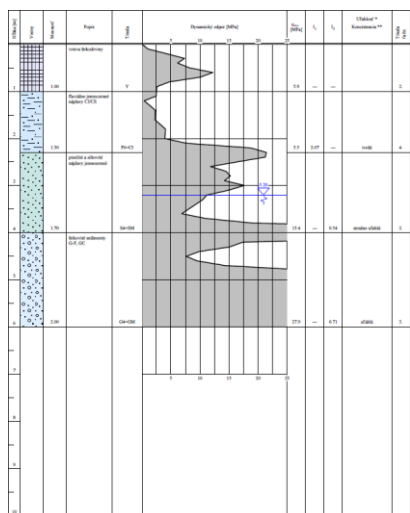
SKÚŠANIE A PREBERANIE PRÁČ

Z dôvodu geologických podmienok a požiadaviek projektu sa realizovali dynamické penetračné skúšky. Pred začatím realizácie dynamického hutnenia sme vykonali dynamické penetračné skúšky. Tieto skúšky nám slúžili ako východiskové skúšky pre výsledky dynamického hutnenia podľa projektovej dokumentácie (PD). Po realizácii dynamického hutnenia sa znova zrealizovali dynamické penetračné skúšky, ktoré potvrdili požadované zhutnenie podložia podľa PD. Pre potvrdenie správnosti dynamického hutnenia bolo potrebné dosiahnuť zlepšenie modulu pretvárnosti E_{def} do hĺbky 6,0 m v členení zlepšenia modulu pretvárnosti a to:

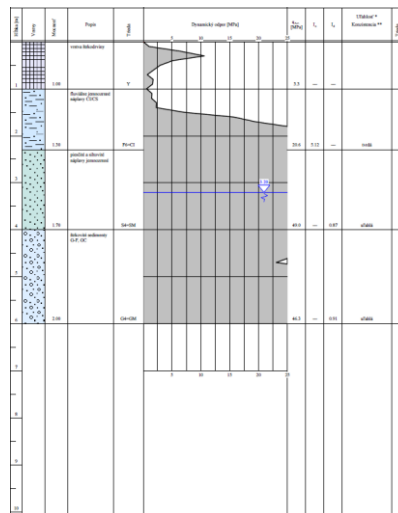
- do 2 m trojnásobkom E_{def}
- 2 m až 4 m dvojnásobkom E_{def}
- 4 m až 6 m 1,5 násobkom E_{def}

V prípade, že sa na niektorých miestach nepotvrdili hĺbkové dosahy dynamického hutnenia, tieto miesta sa zasypali štrkdrvou a znovu prehutnili a vykonali sa na nich opätovne dynamické penetračné skúšky. Ako hlavný podklad pre vyhodnotenie prác slúžili dynamické penetračné skúšky Obr 5 a Obr. 6.

Obr.5: DPS pred hutnením



Obr. 6: DPS po hutnení



ZÁVER

Metóda hĺbkového hutnenia CDC bola použitá na stavbe *ŽSR, Modernizácia trate Púchov – Žilina, pre rýchlosť do 160 km/hod., 1. etapa*. Celková plocha zhutnenia bola 97 378m² v období 04 – 07/2017. Požiadavka projektu na zlepšenie málo únosného podlažia a to v intervaloch do 2 m trojnásobkom E_{def} , od 2 do 4 m dvojnásobkom E_{def} a od 4 m do 6 m 1,5 násobkom E_{def} boli v mnohých miestach splnené s rezervou. Tieto výsledky jasne dokazujú, že použitá technológia CDC bola správna. Keďže časť realizácie CDC sa nachádzala na Nosickom ostrove, dôležitým prvkom bolo že pri samotnej realizácii dynamického hutnenia nedochádzalo k činnosti, pri ktorej by bolo ohrozené životné prostredie. Pri realizácii dynamického hutnenia nevznikajú žiadne odpady.

Táto technológia je vhodná nie len pre dopravné stavby, ale aj pre pozemné stavby. V súčasnej dobe chystáme rôzne projekty zakladania veľkých obytných objektov a hál.