

Závěry z kontrolních vrtů autorizovaného znalce Michala Kofroně

Dokument shrnuje provedení a závěry analytických rozborů – vrtů, které byly provedeny na jaře roku 2009. Tyto zkoušky provedl znalec s odbornou způsobilostí v inženýrské geologii a specialista na vliv ekologických zátěží na životní prostředí.

Závěry vrtů potvrzují jednu z tezí, které byly definovány v době, kdy se na D47 objevilo zvlnění. Jako příčinu vrty prokázaly dosud neznámý technický problém, kterým bylo bobtnání struskového odvalu.

V dokumentu jsou na závěr přiloženy ilustrační fotografie z provedených vrtů.

Výsledky analytických rozborů uvádíme v příloze č. A. 3.6.

4. ZÁVĚR

Dle provedené chemicko-mineralogické analýzy jsou příčiny deformací vozovky následující:

- ♦ zdrojem sledovaných objemových změn vozovky jsou procesy **hydratace a karbonatace heterogenní, netříděné ocelárenské strusky**, obsahující vysoká množství CaO, MgO, nízkým podílem Al₂O₃, vysokým obsahem Fe₂O₃. Struska je smíšená s hutním odpadem, především dinasem.
- ♦ výskyt hlavních sekundárních minerálů je uveden v tabulce č. 2 laboratorního vyhodnocení (příloha č. A.4.)
- ♦ za zásadní považujeme fakt, že oba procesy hydratace a karbonatace jsou na svém počátku a zdaleka **nejsou ukončeny**
- ♦ prognóza dalších objemových změn je možná pouze u tříděné strusky se známou velikostí zrn, známým podílem krystalické a sklovité fáze, stálým chemickým složením a bez přidružené kontaminace. V řešeném případě lze očekávat **pokračování zmíněných procesů, a to řádově v letech**
- ♦ v materiálu byl ověřen **dinas**, který je z hlediska objemových změn v alkalickém prostředí (ověřeno analýzou pH) **rizikový**
- ♦ podloží násypového tělesa, tvořeného spodnobadenskými vysokoplastickými jíly je tvořeno dle provedené mineralogické analýzy illit-muskovitickou hmotou, **nenáchylnou k bobtnání**. Na sledované deformace tudíž nemají vliv.

Zhotovitelem sledovaného zemního tělesa i přechodové oblasti byly využívány materiály specifikované v závěru kap. č. 3.1. Vlastnosti materiálu dokladuje jeho výrobce. Tyto materiály byly certifikovány pouze pro vlastnosti dle ČSN 72 1511 Kamenivo pro stavební účely. Základní ustanovení, a ČSN 72 1512 Hutné kamenivo pro stavební účely. Technické požadavky.

Laboratorní analýzy pro udělení certifikátu (jiné nejsou zpracovateli posudku známy) neobsahovaly sadu zkoušek a rovněž selektivní způsob odběru vzorků, provedených zhotovitelem tohoto posudku, nutných k ověření nepříznivých vlastností použité sypaniny z hlediska objemových změn (výčet analýz a způsob odběru vzorků je uveden výše v kapitolách 1.5.3 a 1.5.4).

Požadavky v té době již platné TP 138 (2000) rovněž nebyly v plném rozsahu součástí certifikace, či jiného posudku pro schválení použití struskové sypaniny (certifikáty vydány v letech 2001-2003).

Ve vztahu ke čl. 3.2.3.2 TP 138 s účinností od roku 2000 o objemových změnách čerstvých strusek nebyly zpracovateli posudku informace o stáří struskové sypaniny známy. V TP 138 zmíněný vliv „mladých strusek“ by při homogenních struskových materiálech, a alespoň minimální dostatečné době vyžrání (cca 1 rok) měl být snížen, resp. zahájené procesy by mohly být snáze zachyceny při kontrolních zkouškách požadovaných geotechnickým dozorem.



Významným faktem je výrazná heterogenita struskových materiálů v násypu. Je prokázána ve vrtných profilech, záznamech dynamické penetrace (vrstvy s výrazně rozdílnými penetračními odpory) i ve výsledcích chemicko-mineralogické analýzy (komentováno ve vyhodnocení prof. Martince v příloze č. A.4.). Ve všech 3 vrtech byly přítomny v zemním tělese materiály strusky vysokopecní, ocelárenské (naznačuje to vysoký obsah oxidů železa ve vzorcích), a pravděpodobně i netříděné hutní suti, ojediněle popílku. Materiály mají proměnlivou zrnitostní složku, což však zhruba odpovídá zrnitostnímu charakteru používané sypaniny.

Dle TP 138 musí být strusková sypanina pro použití v zemních tělesech za každých okolností objemově stálá. U materiálu ve sledovaném úseku dálnice v tělese násypu i aktivní zóně tomu tak není. Zahájené krystalizační procesy ve struskovém materiálu násypu budou pokračovat. Vzhledem k tomu, že externí zásah do krystalizačního procesu není znám, doporučuje se objemově nestálé materiály odstranit a nahradit vhodným šterkovitým kamenivem.

4.1. Řešitelský kolektiv

Terénní a kamerální práce	Ing. Pavel KROBOT
Penetrační zkoušky	Jeronym WLUDYKA Zdeněk HASMANDA
Zpracování geotechnických dat	Ing. Pavel KROBOT
Softwarové a grafické zpracování dat	Eduard LANGER Ing. Jelena RYŠKOVÁ
Závěrečné zpracování	Ing. Pavel KROBOT Ing. Petr MARTINEC
Reprodukce, kompletace	Miluše MATĚJKOVÁ





G-Consult, spol. s r.o.



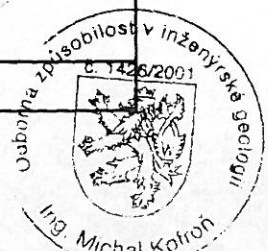
OSTRAVA - D1

deformace násypu

Závěrečná zpráva

Číslo zakázky	2008 0191
Účel	Geotechnický průzkum
Etapa	Jednoetapový průzkum
Katastrální území	Hošťálkovice
Kraj	Moravskoslezský
Objednatel	ODS - Dopravní stavby Ostrava a.s.

Zpracoval	Ing. Pavel KROBOT
Schválil	Ing. Michal KOFRON
Datum zpracování	Únor 2009



Výtisk č.



Zásypový materiál - netříděné strusky

Zadavatel posudku:

G-Consult, spol. s r.o.

Trocnovská 794/9

70200 Ostrava-Přivoz

IČ: 64616886

kontaktní osoba: Ing. Pavel Krobot

**MINERALOGICKÉ SLOŽENÍ A PROGNÓZA
OBJEMOVÝCH ZMĚN V NÁSYPU ZE STRUSEK
(Znalecký posudek č.)**

Zpracoval

Prof. Ing. Petr Martinec, CSc.,
Soudní znalec těžba uhlí, těžba nerostných surovin - obor geologie

Ostrava 11.3.2009

Zásypový materiál - netříděné strusky

1. Zadání

Požaduje se vyjádření k charakteru materiálu (druh a minerální indikátory proběhlých hydratačních změn) a k problematice objemových změn.

2. Seznam vzorků

Tab.1. Seznam vzorků, analytická čísla, složení zásypového materiálu a druh vzorků

Anal.č. Green Gas DPB, a.s.	Anal. č. ÚGN	Vrt	Hloubka /m/	Druh
132/2009 1107		J-1 2 - 3m STRUSKA 100%, DINAS - HLUŠINA -		Výluh: f pod 1 mm
132/2009 1108	12 131			Silikátová analýza prachu: f pod 0,25 mm
132/2009 1109				Silikátová analýza kusové strusky
133/2009 1110		J-1 4 - 4,5 m STRUSKA 93%, DINAS - HLUŠINA 7%		Výluh: f pod 1 mm
133/2009 1111	12 132			Silikátová analýza prachu: f pod 0,25 mm
133/2009 1112				Silikátová analýza kusové strusky
134/2009 1113		J-2 4 - 5 m STRUSKA 91%, DINAS 7%, HLUŠINA 2%		Výluh: f pod 1 mm
134/2009 1114	12 133			Silikátová analýza prachu: f pod 0,25 mm
134/2009 1115				Silikátová analýza kusové strusky
135/2009 1116		J-2 6 - 7 m STRUSKA 76%, DINAS 24%,		Výluh: f pod 1 mm
135/2009 1117	12134			Silikátová analýza prachu: f pod 0,25 mm

Zásypový materiál - netříděné strusky

135/2009 1118		HLUŠINA -	Silikátová analýza kusové strusky
136/2009 1119		J-3 1 - 3 m	Výluh: f pod 1 mm
136/2009 1120	12135	STRUSKA 90%, DINAS -	Silikátová analýza prachu: f pod 0,25 mm
135/2009 1121		HLUŠINA 10%	Silikátová analýza kusové strusky
137/2009 1122		J-3 11 - 11,6 m	Výluh: f pod 1 mm
137/2009 1123	12 136	STRUSKA 100%, DINAS -, HLUŠINA -	Silikátová analýza prachu: f pod 0,25 mm
138/2009 1124		J-3 13 - 14 m	Výluh: f pod 1 mm
138/2009 1125	12137	STRUSKA 30%, DINAS -, HLUŠINA 70%	Silikátová analýza prachu: f pod 0,25 mm
Jíl z podloží	Mimo soubor vzorků		Plavený a celkový vzorek

2. Metodika

Metodika vychází ze zkušeností zpracovatele se zásypovým materiálem - obvykle netříděné ocelářské strusky. Zásadním momentem je, že objemové změny strusky vyvolávají zejména hydratační a karbonatační procesy (vznik hydroxidů Ca, Mg) - následuje reakce s CO₂ za přítomnosti vody se vznikem Ca nebo Mg karbonátů (kalcit, magnezit). Vznik těchto minerálů je provázen změnou objemu cca 6,75x. Souběžně probíhá hydratace struskotvorných Ca (Mg) silikátů se vznikem amorfních fází kalcium silikát hydrátů (velmi obtížně stanovitelných) a opět provázených změnou objemu.

Tyto hydratační reakce a karbonizace změny jsou však provázeny změnami v pH výluhu a to od zásaditých pH obvykle více jak 10 u čerstvých strusek, k mírně zásaditým s pH obvykle kolem 8. Tato skutečnost je závažným faktorem pro sledování postupu reakcí.

Je třeba mít na zřeteli, že všechny reakce (jejich intenzita) v zemním tělese **probíhají za přítomnosti vlhkosti (vody i vodní páry) a oxidu uhličitého. Reakce však probíhá hlavně na povrchu zrn a šíří se od povrchu dovnitř zrna podél trhlin.** Na počátku lze prokázat změny v materiálu především na jemných částicích v jemných frakcích a na povrchu kusů strusky. Tyto jemné frakce jsou obohacené oproti kusové strusce o CaO a MgO a to uvolněním z povrchu kusů nebo úlomky částic strusky. Proto byla s ohledem na analytické možnosti identifikace volena kombinace analytického rozboru z různých frakcí a dále byly hledány sekundární minerály z povrchu strusky.

Samostatně byla věnována pozornost výluhu z jemné frakce. Bylo stanoveno pH, obsah síranů, hydrogen uhličitánů, obsah Ca a obsah Mg ve výluhu. *Výsledky viz protokoly z akreditované laboratoře Green Gas DPB, a.s. analytické laboratoře).*

Rizikovou komponentou ocelářských strusek je dinas, který byl v materiálu zjištěn a neproblémové jsou naopak hlušiny z uhelných dolů v ostravské části a paskovské části OKR.

Vzorky byly komisionálně odebrány za přítomnosti zpracovatele zprávy a to až po předchozím vizuálním prohlédnutí ve vrtu a provedení makroskopického popisu.

(1) Byla provedena zrnitostní analýza a stanoveny podíly frakcí:

- podíl frakce nad 50 mm
- podíl frakce 10-50 mm
- podíl frakce 0,25-10 mm
- podíl frakce pod 0,25 mm

Výsledky viz protokoly z akreditované laboratoře Green Gas DPB, a.s. analytické laboratoře).

(2) Byl prohlédnut kusový materiál ve frakcích a určeny petrografické typy v kusové frakci zásypového materiálu (Tab.1). Ve všech případech se jedná o zásypový materiál - strusku velmi heterogenní, jak co do podílu sklovité fáze tak podílu krystalické fáze.

(3) Byly vybrány kusy strusky pro chemickou analýzu (RTG-fluorescence), stanovení ztráty žháním 850°C a ztráty žháním do 1000°C. Výsledky viz protokoly z akreditované laboratoře Green Gas DPB, a.s. analytické laboratoře).

(4) Z povrchu kusů strusky byly seškrabány barevně odlišné novotvořené minerály, a provedena jejich mineralogická identifikace. Dále byla sbroušena povrchová vrstva kusové strusky a provedena mineralogická analýza. Samostatně byla analyzována frakce pod 1 mm a to rtg-práškovou difrakcí a infračervenou spektroskopií jako u výše uvedených vzorků (důvodem tohoto postupu je jednak skutečnost, že rtg-prášková difrakce může identifikovat jen krystalické fáze, infračervená spektroskopie i fáze amorfni, nekystalické a organické a obě metody jsou různě citlivé atd.).

Minerální fáze zjištěné oběma metodami uvádí tab.2.

3. Výsledky rozboru

(1) *Druh materiálu tvořícího zásypový materiál:*

Velmi heterogenní a to z hlediska složení, kusovitosti (zrnitosti) a zastoupení jiných materiálů (dinas. hlušina) nevytříděná, nečistá ocelářský struska s nižším podílem Al_2O_3 a vysokým podílem CaO a MgO za současného vysokého podílu Fe_2O_3 . Ztráta žiháním naznačuje (až na jednu výjimku), že kusová struska je jen minimálně hydratovaná nebo karbonatizovaná (ZŽ 850°C je do 1,04%, ZŽ 1000°C do 2,84%; v jednom případě byl postižen kus prachovce se ZŽ 6,38% a ZŽ 1000°C 8,26% tj. materiál z hlušiny).

V podílu prachové a jemné frakce se jedná o hutní odpad jemné strusky i se zbytky formovacího materiálu, prachového podílu hlušiny, zeminy a pod. (obsah křemene a jílové hmoty, uhlíkatý materiál nespecifikovaný).

Ve výluhu z prachové frakce zásypového materiálu dominují hydrogenuhličitaný a vysoký obsah Ca, obsah Mg v roztoku je z pochopitelných důvodů (jiné chování v roztoku) nízký.

(2) *Stanovení pH výluhu, sekundární minerály indikující objemové změny*

Stanovení pH výluhu v intervalu 10,2 - 11,8 zcela jednoznačně indikuje počátky hydratace nestabilních složek strusky se vznikem hydroxidů Ca, Mg, které byly potvrzeny jak infračervenou spektroskopií tak i rtg-práškovou difrakcí. Současně již se rozběhl proces karbonatace hydroxidů se vznikem karbonátů (provázeným mj. také poklesem pH) a identifikovaných oběma použitými metodami. Vznik hydratovaných struskotvorných Ca-silikátů je patrný jen na povrchu větších zrn a jelikož se jedná o amorfni fáze, je ho možné jen zachytit okrajově na infračervených spektrech (tab.2). Lze ho při vynaložení dalších nákladů prokázat např. optickou mikroskopií v procházejícím a polarizovaném světle na výbrusech na povrchu kusové strusky a nebo kolem trhlin.

Zásypový materiál - netříděné strusky

Tab.2 Hlavní sekundární minerály zjištěné v zásypovém materiálu (** významný obsah)

		MgO	Mg(OH) ₂	Ca(OH) ₂	CaCO ₃	MgCO ₃	CSH
J-1 2-3	Sek. min				**		
	Povrch	**					
	Prach	*		**	**	**	**
J-1 4-4,5	Sek. min		**		**		
	Povrch	*	*				
	Prach	**	*	**	**		**
J-2 4-5	Sek. min	**					
	Povrch	**	**				
	Prach	**	*	**	**		**
J-2 6-7	Sek. min						
	Povrch						
	Prach	**	*	**	**		**
J-3 1-3	Sek. min	**					
	Povrch	**	*				
	Prach	**	*	**	**	?	**
J-3 11-11,6	Sek. min						
	Povrch						
	Prach			**	**	*	*
J-3 13-14	Sek. min						
	Povrch						
	Prach			**	**	?	**

3. Jíl z podloží násypu

Z vrtu J-2 hl.21,2 m byl zastižen **prachovitý jíl až hlína** s vysoce plastickou konzistencí. Podle mineralogické analýzy celkového a vyplaveného materiálu se jedná o jílovou hmotu illit-muskovitickou tj. **nenáchylnou k bobtnání**, náchylnou k rozbředání. Z klastické fáze byl zjištěn křemen, detritický muskovit, chlorit a diagenetický kalcit.

Závěr:

(1) Zdrojem objemových změn jsou procesy hydratace a karbonatace nekvalitní, látkově heterogenní, netříděné ocelářské strusky (bohatá CaO, MgO a s nízkým podílem Al₂O₃ a vyšším obsahem Fe₂O₃) smíšené s jiným hutním odpadem především dinasem.

(2) Proces hydratace a karbonatace této ocelářské strusky je teprve nastartovaný a není zdaleka ukončený.

(3) Prognóza vlastností - objemových změn na styku s vlhkostí je možná jen u tříděné strusky se známou velikostí zrn kameniva (např. typu kameniva z vysokopeční strusky) se známým podílem krystalické a sklovité fáze, se stálým chemickým složením bez přidružených kontaminací.

(4) Rizikový je obsah dinasu (alkalické prostředí!). Naopak přítomnost hlušin z dolů je bezproblémová (v relaci se struskami).

Přílohy : 2 protokoly z Green Gas DPB a.s.

ZNALECKÁ DOLOŽKA K ZNALECKÉMU POSUDKU č.

**„MINERALOGICKÉ SLOŽENÍ A PROGNÓZA OBJEMOVÝCH ZMĚN V ZÁSYPU
ZE STRUSEK“**

Posudek se týká petrografického a mineralogického rozboru materiálů v zásypu ze strusek a stanvení stupně jejich hydratačních změn vedoucích ke změnám objemu.

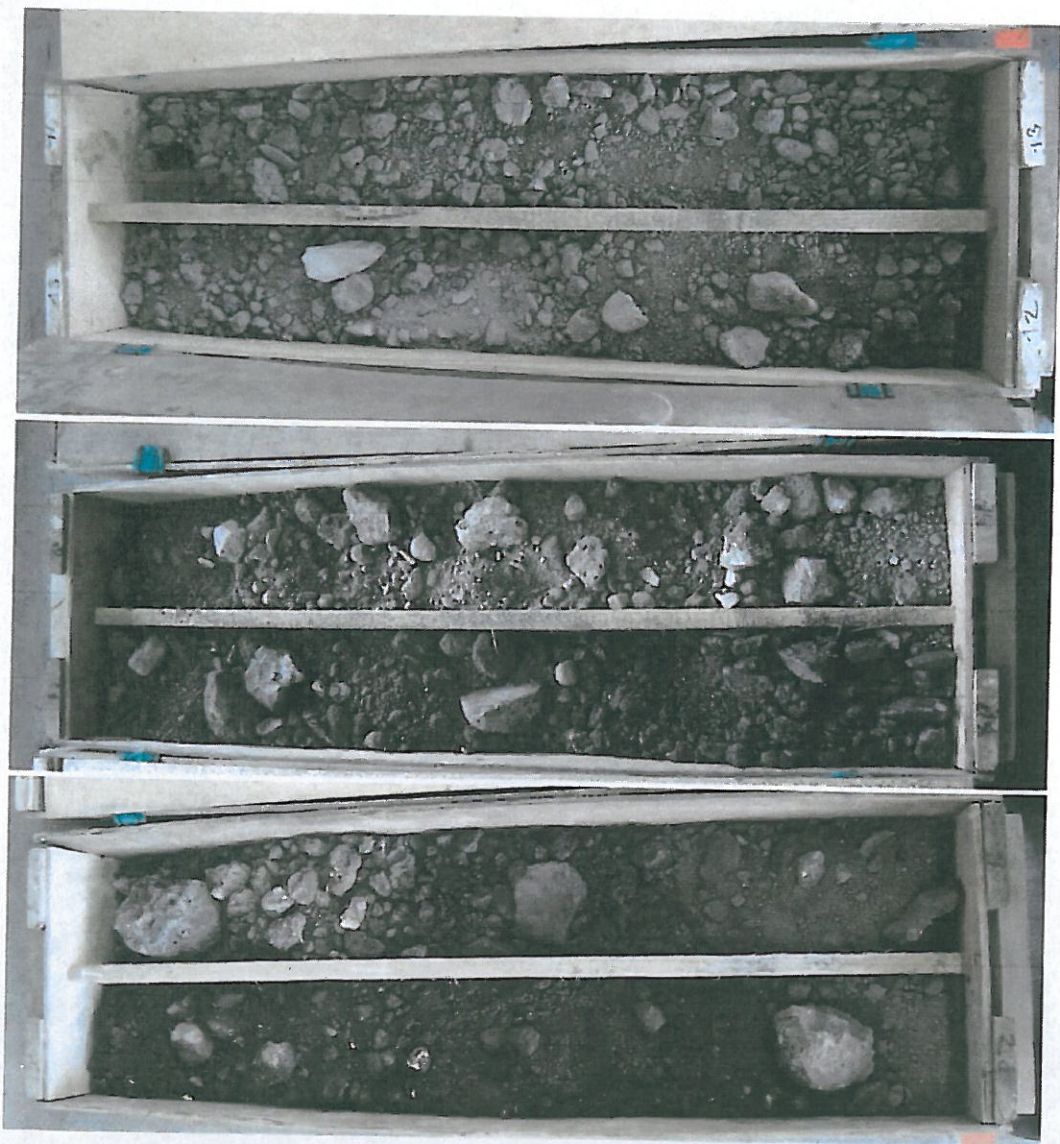
Znalec: Prof. Ing. Petr Martinec, CSc

Petr Martinec

Pracoviště: Ústav geotechniky a inženýringu, Praha

1.11.2001

J1

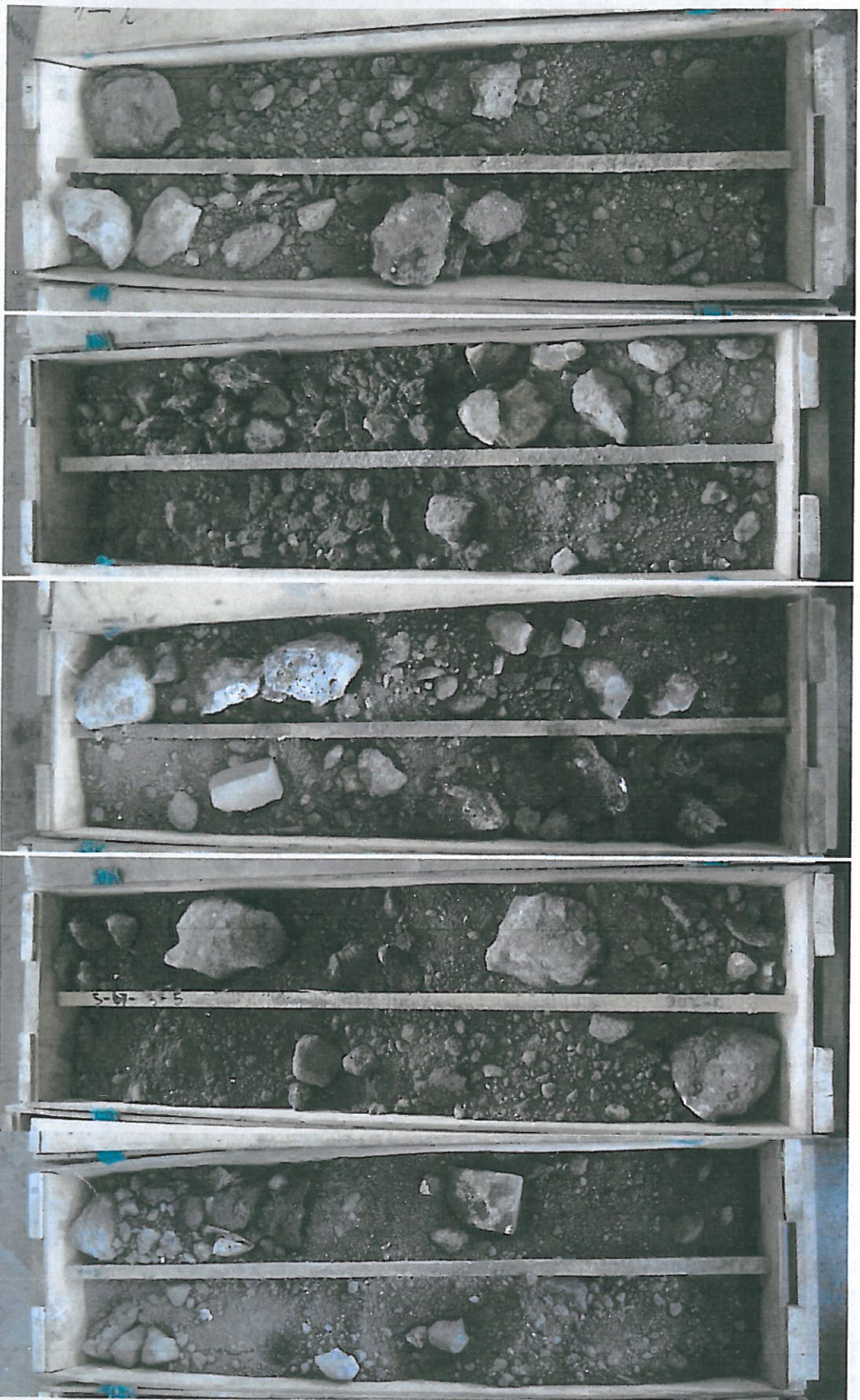


4-6

2-4

0-2

J2



0-2

2-4

4-6

6-8

8-10



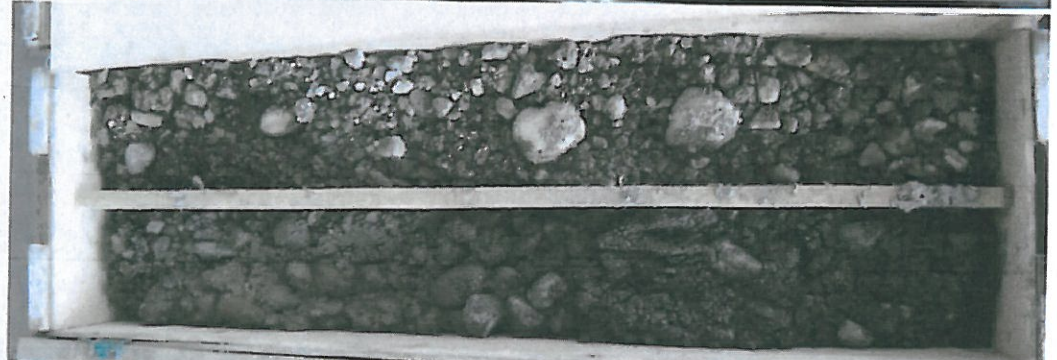
10-12



12-14



14-16



16-18



18-20