## Memorandum



To: Mark Hirota, PB

From: John Horne, Evan Garich

Date: May 31, 2011

Subject: Final Geotechnical Foundation Recommendations, TS&L Phase SR-35, Columbia River Crossing Project

This memorandum has been developed to provide preliminary geotechnical recommendations to facilitate the TS&L bridge design efforts for the SR-35 Columbia River Crossing Project. This document supersedes the memorandum "Preliminary Geotechnical Foundation Recommendations" dated December 12, 2010 and February 25, 2011, and incorporates comments received by project team members.

A TS&L geologic profile at the proposed bridge alignment has been developed using historic construction documents, and project specific investigations which included two surveys and three geotechnical borings. The surveys include a bathymetric survey performed on July 14, 2010 and a geophysical survey performed on October 20, 2010. Barge mounted geotechnical drilling occurred from December 20 to 23, 2010.

The investigations were performed in order to develop a better understanding of the elevation of bedrock and thickness of alluvium along the alignment. The historic construction records and geophysical survey are in general agreement at the northerly and southerly margins of the project. However, there is divergence of the data sets from Sta. 33+00 to 51+00. The depth to bedrock is deeper than represented in historic construction records at geotechnical borings B-1 and B-2, however there is good agreement at B-3. The geophysical survey did not produce meaningful results from Sta. 33+00 to 51+00 due to the thickness of the alluvial package over bedrock and the limitations in the ability of the equipment to penetrate 100+ feet of sediment. The TS&L geologic profile is included as Attachment A. Although the bedrock elevation has been determined at the three boring locations and to a high degree of confidence at the southerly and northerly portions of the river crossing, significant uncertainty remains in between the boring locations from Sta. 33+00 to 50+00 and at the south abutment where bedrock may increase in depth again.

Preliminary foundation recommendations have been developed for driven piles and drilled shafts. Driven piles were analyzed for stratigraphies developed at B-1 and B-2, while drilled shafts were analyzed at B-3. It is presumed that driven piles would be more economical at locations of deep bedrock (±50 feet of sediment) while drilled shafts would be more economical in locations of shallow bedrock. Three sizes of open-ended pipe pile were analyzed: 24x0.5, 36x0.5 and 48x0.5. It was assumed all piles would be driven into bedrock and ultimate capacity would be limited by the structural capacity of the piles. In the field, it may not be possible to drive the piles to bedrock, however very high axial capacities will be achievable even if the piles are not tipped in bedrock.

Driven pile tip elevations should be a minimum of 20 feet below the maximum predicted liquefaction depth of 60 feet. Driven pile capacities at B-1 and B-2 are presented in Attachment B.

It is presumed drilled shafts would be socketed into bedrock and behave primarily as end bearing shafts. Shaft sizes of 6, 8, and 10 ft. in diameter were analyzed. Shafts should be socketed at least two diameters into rock. Axial capacity derived from the bedrock will be highly dependent on the overall strength/hardness, jointing characteristics, and degree of weathering at each shaft location. The bedrock at the project location is basalt of the Grande Ronde Formation. Basalt samples obtained from drilling ranged from weathered to fresh, with unconfined compressive strengths ranging from 1,500 to 22,000 psi. Low end strengths were used in the drilled shaft capacity calculations at B-3. Drilled shaft capacities at B-3 are presented in Attachment C.

Soil and rock parameters have been developed for lateral loading and deformation analysis. The recommended parameters are presented in Tables 1 and 2. The lateral parameters for rock were developed based on Unconfined Compressive Strength tests using Mohr-Coulomb failure criteria and accounting for potential jointing in the rock and the stresses acting on the rock.

Unit		1		2	3	4
Description		e Alluvial and		se Alluvial and	Dense Alluvial Gravel	Basalt
B-1 Thickness	4	0 ft	54	4 ft	26 ft	
B-2 Thickness	6	68 ft	22	2 ft	13 ft	
Condition	Static	Liquefied	Static	Liquefied	Static/ Liquefied	Static/ Liquefied
Soil Type for LPILE Analysis	"Sand"	"Sand"	"Sand"	"Sand"	"Sand"	"Silt" (c-φ material)
Effective Unit Weight (pcf)	38	38	53	53	68	83
Φ (degrees)	28	8	32	8	35	35
Cohesion (psf)	0	0	0	0	0	144,000
Lateral p-y parameter "k" (pci) <sup>1</sup>	20	4	60	4	125	4000
Strain at 50% Maximum Stress	0	0	0	0	0	0.005

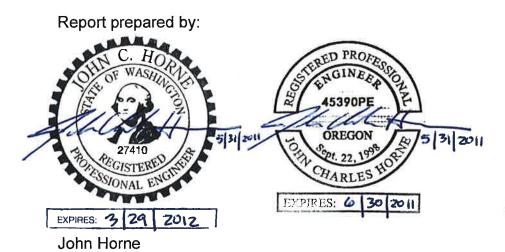
Table 1. Lateral Analysis Parameters at B-1 and B-2

Unit		1		2	3	4
Description	Soft A	lluvial Silt	Loose Allu	uvial Sand	Weathered Basalt	Basalt
B-3 Thickness	2	27 ft	3	ft	15 ft	
Condition	Static	Liquefied	Static	Liquefied	Static/ Liquefied	Static/ Liquefied
Soil Type for LPILE Analysis	"Clay"	"Sand"	"Sand"	"Sand"	"Sand"	"Silt" (c-φ material)
Effective Unit Weight (pcf)	33	33	53	53	73	83
Φ (degrees)	0	8	28	8	40	35
Cohesion (psf)	100	0	0	0	0	13,000
Lateral p-y parameter "k" (pci)	20	4	20	4	125	4000
Strain at 50% Maximum Stress	0.02	0	0	0	0	0.002

 Table 2.
 Lateral Analysis Parameters at B-3

Seismic design parameters have been developed following AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 5<sup>th</sup> Ed. Currently, ODOT specifies performance requirements for two ground motion events having recurrence intervals of approximately 500-years and 1,000-years based on USGS 2002 PSHA, while WSDOT has performance requirements for one event, the 1,000-year recurrence based on USGS 2008 PSHA. The USGS 2008 ground motions were found to be approximately 5 percent larger than those found using the 2002 data set. For this study, WSDOT seismic criteria were considered to control. Ground motions based on the USGS 2008 data at the rock/alluvium interface have been characterized and are presented in Attachment D.

The site is located within an area of moderate seismicity. No known active faults lie within 6 miles of the project site. A simplified liquefaction assessment of the soil columns at B-1, B-2, and B-3 is presented in Attachment D. The loose alluvium in the upper 60 feet at borings B-1 and B-2 is potentially liquefiable. The elastic silt present in boring B-3 would not be expected to liquefy, however, it may exhibit sensitive behavior which will result in strength loss during a seismic event. Although not directly analyzed, the south approach should be considered susceptible to liquefaction-induced lateral spreading. Mitigation involving ground improvement should be considered to reduce the effects of liquefaction-induced lateral spreading. The limits and type of ground improvement should be developed during subsequent design phases of the project.



hon Gail

Evan Garich

### **Attachments**

Attachment A: TS&L Geologic Profile Attachment B: Preliminary Driven Pile Capacities Attachment C: Preliminary Drilled Shaft Capacities Attachment D: Seismic Design Criteria

PROJ. E REGION	ENGF	R.							REVIS	SION			DATE	BY		27 NO.		LOCATION			P.E. STAMP BO)	DATE		P.E. STAMP BOX	DATE	<u>PB</u>	PARSO BRINC 400 S.W. Sixth	ONS KER
DESIGN ENTERE CHECK	ED B	BY				+								<u> </u>	CONTRAC			LOCATION	NO.	_							umbia Rive	er Cross
DATE PLOTTE			2/23/2011 odonnella											<u> </u>												1 ** 1 1		
FILE NA	AME		2:22:48 F	_SR35\CAE M	D\SHEE	TS\GE	U-PROFILI	E-Sheets.c	dgn						REGION NO.	STATE	FE	D.AID PR	OJ.NO.	-								
	<u> </u>		T.100 11 11		6+00		0.0000			18-	+00	1	I	1	20	+00				22	+00	1		24	+00			1
		· · · · · ·				· · ·	· · · ·			· · · ·	••••				· · · · ·			:::Ш	· · · ·				· · · ·	· · · ·	DAMES a	MOORE	SAMPLER	(D&M),
		· · ·					· · · · ·			· · · · ·	· · · · ·			.	· · · ·			· · ·	SILT	BASAI	. · · 2·⊣ ∟T· · · ·	CORE	SAMPLE		UNCORR	ECTED. "N	VALUES	ARE .PR
	·								•					•••			• •	· · ·					/IPLE · ·	· <b>-</b>	HERE AF	RE · PRELIN	MINARY IN IENT PHAS	NATUR
		· · ·			.									•••			• •		SAND	GRAV	4.∎ EL: 3.□		& MOO		GEOPHY	SICAL SUF	RVEY PERF 1/2010 - 12/2	FORMED
-80																				_			SAMPLE		DURING	THE PRE	) be used Liminary Ilation oi	TS&L PF
00		· · · · · ·					· · · ·	· · · ·		· · · ·	· · · · · · · ·	· · · · ·	· · · ·		· · · ·	· ·   · ·	· · · ·		ATERI		· · · · ·	SAMPL	FRS	· · · · ·			07/14/2010. BE USED	 וי פּהש ו
		· · · · · ·	· · · ·				· · · ·	· · · ·		· · · ·	· · · · ·	· · · · ·			· · · ·	· ·   · ·	· · · ·	: : :LE	GEND	OF	· · · · ·	· · · · ·	· · · · ·		RIVER B			BASED
	·													•••											NOTE		••••	
	:	· · · · · ·								· · · ·	· · · · ·	· · · · ·			· · · ·	· ·   · ·		· · · ·	· · · · ·	· · · · ·		· · · · ·	· · · · ·	· · · · ·	· · · · ·	· · · · ·	· · · · ·	· · · ·
-40	<u>.</u>																											
40	:	· · · · · ·			·   · ·		· · · ·	· · · ·	:	· · · ·	· · · · ·	· · · · ·			· · · ·	· · ·	· · ·	· · · ·	· · · ·	· · · · ·	· · · · ·	· · · · ·	· · · ·	· · · · ·	· · · · ·	· · · · ·	· · · · ·	· · · ·
		· · · · · ·	· · · ·				· · · ·	· · ·   · · ·		· · · ·	· · · · ·	· · · · ·			· · · ·	· ·   · ·		· · · ·	· · · · ·	· · · · ·	· · · ·	· · · · ·	· · · · ·	· · · · ·	· · · ·	· · · · ·		· · ·
	·																											
	:	· · ·								· · · ·	· · · ·		· · · ·		· · · ·	 	· · ·			· · · ·		· · · · ·	· · · ·	· · · ·	· · · ·	· · · ·		SEE NOT
0	$\vdash$																· .										AF	PROXIM
_	•	· · · ·			.	· · ·				· · · · ·	· · · · ·				· · · · ·			· · · · ·	· · · · ·	· · · · ·	· · · · ·		· · · · ·			· · · · ·		
			· · ·	· · · ·												· ·												
	•	· · · · · ·					· · · ·			· · · ·					· · · ·		· · · ·		· · · · ·						· · · ·			
		· · · · · ·			.				.	· · · · ·	· · · · ·				· · · · ·		· · · ·		· · · · ·				· · · · ·	· · · · ·				
40	•		• • •	• • •				• • •		• • • •		• • • •	• • •	· ·	• • • •						• • • •	• • • •		<i>?</i>	• • • •	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		
		· · · · · ·			.		· · · · ·	· · · ·		· · · ·	· · · · ·				· · · ·			· · · ·	· · · · ·	· · · · ·		· · · · ·	· · · · ·					
	<u> </u> .																							/	2			
		· · ·			.					· · · ·	· · · ·		· · · ·			 	· · ·		· · · · ·	· · · · ·			· · · ·	· · · · ·			· · · · ·	· · · ·
	:	· · ·	· · · · · ·					· · · ·			· · · ·						· · · ·		EXIST	APPRO	OXIMATE UNDLINE		· · · ·	· · · ·		· · · · ·	· · · ·	· · ·
80		• • •							•					•••			• •	• • • •				. [			\ <u>.</u>	7	7 FULL P	
																	· · · ·					7						
	•			EL:	98.0	0'				· · · ·		· · · ·	• • • •			••••		<u></u>										
		· · · ·		STA <sup>·</sup>											· · · ·		•••			· · · · ·	<u> </u>	· · · · ·		· · · · ·				
120			CONS																									
120		· · · · · ·		· · · · • • • • • • • • • • • • • • • •	BEGI	N —	· · · · ·		:	· · · ·	· · · · ·				· · · ·	· · ·	· · · ·	· · · ·	· · · ·	· · · · ·			· · · · ·	· · · · ·	· · · · ·	· · · · ·		· · ·
		· · · · · ·			.		· · · ·	· · ·   · · ·		· · · ·	· · · · ·	· · · · ·			· · · ·	· ·   · ·	· · · ·	· · · ·	· · · ·	· · · · ·		· · · · ·	· · · ·	· · · · ·	· · PRO	FILE GRA		· · · ·
	ŀ		• • •							• • • •				••								••••						
					.						· · · · ·				· · · · ·			· · · · ·		· · · · ·			· · · · ·					
	•	• • •													• • • •		•••						· · · ·		••••			
	•				.					· · · ·	· · · · ·				· · · · · · · ·				· · · ·					· · · · ·	· · · · ·			
		· · · · · ·			.   .	 	· · · ·	· · · ·		· · · ·	· · · · ·	· · · ·			· · · ·	· · ·   · ·	· · · ·	· · · ·	· · · ·	· · · · ·	· · · ·	· · · · ·	· · · · ·	· · · · ·	· · · ·	· · · · ·	· · · ·	· · · ·
	·	· · · · · ·					· · · ·			· · · ·	· · · · ·	· · · · ·	· · · ·		· · · ·	· ·   · ·		· · · ·	· · · · ·	· · · · ·		· · · · ·	· · · · ·	· · · · ·	· · · · ·	· · · · ·		· · · ·
	•																											
		• • •			.	· · · · · ·		· · · ·			· · · · ·	· · · · ·			· · · · ·			· · · · ·	· · · · ·	· · · · ·	· · · · ·	· · · · ·	· · · · ·		· · · · ·	· · · · ·	· · · · ·	
	•		•••	• • •			• • • •	• • •			• • • •	• • • •	• • •	•••	• • • •					• • • •			• • • •	• • • •	• • • •	• • • •		• • •
		· · · · · ·			.	· · ·	· · · · ·			· · · · ·					· · · · ·				· · · · ·	· · · · ·		· · · · ·	· · · · ·	· · · · ·	· · · · ·			
	·																											

	.			
	.			•
•••	•••••••••••••••••••••••••••••••••••••••	• • • • • • •		•
	.			
••••••••	.	• • • • • • •		•
				200
	.			
	.			
••••••••	.			·
•••	•••••••••••••••••••••••••••••••••••••••	• • • • • • •		•
	.			
	.			
••••••••	.			160
	.			
	.			
••••••••		• • • • • • •		•
	.			
	.			
•••••••••		<u> </u>		· 120
EXIST	NG BRIDGE DECI	<b>K</b> — · · · · ·		
	•••			·
	.			
	.		.	
	80.37' (77' MSL)			· 80
••••				
				_
			X	:
	.		.\	
				· 40
				40
				:
`~~ <u>,</u> .	.			
				_
· · · · ] `	.			•
	🖊			·   •
OXIMATE				0
OF ROCK				•
	.			
				_
	.			•
	.		.	·   40
				-40
	•••			·
	.			
				_
SED ON BAT	HYMETRIC SURVE	Y		·
				.
	ION ASSESSMENT	- <u>e</u> · ·   · · ·	.	·
L PHASE RO	CK ELEVATION	5		-80
IISTORIC CON	STRUCTION DOCI	JMENT\$, · · ·	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
NIED ON 10/2	0/2010; AND BORI EVATIONS PRESE			
	AY CHANGE SIG	NIFICANTLY ·		
ATURE AND IN	JECT.		L	_
TURE AND N OF THE PRO				.
	FOR SOIL SAME	LES	(NAVD) 88 - VERTICAL	
	FOR SOIL SAMP N SAMPLER (SPT)	AND	WASHINGTON STATE PLANE	
	FOR SOIL SAME N SAMPLER (SPT)	AŅD	· WASHINGTON STATE PLANE · SOUTH ZONE - HORIZONTAL	
E PRESENTEL SPLIT-SPOO &M)	FOR SOLL SAMP	AND ••••N	· WASHINGTON STATE PLANE · SOUTH ZONE - HORIZONTAL NAVD 88 = MSL/NGVD 29 + 3.	
	FOR SOIL SAME	AND ••••N	· WASHINGTON STATE PLANE · SOUTH ZONE - HORIZONTAL	37'
E PRESENTEL SPLIT-SPOO &M)	FOR SOIL SAME	<u>AND</u> •••• <b>2</b>	· WASHINGTON STATE PLANE · SOUTH ZONE - HORIZONTAL JAVD 88 = MSL/NGVD 29 + 3. /8+00	.: 37' Plot 1
E PRESENTEL SPLIT-SPOO &M)	, FOR SOLL SAME	AND ••••N	· WASHINGTON STATE PLANE · SOUTH ZONE - HORIZONTAL JAVD 88 = MSL/NGVD 29 + 3. /8+00	37'
E PRESENTED SPLIT-SPOO &M) 26+00	N SAMPLER (SPT)	AND.  2 SR-	WASHINGTON STATE PLANE SOUTH ZONE - HORIZONTAL YAVD 88 = MSL/NGVD 29 + 3. (8+00	.: 37' Plot 1
E PRESENTED SPLIT-SPOO &M). 26+00	N SAMPLER (SPT)	AND.  2 SR-	· WASHINGTON STATE PLANE · SOUTH ZONE - HORIZONTAL JAVD 88 = MSL/NGVD 29 + 3. /8+00	Plot 1 Plan ref no
E PRESENTED SPLIT-SPOO &M) 26+00	N SAMPLER (SPT)	AND.  2 SR-	WASHINGTON STATE PLANE SOUTH ZONE - HORIZONTAL YAVD 88 = MSL/NGVD 29 + 3. (8+00	Plot 1 Plan ref no sheet
E PRESENTEL SPLIT-SPOO &M); 26+00	N SAMPLER (SPT)	AND.  2 SR-	WASHINGTON STATE PLANE SOUTH ZONE - HORIZONTAL YAVD 88 = MSL/NGVD 29 + 3. (8+00	
E.PRESENTEL SPLIT-SPOO &M); 26+00		AND. 2 SR- IMBIA RIVI	WASHINGTON STATE PLANE SOUTH ZONE - HORIZONTAL VAVD 88 = MSL/NGVD 29 + 3. 88+00 35 ER CROSSING	Plot 1 Plan ref no Sheet 1 of 4
E PRESENTEL SPLIT-SPOO &M); 26+00		AND. 2 SR- IMBIA RIVI	WASHINGTON STATE PLANE SOUTH ZONE - HORIZONTAL YAVD 88 = MSL/NGVD 29 + 3. (8+00	

	· · · · ·	TEST	BORING	COR	ERUN		REC.	HARDNES	S ROD	U.C.S. (KS	$\overline{\mathbf{y}}$		· · · · ·	· · · · ·					· · · · ·	· · · · ·				
	· · · ·		B-1		1		33	· ·~ ·	0	~`~`		· · · · ·	· · · · ·	· · · · ·	· · · · ·	· · · · ·		· · · · ·	· · · · ·	· · · ·	· · · · ·			.
	· · · ·		· · · ·	· · · ·			· · · ·	· · · ·	· · · ·	· · · ·	· · · ·	· · · ·	· · · ·	· · · ·	· · · ·	· · · ·	· · · ·	· · · ·	· · · ·	· · · · ·	· · · ·	· · · ·		·   · · ·
200						•••																		
				· · ·	· · ·																			
				· · ·	· · ·	•••	· · · ·			· · · ·														
160	· · · · · · · ·		· · · ·				· · · · · · · ·			PROFILE	GRADE -	$\begin{pmatrix} \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \end{pmatrix}$				· · · · ·								
100												\												
				· · · ·	· · ·		· · · ·	· · · ·						· · · · ·		· · · ·		· · · · ·	· · · · ·	· · · ·	· · · ·			
	• • • •		• • • •		• • •	• •				· · · ·		• • • •				• • • •							<u> </u>	<u>``</u>
				<u></u>	<u>.</u>			<u></u> .	<u></u>		<u> </u>			+- <u></u>										.
				·																				
120			• • • •			E	EXISTING	BRIDGE	DECK —	/														
							· · · ·																	·   · · ·
	· · · ·		· · · ·	· · · ·			· · · ·	· · · ·	· · · ·		· · · ·	· · · ·	· · · ·	· · · ·	· · · · ·	· · · ·		· · · · ·			· · · ·			·   · · ·
					· · ·	· ·																		
80																								· 🗸 .
																								. =
	· · · · ·		· · · · ·				· · · · ·									· · · · ·			· · · · ·		· · · · ·	APPRO		·   · · ·   · ·
	• • • •		• • • •	• • •	• • •	•••					• • • •		• • • •	• • • •	• • • •	• • • •			• • • •			RIVER B	OTTOM	
				· · · ·			· · · ·	· · · ·					· · · ·		· · · ·	· · · ·		::: <u>T</u>	EST HO	LE - :			NOTE 1 -	. \. :
	· · · ·	· · · · ·		· · ·	· · ·	· ·												B	8-1 2-22-10	· · · · ·				
40																			2-22-10					
																								.
	· · · · · · · ·						· · · · · · · ·					· · · · ·							· · · · ·	_ : 4 ∎	<u> </u>	SAND. (SP)	GRAY,	.WE.T, I
																				. 3		SANDY SIL		
	· · · ·		<u> </u>	· · ·   · · ·	· · ·		· · · ·	· · · ·	· · · ·	· · · · ·		· · · ·	· · · ·		· · · · ·	· · · ·	· · · ·	· · · · ·	· · · · ·			AND MICA		.
0											<u> </u>										··· §	SAND (SP) SAND, MIC/	↓GRAY, ' ACEOUS	WET, I
					· · ·	· ·														11				
							· · · ·												· · · ·	· 7				
																				.12				
	· · · ·						· · · ·									· · · ·								·   · · ·
-40			· · · ·		· · ·		· · · ·	· · · · ·	· · · ·							· · · · ·				65				.
-40																· · / <del>· ·</del>	APPROXIM	ATE		· · ·				
			· · · ·	· · ·   · · ·		· ·	· · · ·	· · · ·	· · · ·		· · · · ·		· · · ·				TOP OF R	2		21	· · · ·			·   · · ·
	NO	TE-				• •								· · · · ·	$\mathbf{x} \cdot \mathbf{x} \cdot \mathbf{x}$	· / · ·				.4.1				
					SED ON	BATH				· · I F	GEND	OF .								1	· · · · ·	GRAVEL (C	3P) ₩IŢĦ	
	PER	FORMED	N 07/14/2	2010.							ATERI										<u> </u>	SILTY GRA GP-GM), W	VEL TO	
-80		OF ROCK		USED F	OR FOUL		ÓN ÁSSE K FLEVA	SSMENTS					· · · S	AMPL		?.	<u> </u>			· · •				
	• • BAS	ED ON CO	MPILATIO	NOFH	ISTORIC	CONS	STRUCTIO	N DOCUN	IENTS,		SAND	GRAVE	· · 4 ·	SPT "N"	SAMPLE	· · · ·				<u>-</u>		BASALT (C		
	· · PER	FORMED 1	2/20/2010	+ 12/23/2	.010. ROC	CK · ELE	EVATIONS	5 PRESEN	TED···				; <u>3</u> ; [];	DAMES "N" SAMI	& MOORE									·   · ·
	DUF	RING SUBSE	EQUENT F	PHASES	OF THE	PROJ	IECT.			<u>⊢</u> ጠ		Ø	· · 2-											
	OBT	ORRECTED	NG A STA	ΔΝΠΔΡΠ	SPLIT_S	NTED	FOR SO	IL SAMPLE	ES ND		SILT	BASAL	ŢĊĊŹŢ											
	ĎĀN	IES & MOC	DRE SAMF	PLER (Ď	&M)	[				::: <b>Ш</b>														.
		-		+00	000 5-			32-	+00			34	+00		,	36	+00			38	+00	·		
<u>EN/</u>	ME	T:\80414S_S 2:22:58 PM		SHEETS	GEO-PRO	FILE-SI	neets.dgn			I		REGION	STATE F	ED.AID PF	ROJ.NO.	-							0	8
TE		2/23/2011										No. 10W	VASH			1						1 ·· 1 ·		Ros -
	D BY ED BY	odonnella										JOB NUM				1						4		, <b>ķ</b>
NTEDE																1			1			SR-35 Colu	STREET, STREET	The second second

LOCATION NO.

DATE

P.E. STAMP BOX

DATE

P.E. STAMP BOX

CONTRACT NO.

DATE BY

REVISION

ENTERED BY CHECKED BY

PROJ. ENGR.

REGIONAL ADM.

· · · · ·		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
	· · · · · · · · · · · · · ·	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	200
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
· · · · ·	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
			160
· · · · ·			· ·
· · · ·			120
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
· · · ·	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
· · · · ·		ELEVATION 80.37' (77' MSL)	80
	▼	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
APPRO RIVER B SEE	OTTOM	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
· · · · ·		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	40
- <u></u> 	· · · · · · · · · · · · · · ·		<b>.</b>
ANDY . SIL	T. (MH), WET, SOFT, MED	IE SAND, MICACEOUS (ALLUVIUM).	· ·
ND MICA	INTERBEDDED WITH S	SAND (ALLUVIUM)	
	ACEOUS, TRACE GRAVE		0
· · · ·			
ILTY GRA		COBBLES (ALLUVIUM) DED GRAVEL WITH SAND AND SILT ARTZ AND BASALT GRAVEL,	
	AL COBBLES (ALLUVIUN		-80
· · · · ·		(NAVD) 88 - VERTICAL WASHINGTON STATE PLANE, SOUTH ZONE - HORIZONTAL NAVD 88 = MSL/NGVD 29 + 3.37	
	40+00	42+00	·
1		SR-35	Plot 2 plan ref no
SR-35 Coli	umbia River Crossing Study	COLUMBIA RIVER CROSSING	SHEET
<u>PB</u>	PARSONS BRINCKERHOFF 400 S.W. Sixth Ave, Portland, OR 97204	PRELIMINARY GEOLOGIC PROFILE	CF 4 SHEETS

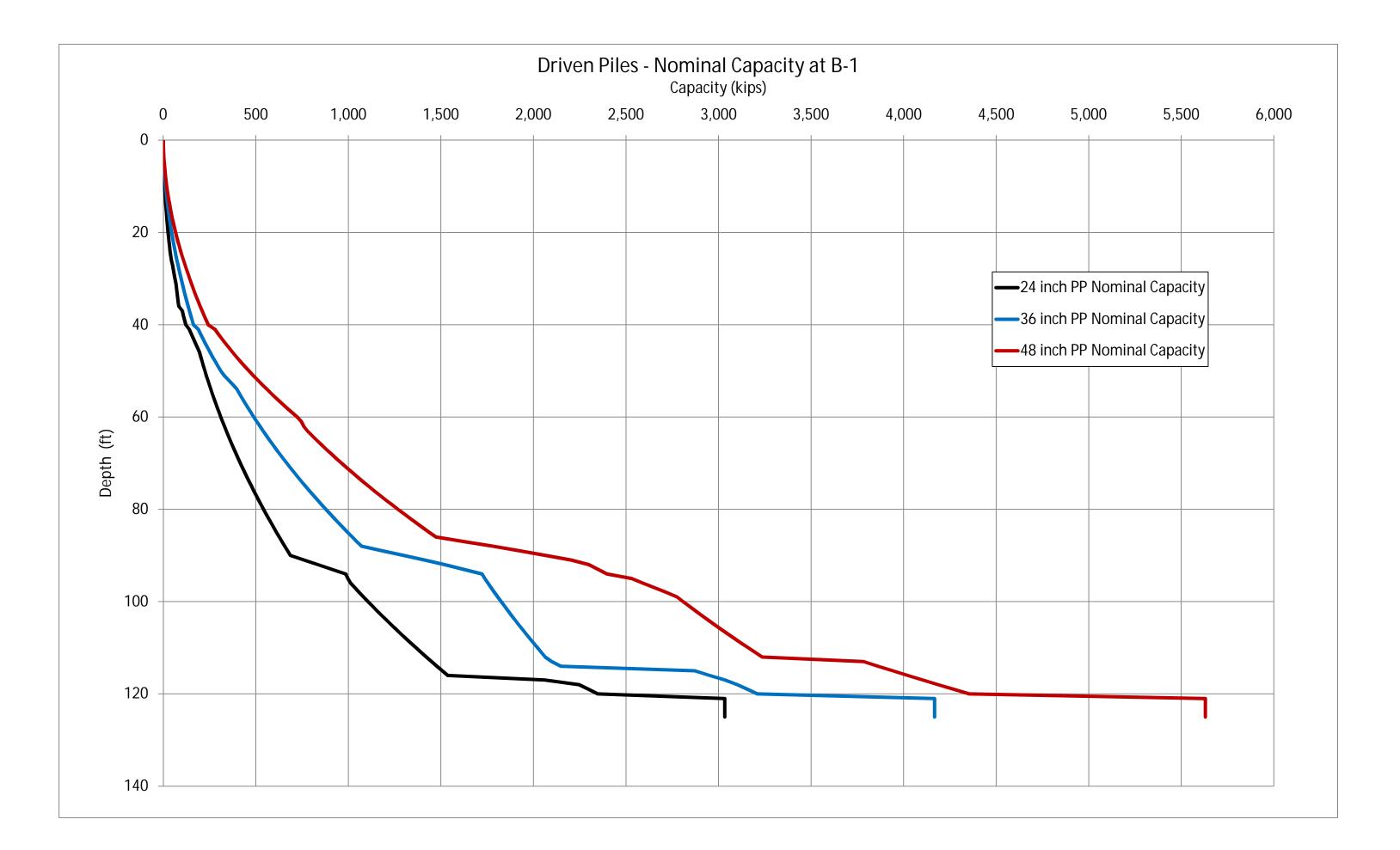
																							· · · · ·	
			G CORE I	RUN :		HARDNESS	RQD U.C.	S. (KSI)	TEST BC		CORE RU			RDNESS	RQD U.C.	S. (KSI)								
			1	· · · · · ·	32 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	R5 R5	<u>0</u> 82	~	B-3		2		42 33	R5 R5	6	~ .								
					. 87	. R5		~			. 3		.45	R4-R5	37	~								
		· · · · · · · · · ·	· · · · · ·	· · · · ·				· · · ·	· · · ·	· · · · ·	· 4 · ·	<u> </u>	90	R5 · · ·	80	<u>~···</u> ]·								
200			• • • • •			• • • • •	• • • •	• • • •	• • • •	• • • •	• • • •	• • • •		• • • •		• • • •				PROFILE G			· · · ·	· · · ·
			· · · · · ·	· · · ·	· · · ·			· · · ·		· · · ·														
																			/					
					· · · · ·																			
		· · · · · · · · · ·	· · · · · ·	· · · · ·																			· · · ·	
400			· · · · · ·	· · · · ·	· · · · ·			· · · ·		· · · ·										· · · ·	· · · ·			
160																							+	
				<del></del>	· · · ·	· · · · ·	· · · ·	· · · ·		· · · ·					+ · · · · ·					_ <u></u> .	<u> </u>	<u> </u>		
																							×	
			· · · · · ·	· · · · ·	· · · · ·			· · · · ·		· · · · ·									· · · FXI	STING BRI		<b>k</b> <u>· · / ·</u>		
120										· · · ·	<u> </u>	· · · ·		· · · ·	· · · ·	· · · ·		· · · ·				<u> </u>	· · · ·	
						• • • • •		• • • •	••••	••••	• • • •			• • • •		· · · ·				• • • •			· · · ·	· · · ·
			· · · · · ·	· · · · ·				· · · ·		· · · ·														
80																<u>7 FÚLL í</u> T	POOLELE	VATION 80	<u>).37' (77' MS</u>	_) · · · ·				
			· · · · · ·	· · · · ·	· · · · ·			· · · ·		· · · ·											· · · ·			
		·																	VER BOTTO	M				
			LE											TEST F B-3	IOLE				SEE NOTE					
40														12-21-10	<b>b</b>					\.		···· · · ·	``	
					ID (SP), ( CASIONAI	GRAY TO ∠-WOODF	BROWN, W BERS TRA	ET, LOOS CF MICA	SE, FINE T A (ALLUVI	O MEDI UM)	UM SAN	D,									and the second			
			· 3	··-+		D SILTY S						/	5											
			· 6 🚺 · ·	WE	I. VERY	LOOSE AN	D VERY S	OFT TO	LOOSE	AND SO	FT FINE	SAND,	0										<u> </u>	
			8			C TO MED							4. [ 2.		F MEDIU	TRACE.S/ IM.PLAS	AND (MH TICITY TI	), DARK ( RACE: OR	GRAY, WE GANICS, M	I, VERY S IICACEOU	SOFT TO S (ALLU)		'   : : ·∖·	
			• 4	SAN	id With. Idy silt	SILT. (SP), INTERBED	DARK .GR/ S (ALLUVII	AY, WET, UM)	LOOSE, N	ICACEO	JS, TRAC	Е				J			, WET, LO					
0			· 9			D SILTY S	· ·				RK-GRA	5	945"	=~				-				-		SEE N
			8	WE	Γ. VERY ∣	LOOSE AN	D VERY S	OFT TO	LOOSE /	AND SOF	²Ť.FINE	SAND,		<u> </u>					FF, MEDIU					
			· 7 ·10			C TO MED				1			4	···· BAS	ALI WII SLIGHTL	H CLAY Y WEATH	AND SAI IERED, E	ND SIZEL XTREMEL	) FRAGME Y HARD;( ACE VESI	LOSE TO	CK, MODI	CLOSE		
			. 6		Y SAND	(SM)DARK ANIC · FIBE	<del>, gray, we</del> RS (alluv	<del>ET, LOOS</del> IUM)	SE, FINE -S	and, Mic	CACEOUS			JOIN · · · (GR	TS, CLO	SED TO	OPEN JORN	DINTS, TR	ACE VES	CULARITY				
			· 10			TRACE SI			1									/ 			· · · ·			
40			· 36 🚺 · ·/	ME	DIUM SA	ND, TRACE	WOOD F	BERS (A	LLUVIUM)															
			.20	/ GR/	VEL WIT	H SAND ≠	ND OCCA	SIONAL	COBBLES	(GP), WI	ET, VERY													
			·19 · ·/		ISE, MED	IUM- SAND	(ALLUVIU)	N) <u> </u>																
		· · · · · · · · ·	50/3" 🛃 /		id (Mith <sup>.</sup> Id (Allu	GRAVEĽ (	SP); WET; V	ERY DE	NSE; MED	UM TO	COARS	Ξ · · · ·							NOTE:				· · · ·	· · · ·
		· · · · · · · · · ·	5073"					 					EGEN	DOF					1 RIVER B		EVATION	BASED C	N BATHY	METRIC
			1 - 7 - 1	TO	COARSE	D BASALT	ZED FRAGI	MENTS, 1	FRACE SIL	LT AND	ČLAY		MATER	RIALS		SAMP				MED ON 0				
80			2			ED GRAND						1			4		LERJ N'' SAMPL		2 TOP OF DURING	ROCK TO	BE USEL	D FOR FO	UNDATION	LEVATIO
				BAS	ALT, BLA	CK, SLIGHT VERY, CLO ULAR, SAN	LY WEATH						SAND		'EL: • • • •	•			1 GEODHA	SICAL SUR			NI 10/20/9	RUCTION I
		· · · · · · · · · ·	· · · · · ·		CE ANG	ULAR SAN		NTS IN		RACE IF	RON .					] DAME: "N" SA	S & MOC MPLE	DRE · · ·	PERFORM	MED · 12/20/ RE · PRELIM	2010 - 12/2 NARY · IN	23/2010: R NATURE	JCK ELEN AND MAY	VATIONS P
				STA 	INING, TF			(GRANDI			HON)		1				-		DURING	SUBSEQUI	INI PHAS	ES OF IF		CI.
		.		· · · · ·	· · · · ·					· · · ·			SILT ·	BASA					3 UNCORR OBTAINE	ECTED "N' D USING	VALUES	ARE PRES	SPOON	OR SOIL S SAMPLER (
							· · · · ·		· · · ·	· · · · ·	<u> </u>		Ш <b>.</b>	K2		<u> </u>	· · · · ·	<u> </u>	DAMES &	\$ MOORE	SAMPLER	(D&M).	<u> </u>	<u> </u>
E 11		T:\80414S_SR35\0		GEO BROS	II E Sheet		6+00			48	+00			50	+00			52	2+00			54	+00	
LE N/ ME	- 1016	2:25:24 PM	ADDIOREE 18	SEO-FROF	ILC-SHEETS.					REGION NO.	STATE	ED.AID F	PROJ.NO.	$\neg$						-	6		3.1	
ATE		2/23/2011	-	-						· · ·	1			1			1					20		

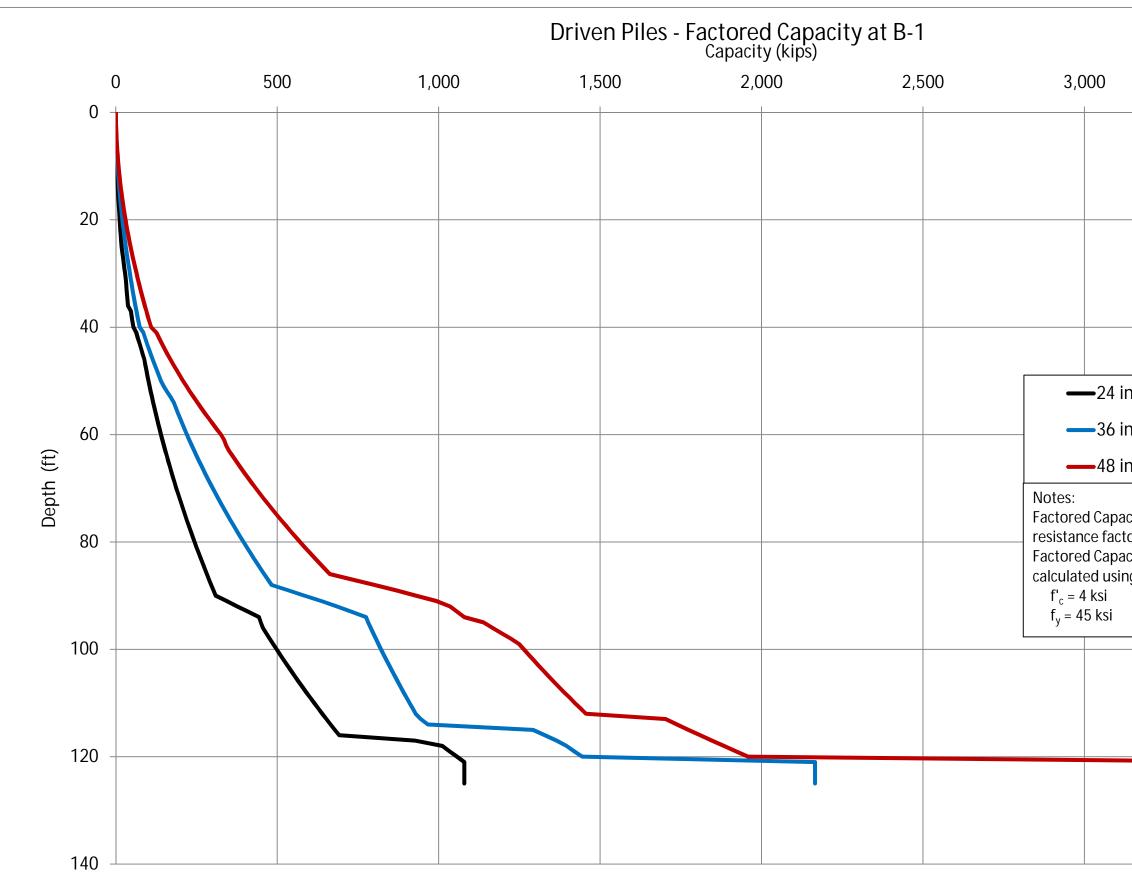
FILE NAME	T \80414S_SR35\CADD\SHEETS	S\GEO-PROFILE-Sheets.dgn								
TIME	2:25:24 PM				REGION S	TATE	FED.AID PROJ.NO.			
DATE	2/23/2011				10 W	ASH				
PLOTTED BY	odonnella					АЭП				
DESIGNED BY					JOB NUMB	ER				+ 7 - 7
ENTERED BY										SR-35 Columbia River Crossi
CHECKED BY					CONTRACT	NO.	LOCATION NO.			DD PARSONS
PROJ. ENGR.								DATE	DATE	
REGIONAL ADM.		REVISION	DATE	BY				P.E. STAMP BOX	P.E. STAMP BOX	400 S.W. Sixth Ave, Portland,

		_
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
		200
ROFILE GRADE	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· ·
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	•
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	160 
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		· 
TING BRIDGE DECK	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	120
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		•
,	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	:
	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
ГЕ М. 1 —	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		40
	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
, VERY SOFT TO MEDIUM		
DSE, FINE SAND (ALLUVIUM)	TOP OF ROCK SEE NOTE 2	· 0
M PLASTICITY (ALLUVIUM) NTS, BLACK, MODERATELY		
LOSE TO VERY CLOSE	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
		_40
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	•
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
DTTOM ELEVATION BASED ON BAT	HYMETRIC. SURVEY	•
IED ON 07/14/2010. ROCK TO BE USED FOR FOUNDATI	IN ASSESSMENTS	· -80
THE PRELIMINARY TS&L PHASE ROOM OF HISTORIC CON	CK ELEVATION STRUCTION DOCUMENTS, · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
SICAL SURVEY PERFORMED ON 10/2 IED 12/20/2010 - 12/23/2010: ROCK EL E PRELIMINARY IN NATURE AND M	UZONU, AND BORINGS EVATIONS PRESENTED	
SUBSEQUENT PHASES OF THE PRO	JECT. (NAVD) 88 - VERTICAL	
CTED. "N" VALUES ARE PRESENTED D USING A STANDARD SPLIT-SPOON MOORE SAMPLER (D&M)	I SAMPLER (SPT) AND NAVD 88 = MSL/NGVD 29 + 3.37	
54+00	56+00	·
	SR-35	Plot 3 plan ref no
	COLUMBIA RIVER CROSSING	
SR-35 Columbia River Crossing Study		SHEET <b>3</b>
DD PARSONS		3 ₀⊧ 4
BRINCKERHOFF 400 S.W. Sixth Ave, Portland, OR 97204	PRELIMINARY GEOLOGIC PROFILE	SHEETS

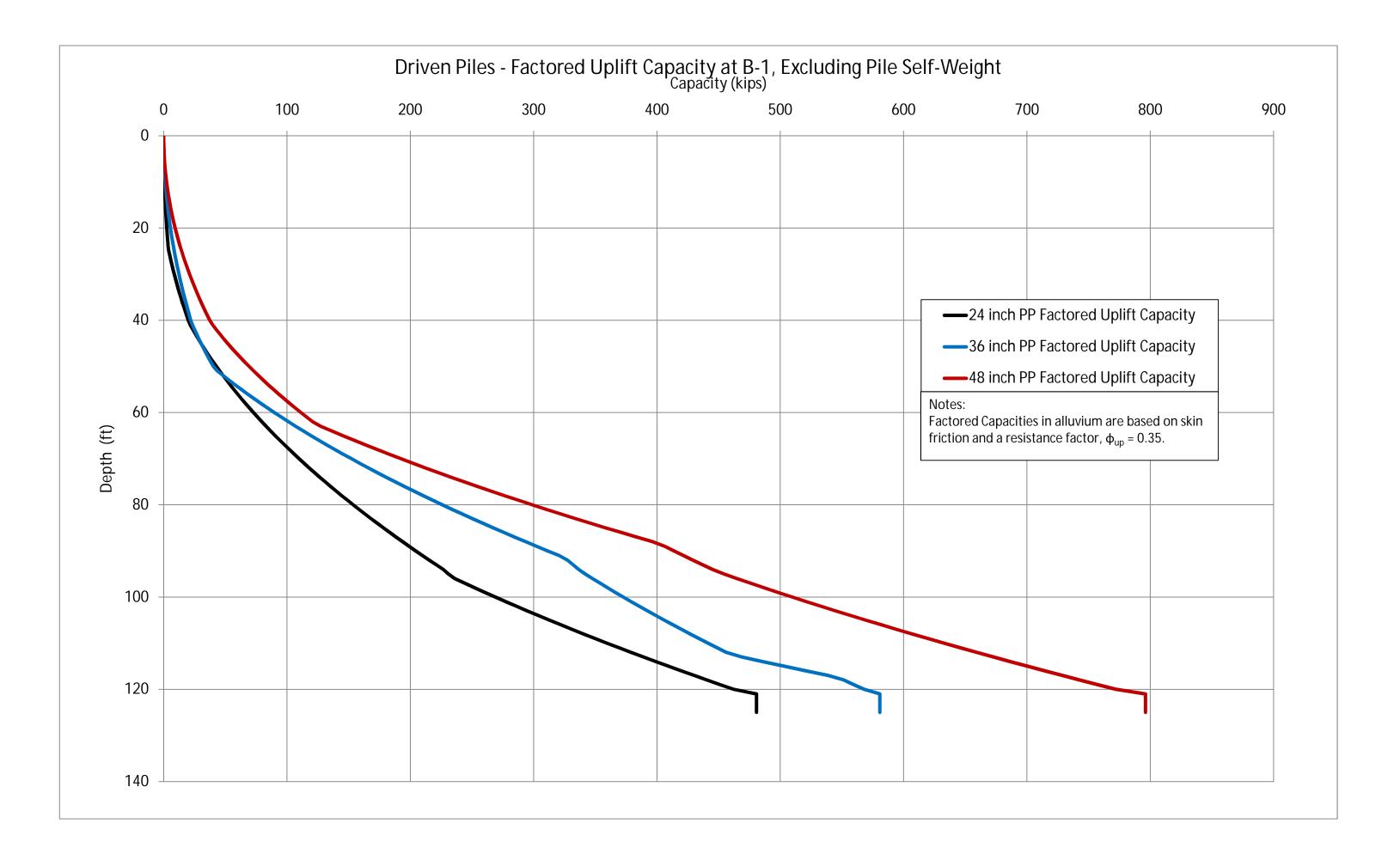
1 I																								
											•													
													· · ·											
-																							<u> </u>	
			· · · ·			.   .				· · · ·			· · ·	· · · · ·	· · · · ·	· · · ·	· · · · ·		· · · ·					
200																								
						·   · · · · ·					:			· · · · ·										
											•													
-	• • • •		• • • •					• • • •	• • • •		•		· · ·	PROFILE	RADE			· · · · ·				• • • •		
													. /											
												/												
160											•		• • •	• • • • •										
						.   .					:		· · ·	· · · · ·						<u> </u>				
						.																		
-		·																					·	
											•	/												
400	· · · ·					.   .							· · ·	· · · · · ·										
120								EXISTING	BRIDGE D	ECK —														
						 					:			· · · · ·							· · · · ·			
											•			· · · · ·									×	
-											·													
							BOTTOM.	+			:		· · ·	· · · · ·						, <i>i</i>				ISTING
80	• • • •							• • • •		ULL POC	<u>DL EI</u>	LEVATION	80.37	' <u>'(77' MŚL</u> )					مجرعه تترتي المستع تسرك		• • • •		PPROXIMA <sup>*</sup> XISTING G	
									. <del>.</del>		·								· · · · ·					
			· · · · ·					· · · · ·					· · · · · ·	· · · · ·		· · · · ·								
																<b>-</b>								
													·											
40	· · · ·										.													
40												$\rightarrow$												
				· · · · ·																				
			- · · ·								:			OXIMATE										
-											-			NOTE 2										
						.   .					:		· · ·	· · · · ·										
0	• • • •							• • • •		• • •	•		• • •								• • • •	• • • •		
											•													
						· · · · · ·					:													
											•													
														· · · · ·										
40																								
-40																								
	· · · · ·			· · · · ·		 							· · · · · ·	· · · · ·					· · · ·					
						 							· · · · · ·	· · · · ·	· · · ·	· · · ·								
-											-										NOTE			
						.   .							· · · · · ·	I I I ILE	EGEND	OF					1 RIVER E	зоттом е	ELEVATION	BASED
															IATERI			<u> </u> '	<u> </u>		PERFOR	MED ON	07/14/2010	·
-80										• • •	•		• • •				· · · · S	SAMPL	.ERS					
																	· · ·4·	SPT "N	" SAMPLE		BASED .	ON COMP	ELIMINARY PILATION O	DF HISTO
						·   · · · · ·							· · ·		SAND	GRAV	EL····	DAMES	& MOOI		GEOPHY	SICAL SUI	RVEY PERI 0/2010 12/	FORMED /23/2010
																	́.3.́⊡	"N" SAN		· · · ·	HERE A	RE PRELIM	MINARY · IN	I NATUR
-														[		<b>A</b>	· · · 2-	CORE	SAMPLE			SUBSEQU	JENT PHAS	SES OF
															SILT· ·	BASA	μ <b>τ</b> <sup>2</sup> . Ι				3. UNCORF	ECTED "N		ARE .PF
						 					:		· · ·	:   : : : <b>[</b> ]							DAMES	& MOORE	A STANDA SAMPLER	λημη 3Ρ. (D&M).
L																	+00							
FILE NA	ME	T:\804145		+00 SHEETS\G	EO-PROFII	E-Sheets.dg		0+00				62+0	10			<u>64</u>	+00			ы	5+00	~		
TIME		2:23:23 PM				0.10010.uy	••					REGION ST	ATE	FED.AID PF	ROJ.NO.								0	8
DATE		2/23/2011										NO. 10 WA			· · · · · · ·							# ** # ×		
DI OTTE	DBY	odonnella																						
												JOB NUMBE	۲.									The second se	7 1	7
DESIGN	ED BY																					SR-35 Co	lumbia Pive	er rom
DESIGNI ENTERE	ED BY D BY											CONTRACT N	10.	LOCATION	NO.								lumbia Rive	
PLOTTE DESIGNI ENTERE CHECKE PROJ. E	ED BY D BY ED BY											CONTRACT N	10.	LOCATION	NO.	-	_					SR-35 Col	PARS	ONS
DESIGNI	ED BY D BY D BY NGR.					RE	VISION			DATE	BY	CONTRACT N	10.		NO.		P.E. STAMP BOX	DATE	F	E STAMP BOX	DATE			<b>ONS</b> XERI

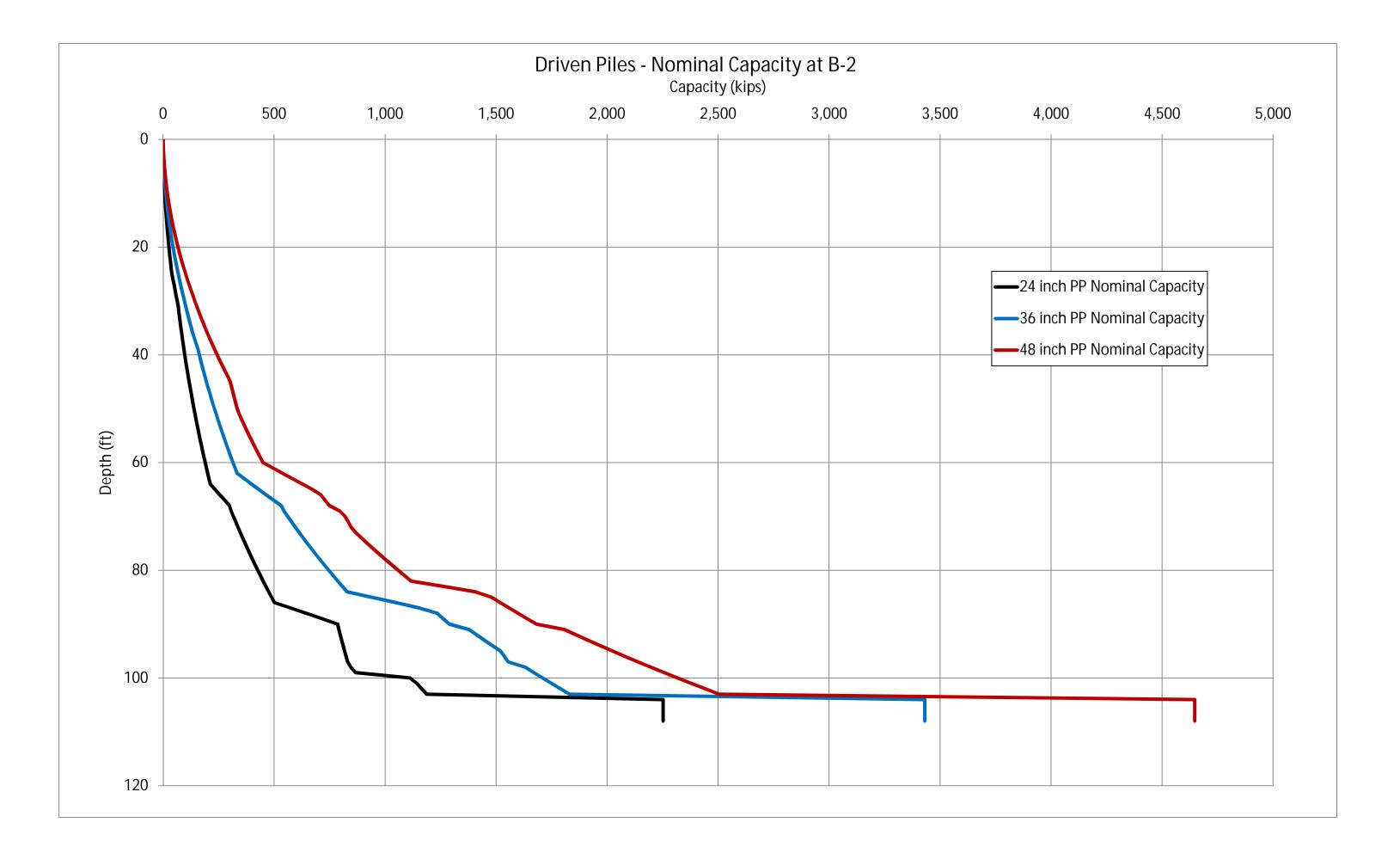
200         160           STATIONING         STATIONING           STATIONING         STATIONING           STATIONING         120           NO. RALROAD         0           NO. RALROAD         0           NO. RALROAD         0           STATIONING         120           NO. RALROAD         0           NO. RALROAD         0           NO. RALROAD         0           SED ON BATHYMETRIC SURVEY         0           SETORO CONSTRUCTION DOCUMENTS         DATUM           SUBTION CONSTRUCTION DOCUMENTS         DATUM           SUBTION CONSTRUCTION DOCUMENTS         DATUM           SUBTION CONSTRUCTION DOCUMENTS         SUBTIONATION ASSESSION           SUBTION CONSTRUCTION DOCUMENTS	PRELIMINARY GEOLOGIC PROFILE	SHEET 4 OF 4 SHEETS
Iso         Iso           Iso         STATIONING STA:69+90 EL: 137.60         120           Iso         Iso         120 <th></th> <th></th>		
Indexes and a second and a second a sec	NAVD     88 = MSL/NGVD     29 + 3:	37' ·
ISO ISO ISO ISO ISO ISO ISO ISO		
Indexes and a second se	/ATION TON DOCUMENTS,	
160 END STATIONING STA:69+90 EL: 137.60' 120 NOLINE NOLINE 0 40 0	· · ·   · · · ·   · · · ·   · · · · <u> </u> · · · ·   · ·	
160 END STATIONING STA:69+90 EL: 137.60' 120 NOLINE NOLINE 0 40 0	· · · ·         · · · · · ·         · · · · ·         · · · · ·         · · · · ·         · · · · ·         · · · · · ·         · · · · · ·         · · · · · ·         · · · · · ·         · · · · · ·         · · · · · ·         · · · · · ·         · · · · · ·         · · · · · · · ·         · · · · · · · · · · ·         · · · · · · · · · · · · ·         · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· · · · · ·
160 END STATIONING STATIONI	<	· · · · · · -40
160 END STATIONING STATIONI	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· · ·
Interview	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	0
Interview	· · ·         · · · · ·         · · · · ·         · · · ·         · · · ·	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
Interview	Image: constraint of the state of	40
160 END STATIONING STATIONING STATIONING STATIONING STATIONING STATIONING STATIONING 120 120		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
160 END STATIONING STATIONING STATIONING STATIONING STATIONING STATIONING STATIONING 120 120	•         •	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
160 END STATIONING STA:69+90 EL: 137.60' 120		· · · · · · · · 80
160 END STATIONING STATIONING STATIONING EL+ 137 60'	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
160 END STATIONING STA:69+90	EL: 137.60	120
	STA:69+90	IG
	••••••••••••••••••••••••••••••••••••••	
	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
<	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· · · · · · · · ·
	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·

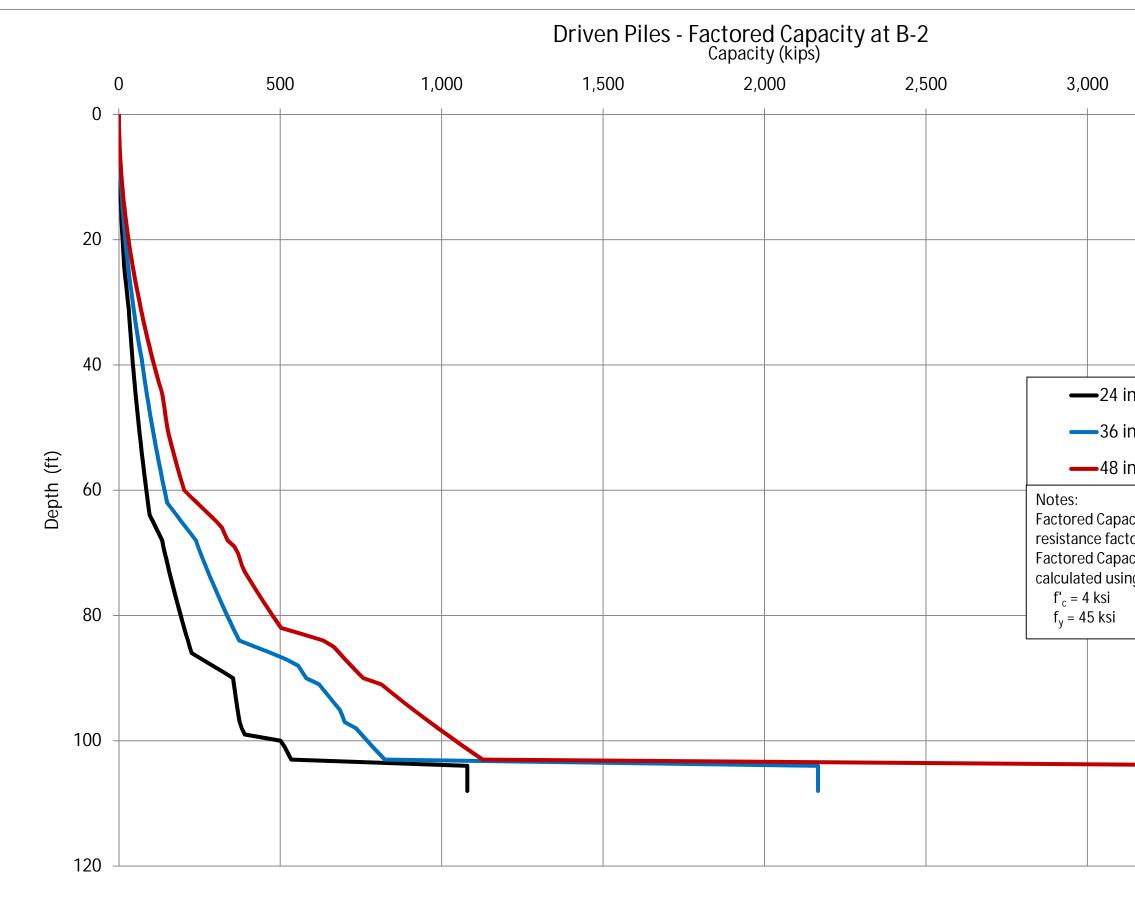




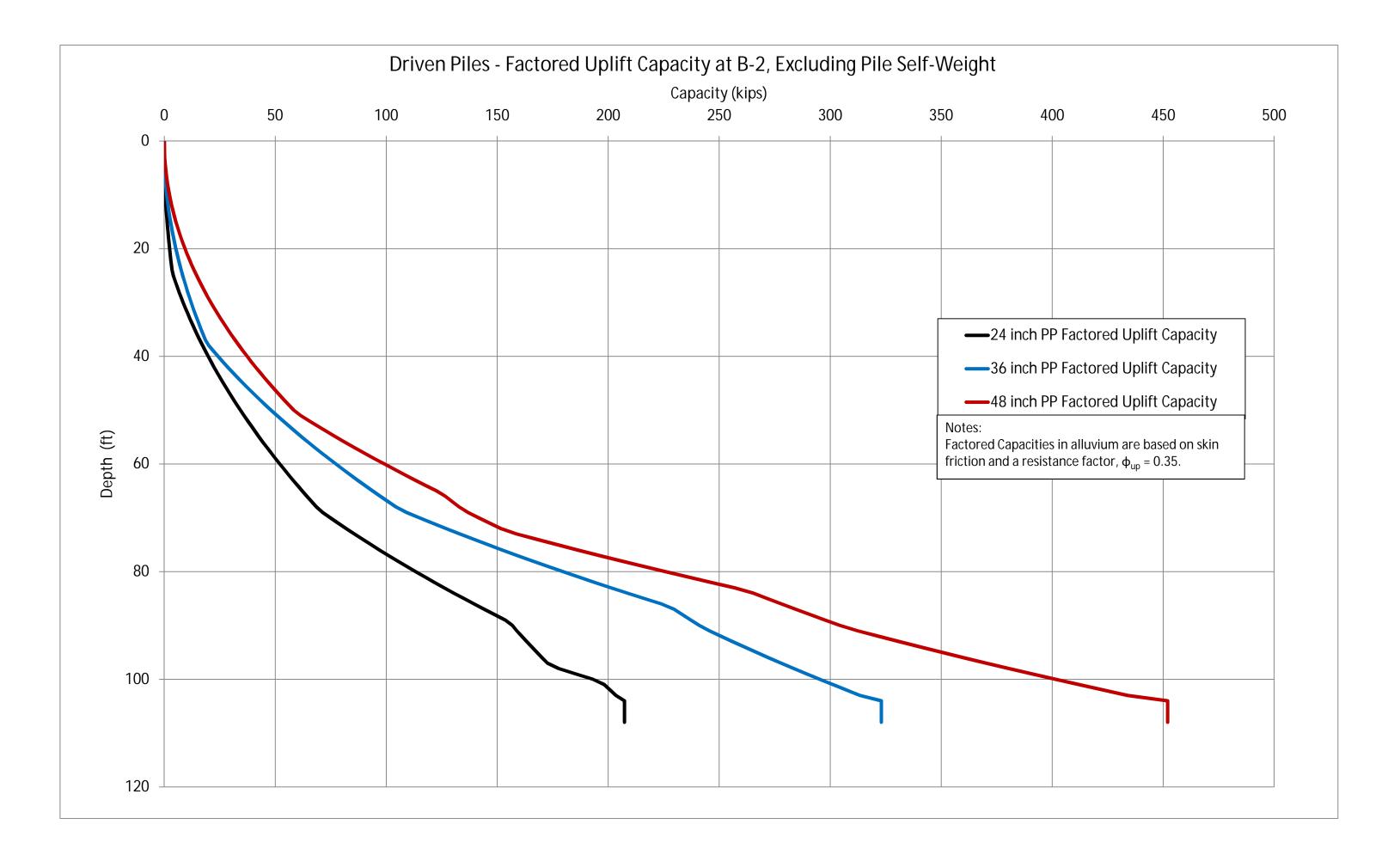
3,5	00	4,000
nch PP Factored	Capacity	
nch PP Factored	Capacity	
nch PP Factored	Capacity	
cities in alluvium a or, φ <sub>stat</sub> = 0.45.		
city in rock (below ng 0.4f' <sub>c</sub> A <sub>c</sub> + 0.25f <sub>y</sub> A		

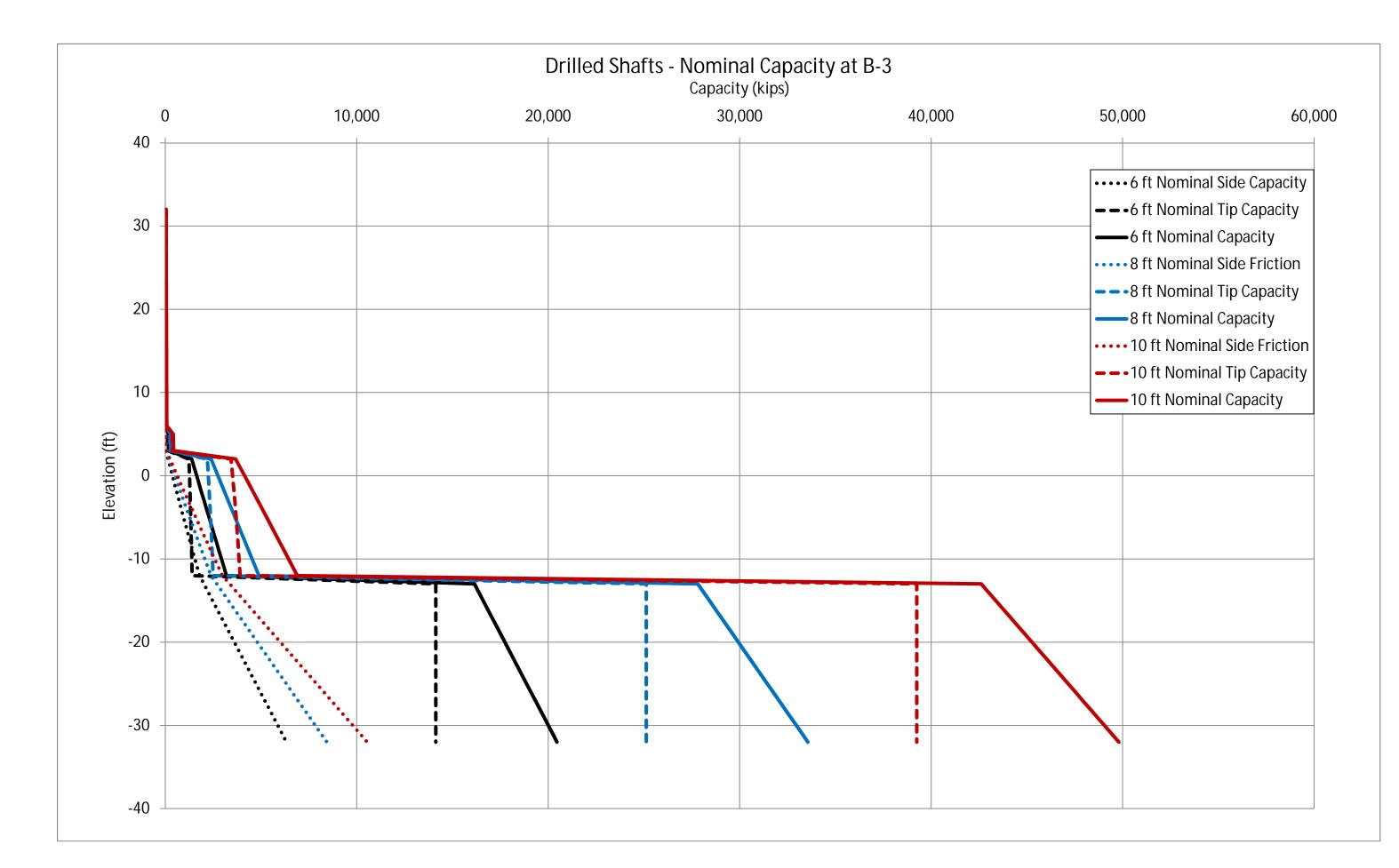


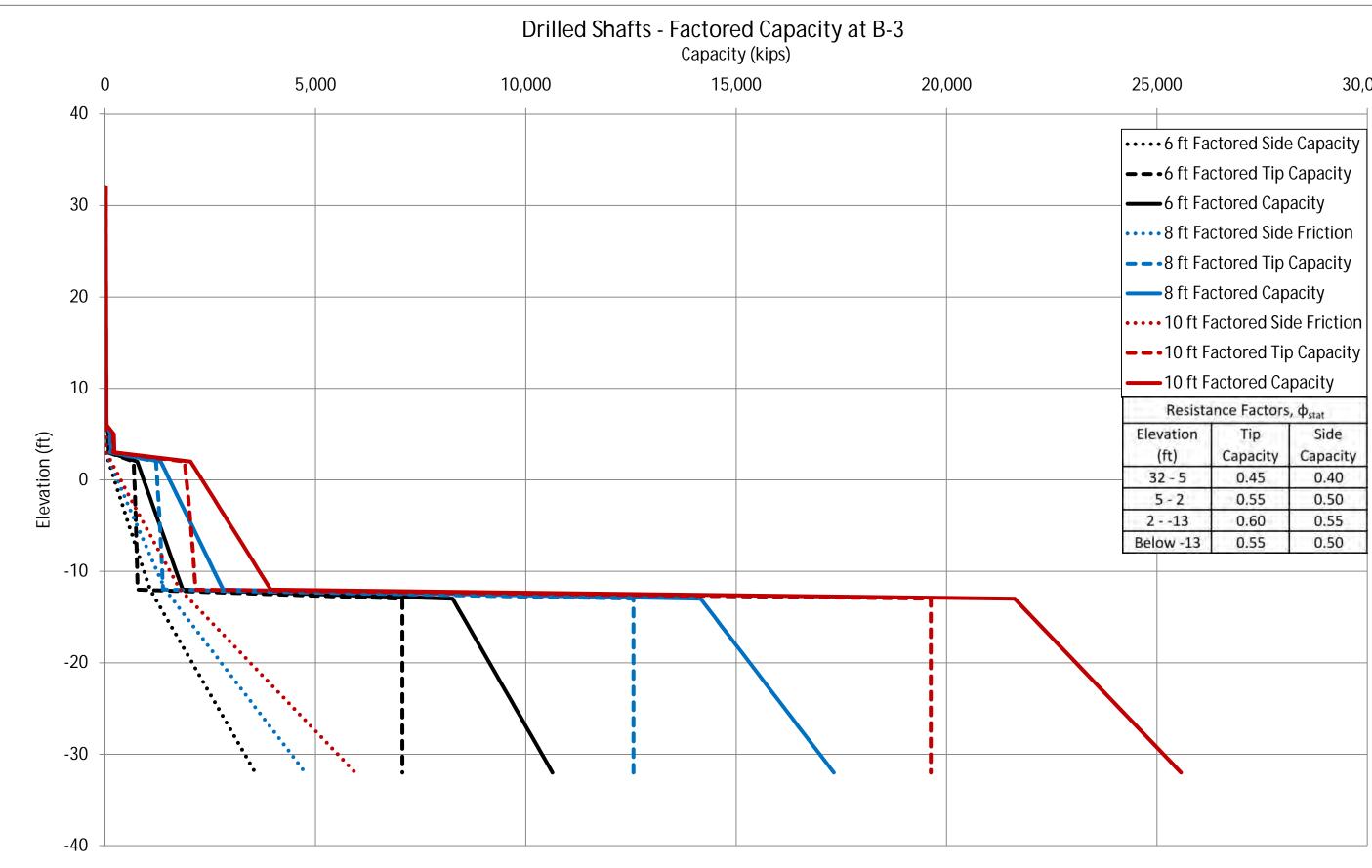


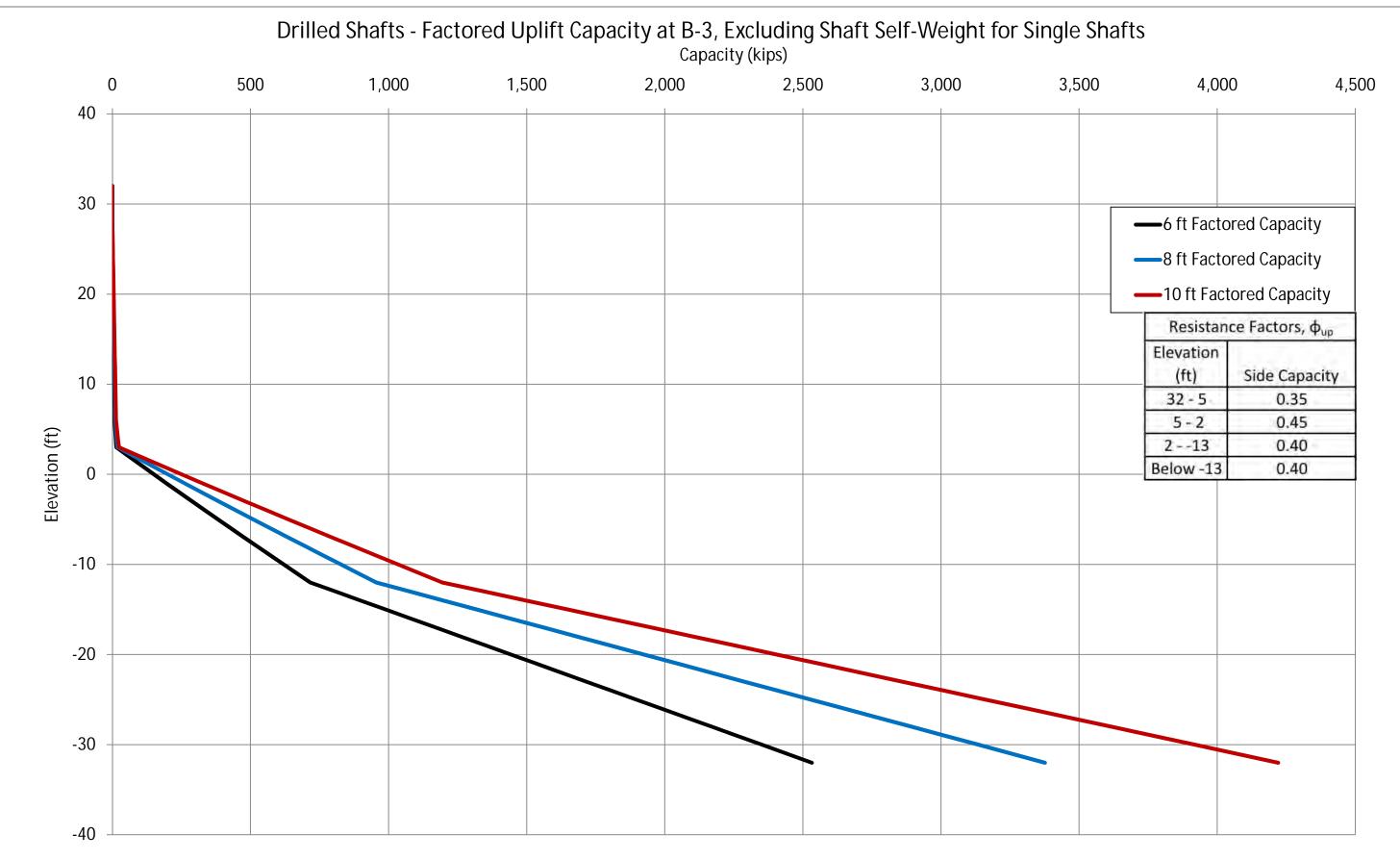


3,5	600	4,000
	Conceitu	
nch PP Factored		
nch PP Factored		
nch PP Factored	Capacity	
cities in alluvium a or, φ <sub>stat</sub> = 0.45. city in rock (below ng 0.4f' <sub>c</sub> A <sub>c</sub> + 0.25f <sub>y</sub> A	depth 121 ft)	









DD	PARSONS BRINCKERHOFF	Page:	of
TD.	COMPUTATION SHEET	Made by:	E. Garich
100 YEARS ®		Date:	12/8/2010
Subject P	Preliminary Ground Motion Parameters	Checked by:	J. Horne
S	R-35, Columbia River Crossing	Date:	12/9/2010
Subject P	Preliminary Ground Motion Parameters	Date: Checked by:	12/8/20 J. Horne

References

1) United States Geological Survey, 2008, Earthquake Hazards Program

2) AASHTO, 2010, AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 5th Edition

3) AASHTO, 2009, Guide Specifications for LRFD Seismic Bridge Design, 1st Edition

Ground motion parameters shall be developed for two recurrence intervals - 500 and 1,000 years

Soil Site Classification at rock/alluvium interface - Site Class B Seismic Design Category at rock/alluvium interface - SDC A

USGS 2008 accelerations on bedrock:

500 yr	
PGA	0.114
Ss	0.260
S <sub>1</sub>	0.096

1000 yr	
PGA	0.158
Ss	0.364
S <sub>1</sub>	0.142

AAHSTO 2009 ground motion parameters:

500 yr	
$F_{pga}$	1.00
Fa	1.00
Fv	1.00
A <sub>s</sub>	0.11
S <sub>DS</sub>	0.26
S <sub>D1</sub>	0.10
T <sub>0</sub>	0.07
Τs	0.37

1000 yr		
$F_{pga}$	1.00	
Fa	1.00	
$F_v$	1.00	
A <sub>s</sub>	0.16	
S <sub>DS</sub>	0.36	
S <sub>D1</sub>	0.14	
T <sub>0</sub>	0.08	
Ts	0.39	



Subject

# PARSONS BRINCKERHOFF COMPUTATION SHEET

Page:

Made by: Date: 2\_\_\_\_\_ of \_\_\_\_\_

E. Garich

12/8/2010

Checked by: Date: J. Horne 12/9/2010

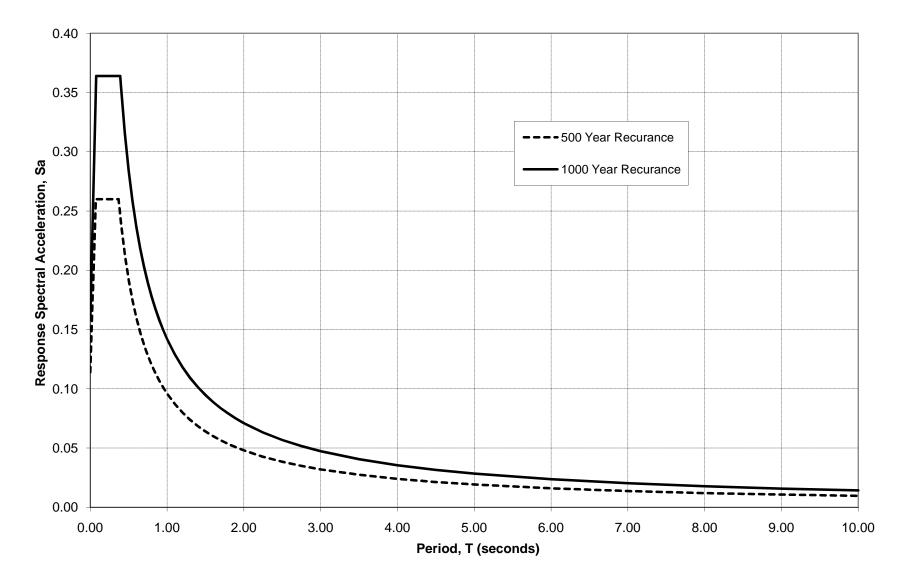
Preliminary Ground Motion Parameters SR-35, Columbia River Crossing

### Response Spectrum Values

500 yr	
T (sec)	S <sub>a</sub>
0.00	0.11
0.07	0.26
0.37	0.26
0.40	0.24
0.45	0.21
0.50	0.19
0.55	0.17
0.60	0.16
0.65	0.15
0.70	0.14
0.75	0.13
0.80	0.12
0.85	0.11
0.90	0.11
0.95	0.10
1.0	0.10
1.1	0.09
1.2	0.08
1.3	0.07
1.4	0.07
1.5	0.06
1.6	0.06
1.7	0.06
1.8	0.05
1.9	0.05
2.0	0.05
2.3	0.04
2.5	0.04
2.8	0.03
3.0	0.03
3.5	0.03
4.0	0.02
4.5	0.02
5.0	0.02
6.0	0.02
7.0	0.01
8.0	0.01
9.0	0.01
10.0	0.01

1000 yr	
T (sec)	S <sub>a</sub>
0.00	0.16
0.08	0.36
0.39	0.36
0.40	0.36
0.45	0.32
0.50	0.28
0.55	0.26
0.60	0.24
0.65	0.22
0.70	0.20
0.75	0.19
0.80	0.18
0.85	0.17
0.90	0.16 0.15
0.95	
1.0	0.14
1.1	0.13
1.2 1.3	0.12
	0.11
1.4	0.10
1.5	0.09
1.6 1.7	0.09
	0.08
1.8	0.08
1.9	0.07
2.0	0.07
2.3	0.06
2.5	0.06
2.8	0.05
3.0	0.05
3.5	0.04
4.0	0.04
4.5	0.03
5.0	0.03
6.0	0.02
7.0	0.02
8.0	0.02
9.0	0.02
10.0	0.01

# Design Response Spectrum



DD	PARSONS BRINCKERHOFF	Page:	4 of4
T D	COMPUTATION SHEET	Made by:	E. Garich
100 YEARS	0	Date:	2/18/2011
Subject	Liquefaction Analysis	Checked by:	J. Horne
	SR-35, Columbia River Crossing	Date:	2/18/2011

A seismic hazard deaggregation was performed to identify the seismic sources that contribute the greatest hazard to the site. The sources were identified: 1) Shallow crustal faults, 2) Intraplate faulting, and 3) Cascadia Subduction Zone (CSZ) faulting. A M-R pair from each source which had the greatest contribution to the mean PGA was choosen to be included in the liquefaction analysis. These pairs are:

- 1) Shallow crustal M = 5.40, R = 8.3 km
- 2) Intraplate M = 7.01, R = 86.0 km 3) CSZ - M = 9.0, R = 179.7 km

Attenuation relationships were used to determine the PGA from each M-R pair at the site. For the shallow crustal faulting 3 NGA relationships (Boore and Atkinson (2008), Campbell and Bozorgnia (2008), and Chiou and Youngs (2008)) were equally weighted to evaluate PGA. For CSZ and Intraplate faulting Youngs et al. (1997) was used. Averaged PGA's are as follows:

- 1) Shallow crustal PGA = 0.13 g
- 2) Intraplate PGA = 0.11 g3) CSZ - PGA = 0.10 g

The liquefaction analysis was performed using the software program LiquefyPro V.5.8f. This program utilizes Seed's Method to calculate the CSR and the CSR is determined from corrected SPT blow count data (Harder and Seed, 1986 and Harder, 1997). Fines content correction formulas developed by Idriss and Seed (1997) were used and the Ishihara/Yoshimine Method was used to calculate settlement. A anlaysis was performed at each boring using insitu and laboratory test data from the field explorations. Three earthquake scenerios were analyzed at each boring. The results of these analyses are presented on Plates B1-1 through B3-3 and summarized below.

Scenerio	Liquefaction?	Settlement Predicted (inches)
B-1, Crustal	Yes	5
B-1, Intraplate	Yes	13
B-1, CSZ	Yes	21
B-2, Crustal	Yes	3
B-2, Intraplate	Yes	14
B-2, CSZ	Yes	24
B-3, Crustal	Potential	4
B-3, Intraplate	Potential	10
B-3, CSZ	Potential	12

