BASE DE AGREGADOS ESTABILIZADOS CON CEMENTO BAEC [1]

Rommel Javier Correa Alvarez[1]

Hugo Egüez Alava[2]

[1] Ingeniero Civil 2006, email: rommelcorrea@hotmail.com

[2] Director de Tesis, Ingeniero Geólogo, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1985, Postgrado EEUU, Universidad de Virginia del Oeste, 1987, Profesor de ESPOL desde 1987, email: heguez@espol.edu.ec

RESUMEN

Este trabajo enfoca el análisis y comportamiento de materiales triturados que se los utiliza para base y subbase para carreteras, mezclados con bajas proporciones de cemento y humedad, influenciadas por una carga de compactación. Los materiales utilizados se los obtuvo de 4 canteras cercanas a Guayaquil, se determinaron diferentes propiedades físicas de estos materiales necesarias para las diferentes metodologías utilizadas en laboratorio, se incluye también como capítulo un método para distintas clases de materiales, desarrollado por la PCA, Pórtland Cement Association, para el diseño de espesor de bases estabilizadas con cemento y la respectiva dosificación de la mezcla. [2]

Con los materiales obtenidos se realizaron 5 pruebas utilizando los distintos agregados, en el capitulo 7 se presenta los resultados de todos los ensayos realizados, y su respectivo análisis en el capítulo 8.

Se realizó una de éstas pruebas a escala industrial, de cuya experiencia se originan los capítulos 4 y 6 de este trabajo.

Finalmente en el capítulo 9 se da a conocer las conclusiones obtenidas de todas las pruebas realizadas, como también su respectiva recomendación.

SUMMARY

This work focus the analysis and behavior of local crushed materials used for highways bases and subbases, when these materials are blended and compacted with low proportions of cement and water content.

The materials used, were obtained from 4 quarries near Guayaquil, different physical properties from these materials were determined, these parameter were used to design mixtures tested in laboratory.

The utilized method for thickness design of bases stabilized with cement and the respective mixture dosage was developed by the PCA, Portland Cement Association. [2]

With the materials obtained were carried out 5 tests considering the origin of the aggregates, chapter 7 presents the results of all the carried out rehearsals, and their respective analysis in the chapter 8. One of these carried out test, was done at an industrial scale, this experience gives origin to the chapters 4 and 6 of this work. Finally, in chapter 9 are given the respective conclusions obtained from all tests, as well as their respective recommendations.

INTRODUCCION

El presente trabajo trata sobre Bases de Agregados Estabilizadas con un bajo porcentaje de Cemento Pórtland Puzolánico 1P, realizadas con agregados de diferentes canteras cercanas a la zona de Guayaquil, se eligió trabajar con un porcentaje de cemento del 4% con respecto a la densidad seca, con este porcentaje se obtuvieron resistencias mayores de 6 MPa a los 7 días, que era la meta propuesta. También se probaron mezclas con porcentajes de Cemento del 3% pero no se lograron realizar las probetas por ser muy baja la cantidad de cemento utilizado, por lo que se procedió a trabajar con el 4% de cemento en todas las pruebas, obteniendo las probetas necesarias para por medio de ensayos de resistencia a la compresión y ultrasonido poder sacar información del comportamiento de los distintos materiales.

Se realizó una prueba a escala industrial de una Base de Agregados Estabilizada con Cemento, donde se pudo afinar detalles del método constructivo para este tipo de bases, y se elaboró un capitulo en este trabajo.

Contenido

Los materiales utilizados se los obtuvo de 4 canteras: Calizas Huayco que tritura piedra caliza, cantera Verdú y Cantera Luzagui, que trituran basalto y cantera Cadmen que tritura material aluvial del río Bulubulu. Las tres primeras pruebas se utilizó material triturado de caliza, la prueba 4 se utilizó material triturado de basalto, y la última prueba se utilizó material aluvial triturado.

De las correcciones realizadas de las pruebas proctor estandar, para las diferentes pruebas realizadas se obtuvo las siguientes dosificaciones finales:

PRUEBA 1		**PRUEBA 2**	
Dosificación	kg/m³	**Dosificación**	kg/m³
Cemento HE :	95	Cemento HE :	98
Piedra ASTM # 56:	1053	Piedra ASTM # 56:	1116
Piedra ASTM # 78	105	Piedra ASTM # 78	112
Arena triturada:	947	Arena Peralta # 6 :	670
Agua Total:	130	Arena Guayaquíl # 2:	335
Polyheed RI :1%:		Agua Total:	128
Densidad Húmeda :	2330	Polyheed RI :1%:	
		Densidad Húmeda :	2459
Relación a/c = 0.80		**Relación a/c = 0.82**	
% de Cemento	4.0	**% de Cemento**	4.0
% Hum. Optima	5.9	**% Hum. Optima**	5.5
Densidad Seca max. (kg/m³)	2200	**Densidad Seca max. (kg/m³)**	2330

PRUEBA 3 al 3% de cemento		PRUEBA SAN EDUARDO PRUEBA 3 al 4%	
Dosificación	kg/m³	**Dosificación**	kg/m³
Cemento He	74	Cemento He	99
Grueso Sub-base Piedra 38	1131	Grueso Sub-base Piedra 38	1136
Fino de Sub-base Arena Trit. 5mn	678	Fino de Sub-base Arena Trit. 5mn	681
Arena Natural Guayaquil 2	452	Arena Natural Guayaquil 2	454
Agua	117	Agua	102
Polyheed RI :1%:		Polyheed RI :1%:	
Densidad Húmeda :	2452	Densidad Húmeda :	2472
Relación a/c = 0.82		**Relación a/c = 0.82**	
% de Cemento	3.0	**% de Cemento**	4.0
% Hum. Optima	5.0	**% Hum. Optima**	4.3
Densidad Seca max. (kg/m³)	2335	**Densidad Seca max. (kg/m³)**	2370

PRUEBA 4		PRUEBA 5	
Dosificación	kg/m³	**Dosificación**	kg/m³
Cemento He	103	Cemento He	99
Piedra Base IIA Luzagui	577	Piedra Base IA (Cadmen)	1570
Piedra de 1/2 a 1 1/2 Luzagui	461	Silo 2-2 (Estadio La Troncal)	449
Piedra 3/8 Verdu	185	Arena Natural	224
Cisco Luzagui	1084	Agua	133
Agua	157	Polyheed RI :1%:	1
Polyheed RI :1%:	1	Densidad Húmeda :	2475
Densidad Húmeda :	2567		
Relación a/c = 0.82		**Relación a/c = 0.82**	
% de Cemento	4.0	**% de Cemento**	4.0
% Hum. Optima	6.5	**% Hum. Optima**	5.7
Densidad Seca max. (kg/m³)	2410	**Densidad Seca max. (kg/m³)**	2342

Tabla I Dosificaciones utilizadas en las distintas pruebas para el análisis de las resistencias a varias edades de la BAEC

Para cada prueba se realizaron probetas cilíndricas conforme la norma ASTM D 598–04, las cuales se realizaron pruebas a la compresión simple a la edad de 1, 3, 7,14 y 28 días, en algunos casos se realizó a 45 y 90 días.

A continuación presento los resultados de la prueba a la compresión simple de las 5 pruebas

RESISTENCIA A LA COMPRESION

No. Muestra	FECHA MOLDEO	FECHA ROTURA	EDAD	Peso kg	Area mm 2	DENSIDAD kg/m3	CARGA (KN)	RESISTENCIA (MPa)	RESISTENCIA PROMEDIO (MPa)
1	05/03/02	05/03/07	5	2.298	8171.28	2383.29	63.46	7.77	
2				2.334	8171.28	2420.63	65.17	7.98	**7.87**
3		05/03/09	7	2.325	8011.85	2459.28	81.77	10.21	
4				2.347	8011.85	2441.18	70.28	8.77	**9.49**
5		05/03/16	14	2.349	8171.28	2395.58	74.53	9.12	
6				2.315	8011.85	2448.70	68.57	8.56	**8.84**
7		05/03/30	28	2.343	8332.29	2362.99	87.52	10.50	
8				2.328	8011.85	2462.46	86.03	10.74	**10.62**

Tabla II Resistencia de probetas, Humedad Optima 5.9 %. Aridos C. Huayco, Prueba1

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION

No. LAB.	FECHA MOLDEO	FECHA ROTURA	EDAD	PESO g	Area mm 2	DENSIDAD kg/m³	CARGA KN	RESISTENCIA MPa	RESISTENCIA PROM.
6-1	18/03/2005	21/03/2005	3	2288.00	7995.99	2402.55	40.67	5.09	
6*-1				2232.50	8155.27	2335.75	36.20	4.44	**4.76**
6-2	18/03/2005	25/03/2005	7	2363.00	8155.27	2404.58	36.67	4.50	
6*-2				2307.50	8091.37	2356.86	36.91	4.56	**4.53**
6-3	18/03/2005	01/04/2005	14	2354.89	8155.27	2396.32	48.45	5.94	
6*-3				2296.96	8091.37	2346.10	46.56	5.75	**5.85**
6-4	18/03/2005	15/04/2005	28	2314.00	8123.29	2375.81	43.74	5.38	
6*-4				2193.00	8155.27	2244.62	39.02	4.79	**5.08**

Tabla III Resistencia de probetas, Humedad Optima 5.5% C. Huayco + Arena Natural Fina, Prueba 2

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION

No. LAB	FECHA MOLDEO	FECHA ROTURA	EDAD	PESO g	Area mm 2	DENSIDAD kg/m³	CARGA KN	RESISTENCIA MPa	RESISTENCIA PROM.
5-1	25/04/2005	04/05/2005	9	2231.31	8091.37	2336.99	54.10	6.69	
5*-1				2213.31	8059.51	2307.74	45.62	5.66	**6.17**
5-2		09/05/2005	14	2270.00	8091.37	2351.60	55.98	6.92	
5*-2				2291.31	8123.29	2360.39	46.56	5.73	**6.33**
5-3		23/05/2005	28	2246.84	8091.37	2308.26	62.58	7.73	
5*-3				2238.15	8107.32	2302.46	59.28	7.31	**7.52**
5-4		06/06/2005	42	2246.25	8123.29	2313.97	78.12	9.62	
5*-4				2241.05	8139.27	2306.01	59.75	7.34	**8.48**
5-5		24/07/2005	90	2265.14	8155.27	2314.60	87.31	10.71	
5*-5				2246.05	8075.43	2323.59	72.00	8.92	**9.81**

Tabla IV Resistencia de probetas, Humedad optima 5% (3% de cemento) Prueba 3

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION

No LAB	FECHA MOLDEO	FECHA ROTURA	EDAD	PESO g	Area mm 2	DENSIDAD kg/m³	CARGA KN	RESISTENCIA MPa	RESISTENCIA PROM.
4-1	05/04/2005	06/04/2005	1	2302.00	8075.43	2387.46	53.39	6.61	
4*-1				2309.00	8123.29	2378.62	57.40	7.07	**6.84**
4-2		12/04/2005	7	2305.00	8155.27	2375.12	66.11	8.11	
4*-2				2294.50	8091.37	2386.98	63.99	7.91	**8.01**
4-3		19/04/2005	14	2259.50	8123.29	2331.53	70.12	8.63	
4*-3				2291.50	8107.32	2361.29	65.40	8.07	**8.35**
4-4		03/05/2005	28	2300.65	8027.72	2388.24	71.53	8.91	
4*-4				2247.00	8011.85	2366.75	63.52	7.93	**8.42**
4-5		17/05/2005	42	2241.32	8107.32	2321.21	76.71	9.46	
4*-5				2231.06	8155.27	2293.15	55.04	6.75	**8.11**

% CEMENTO: 4%

Tabla V Resistencia de probetas, Humedad optima 4.3% (4% de cemento) Prueba 3

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION

Humedad %	FECHA MOLDEO	FECHA ROTURA	EDAD	PESO g	Area mm 2	DENSIDAD kg/m³	CARGA KN	RESISTENCIA MPa	RESISTENCIA PROM.
6.5%	22/08/2005	23/08/2005	1	2262.50	8091.37	2349.74	39.97	4.94	
				2295.00	8091.37	2466.40	32.43	4.01	**4.47**
		25/08/2005	3	2363.43	8107.32	2437.44	40.91	5.05	
				2427.31	8059.51	2511.87	45.62	5.66	**5.35**
		29/08/2005	7	2380.00	8107.32	2498.40	56.93	7.02	
				2452.00	8059.51	2611.47	73.41	9.11	**8.07**
		05/09/2005	14	2349.24	8011.85	2527.77	54.57	6.81	
				2412.80	8011.85	2530.71	47.98	5.99	**6.40**
		19/09/2005	28	2389.91	8027.72	2493.36	65.17	8.12	
				2346.19	8051.56	2446.65	66.35	8.24	**8.18**
		23/11/2005	93	2362.00	8107.32	2438.01	84.95	10.48	
				2371.00	8139.27	2439.73	78.12	9.60	**10.04**

Tabla VI Resistencia de probetas, Humedad Optimo 6.5%, C Luzagui + Arena Natural Fina, Prueba 4

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION

Humedad %	FECHA MOLDEO	FECHA ROTURA	EDAD	PESO g	Area mm 2	DENSIDAD kg/m³	CARGA KN	RESISTENCIA MPa	RESISTENCIA PROM.
5.7	19/08/2005	20/08/2005	1	2327.00	7932.72	2454.75	24.89	3.14	
				2292.50	8051.56	2412.94	22.07	2.74	**2.94**
		22/08/2005	3	2373.50	8011.85	2458.50	59.99	7.49	
				2260.00	8011.85	2431.74	44.44	5.55	**6.52**
		26/08/2005	7	2333.26	8091.37	2413.09	52.21	6.45	
				2272.01	8059.51	2353.12	55.04	6.83	**6.64**
		02/09/2005	14	2339.00	8011.85	2463.65	65.40	8.16	
				2340.16	8059.51	2399.67	44.68	5.54	**6.85**
		16/09/2005	28	2301.80	8059.51	2418.29	74.83	9.28	
				2269.01	8043.61	2380.49	52.21	6.49	**7.89**
		23/11/2005	96	2295.00	7995.99	2411.92	72.94	9.12	
				2352.00	8059.51	2448.23	66.11	8.20	**8.66**

Muestra con falla al costado

Tabla VII Resistencia de probetas, Humedad Optimo 5.70% C. Cadmen + Arena Natural Fina, Prueba 5

CONCLUSIONES

De los resultados expuestos de las diferentes, previo análisis en laboratorio de tres mezclas con agregados de origen de piedra caliza y luego dos pruebas mas con materiales de distinto origen, puedo concluir lo siguiente:

1.- De los tres materiales originados por trituración, cuyo origen son: Caliza, Basalto y Material aluvial (Río Bulubulu Sector Cochancay), del respectivo análisis se concluye que la mayor resistencia que se obtuvo en las pruebas a temprana edad son las pruebas donde se utilizó material triturado de piedra caliza (Prueba 1 y 3) seguido de la prueba donde se utiliza material triturado de basalto (prueba 4) y finalmente la prueba donde se utiliza material aluvial triturado (prueba 5)

2.- A pesar de que el basalto es una roca de origen volcánico, mas denso y duro que la caliza, que es de origen sedimentario, no dio resistencias mas altas que la caliza, que era lo que se esperaba, entonces se concluye que los agregados triturados de piedra caliza reacciona de mejor manera con el cemento, se puede apreciar este efecto en las pruebas 1 y 3, donde el agregado grueso es de piedra caliza pero en la prueba no 1 se utilizó una arena triturada de piedra caliza y en la prueba 3 se utiliza una arena de origen aluvial,(arena natural), dándonos mayor resistencia la prueba donde se utiliza arena triturada de piedra caliza (agregado fino).

3.- El contenido de cemento que se puede utilizar para alcanzar los 6 MPa a la edad de 7 días en los materiales utilizados de origen de piedra caliza puede ser en un rango entre el 3 y el 4% con respecto a la densidad húmeda de la mezcla, mientras que en las pruebas 4 y 5 donde no se utiliza material de piedra caliza, se hace necesario el uso del 4 % de cemento.

4.- En la obra, una vez tendida la capa de la base por medio de una pavimentadora, es necesario para un espesor de 15 cm pasar rodillo vibratorio (en nuestro caso se utilizó uno de 6 toneladas) de 2 a 4 veces.

REFERENCIAS

1. Rommel Correa, "Bases de Agregados Estabilizados con Cemento" (Tesis Facultad de Ciencias de la Tierra, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2006)
2. Centro Técnico del Hormigón, "Serie Monografías No. 016 Bases de Suelo-Cemento, Bases de Agregados Estabilizados con Cemento", Agosto 2003

Ing. Hugo Egües Alava	Rommel Correa Alvarez
Director de Tesis	**Tesista**