



PROGRAMA ANALITICO DE LA ASIGNATURA MECÁNICA DE LOS SUELOS

TEMA 1: INTRODUCCIÓN - GENERALIDADES

Planteo de los problemas que encara la Mecánica de los Suelos. Características, propiedades y comportamiento del suelo de acuerdo a las teorías que permiten sentar las bases del cálculo. Aplicaciones prácticas en la Ingeniería. Problemas vinculados con la resistencia y deformación del suelo. Influencia del agua en el comportamiento mecánico del suelo. El sistema agua-suelo. Indagación de las tensiones en un macizo térreo. Importancia de las tareas de campaña, de laboratorio y de gabinete.

TEMA 2: LAS PROPIEDADES ELEMENTALES DE LOS SUELOS

Origen y formación de los suelos. Clasificación técnica de los suelos (Suelos Granulares y Suelos Cohesivos), sus características principales. Ordenamiento de los suelos basado en su granulometría. Distintas normativas. Características físico-mecánicas y químicas de las principales fracciones del suelo, su descripción. Fuerzas electroquímicas actuantes entre las partículas de arcilla, generalidades, su importancia. Propiedades físicas puras. Granulometría, su utilidad y aplicaciones. Coeficientes de uniformidad y de curvatura. Diámetro efectivo. Forma de las partículas. Diseño de filtros. Estructura unigranular. Estructura alveolar o de panal de abeja. Estructura floculenta. Estructura compuesta. Porosidad, Relación de vacíos, su interrelación. Peso específico. Contenido de humedad. Grado de saturación. Peso unitario: seco, húmedo, saturado y sumergido, relaciones. El peso específico como índice de calidad del suelo. Determinación del peso específico y del peso unitario en laboratorio. Determinación del peso unitario *in situ*. Densidad relativa o Índice de densidad en arenas. Análisis comparativo de las distintas propiedades entre los suelos gruesos y los suelos finos. Presiones total, efectiva y neutra. Ley de Terzaghi.

TEMA 3: CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

Consistencia y plasticidad. Límites de Atterberg, su determinación en laboratorio. Índice de plasticidad, índice de fluidez o liquidez e índice de desecación. Carta de Plasticidad de Casagrande. Clasificación de los suelos para aeropuertos. Distintos sistemas de clasificación. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, su importancia práctica. Carta de Plasticidad Modificada de Casagrande. Ordenamiento granulométrico de los suelos gruesos. Diferencia entre limos y arcillas por medio de pruebas de campo: Dilatancia, Resistencia en estado seco y Tenacidad. Nomenclatura. Identificación de los suelos en el campo. El Sistema Británico de Clasificación.

TEMA 4: EL AGUA EN LOS SUELOS – PROPIEDADES HIDROSTÁTICAS E HIDRODINÁMICAS

El agua en el suelo. Nivel freático. Humedad higroscópica. Humedad capilar. Agua de adsorción. . Importancia del contenido de agua en el comportamiento de suelos finos. Presión neutra y presión efectiva. Condiciones de carga drenada y no drenada. Actividad de las arcillas. Sensibilidad de las arcillas. Consistencia. Tixotropía. Capilaridad. Afinidad electroquímica y tensión superficial. Estados tensionales en el agua libre y en el agua capilar. Presión capilar, causas y efectos: Tubos secos, compactación del suelo por capilaridad. Suelos



parcialmente saturados. Coeficientes de presión de poros. Flujo laminar y flujo turbulento. Ley de Darcy, sus hipótesis simplificadoras. Gradiente hidráulico. Coeficiente de permeabilidad. Determinación del coeficiente de permeabilidad a través de ensayos de laboratorio: Permeámetros de carga constante y de carga variable. Determinación del coeficiente de permeabilidad mediante ensayos *in situ*: ensayos de bombeo y de insumisión.

TEMA 5: TEORÍA DE LA FILTRACIÓN Y DEL FLUJO DE AGUA EN MEDIOS POROSOS

Introducción. Teoría de la filtración. Ecuaciones que gobiernan el flujo estacionario. Flujo ascendente. Gradiente hidráulico crítico. Arenas movedizas. Flujo bajo estructuras de contención y a través de presas de tierra. Trazado de redes de flujo. Regla práctica de Casagrande. Enunciado de distintos métodos. Cálculo de las pérdidas por filtración, de la subpresión y del gradiente máximo en la salida. Caso de suelos anisótropos. Sifonamiento: su valoración y medidas para evitarlo. Flujo radial en acuíferos confinados: Flujo proveniente de una fuente circular, Flujo proveniente de una fuente lineal, Pozo simple, Sistemas de pozos múltiples. Flujo radial en acuíferos no confinados: Flujo proveniente de una fuente circular, Flujo proveniente de una fuente lineal, Pozo simple, Sistemas de pozos múltiples. Drenaje del agua en los suelos. Drenes abiertos y cerrados. Drenes de manto.

TEMA 6: ESFUERZOS Y DEFORMACIONES EN LA MASA DE SUELO

Generalidades. Conceptos de Elasticidad y de Plasticidad. Relaciones esfuerzo-deformación de materiales ideales. Comportamiento típico de los suelos. Módulo de deformación representativo del suelo. Ecuaciones constitutivas. Reología. Modelos reológicos simples: Modelo de Saint Venant, Modelo de Kelvin. Distribución de presiones en el plano de sustentación de las bases y en el subsuelo. Teoría de Bousinesq relativa a la valoración de presiones en el subsuelo. El suelo como semiespacio elástico. Consideración de la anisotropía del Suelo. Coeficiente de concentración de cargas. La distribución y propagación radial de presiones, fórmulas fundamentales, su aplicación. Cargas concentradas y lineales, cargas corridas continuas y triangulares. Esfuerzos debido a una superficie circular uniformemente cargada. Fórmula de Timoshenko. Consideración de la anisotropía del Suelo. Coeficiente de concentración de cargas. Bulbos de presiones. Integración para determinar las presiones en el subsuelo ocasionadas por cargas actuando en superficies rectangulares, según Steinbrenner. Ábaco de Steinbrenner-Odhe. Esfuerzos debido a una superficie circular uniformemente cargada. Método de Newmark. Bulbos de presiones.

TEMA 7: RESISTENCIA AL CORTE DE LOS SUELOS

Introducción. Rozamiento entre cuerpos sólidos. Fricción interna y cohesión; su propiedad derivada: la resistencia al corte. Influencia del agua en la cohesión y fricción de los suelos finos. El círculo de Mohr. Trayectoria de tensiones. Diagramas p-q. Distintos criterios de rotura. El Criterio de Rotura de Mohr-Coulomb. Medida de la resistencia al corte de los suelos y rocas en laboratorio. Ensayo de compresión simple. Ensayo de veleta (vane test). Ensayo de corte directo. Aparatos de corte directo anular y de corte simple. Ensayos drenados y no-drenados. Ensayo de compresión no confinado. Ensayo de compresión triaxial. Distintos tipos de pruebas triaxiales. Condiciones drenadas y no-drenadas. Gráficas de Mohr-Coulomb. Resistencia al corte de suelos incoherentes. Licuefacción bajo cargas cíclicas. Resistencia al corte de suelos cohesivos. Suelos saturados y no saturados. Mediciones de los coeficientes de



presión de poros.

TEMA 8: TEORÍA DE LA CONSOLIDACIÓN Y ANÁLISIS DE ASENTAMIENTOS

Introducción. Compresión en arenas. Compresibilidad en arcillas. Teoría de la consolidación. Ensayo edométrico. Curva de compresibilidad. Parámetros de deformación representativos: índice de compresión e índice de hinchamiento. Módulo edométrico y coeficiente de compresibilidad volumétrica. Muestras alteradas e inalteradas. Arcillas normalmente consolidadas y preconsolidadas. Determinación de la presión de preconsolidación. Relación de sobreconsolidación. Velocidad de consolidación. Curvas de consolidación: Métodos de Casagrande y de Taylor para la determinación del coeficiente de consolidación. Consolidación secundaria. Arcillas expansivas. Cálculo de asentamientos por consolidación, según Terzaghi. Valoración de los asentamientos según Steinbrenner (Ábaco). Caso de suelos estratificados. Método simplificado de Tomlinson. Drenaje por consolidación. Pozos drenantes.

TEMA 9: EQUILIBRIO PLÁSTICO Y EMPUJE DE TIERRAS

Introducción. Estado de equilibrio elástico. Empuje de tierras en reposo. Estado de equilibrio plástico: estados tensionales en el suelo. Teorías clásicas referentes al empuje del terreno. Estados activo y pasivo de Rankine. Suelos granulares. Diversos efectos: suelo estratificado; sobrecarga uniformemente distribuida en la superficie del trasdós; cargas lineal y puntual; superficie en pendiente. Suelos cohesivos. Casos con y sin drenado. Superficies de deslizamiento planas y curvas. Estados activos y pasivo de Coulomb. Suelos granulares y suelos cohesivos. Casos con y sin drenado. Ábacos y tablas de empuje. Condiciones de estabilidad en muros de sostenimiento. Coeficientes de seguridad. Consideración de la variación del empuje activo del suelo en función de la forma en que acontece el cedimiento del muro de sostenimiento, según Terzaghi-Odhe. Método de Klenner. Método semiempírico de Terzaghi y Peck para estimar el empuje. Drenes en muros de sostenimiento.

TEMA 10: ROTURA DEL TERRENO BAJO CIMENTACIONES – LA CAPACIDAD DE CARGA DE CIMENTACIONES

Introducción. Cimentaciones superficiales y profundas. Criterios de diseño. Cimentaciones superficiales: Carga límite en suelo compacto y en suelo suelto distintos tipos de falla. Consideración del equilibrio plástico del suelo según Prandtl-Terzaghi. Deducción de la fórmula básica para determinar la capacidad de carga del suelo considerando su riesgo de rotura. Expresiones derivadas para el caso de zapatas corridas, cuadradas y circulares según Terzaghi. Consideración de la influencia de la relación de lados en las cimentaciones rectangulares, según Mischeider. Teoría y fórmulas de Skempton. Consideración del nivel freático. Fórmulas derivadas para calcular la presión admisible del suelo para el caso de cargas excéntricas y oblicuas. Cimentaciones próximas a taludes, según Meyerhof. Cimentaciones profundas. Cálculo de la capacidad de carga del pilote individual. Resistencia de punta y resistencia friccional. Factor de seguridad.

TEMA 11: ESTABILIDAD DE TALUDES

Generalidades. Tipos y causas de fallas más comunes. Consideraciones en torno a los parámetros de resistencia al corte a utilizar en el cálculo. Métodos empleados para determinar las condiciones de estabilidad de taludes. Deslizamiento de traslación en una pendiente



infinita en condiciones no drenadas y drenadas. Métodos de equilibrio global. Estudio de deslizamientos circulares (método sueco). Métodos aplicables a taludes homogéneos. Análisis no drenado y drenado, Ábacos de Taylor. Análisis drenado, Método del círculo de rozamiento o círculo auxiliar de fricción. Ábacos de Hoek y Bray. Método de las dovelas o rebanadas, aplicable a suelos heterogéneos. Método de Fellenius. Método simplificado de Bishop. Ábacos de Bishop y Morgenstern. Falla según superficies planas en taludes heterogéneos o en macizos rocosos. Método de las cuñas. Coeficientes de seguridad mínimos frente a la pérdida de la estabilidad global.

Ing. Sergio José Pagani
Prof. Asociado
Cátedra de Mecánica de los Suelos

BIBLIOGRAFÍA

- TERZAGHI, K. (1955). *MECÁNICA DE LOS SUELOS*.
- TERZAGHI, K. y PECK, R. B. (1976). *MECÁNICA DE LOS SUELOS EN LA INGENIERÍA PRÁCTICA*.
- TERZAGHI, K.; PECK, R. B. and MESRI, G. (1996). *SOIL MECHANICS IN ENGINEERING PRACTICE*.
- JIMENEZ SALAS, J. A. y DE JUSTO ALPAÑEZ, J. L. (1975). *GEOTECNIA Y CIMIENTOS I*.
- COSTET, J. Y SANGLERAT, G. (1975). *CURSO PRÁCTICO DE MECÁNICA DE SUELOS*.
- TSCHEBOTARIOFF, G. P. (1958). *MECÁNICA DE SUELOS. CIMIENTOS Y ESTRUCTURAS DE TIERRA*.
- LAMBE, T. W. y WHITMAN, R. V. (1991). *MECÁNICA DE SUELOS*.
- BERRY, P. Y REID, D. (1993). *MECÁNICA DE SUELOS*.
- HOLTZ, R. and KOVACS, W. (1981). *AN INTRODUCTION TO GEOTECHNICAL ENGINEERING*.
- SOWERS, G. y SOWERS, G. (1994). *INTRODUCCIÓN A LA MECÁNICA DE SUELOS Y CIMIENTACIONES*.
- BOUREAU OF RECLAMATIONS (1980). *MANUAL DE TIERRAS*.
- WHITLOW, R. (1994). *FUNDAMENTOS DE MECÁNICA DE SUELOS*.
- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES Y MEDIO AMBIENTE (1994). *ROM 0.5-94: RECOMENDACIONES GEOTÉCNICAS PARA EL PROYECTO DE OBRAS MARÍTIMAS Y PORTUARIAS*.