

1. Introdução

1.1. Motivação e objetivos

O comportamento de estruturas de contenção durante carregamentos dinâmicos (terremotos) é considerado um problema geotécnico importante em regiões com intensa atividade sísmica como nos países andinos da América do Sul. A ruptura destas estruturas pode causar grandes danos em áreas usadas para estradas, barragens, áreas urbanas, etc, com riscos a vidas humanas e possível geração de problemas sociais e econômicos. Assim, é essencial um bom desempenho no tempo de vida útil destas estruturas sob condições adversas, como na ocorrência de carregamentos sísmicos causados por terremotos.

Vários tipos de estruturas são utilizados para suportar maciços de solo como muros de gravidade, cortina de estacas prancha, cortinas atirantadas, cortinas cantilever, cortinas estroncadas, etc. Tais estruturas são largamente usadas no campo da construção civil, em cortes e aterros de rodovias ou ferrovias, cais de portos, subsolos de edifícios, cabeceiras de pontes, canais, armazenamento de materiais, etc. A análise da estabilidade destas estruturas sob carregamento estático requer a determinação de empuxos, propostos para materiais granulares por Coulomb (1773) para condições de contorno gerais e por Rankine (1857) para condições de contorno simplificadas.

A forma e seções transversais de uma parede de contenção são estabelecidos pelas condições de campo. Alguns dos diferentes tipos de estruturas de contenção estão apresentados na Figura 1.1.

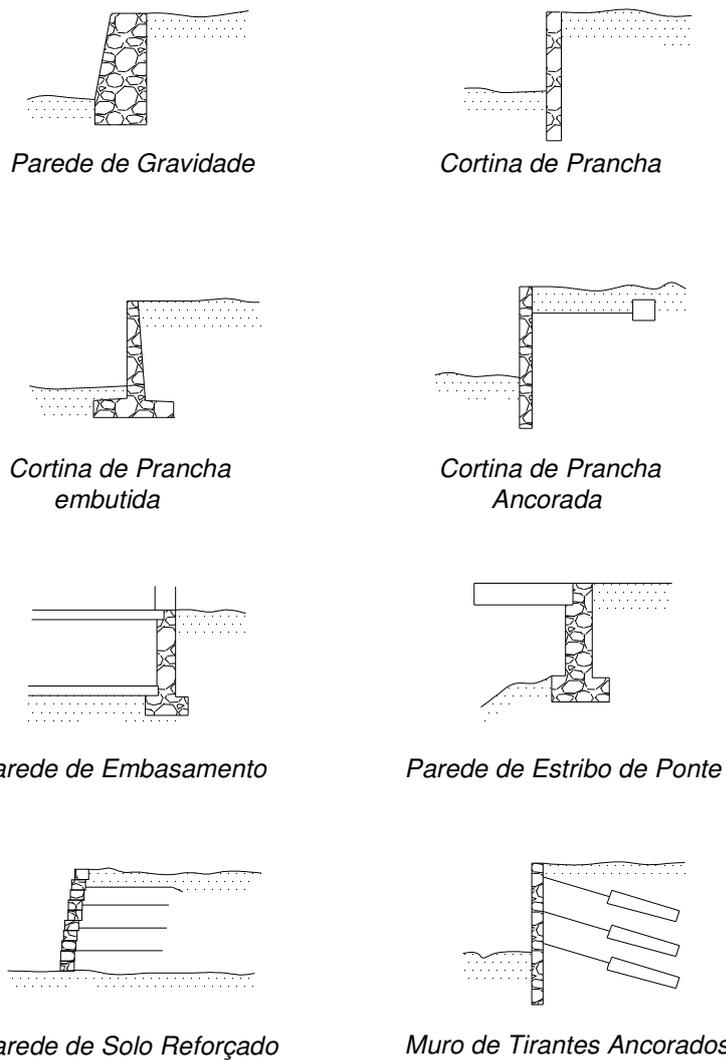


Figura 1.1 - Tipos comuns de estruturas de contenção de terra (modificado de Kramer, 1996).

Uma estrutura de contenção pode ser classificada de acordo com os seguintes tipos, dependendo do seu tipo de ruptura:

- a) Muros de gravidade que usam sua massa para conferir estabilidade contra rupturas por deslizamento ou tombamento;
- b) cortinas atirantadas, estroncadas ou outras estruturas ancoradas que falham por fratura ou escoamento de um dos seus elementos estruturais.

Os muros de gravidade (o tema de interesse desta dissertação) podem sofrer deslocamentos relativos de poucos milímetros a muitos centímetros durante terremotos o que, em muitas situações, representam o colapso da estrutura (p.ex: cabeceiras de pontes).

De acordo com Kramer (1996) vários casos de colapso de estruturas de contenção durante os terremotos do Chile (1960), Alaska (1964), Niigata (1964), San Fernando (1971), Tangshan (1976), dentre muitos outros. Pesquisadores ao redor do mundo conduziram pesquisas experimentais e teóricas com o propósito de desenvolver e aperfeiçoar métodos de projeto sísmico para estas estruturas. Estas investigações se dedicam principalmente a responder as seguintes questões relacionadas com o comportamento dinâmico de estruturas de contenção durante terremotos:

- a) Qual é a magnitude total (estática mais dinâmica) do empuxo do solo sobre estruturas de contenção e como ele se relaciona, quantitativa e qualitativamente, com o registro sísmico e o movimento da estrutura?
- b) qual a distribuição das tensões horizontais (*earth pressures*) sobre a estrutura e qual o ponto de aplicação de sua resultante (empuxo)?
- c) como uma estrutura de contenção se movimenta durante terremotos e quais as magnitudes dos movimentos?
- d) qual a influência da resistência do solo de fundação contra os movimentos (translação e rotação) da estrutura de contenção?

Esta dissertação apresenta uma revisão dos métodos analíticos e numéricos propostos por vários pesquisadores para o projeto de estruturas de contenção sob carregamento dinâmico, procurando através de um exemplo numérico comparar os resultados obtidos com várias destas formulações, tanto sob ponto de vista da magnitude de empuxos quanto de deslocamentos permanentes da estrutura.

1.2. Estrutura da dissertação

Este trabalho está estruturado em 7 capítulos e 1 apêndice, incluindo esta introdução como capítulo 1, e as referências bibliográficas sendo o último capítulo.

O capítulo 2 descreve os conceitos básicos sobre coeficientes de empuxo e apresenta de forma breve os métodos de Rankine e de Coulomb para o projeto de estruturas de contenção (muros de gravidade) sob carregamento estático.

O capítulo 3 é dedicado à apresentação dos principais métodos pseudo-estáticos para investigação do comportamento de estruturas de contenção sob carregamento dinâmico, desde a investigação pioneira de Mononobe (1929) e Okabe (1926) para determinação dos empuxos. Neste capítulo também é abordado um método para análise dinâmica do problema, com base no versátil e popular método dos elementos finitos, enfatizando aspectos especiais de modelagem que o engenheiro deve prestar atenção para obter uma boa representação da solução do problema.

O capítulo 4 apresenta métodos de projeto baseado em deslocamentos permanentes enquanto que o capítulo 5 analisa o comportamento de um muro de gravidade submetido a carregamento sísmico com o objetivo de comparar os resultados obtidos pelo método dos elementos finitos com aqueles previstos por métodos pseudo-estáticos ou baseados em deslocamentos permanentes da estrutura.

O capítulo 6 é reservado para conclusões da pesquisa e apresentação de sugestões para futuras pesquisas na área, enquanto que o apêndice apresenta o tradicional método de Newmark (1965), base de alguns métodos de deslocamentos abordados nesta dissertação.