

(116) 日米の矢板式構造物の耐震設計法の比較・評価

運輸省港湾技術研究所

井合 進

University of British Columbia W. D. Liam Finn

1. はじめに

最近、米国において、ウォーターフロントにおける擁壁構造物の耐震設計マニュアルが刊行された¹⁾。このマニュアルが刊行されるまでは、米国においては、わが国の港湾構造物の設計基準²⁾に相当する体系的な設計法を示したものはなかったが、今回刊行されたマニュアルにおいては、かなり体系的な解説がなされている。このマニュアルは、米国海軍の岸壁・護岸を念頭においてまとめられたものであるが、北米における擁壁構造物の耐震設計においては、今後このマニュアルに示された方法が標準的方法として広く用いられることが予想される。

本研究では、このマニュアルの刊行を機に、日米における矢板式構造物の耐震設計法について、両者の比較および実際の地震の事例に基づく設計法の評価を試みた。

2. 日米の矢板式構造物の耐震設計法

矢板式構造物の耐震設計法は、日米のいずれの方法でも、震度法に基づいている。矢板式構造物の設計では、矢板に加わる地震時の主動および受働土圧を求めることが基本となるが、これらを物部・岡部の式により求める点でも両者は一致している。これらの地震時土圧に対して、矢板の根入れ長が十分であり、曲げモーメントが許容値以下となるように設計が行われる。

矢板の根入れ長は、日米いずれの方法でも、フリーアースサポート法とよばれる方法により決定される。この方法は、図-1に示すとおり、矢板に加わる主動および受働土圧を考慮して、タイロッド取り付け点まわりのモーメントに関する安定性が満たされるように、矢板の根入れ長を決定するものである。一般に、矢板の根入れ部の変位が著しく大きくならない限り、受働土圧が100パーセント発揮されることはないので、この点を設計でカバーするために、受働土圧に関して安全率1.2（常時では1.5）を見込むものとしている。

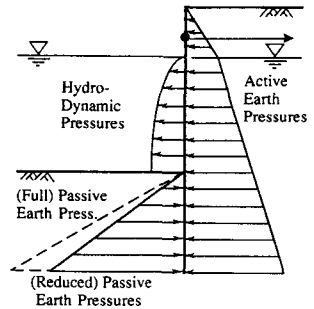


図-1 矢板に加わる土圧

このように、日米の方法では共通点が多いが、以下のような相違点もある。

(1) わが国の方法では、土圧合力の着力点は、土楔の高さHの下から

(1/3) Hの高さとしているのに対して、米国の方法では、0.6 Hに作用するものとしている。

(2) わが国の方法では、設計における標準状態においては曲げモーメントの反曲点（曲げモーメントゼロ点）が海底面と一致するものと仮定して、単純梁の解析により曲げモーメントを算定する。これに対して、米国の方法においては、曲げモーメントをフリーアースサポート法で求めておき、この値を、図-2に示すように、いわゆるロウの方法³⁾により低減して算定する。図-3はロウの方法による曲げモーメントの低減係数を示しているが、この低減係数は、フリーアースサポート法により求められる終局状態のモーメントと、設計における標準状態における矢板の曲げモーメントとの比を表すものとなっている。

(3) タイロッド張力の算定において、わが国の方法では、曲げモーメントの算定と同様に、反曲点が海底面と一致するものと仮定して算定するが、北米の方法では、フリーアースサポート法により求められた終局状態の値をそのまま用いることとしている。

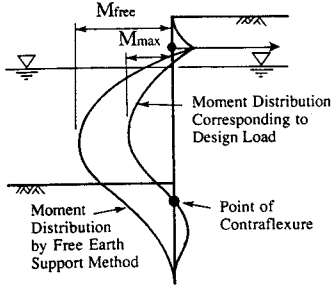


図-2 ロウの方法によるモーメント算定

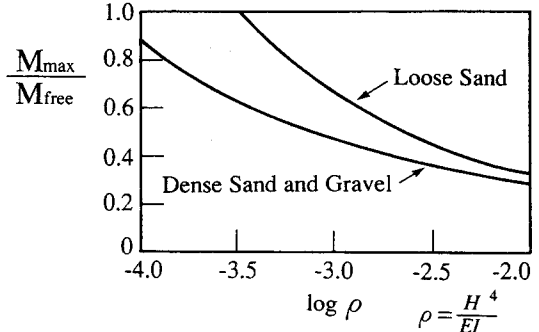


図-3 ロウの方法によるモーメント低減係数

3. 地震事例による両設計法の評価

上に述べてきた両設計法の適用性を検討するため、1983年日本海中部地震における秋田港の岸壁を例にとって試算を行った。同地震においては、秋田港では0.24gの最大水平加速度を受けている。試算においては、図-4に示すような液状化による被害を受けた大浜2号岸壁、および、構造断面は図-5に示すようにほぼ同様であるが、被害を受けなかった大浜1号岸壁、の二つの岸壁を用いた。試算においては、地震計により得られた最大加速度と設計法において用いるべき震度との相違⁴⁾を考慮して、震度を数レベルに変化させて検討を行った。

(1) 米国の設計法による検討

米国の方法による大浜1号岸壁の最大曲げモーメントは、図-6(a)に示すとおりに算定された。大浜1号岸壁は無被災であったので、最大曲げモーメントは降伏曲げモーメントよりも小さく無ければならない。よって、同図にハッチで示すとおり、 $k < 0.96 (a_{max}/g)$ となる。また、矢板の根入れ長に関するモーメントの比は、図-6(b)に示すとおりに算定された。安全率として、設計で仮定された1.2を用いるべきか、1.0とすべきかについては、それぞれの安全率に対応する矢板の変形量が明確でないで、やや判断が困難なところである。やや割り切って、両者の中間程度とすれば、 $k < 0.87 (a_{max}/g)$ となる。

大浜2号岸壁については、矢板が降伏しているので、図-7(a)より、 $k > 0.76 (a_{max}/g)$ となる。しかし、同岸壁では、根入れ長に関する問題はなかったので、図-7(b)において、さきと同じように安全率1.0および1.2に対応する値の中間と考えて、 $k < 1.0 (a_{max}/g)$ となる。

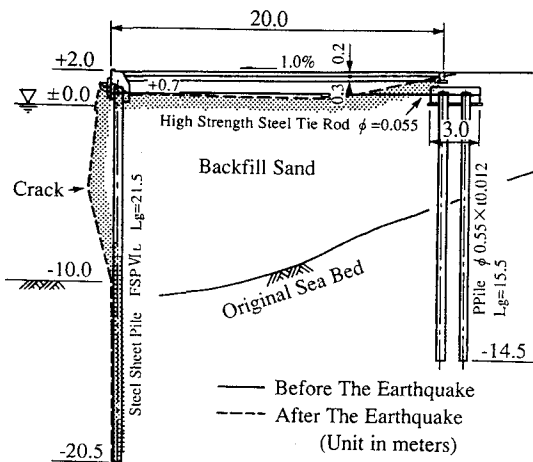


図-4 秋田港大浜2号岸壁断面図

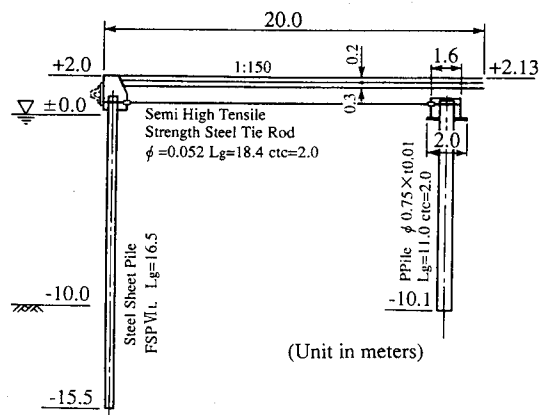


図-5 秋田港大浜1号岸壁断面図

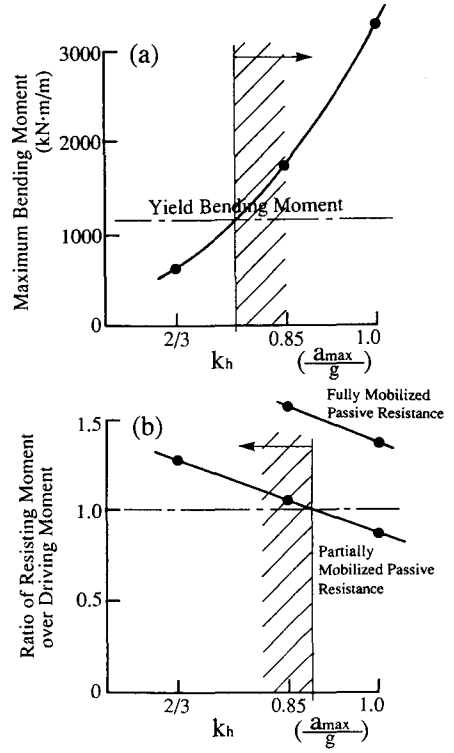
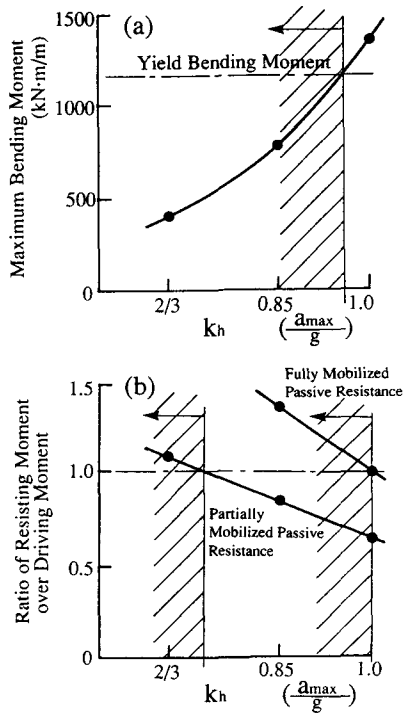


図-6 米国の方法による大浜1号岸壁の算定結果 図-7 米国の方法による大浜2号岸壁の算定結果

以上より、米国の方法においては、設計震度として、 $k = 0.8 (a_{max}/g)$ 程度の値が適当であるものと見られる。やや割り切った判断によるものであり、将来さらに検討が必要であると思われるが、今回の検討の範囲では、野田ら(1975)ないしSeed and Whitman(1970)による提案は、ほぼ妥当と判断される。

また、タイロッド張力は、大浜1、2号岸壁について、 $k = (a_{max}/g)$ の場合、それぞれ 780 kN/m および 1596 kN/m と計算された。

(2) わが国の設計法による検討

わが国の設計法についても、同様の検討をおこない、図-8、9に示すとおりの結果を得た。図-8に示すとおり、曲げモーメントについては、設計震度に関わらず、常に実際の岸壁の挙動と整合性のある結果が得られた。これに対して、矢板の根入れに関する安全率からは、概ね、 $k < 0.8 (a_{max}/g)$ となり、米国の方法の場合と同様、概ね野田ら(1975)ないしSeed and Whitman(1970)による提案は、ほぼ妥当と判断される。また、これらの結果と、さきに図-6、7に示した米国の方法による結果とを比較すると、米国の方法による結果は、著しく設計震度に敏感となっていることがわかる。

タイロッド張力は、大浜1、2号岸壁について、 $k = (a_{max}/g)$ の場合、それぞれ 232 kN/m および 566 kN/m と計算された。これらの結果を米国の方法による先に示した結果と比較すると、米国の方法によるタイロッド張力は、わが国の方法によるものの約3倍もの値となっていることが明かとなった。

4. 結論

本研究では、最近米国で刊行された擁壁構造物の耐震設計法と、わが国の方法との比較検討を行い、以下のことが明らかにされた。

(1) 米国の方法により得られる矢板の曲げモーメントは、わが国の方法によるものに比較して、設計震度

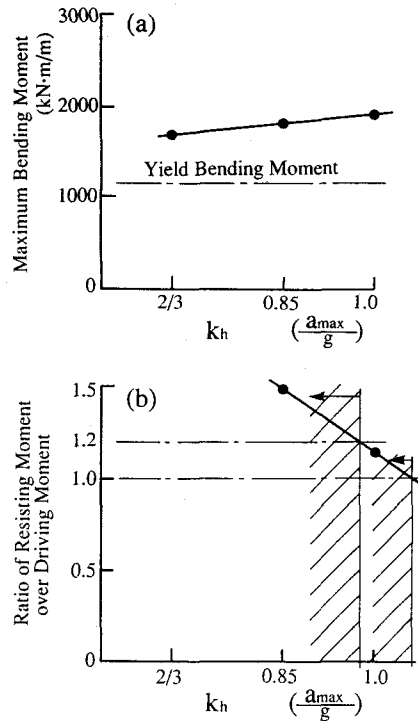
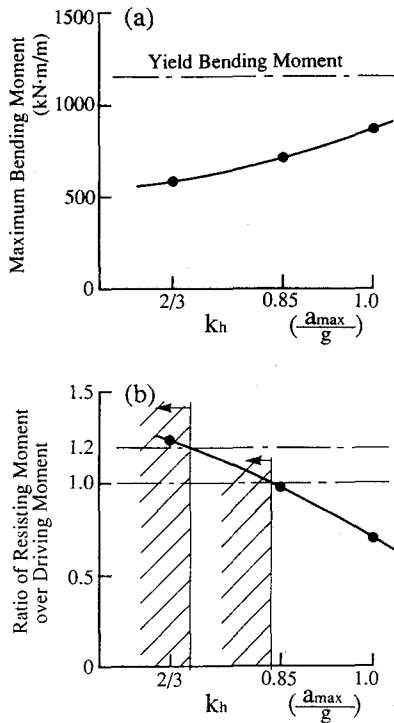


図-8 日本の方法による大浜1号岸壁の算定結果 図-9 日本の方法による大浜2号岸壁の算定結果

に鋭敏である。また、米国の方法によるタイロッド張力は、わが国の方法によるものの約3倍の値となる。

- (2) 設計震度と地震時の最大加速度との関係としては、米国およびわが国のいずれの方法においても、概ね $k = 0.8 (a_{max}/g)$ ないし $k < 0.8 (a_{max}/g)$ のレベルとなっており、既往の野田ら(1975)ないし Seed and Whitman(1970)による検討結果と整合するものとなっている。
- (3) わが国の方法により設計された実際の構造物においては、液状化の発生が見られない限り、被害が発生していない。したがって、米国による方法、特に同方法におけるタイロッド張力の算定法は過大設計である可能性があり、今後の検討が必要と思われる。

参考文献

- (1) Ebeling, R.M. and Morrison Jr., E.E. (1992): "Seismic Response of Port and Harbour Facilities," U.S. Army Technical Report, 1TL-92-11, Waterways Experiment Station
- (2) 日本港湾協会(1989): 港湾の施設の技術上の基準・同解説
- (3) Rowe, P.W. (1952): "Anchored Sheetpile Walls," Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Vol.1, Part 1, pp.27-70
- (4) 野田節男、上部達生、千葉忠樹(1975): 重力式岸壁の震度と地盤加速度、港湾技術研究所報告、Vol.14、No.4、pp.67-112
- (5) Seed, H.B. and Whitman, R.V. (1970): "Design of Earth Retaining Structures for Dynamic Loads," ASCE Special Conference on Lateral Stresses in the Ground and Design of Earth Retaining Structures, Ithaca, pp.103-147