

現行基準で設計される控え壁式鋼矢板壁の信頼性に関する理論的研究

広島工業大学大学院 学生員 ○相田 清

広島工業大学工学部 正 員 中山 隆弘

1. まえがき

構造物に複数の破壊モードが存在することはよく知られているが、各破壊モードに対して設計時に設定する安全性のレベル—通常は標準的なスペックに従って設計が行われるので、個々の技術者が自分自身で安全性のレベルを設定することは余りないのであるが—が定量的に論じられることは少ないように思われる。しかし、各破壊モードの安全性のレベルに適当なバランスが保たれていなければ、いくら破壊の可能性が非常に小さいといっても、合理性に欠ける構造物であるとの批判に対する反論は難しい。本研究では構造設計におけるこの本来的問題を取り上げて、現状の設計法を構造安全性の観点から見直してみようとするものである。

対象としては均質な砂質土地盤に建設される控え壁式鋼矢板壁を選び、いわゆるレベル2の信頼性評価方法で矢板の完成時における各破壊モードに対する安全性を検討した。言うまでもなく構造物の安全性には多くの不確定要因が関わっており、特に今回取り上げたような耐土圧構造物の場合には、土圧論そのものにもっとも解決の困難な問題が内在しているとも言えるが、現段階ではその問題を考究するまでには至っていない。

2. 解析内容

2. 1 解析モデル

解析の対象としたモデルと鋼矢板および控え壁に作用する土圧を図-1に示す。

2. 2 破壊モードおよび破壊基準関数

破壊モードとしては現行の基準¹⁾を参考にして、鋼矢板の根入れ長不足による転倒や、鋼矢板断面の曲げ破壊など6つの破壊モードを考えた。具体的に表-1にその詳細を示す。破壊モード2, 3, 4, 6は鋼材断面の破壊、破壊モード1, 5は土圧の不釣り合いによる破壊である。

さて、本研究では設計変数の中、土の内部摩擦角や壁面摩擦角、地震合成角および見かけの地震合成角のみを確率量とし、土の単位体積重量や全ての幾何学的パラメータ、さらには鋼材の強度などは確定量とした。その結果、土圧のみが確率量として扱われることになる。ここで、破壊基準関数の一例として式(1)に破壊モード3すなわちタイロッド断面の引張破壊に対する破壊基準関数を示す。

$$Z_3 = R_3 - S_3 = \sigma_3 \cdot A_3 - T = \sigma_3 \cdot A_3 - K_{a1} \cdot T_1 - K_{a2} \cdot T_2 - K_{a3} \cdot T_3 \quad (1)$$

ここに、 R_3 : 抵抗力 S_3 : 作用力 σ_3 : タイロッドの降伏点

A_3 : タイロッドの断面積 T : タイロッド張力

T_1, T_2, T_3 : 確定的な設計変数で決まる定数

K_{a1}, K_{a2}, K_{a3} : クーロン土圧係数(確率変数)

式(1)に見られる様に、破壊基準関数はクーロン土圧係数の線形結合として表される。このこと

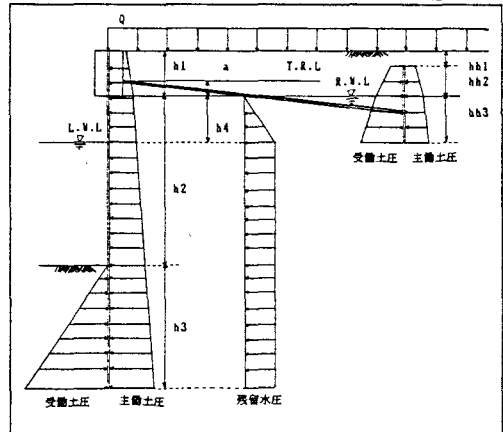


図-1 控え壁式鋼矢板壁

表-1 破壊モード

破壊モード	破壊形式
1	鋼矢板の根入れ長不足による破壊
2	鋼矢板断面の曲げ破壊
3	タイロッド断面の引張破壊
4	底起こし断面の曲げ破壊
5	控え壁の抵抗不足による破壊
6	控え壁の曲げ破壊

は他の5つの破壊モードの破壊基準関数についても同様である。

3. 数値解析

今回は、現行基準で設計され、一応安全性を照査された鋼矢板構造物を解析の対象とした。表-2と表-3に解析に使用した数値^{2), 3)}を示す。なお、表-2に示した各確率変数は互いに独立な正規確率変数と仮定した。

4. 解析結果

各破壊モードについて、1次ガウス近似法⁴⁾により安全性指標 β を算出した結果を表-4に示す。なお、破壊モード1についてはモンテカルロシミュレーションも併せて行った。結果を表-5に示す。両表の比較により1次ガウス近似法による信頼性解析の妥当性が確認できたものと考えられる。

表-4に見られるように、鋼矢板の根入れ長不足による破壊以外の破壊モードに対する信頼性は非常に高いことがわかる。それに比して鋼矢板の根入れ長不足による破壊に対する信頼性は低く、この結果による限り各破壊モード間での信頼性のバランスを失していると考えざるを得ない。ここで本研究ではこれに対する1つの試みとして、鋼矢板の根入れ長のみを変化させた時の各破壊モードの β を調べてみた。その結果を図-2に示す。

4. あとがき

今回の研究結果より、控え壁式鋼矢板壁の信頼性のおおよそを知ることができた。しかし、今後は、確率変数の確率分布形に対する検討はもちろん、理論と実際のずれや施工時における不確定要因を信頼性解析に取り入れて、より実情に即した信頼性評価を行う方法を考慮し、結果を設計に反映させていくことがより肝要である。最後に、文献²⁾を快く貸与して頂いた東洋建設(株)中国支店松本隆夫様に感謝の意を表します。

<参考文献>

1)土木学会：鋼構造物設計指針 PARTB 特定構造物，pp129-145, 1987-11. 2)新日本製鐵株式会社：鋼矢板 マニュアル設計編，pp143-156. 3)松尾稔：地盤工学（信頼性の理念と実際），技報堂出版，pp93-94, pp254-257, 1984-3. 4)星谷 勝，石井 清：構造物の信頼性設計法，鹿島出版会，pp 64-79, 1986-5

表-2 確率変数

確率変数名	平均値	変動係数	標準偏差
土の内部摩擦角(ϕ)	30.0	0.1	3.0
壁面摩擦角(δ)	15.0	0.1	1.5
地盤合成角 (θ 1) $\theta 1 = \text{ATN}(\xi)$	5.71	0.1	0.571
見かけの地盤角 (θ 2) $\theta 2 = \text{ATN}(\xi')$	11.31	0.1	1.131

ここに、 ξ : 震度、 ξ' : 見かけの震度

表-3 確定変数

確定変数	記号、単位	確定値
地表面から地下水位面までの距離	b1 (m)	2.5
地下水位面から海底面までの距離	b2 (m)	10.0
海底面から鋼矢板根入れ端までの距離	b3 (m)	8.5
地下水位面から海底面までの距離	b4 (m)	2.5
タイロッド取付点から地下水位面までの距離	a (m)	0.5
常時土圧荷重	Q1 (tf/m ²)	3.0
地震時土圧荷重	Q2 (tf/m ²)	1.5
土の単位体積重量	GAMA (tf/m ³)	1.8
水中の見かけの土の単位体積重量	GAMB (tf/m ³)	1.0
鋼矢板の臨界強度	SIGU2 (tf/m ²)	40000.0
鋼矢板の断面係数	V2 (m ³ /m)	0.00455
タイロッドの取付間隔	L (m)	1.8
タイロッドの臨界強度	SIGU3 (tf/m ²)	45000.0
タイロッドの断面積	A3 (m ²)	0.02827
覆土の臨界強度	SIGU4 (tf/m ²)	24000.0
覆土の断面係数	V4 (m ³ /m)	0.000429
地表面から控え壁下端までの距離	bb1 (m)	0.75
控え壁下端から地下水位面までの距離	bb2 (m)	1.75
地下水位面から控え壁下端までの距離	bb3 (m)	4.75
控え壁の臨界強度	SIGU8 (tf/m ²)	30000.0
控え壁の断面係数	V8 (m ³ /m)	0.00227

表-4 1次ガウス近似法による β

破壊モード	常時		地震時	
	β	β による P_f	β	β による P_f
1	2.985	1.418×10^{-3}	0.929	1.784×10^{-1}
2	6.857	0	5.797	3.376×10^{-9}
3	10.001	0	7.880	1.5×10^{-15}
4	10.002	0	7.900	1.5×10^{-15}
5	7.863	2.0×10^{-15}	5.326	4.895×10^{-4}
6	10.004	0	7.940	1.0×10^{-15}

表-5 モンテカルロシミュレーション法による P_f

破壊モード	常時		地震時	
	シミュレーション回数	P_f	シミュレーション回数	P_f
1	50万回	1.952×10^{-3}	25万回	1.910×10^{-1}

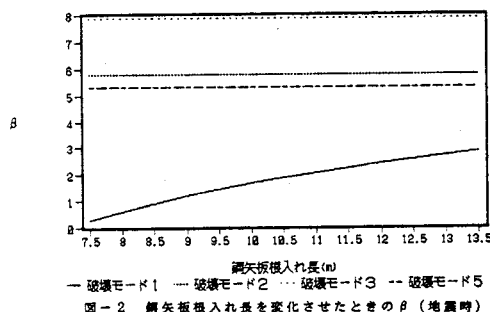


図-2 鋼矢板根入れ長を変化させたときの β (地震時)