

Ⅲ-B180

矢板の割裂破壊強度

徳島大学工学部 正会員 望月秋利 上野勝利
清水建設(株) 正会員 遠藤大治

1. はじめに

鋼矢板は止水性がよく、転用性にも優れ、また掘削深さを自由に選択することができるので、昭和30年代後半から多く用いられてきている。しかし一般に対象地盤は沖積層であることが多く、予想以上の土圧と水圧が作用して崩壊する事例も見られる。

図-1は、昭和40年代に建設された鋼矢板岸壁が過大な土圧を受け、矢板が下方に引きずられて、「矢板の割裂破壊(図-2参照)」を生じた例を示したものである。通常の設計では、腹起しにより矢板壁に作用する土圧をスムーズかつ均等にタイロッドに伝達させる構造となっているため、タイロッドが引っ張り破壊するか、あるいはタイロッドの引き抜き破壊を前提として設計され、今回のような割裂破壊についての検討例はあまり見ない。

そこで本研究ではこの破壊をモデルとし、要素毎の逐次破壊を考慮したFEM弾性解析を行って、その時の破壊形態と強度について検討した。以下に主な検討経過および結果を示す。

2. 解析手法

計算は平面応力条件とし、半断面モデルに対してFEMによる弾性解析を行った。図-3に解析メッシュ図を示す。また側面のX方向、底面のX,Y方向を拘束条件とした。タイロッド孔の形状としては円孔、六角孔の2パターンとした。鋼矢板はSM490鋼材で、材料定数を表-1に示す。板厚は13mmである。

表-2は要素の破壊条件を示したもので、破壊した要素はヤング率を $10(\text{kgf/cm}^2)$ に落として計算した。

図-4にタイロッド孔周辺部のメッシュ拡大図を示す。図中の数字は既知変位を与える節点番号を示し、白抜きの数字は要素番号を示す。解析はタイロッド孔上部に、鉛直方向の既知変位を「増分 $1.0 \times 10^{-4} \text{cm}$ 」づつ与えた(図中○印)。この時内縁1段目のメッシュが全て破壊したら、内縁2段目に移り、同様に「増分 $1.0 \times 10^{-4} \text{cm}$ 」変位を与えて要素の破壊を判定を行う。これを内縁4段目まで繰り返した。

表-1 メッシュ材料定数

孔の形状	節点数	要素数	E(kgf/cm ²)	ν
円孔	275	239	2.1×10^8	0.3
六角孔	289	249	2.1×10^8	0.3

表-2 破壊の判定条件

引張強度(kgf/cm ²)	せん断強度(kgf/cm ²)
5000	2500

3. 解析結果

図-5はメッシュの破壊の進行状況を示したものである。図中濃い色は

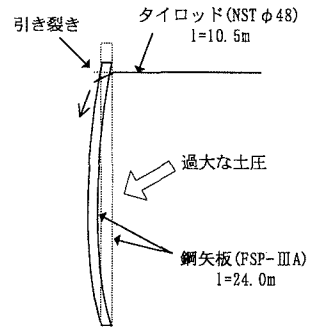


図-1 鋼矢板破壊状況図

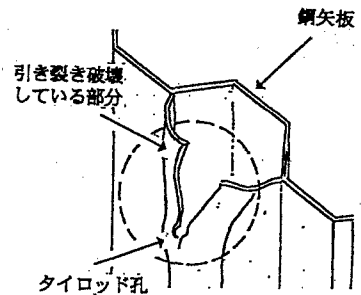


図-2 鋼矢板割裂破壊詳細図

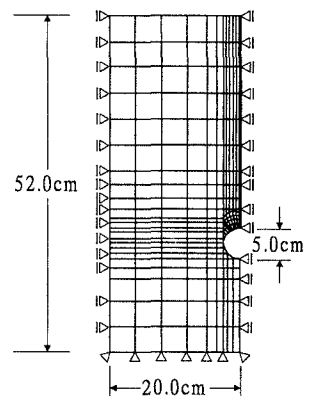


図-3 解析メッシュ図(円孔)

既に破壊した要素を示し、淡い色は新たに破壊した要素を示す。破壊の進行状況は内縁1段目では孔の内側から外側に向かってせん断破壊が進行し、内縁2段目の外側の要素が破壊した後、さらに3段目、4段目と、孔の内側から外側に向かって同様に破壊が進行していく。

図-6 に既知節点を加えた「節点合力の合計(T)と増分変位の関係」を、表-3 に解析結果より得られた各パターンの最大合力(T_{max})を示す。

表-3 各パターンの最大合力

孔の形状	内縁1段目 (tf)	内縁2段目 (tf)	内縁3段目 (tf)
円孔	-14.5	-14.5	-11.9
六角孔	-12.8	-10.1	-11.1

円孔解析結果では、タイロッドから矢板にかかる最大合力は約 14.5tf という結果となった。ここで矢板は割裂破壊の形式をとるが、仮に全般せん断破壊をする時の合力を以下に試算した。

$$\begin{aligned} & \text{引張強度}(\text{kgf}/\text{cm}^2) \times \text{タイロッドの直径}(\text{cm}) \times \text{鋼矢板の厚さ}(\text{cm}) \\ & = -5000 \times 5 \times 1.3 = -32500(\text{kgf}) = -32.5(\text{tf}) \end{aligned}$$

この値は FEM での解析値の約 2 倍の結果となった。すなわち進行性破壊を考慮した場合、全般せん断破壊よりも小さくなるので十分考えられる範囲の値と判断している。

また、設計では一般に矢板よりもタイロッドの破壊が検討される。タイロッド(φ5cm)の軸方向の引張力は約 98.2tf、タイロッド軸直角方向のせん断力は約 49tf という値が想定され、このような値が一般に設計値となる。しかし、今回の場合はタイロッドではなく矢板が進行性破壊の形式で約 14.5tf の力で破壊してしまうことが試算された。この値は実にタイロッドのせん断破壊強度の約 30%に相当するという小さな値である。本現場では、そのせん断力を矢板全体に分散させる構造もとられていなかったため、破壊が生じたものである。

昭和 40 年代に築造された鋼矢板岸壁は使用状況(過度な積み荷)によっては設計値を遙かに下回る荷重で破壊することがあり得る。今回はそのような例をもとに、「進行性破壊を考えた割裂破壊強度」について検討し、タイロッドの想定強度よりも遙かに小さな荷重で破壊することを示した。この時代に築造された岸壁に対しては、岸壁の安全載荷荷重について再検討の必要があるのではないかと考えている。

謝辞

本研究に協力してくれた徳島大学大学院・修士課程 1 年の谷孝浩君に感謝を表します。

参考文献

- 新版土木工法辞典編集委員会：新版土木工法辞典，pp611～616
地盤工学会：根切り，山留め，仮締め切り入門，pp211～248，1997.12

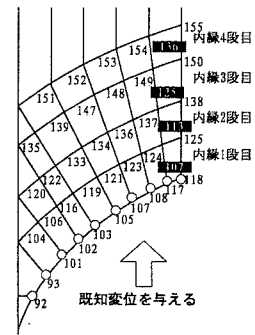


図-4 タイロッド孔周辺部拡大図

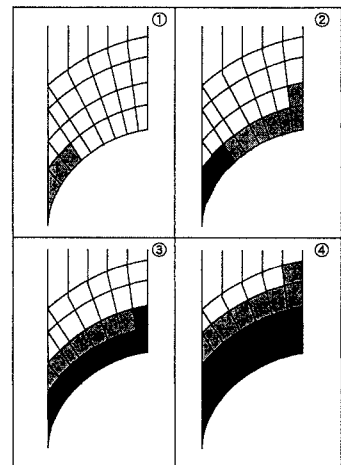


図-5 破壊進展状況

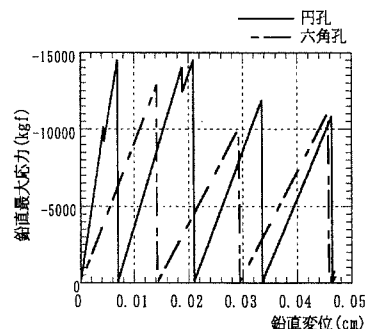


図-6 解析結果