

I-674 衝撃荷重下におけるメタルライナー取付構造のエネルギー吸収能に関する研究

NKK 正員 〇片岡 誠 名古屋大学工学部 正員 伊藤義人
名古屋大学工学部 正員 宇佐美勉 栗本鐵工所 鋳物事業部 草田昭一

1. 序論

雲仙普賢岳など全国各地で土石流や洪水などが発生しているが、それらに含まれる巨礫や流木などの衝突によって、砂防ダム堤体の袖部や流路、水叩き部などのコンクリート表面が摩耗損傷、侵食破壊されることがあり、大きな問題になっている。そこで、そのような重衝撃からコンクリート表面を防護する方法として、鋳鋼製のライニング材(メタルライナー)の取付が試行されている。本研究では、衝撃荷重実験を行ってメタルライナー取付構造の耐衝撃力特性を明らかにし、エネルギー吸収能に着目した設計指針を提案する。

2. 実験計画

実験は、一つのメタルライナーの取付構造について、ライナー面平行方向力のみが作用する一面せん断衝撃荷重実験3体、平行方向力と垂直圧縮力が作用する斜め方向衝撃荷重実験3体のあわせて6体の供試体について行った。供試体の概要を図-1および表-1に示す。また、使用したメタルライナーの形状を図-2に示す。Rタイプのライナーには十字型のリブがついており、それぞれ4本のアンカーボルト(D19)でコンクリート躯体に取り付けられている。コンクリート部第3層には無収縮モルタルが用いてあり、アンカーボルトの埋め込み深さは、引き抜き破壊が起こらない十分な長さ(600mm)をとっている。

表-1 実験供試体および載荷方法一覧

供試体	実験方法	ライナー形状	使用した重種	載荷方法
DA-3	一面せん断 荷重載荷	Rタイプ	コンクリート 131.5kgf 鋼鉄 131.5kgf	コンクリート球 10cm ずつ上昇 鋼鉄球 3m 繰り返し
DA-4		Rタイプ	コンクリート 226.5kgf 鋼鉄 226.5kgf	
DA-5		Rタイプ	コンクリート 131.5kgf 鋼鉄 131.5kgf	
DB-3	斜め方向 荷重載荷	Rタイプ	コンクリート 226.5kgf 鋼鉄 226.5kgf	コンクリート球 10cm ずつ上昇 鋼鉄球 10cm ずつ上昇 50cm ごとに3回繰り返し
DB-4		Fタイプ	コンクリート 226.5kgf 鋼鉄 226.5kgf	
DC-1		—	コンクリート 131.5kgf コンクリート 226.5kgf 鋼鉄 131.5kgf	

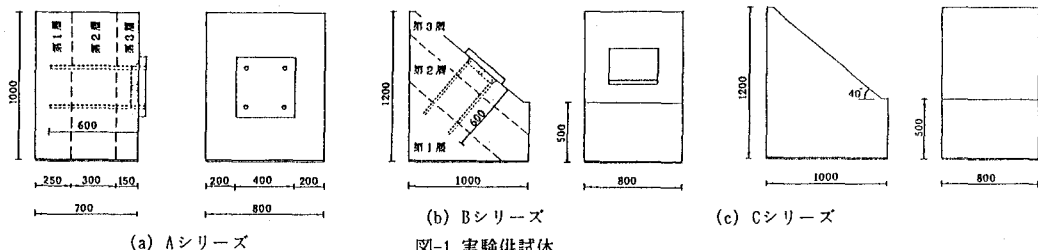


図-1 実験供試体

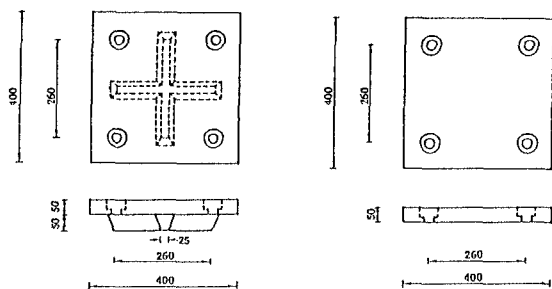


図-2 メタルライナーの形状

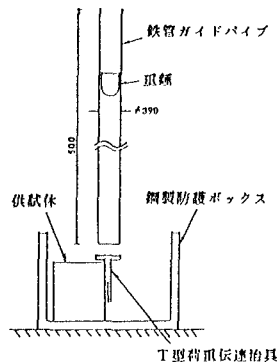


図-3 衝撃載荷方法

実験は、重錘の落下衝突によって供試体に衝撃荷重を作用させる方法で行った(図-3)。与える荷重履歴の違いによって、取付構造の各種特性にどのような違いが現れるのかを比較するために、一面せん断実験では2種類の重量の重錘を用いて、3mの一定高さからの繰り返し落下による載荷方法をとった。

測定項目は、重錘の加速度、メタルライナーのライナー面平行方向の変位2点およびライナー面垂直方向変位1点、アンカーボルトのひずみ12点およびリブのひずみ2点である。

3. 実験結果及び考察

一面せん断載荷実験から得られた、ライナー変位及びモルタル表面から深さ3cm位置のアンカーボルトのひずみと、重錘が持っていた位置エネルギーを累積した累積外力エネルギーとの関係を図-4に示す。これらの関係を各供試体ごとに整理すると、崩壊までの挙動を3つの領域に分けて考えることができる。

領域Ⅰ：ひずみは衝撃荷重に応じてほぼ弾性域内の値をとり、ライナー変位にはほとんど変化がみられない。

領域Ⅱ：ライナー面垂直方向変位が生じ始める。

領域Ⅲ：ひずみの値は降伏ひずみを大きく越えて急激に増加する。ライナー面平行方向変位が生じ始める。

同様の段階的挙動は、前年度に行われた一面せん断載荷実験（DA-1、DA-2）においても確認された。

これは、次のように考えることで説明できる。まず領域Ⅰにおいて、アンカーボルトは弾性状態で、取付構造自体にも塑性変位を生じていないが、その後にアンカーボルトが降伏して伸び始める。しかし、メタルライナーはリブ前面のモルタルにより平行方向変位を拘束されているので、載荷側が浮き上がる形で垂直変位が生じる。領域Ⅱの間に十字リブ前面のモルタルがせん断面を形成して、ついにせん断面に滑りを起こして、領域Ⅲに移行する。この領域にはいると、アンカーボルトは4本とも曲げを伴った伸び変形を起こし、ライナー面平行方向に変位が生じてくる。

ここでは、ライナーの載荷側に浮き上がり塑性変位を生じ始める状態を取付構造の弾性限界、そのときに与えたエネルギー量を弾性限界エネルギーと定義し、これを重錘が衝突前に持っている位置エネルギーから減じた分を累積したものが取付構造に吸収されるエネルギーと考える。

このようにして得られた、累積衝撃吸収エネルギーとライナー面平行方向塑性変位の関係を図-5に示す。ここでは、重錘の落下高さを10cm刻みで順次上げて行った前年度の実験（DA-1、DA-2）の結果も合わせて示してある。この図から、それぞれ異なった荷重載荷履歴のもとで行った実験においても、ほぼ同じような関係を示すことがわかった。この関係について、様々な構造のものが実験や解析によって整備されれば、ライナー面平行方向塑性変位の許容値を与えることにより、それに対応する取付構造の許容累積衝撃エネルギー吸収能を決定することができる。すなわち、この関係を用いることによって、エネルギー吸収能に着目したメタルライナー取付構造の設計指針が提案できる。

4. 結論

一面せん断載荷実験の結果からメタルライナー取付構造の耐荷挙動を把握し、弾性限界エネルギーを定義することにより、ほぼ荷重履歴によらない累積衝撃吸収エネルギーとライナー面平行塑性変位の関係を得た。この関係を用いて、衝撃エネルギー吸収能に着目した設計指針を提案した。

参考文献

- 1) 伊藤義人，倉坪和弥，宇佐美勉，片岡 誠，草田昭一：メタルライナー取付構造物の耐荷力と変形能に関する実験的研究，構造工学論文集，Vol. 38A, 1991. 3, pp. 1529-1542.
- 2) 伊藤義人，八谷 徹，宇佐美勉，片岡 誠，草田昭一：衝撃荷重を受けるメタルライナー取付構造物の耐荷力と変形能に関する実験的研究，構造工学論文集，Vol. 39A, 1993. 3, pp. 1539-1552.

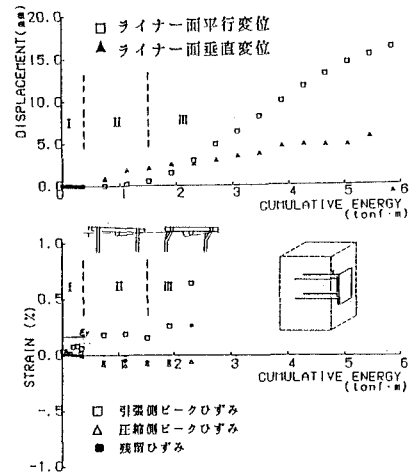


図-4 ライナー変位およびボルトひずみと累積外力エネルギー関係

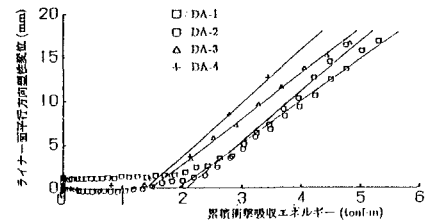


図-5 ライナー面平行塑性変位と累積衝撃吸収エネルギー