

メタルライナーの定着システムの衝撃挙動と耐衝撃設計法

名古屋大学工学部 学生員○増田進一
名古屋大学工学部 正 員 伊藤義人
栗本鐵工所 草田昭一

1. はじめに

土石流対策として建設された砂防ダムでは、土石流中の巨礫などの衝突によりコンクリート表面が摩耗損傷を受けたり侵食破壊されることがある。そのため、この対策としてコンクリートの表面を鑄鋼製のライニング材（メタルライナー）で覆うことが提案され、一部で試行されている。本研究では、この定着システムの耐衝撃力特性を明らかにするため衝撃荷重載荷実験と非線形動的応答解析を行い、エネルギー吸収能に着目した設計法を提案する。

2. 実験概要

これまでの3年間で、ライナー定着構造の静的載荷試験12体と、ライナー面に平行方向の衝撃力が作用する一面せん断衝撃載荷試験5体、さらにライナー面に斜めに衝撃力が作用する斜め方向衝撃載荷試験4体を行った¹⁾。本年度の衝撃荷重載荷試験では、これらの結果をふまえてさらにライナーの大きさと厚さを変え、アンカーボルト本数と付着長を変化させた一面せん断試験を5体行った。これは、施工性、経済性の向上や設計法の一般化をねらったものである。表-1および図-1に本年度の供試体概要を示す。コンクリート躯体は、DA-9が2層、他は3層構造であり、第3層には無収縮モルタルが用いてある。

表-1 供試体一覧

供試体	ライナー寸法 (cm)	ボルト径	本数	付着長 (cm)	備考
DA-6	50(リブ付)	D22	4	60	ひずみ測定点30・40cm追加
DA-7	50(リブ無)	D22	4	32.4	ひずみ測定点30cm追加
DA-8	50(リブ無)	D25	3	37.1	同上
DA-9	50(リブ付)	D22	3	30	ボルト端部L型
DA-10	40(リブ付)	D19	4	60	リブ前面に発泡スチロール

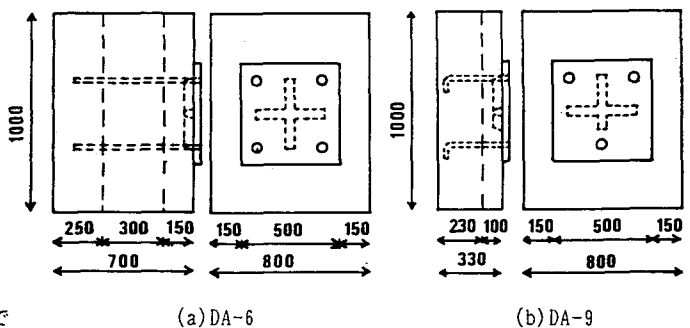


図-1 供試体一覧

衝撃荷重は、重錘の落下により供試体に作用させる方法で載荷した¹⁾。測定項目は、重錘加速度、ライナーのライナー面水平方向変位2点および垂直方向1点、および文献1)と同様の位置のひずみ14点に加え表-1に示す位置でのひずみである。測定方法、重錘形状、載荷方法は文献1)と同様である。

3. 実験結果および考察

一面せん断試験から得られた、DA-10のライナーの各方向塑性変位と落下高さの関係を図-2に示す。ひずみが弾性域の内は塑性変位はほとんど生じないが、降伏ひずみ付近から垂直方向に塑性変位が生じ始め、その後水平方向にも変位が生じていった。このような挙動は、十字リブ付ライナーを用いた8供試体全てに共通している。

この結果から、ライナー面垂直残留変位が生じ始めた点を弾性限界とし、そのときに与えたエネルギーを弾性限界エネ

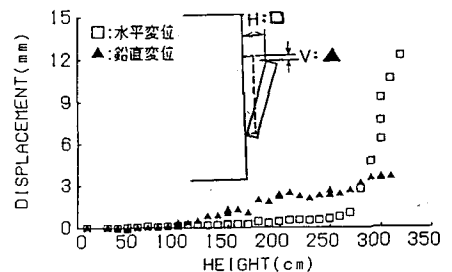


図-2 落下高さと塑性変位関係

ルギーと定義する。そして、衝突前の重錘が持つエネルギーからこの値を減じ、それを累積したものを定着システムに吸収されるエネルギーとする。このような考え方から得られた累積吸収エネルギーと、水平方向塑性変位との関係を図-3に示す。これには、一昨年行われたDA-1, 2の結果も合わせて示してある。図-3より、アンカーボルト本数が3本のDA-9を除き変位の立ち上がり点やその後の傾きは概ね一致している。つまり、弾性限界以後はライナーサイズ、ボルト径によらずほぼ一定強度になることがわかる。また、

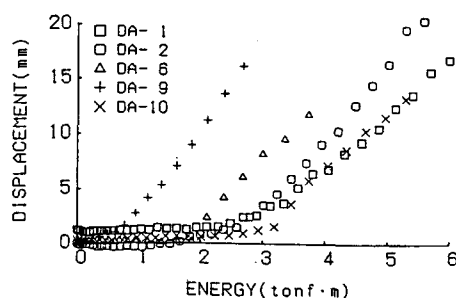


図-3 累積エネルギーと塑性変位関係

モルタルが十分リブ周りに充填されない場合(DA-10)も強度にほとんど影響しないことが確認された。しかし、ボルト本数の違いによる影響は大きく、弾性限界以後の吸収エネルギーは他のものの1/4程度となった。このため、3本のアンカーによるライナーの取付は水叩き部などの比較的水平方向衝撃が小さい所に限る必要があると思われる。この考察をもとに、図-4のような定着システムの吸収エネルギーと塑性変位の関係を用いたメタルライナー定着システムの設計手法を提案する。

なお、十字リブのないDA-7, 8は他に比べ早い段階で崩壊に至り、衝撃载荷においても十字リブの効果が確認された。また、いずれの供試体もボルト引き抜けはなく、アンカーボルトの付着長は30cm程度でよいことが明らかになった。

4. 衝撃力の評価

衝撃問題を扱う際には物体の衝突時における衝撃力が重要であるが、その衝撃力の算定には以前からよくHERTZの理論が用いられる。文献1)では、この理論値に実験により得られた係数を乗じることで衝撃力を算定している。ここでは、メタルライナーと重錘が斜めに衝突する際に発生する衝撃力についての数値シミュレーションを非線形動的応答解析プログラムDYNA3Dを用いて行い、実験結果およびHERTZ解に係数を乗じて算定される衝撃力と比較してみた。解析には、図中に示したように対称性を利用し1/2をモデル化した。また昨年度の実験より、衝撃力は供試体の損傷によらないことがわかっているため、ライナ

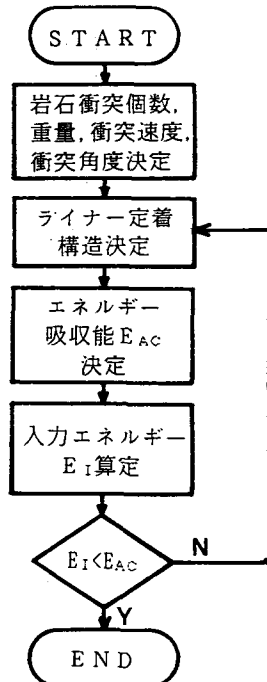


図-4 設計フローチャート

ーとコンクリート躯体は剛結とした。図-5に実験結果、HERTZ解および数値解析結果を合わせて示す。HERTZ解に乗じている係数は、各落下高さの実験値をHERTZ解で除したものの平均とした。解析は実現象をよくシミュレートしており、ピーク加速度は実験結果とほとんど一致した。

5. おわりに

衝撃载荷実験によりメタルライナー定着システムの耐衝撃力特性を明らかにし、一面せん断試験の結果から得られた弾性限界エネルギーを用いてエネルギー吸収能に着目した設計手法を提案した。また、数値解析により重錘が斜めからライナーに衝突する時の衝撃力を算定し、実験結果と比較してよい一致を得た。

参考文献

- 1) 伊藤義人ら：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.

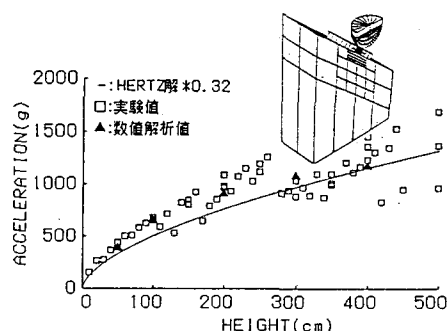


図-5 数値解析結果