

衝撃力の実験的・理論的評価とメタルライナー定着構造の設計法に関する研究

名古屋市役所 正 員○増田進一
名古屋大学工学部 学生員 川口雅樹
栗本鐵工所 草田昭一

名古屋大学工学部 正 員 伊藤義人
名古屋大学工学部 学生員 笹田俊治

1. はじめに

砂防ダムや通常のダムのコンクリート表面を保護するため、メタルライナーの取付が提案され、実際に試行されている。このメタルライナー定着構造について、これまでに静的載荷試験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体を行っており、その耐衝撃特性が明らかになりつつある^{1)・2)}。本研究では、引き続き衝撃載荷実験および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。

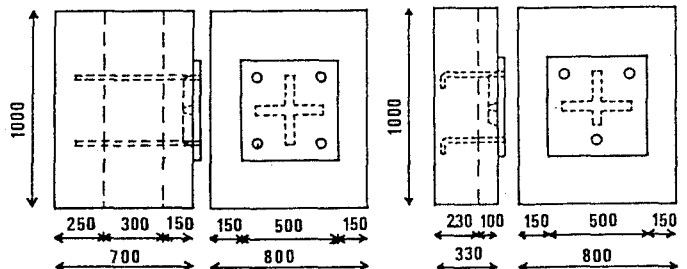
2. 実験概要

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

本年度の実験では、施工性、経済性の向上や設計法の一般化をねらい、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ものについて一面せん断試験を5体行った。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。

測定項目は、表-1に示す位置のひずみを追加した他は文献2)と同様である。また、測定方法、重錘形状、衝撃荷重載荷方法も文献2)と同様である。



(a) DA-6

(b) DA-9

3. 実験結果および考察

一面せん断試験から得られた、累積吸収エネルギーと水平方向塑性変位の関係を、昨年までに行われたDA-1, 2, 3の結果と合わせて図-2に示す。ここで、弾性限界は文献2)と同様に決定している。この結果、累積吸収エネルギー E と塑性変位 δ の関係は、DA-9を除いてほぼ一致していることから、 $E = \alpha \cdot \delta + \beta$ と定式化できる。ここに、 α 、 β は実験から得られる定数である。従って、ライナーの許容変位を決定することで累積エネルギー吸収能を求めることができる。

なお、DA-7, 8は他に比べ早い段階で崩壊に至り、衝撃載荷においてはリブの効果は静的載荷以上であった。また、いずれの供試体もボルト引き抜けはなく、付着長は30cm程度でよいことが確認された。

4. 衝撃力の評価

本研究では、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

図-1 供試体例

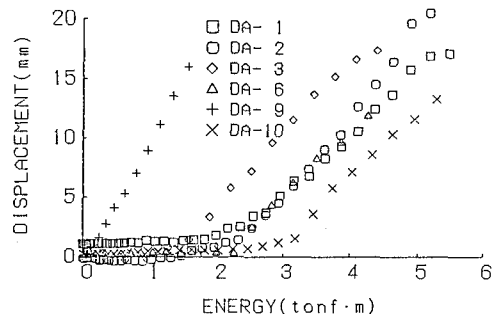


図-2 累積エネルギーと塑性変位関係

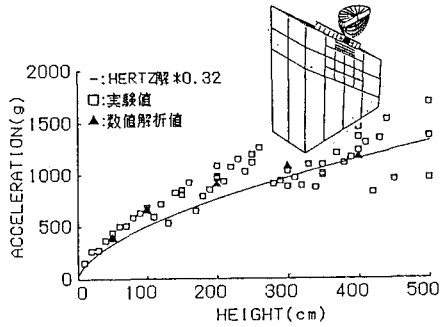


図-3 数値解析結果

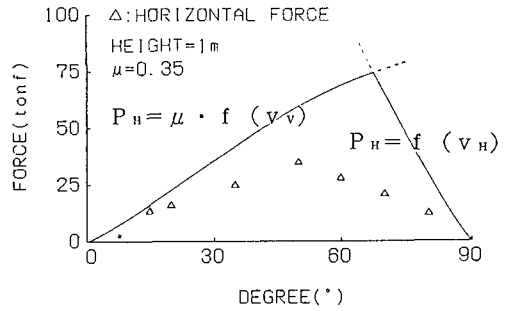


図-4 衝突角度と水平衝撃力関係

る衝撃力¹⁾と比較した。図-3に実験結果、HERTZ解および数値解析結果を合わせて示す。解析には、対称性を利用し全体の1/2をモデル化したものを用いた。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解っているので、ライナーとコンクリート躯体は剛結とした。ピーク加速度は実験結果と殆ど一致しており、解析は実現象をよくシミュレートしているといえる。そこで、重錘の衝突角度を変化させ、それぞれについて定着構造に多大な影響を及ぼすライナー面水平方向衝撃力を求めた。その結果を図-4に示す。また、HERTZ式を適用して得られた、重錘とライナー間の摩擦係数と、重錘の水平方向速度成分による水平衝撃力を実線で示す。その結果、解析値とこれらの算定値とは似た傾向を示しているの、衝突による水平衝撃力はこの関係により算定できると考えられる。

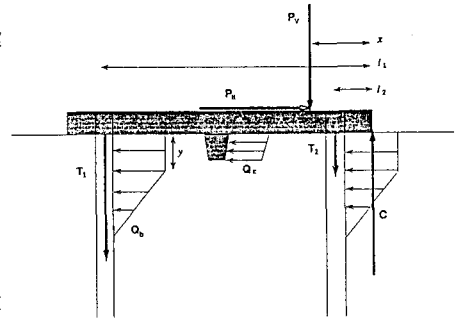


図-5 弾性限界モデル

5. 設計法の提案

文献2)にあるように、累積エネルギー吸収能は定着構造の崩壊モードにより異なる。そこで、浮き上がり挙動を示すのは、水平力のみ作用すると考えられる場所にライナーを設置する場合や、図-5に示す弾性限界モデルより求められる衝突点の浮き上がり範囲内において、図-4の関係から得られる水平衝撃力が弾性限界モデルにより得られる弾性限界水平衝撃力より小さい場合と考える。そして、浮き上がりの有無により、それぞれ累積エネルギー吸収能を決定し、入力エネルギーと比較することで適格な定着構造を決定するという設計法を提案する（図-6）。

6. おわりに

衝撃载荷実験によりメタルライナー定着構造の耐衝撃力特性を明らかにした。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、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衝撃力とエネルギー吸収能に着目した設計手法を提案した。

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.
- 2) 伊藤義人ら：メタルライナー取付構造物の耐衝撃特性とエネルギー吸収能に関する実験的研究，構造工学論文集，Vol. 40A, 1994. 3, pp. 1517-1530.

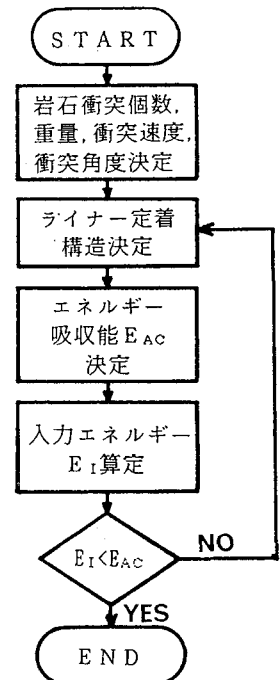


図-6 設計フローチャート