

メタルライナー取付構造に関する非線形衝撃応答解析

名古屋大学工学部 正 員○伊藤義人 関西電力 正 員 川口雅樹
 名古屋大学工学部 学生員 笹田俊治 名古屋大学工学部 学生員 大野 隆
 栗本鐵工所 八木伸人

1. はじめに

砂防ダムは重要な土石流災害対策施設の1つである。砂防ダムの水通し部、袖部および水叩き部は土石流の衝撃力により磨耗損傷され、時には破壊にも至る。そこでコンクリート表面を鑄鉄製のライニング材(メタルライナー)で覆うことが考案され、試験的な使用もされている。本研究では、当研究室で過去数年に渡り行った、メタルライナー取付構造に関する一面せん断衝撃荷重実験を対象として非線形動的応答解析を行い、実験結果と比較検討した。

2. 実験概要

本研究では過去3年間にわたり行ってきた衝撃荷重実験の内、一面せん断衝撃荷重実験についてとりあげる。実験は、重錘の重量、ライナーの寸法、ボルト径、ボルト本数、リブの有無、付着長等を変化させたものとなっているが、これらは取付構造の設計に際し、安全性、施工性、経済性の面から種々検討した。

表-1に実験の概要を示す。

表-1 実験概要

	重錘重量 (kgf)	ライナー寸法 (cm)	ボルト種類	ボルト本数 (本)	リブ	付着長 (cm)
DA-1,2	108	40	D19	4	有	60
DA-3	131.5	40	D19	4	有	60
DA-4	226.5	40	D19	4	有	60
DA-5	131.5	40	D19	4	有	60
DA-6	249	50	D22	4	有	60
DA-7	249	50	D22	4	無	32.4
DA-8	249	50	D25	3	無	37.1
DA-9	249	50	D22	3	有	30

3. 解析モデル

2.で示した実験の供試体を対象とし、衝突の際に発生する衝撃力についての数値解析を非線形動的応答プログラムLS-DYNA3Dを用いて行った。そして解析結果を実験結果およびHertz解と比較することにした。解析におけるモデル図を図-1に示す。モデルの対称性から実際の供試体の1/2を解析モデルとし、対称面鉛直方向の変位を拘束し、コンクリート躯体の底部を完全拘束した。また、重錘とT型治具の衝突部についてはVon Misesの降伏条件を用いている。

重錘およびT型治具側衝突部のメッシュについては、メッシュの切り方およびサイズについて種々の感度解析を行い決定した。その際には、衝突する両物体での衝突部分のメッシュサイズは大きく異ならないこと、要素はできるだけ立方体に近くすること、の2点に注意して行った。

4. 解析結果

DA-1供試体を対象とした解析モデルについて、衝突部付近 $t=0.285\text{msec}$ 時の等応力図を図-2に、定着構造

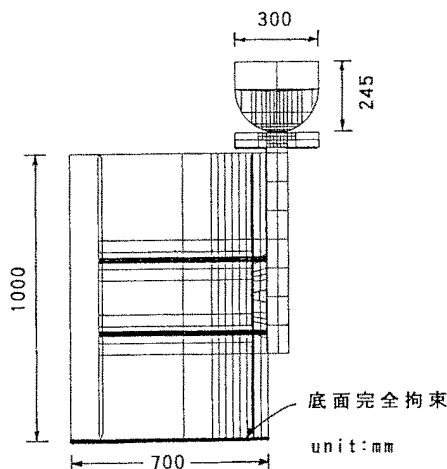


図-1 解析モデル(DA-1)

についての変形図の例を図-3に示す。また、実験の際に加速度計を設置した位置（重錘最上部中央）における加速度応答波形の解析結果例を図-4に示す。加速度波形の形状および衝撃継続時間はほぼ実験結果とよい一致をしている。変形図においてもリブの存在するモデルの浮き上がり挙動、およびアンカーボルトの伸びを伴った曲げ変形も実験をよく再現している。実験に対応する解析モデルの結果についての一覧を表-2に示す。

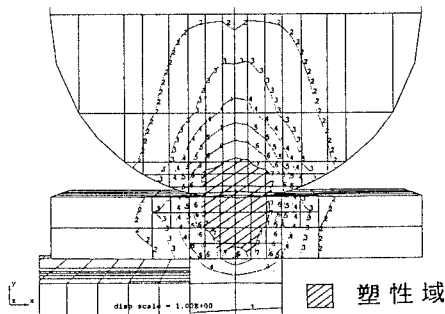


図-2 衝突部付近等応力図(t=0.285msec)

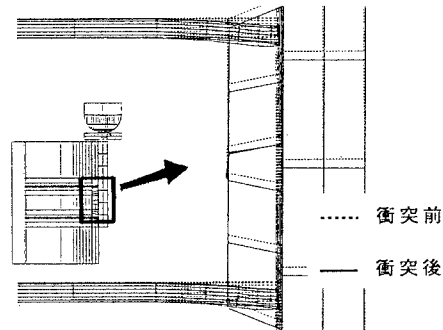


図-3 下部構造変形図(変形倍率=5.0)

表-2 解析結果一覧

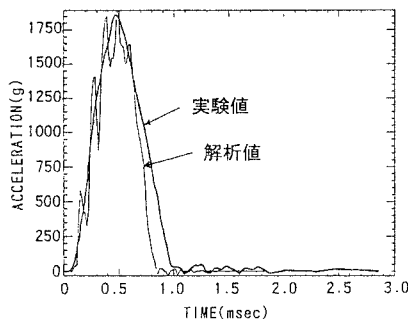


図-4 加速度応答波形

	解析モデル	落下高さ (cm)	ピーク加速度 (g)	衝撃力 (tonf)	Hertz 解 (tonf)	衝撃力 Hertz 解
DA-1,2	DA3S21	300	1893	204.4	451.9	0.452
DA-3	DA3S22	300	1612	212.0	508.6	0.417
DA-4	DA3S23	300	1126	255.0	704.8	0.362
DA-6	DA3S26	100	750	186.8	385.9	0.484
	DA3S24	300	1151	286.6	746.0	0.384
DA-7	DA3S25	100	689	171.6	385.9	0.445
DA-8	DA3S27	100	730	181.8	385.9	0.471
DA-9	DA3S28	100	634	157.9	385.9	0.409
	DA3S29	300	1144	284.9	746.0	0.381

5. 衝撃力の評価

文献1)によれば、Hertz式から計算される解に補正係数0.45を乗じたものによって実験値を説明できると提案されている。表-2によれば、解析から得られた衝撃力とHertz解との比についても約0.45となっており、実現象をほぼ再現していると思われる。ゆえに、これらの有限要素モデルを用いることにより、メタルライナーの衝撃特性を明らかにしていくことが可能であると考えられる。ただし、大きな衝撃力がかかると想定される3つのモデルについては0.4以下の値となっている。これらは、衝突部重錘側要素の変形が大きくなったためと考える。

6. おわりに

一面せん断衝撃載荷実験をモデル化して解析を行うことにより、メタルライナーの衝撃力特性を明らかにするのに適した有限要素モデルを提案した。

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.