

防衛大学校 学生員 ○齋藤 英明 正 員 石川 信隆
建設省土木研究所 正 員 水山 高久

1.緒言 近年、鋼製砂防構造物が数多く建設されるようになってきたが、そのうちスリット形式の透過式鋼製砂防構造物が巨礫の衝突によりせん断型破壊と見られる鋼管根元部で破壊した例が過去にあった。

本研究は、この巨礫の衝突による鋼製砂防構造物のせん断型限界耐力および衝撃吸収エネルギーを定量的に把握するため、前報告の衝撃曲げ型破壊¹⁾に引続き、ここでは鋼管片持ばりのせん断型衝撃破壊実験を行い、その結果を考察しようとするものである。

2.実験の概要 実験は、鋼管片持ばりの固定端部付近に重錘の自由落下による衝突実験とアクチュエータの急速油圧解放による高速変形負荷実験および静的載荷実験の3種類を行った。そのうち静的載荷実験はJIS規格に基づいて行っているため、ここでは衝突載荷実験と高速載荷実験について簡単に説明する。

(1) 衝突載荷実験：図-1に示すように重量220kgfの重錘を鋼管片持ばり(試験体)の固定端から20cmの位置にガイドを通して自由落下させ、せん断型破壊を起こさせるように横衝撃を加えた。最大落下高さは3.5mで重錘の最大衝突速度は8.0m/sである。重錘は電磁石により吊り上げ電磁石のスイッチの閉開により重錘を落下させた。固定端部は図-1に示すように試験体の一端をコンクリートで固め、上下からH型钢で挟み込みこれをボルトナットで固定した。

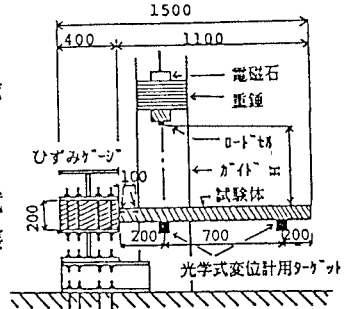


図-1 衝撃実験装置

(2) 高速載荷装置：図-2に示すように荷重を作用させるメインアクチュエータとこれを支持するバランスアクチュエータからなる。載荷用のパシを試験体に接触させた状態でメインアクチュエータに圧力をかけ同時にバランスアクチュエータにそれ以上の圧力をかけて荷重を支持し、載荷スイッチによりバランスアクチュエータの圧力を急速に解放することで試験体に一定速度の高速荷重を加えるものである。この載荷装置の目的および特色を衝突実験装置と比較すると表-1のようになる。

(3) 測定装置：衝突実験の計測においては、重錘下部に取り付けたロードセルで載荷点の衝突荷重を測定し、固定端から20cmの位置(載荷点)に光学式変位計用のターゲットを取り付け、載荷点の変位を測定した。また、ひずみゲージを図-1の位置に貼布し、ひずみを測定した。高速載荷実験の場合の計測装置もほぼ同様である。

(4) 試験体：実験に用いた試験体は、表-2に示すように鋼種STK-41の3種類の鋼管であり、図-1に示すように全長150cmの鋼管の一端を厚さ20cm、幅30cm、長さ40cmの大きさのコンクリートで固め、固定端部を形成した。

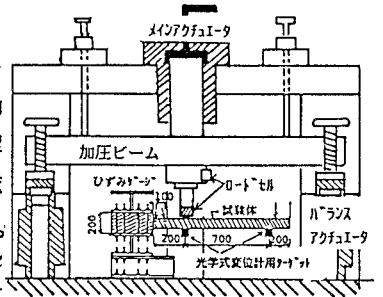


図-2 高速載荷装置

表-1 高速載荷装置と衝突載荷装置の比較

	高速載荷装置	衝突載荷装置
目的	高速変形により試験体の衝撃限界性能(耐力, 吸収エネルギー)を求める。	物と物の衝突により衝撃応答現象を解明する。
特徴	①慣性力の影響が少なく高速変形のみで破壊する ②載荷中も速度を一定に保持できる。 ③実際の衝撃現象は、これに慣性力の影響を加えればよい。	①慣性力の影響と高速変形の2つの現象が同時に混在する。 ②衝突時の速度を与えるのみで載荷中の速度は不明である。 ③実際の衝撃現象に近い

3.実験結果および考察 (1) 荷重～変位曲線：衝突荷重および高速荷重はロードセルで測定した荷重(P)を用い、また変位は光学式変位計

で測定した載荷点の変位(δ)と高速変形負荷装置に付属している接触型の変位計で測定した載荷版の変位(δ')を用いた。測定されたP～ δ 曲線またはP～ δ' 曲線の一例を図-3(a), (b)($\phi 89.1$, 載荷速度 $v=4.0$ m/sec)に示した。これらより、①静的P～ δ 曲線より衝突(Impact)および高速(Dynamic)のP～ δ 曲線の方が荷重Pが増加しているが、これは当然ながら載荷速度の影響(ひずみ速度効果)と思われる。②また衝突載荷の方が高速載荷よりも荷重Pがやや大きめに現われているが、これは慣性力による影響と考えられる。

表-2 鋼管の諸元

鋼管径	ϕ (mm)	48.6	60.5	89.1
肉厚	t (mm)	3.2	3.2	3.2
降伏応力	σ_y (kg/cm ²)	3600	3900	3900
引張強さ	σ_u (kg/cm ²)	4600	4700	4600
伸び	ϵ (%)	44	52	28
断面積	A (cm ²)	4.56	5.76	8.64
断面2次モーメント	I (cm ⁴)	11.8	23.7	79.8
塑性断面係数	Z_p (cm ³)	6.6	10.6	23.7
単位重量	γ (kg/m)	3.58	4.52	6.77

③図-3(a)より高速のP- δ 曲線は、最大荷重に達した後荷重が急速に低下しており、この傾向は管径が大きいほど顕著に見られた。これは、管径が大きいほど局部変形の影響が大きくなるためである。この現象は図-3(a)の載荷点の変位(局部変形を除く)と図-3(b)の載荷板の変位(局部変形を含む全体変形)との差が大きくなることで確かめられた。なお、衝撃吸収 $I_{\text{衝撃}}$ の算定に当たっては、図-3(a)の載荷点の変位 δ (局部変形を除く)を用い、最大荷重に達した後、急激に荷重が低下し始める時点(または最大荷重の80%まで低下した時点)の変位を終局変位とみなし、この終局変位に至るまでの荷重～変位曲線の面積を衝撃吸収 $I_{\text{衝撃}}$ と定義した。

(2) 鋼管径が最大衝撃荷重に与える影響: 図-4は、最大衝撃荷重(衝突または高速荷重)と鋼管径の関係を示したもので、衝突・高速いずれの場合も、鋼管径の増大とともに最大荷重はほぼ比例的に増大していることが認められた。(3) 載荷速度が最大衝撃荷重に与える影響: 図-5は最大衝撃荷重(衝突または高速荷重)と載荷速度の関係を示したもので、載荷速度の増大とともに最大荷重も増加する傾向を示している。

(4) 鋼管径が衝撃吸収 $I_{\text{衝撃}}$ に与える影響: 図-6は衝撃吸収 $I_{\text{衝撃}}$ (E_0)と鋼管径(ϕ)との関係($v=4\text{m/sec}$ の場合)を示したもので、 ϕ の増大に伴い、 E_0 は減少する傾向が見られる。これは、 ϕ の増大につれて局部変形による吸収 $I_{\text{衝撃}}$ が大きくなるため、この局部的影響はせん断型破壊とも関連しており、速度がさらに増せばこの影響はさらに顕著になる。

(5) 載荷速度が衝撃吸収 $I_{\text{衝撃}}$ に与える影響
図-7は衝撃吸収 $I_{\text{衝撃}}$ (E_0)と載荷速度(v)の関係を示したもので、 v が速くなるにつれ、 ϕ 48.6および ϕ 60.5の場合は E_0 がやや減少する傾向を示し、逆に ϕ 89.1の場合は E_0 がやや大きくなる傾向を示している。これは、径が小さいと載荷速度が速くなるにつれせん断型破壊となり、 ϕ 89.1のように局部変形を含む曲げ型破壊の場合は載荷速度とともに E_0 が大きくなるためと思われる。

5. 結言 本研究の成果をまとめると、以下ようになる。

①載荷速度が速くなるにつれ、破壊形態は曲げ型破壊からせん断型破壊に移行することが認められた。②鋼管径が大きくなると耐力は増加するが局部変形による吸収 $I_{\text{衝撃}}$ が大きくなり、逆にはり全体の変形による吸収 $I_{\text{衝撃}}$ は小さくなることが認められた。③載荷速度が速くなるにつれ衝撃耐力は大きくなるが、鋼管径が小さい場合には衝撃吸収 $I_{\text{衝撃}}$ はやや減少する傾向を示した。④高速載荷実験装置は、衝突載荷実験よりも慣性力の影響が小さく再現性があり、限界吸収 $I_{\text{衝撃}}$ を算出するうえでの有効な装置であることが認められた。

参考文献 1) 齋藤、石川、大野、水山: 鋼管片持りの衝撃吸収に関する基礎的研究, 土木学会論文集第386号/ I-8, pp321~328, 1987年10月

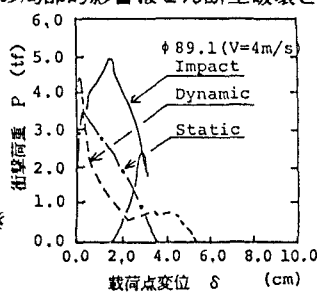


図-3(a) 荷重～載荷点変位曲線の例

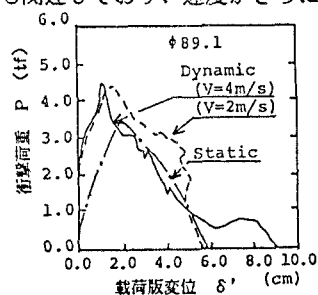


図-3(b) 荷重～載荷板変位曲線の例

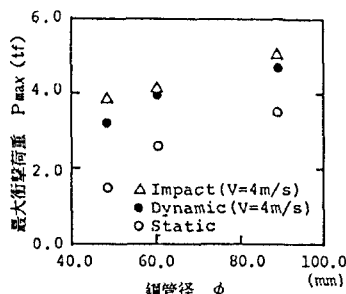


図-4 最大衝撃荷重～鋼管径

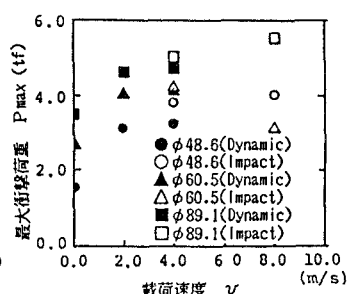


図-5 最大衝撃荷重～載荷速度

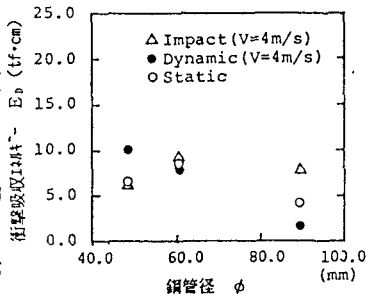


図-6 衝撃吸収 $I_{\text{衝撃}}$ ～鋼管径

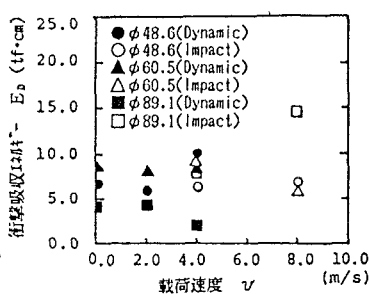


図-7 衝撃吸収 $I_{\text{衝撃}}$ ～載荷速度