

日本鋼管㈱ 正 植松 幹夫
日本鋼管㈱ 正 吉田 常松
日本鋼管㈱ 猪越 治

1. 諸言 海底石油掘削用プラットフォームやシーバース等の水平部材が水面付近にある場合は、波による衝撃水圧が水平部材に作用する。同様な現象が、ジャケツト構造物をバージなどから進水させる場合にも生ずる。衝撃水圧の研究は古くから飛行艇の着水や船舶のスラミングなどと関連して行なわれているが、殆どが平板に対する問題である。ジャケツト構造などのパイプ部材に対しての研究は近年OTCなどで発表されるようになったが^{1),2),3)}、実験結果は大きくばらついている。衝撃は(極)微小時間における振動問題であるので、理論および実験的とりあつかいが非常にむずかしい。本研究は水平円柱に作用する衝撃水圧を実験的に求めたもので、その第一報である。

2. 実験装置

2-1. 進水装置 水平部材に作用する衝撃水圧を再現するために、部材模型を等速度で水面上に衝突させる装置を試作した。図-1にその概要を示す。フレームAはフレームBに沿って水面に落下する。落下速度はモーター、変速機等を用いて空中〜水中間で等速度になるように制御される。供試体はフレームAにセットされ、供試体の両端には検力計が取付けられている。進水速度は最大1m/secである。

2-2. 供試体および計測装置 供試体は径が10mm, 20mm, 30mmおよび100mmのアルミニウム製パイプである。参考のために、巾が30mmおよび100mmの平板についても実験を行なつた。このうち20φのパイプについては水面に対して15度の傾斜角を有するものも用意した。検力計は40φ, 厚さ2mm, 巾10mmの鋼製リングフレームで、周囲に歪ゲージを貼つたものである。この検力計の剛性は約118kg/mである。検力計に供試体を取付けた場合の固有振動数は表-1の通りである。衝撃力はオシログラフで記録した。

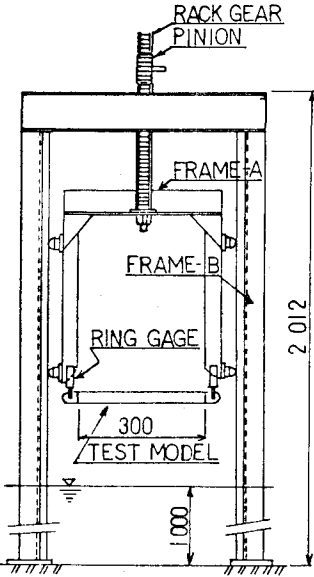


FIG-1 TEST APPARATUS

3. 実験結果 図-2に一例として100φのパイプを0.51m/secの速度で水面に衝突させた場合の波形を示す。着水後も供試体は等速度で運動しているので、パイプには流体からの抗力と浮力が作用し、波形はプラス側にドリフトしている。しかし波形は流体の攪乱と空気の巻込みにより乱れが大きく、衝突後の抗力を本実験から求めることは適当でない。

さて、流体中を等速度で運動する物体に作用する力(すなわち抗力)は一般的に次式で表わされる。

$$F_D = \frac{1}{2} C_D \rho A V^2 \quad (1)$$

ここで、 F_D は抗力、 C_D は抗力係数、 ρ は流体の密度、 A は物体の投影面積、 V は運動速度である。本実験で求めた衝撃力は(1)式による抗力とは性格を異にするものであるが、設計上の観点から抗力と類似の定式化を行なつて次式より衝撃係数 C_I を求めた。

$$C_I = F_I / \frac{1}{2} \rho A V^2 \quad (2)$$

TEST PIECE		NATURAL FREQ.	WEIGHT
DIA. or WIDTH		(MEASURED)	
PIPE	10	324 Hz	142 ^g
	20	270	284
	30	266	408
	100	268	893
PLATE	30	250	350
	100	151	1072

TABLE-1 NATURAL FREQUENCY

ここで F_I は計測衝撃力で、その他は(1)式と同定義である。 C_I を Re 数をベースにプロットしたものが図-3である。O. Faltinsen³⁾ は着水時に生ずる力はフルード数に關係すると述べているが、本実験で求めた衝撃係数 C_I は抗力係数と類似の定義によるものであるので、図-3 は Re 数で表示した。 Re 数が $10^4 \sim 10^5$ の範囲では、パイプの抗力係数は約 1.2, 平板は 2.0~2.2 程度であるので、抗力と比べて数倍の力が衝撃時に生じていることが分かる。尚、10φ のパイプおよび 15 度傾斜の 20φ のパイプについては本実験範囲では明瞭な衝撃力は生じなかつた。

さて、図-3 によると衝撃係数 C_I は供試体寸法により変動している。本論文には載せていないが、フルード数をベースにしてプロットしても同じように変動しており、本結果を直ちに一般化することは出来ない。Kaplan¹⁾ によると衝撃時、パイプに作用する力は次式で表わされる。

$$F_I^* = \rho g A^* \ell + V^2 \ell \partial m / \partial z \quad (3)$$

ここで F_I^* は着水時の力、 A^* は部材の浸水断面積、 z は水面からの距離、 m は円柱の付加質量、 ℓ は部材長である。(3) 式の第一項は浮力、第二項は衝撃力である。 m は浸水深さの関数であり、 $\partial m / \partial z$ は着水時 $3.14 \rho r$ (ここで r は円柱の半径) を示し、以降水中に没つするにつれて減少する。着水時、(3) 式の第二項は

$$V^2 \ell \partial m / \partial z = 3.14 r \ell \rho V^2$$

となるので、(2) 式の衝撃力と同一定義となり、衝撃係数 C_I は 3.14 と一義的に定まる。しかし、O. Faltinsen³⁾ は実験で C_I の値が 4.1~6.4 の間にばらつくとして述べている。また、Dalton²⁾ の実験でも C_I は 1~4.5 の間にばらついている。本実験でも $\rho A V^2$ で整理したパイプの C_I は約 1~4.5 の間にある(図-3)。そこで、次式の様に衝撃力を $AV^{1.5}$ で整理して衝撃係数 C_I^* を求めてみた。

$$C_I^* = F_I / AV^{1.5} \quad (4)$$

C_I^* と Re 数の関係を図-4に示す。これによると実験値がほぼ整理し得ることが分かる。衝撃力は一般的に V^2 に比例すると言われているが、本例では $V^{1.5}$ にほぼ比例している訳で、 V のべき数に関しては、今後更に詳細な検討を行なう計画にしている。

4. 結論 ① 本実験範囲では着水時、抗力と比べて最大約 8 倍の衝撃力が生じており、パイプの衝撃係数 C_I は約 1~4.5 の値を示す。

② パイプに作用する衝撃力は $AV^{1.5}$ でほぼ整理し得る。

文献

- 1) P. Kaplan "Impact Forces on Platform Horizontal Members in Splash Zone" OTC 1976 , 2) C. Dalton "Wave Slam on Horizontal Members of an Offshore Platform" OTC 1977 , 3) O. Faltinsen "Water Impact Loads and Dynamic Response of Horizontal Circular Cylinders in Offshore Structures" OTC 1977

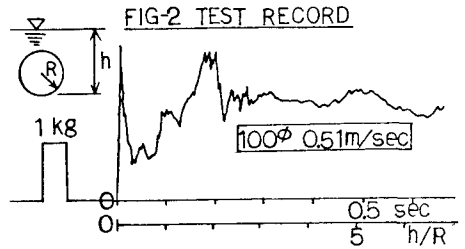


FIG-3 C_I vs. REYNOLDS NO.

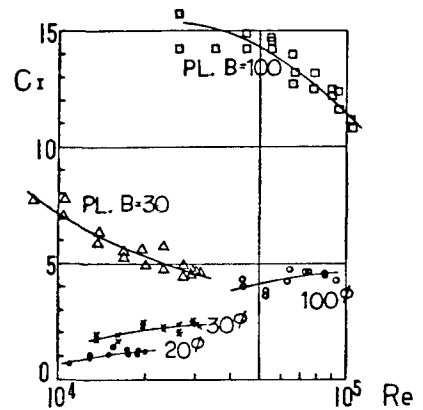


FIG-4 C_I^* vs. REYNOLDS NO.

