

II-394

深喫水浮体の大振幅横揺発生の可能性について

新日本製鐵(株) ○木村秀雄 大久保寛 小島一雄

1. はじめに

近年、部材の合成構造化によりフーチングを大きく張り出すことのできる合成版式ケーソンが、比較的水深の大きい地点での防波堤、護岸の計画で堤体幅を小さくしうることから、従来のRCケーソンに対し経済的優位性を発揮して採用される場合が増えている。

さて、浮体としてのケーソンの安定性の照査では、浮揚時の静的安定性と長距離曳航時には動的安定性の検討がなされる。一般に動的安定性の検討ではケーソンの横揺固有周期と波周期を対比することが行われるが、従来のRCケーソンと比べ相対的に堤体幅喫水比の小さな合成版式ケーソンの動的安定性を確認する目的で水槽実験を実施したところ、ケーソンの横揺固有周期外の波周期で大振幅横揺の発生を確認したので、その発生要因について考察し報告する。

2. 水槽実験の概要

実験の縮尺比は1/50としてフルード則に基づき模型ならびに実験条件を定め、当社相模原技術センター大型造波水路（L68×B2.5×D2.0m、吸収式造波装置）で実施した。波高は容量式波高計で、動揺量は傾斜計で回転量を測定した。図-1、表-1にケーソンの概要、ならびに物理諸元、表-2に波浪条件を示す。

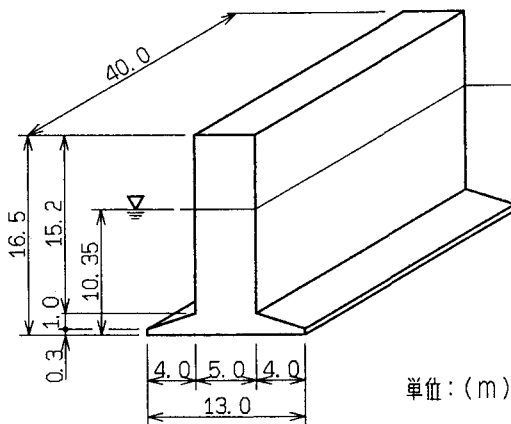


図-1 ケーソンの概要

表-1 ケーソンの物理諸元

		原型	1/50模型
長さ	L	40(m)	80(cm)
幅(堤体部)	B	5(m)	10(cm)
(フーチング部)	B'	13(m)	26(cm)
重量	W	2,422(tf)	19.38(kgf)
喫水	d	10.35(m)	20.70(cm)
重心高さ	$\overline{KG}$	4.22(m)	8.44(cm)
重心傾心長	$\overline{GM}$	0.57(m)	1.14(cm)
横揺慣動半径	K_{xx}	5.94(m)	11.88(cm)

表-2 波浪条件

	周期	波高	波向
原型	3.5~35.4(sec)	3.6(m)	横波
模型	0.5~5.0(sec)	7.2(cm)	横波

3. 実験結果と考察

波浪動揺実験に先立ち、静水中の自由振動周期を測定した。(表-3)大きく張り出したフーチングの影響により付加質量が大きくなって、測定値は計算値と比べてかなり大きくなっている。

図-2に規則波による波周期と横揺応答の関係を示す。共振点は横揺固有周期である28秒付近と別に波周期13秒付近に大きく現れた。横揺応答の共振現

表-3 ケーソンの自由振動周期

	測定値(sec)		計算値(sec)	
	原型	模型	原型	模型
横揺周期	28	4.0	19	2.6
縦揺周期	11	1.5	9.1	1.3
上下揺周期	11	1.6	8.1	1.2

象をもたらした周期13秒の規則波での波高と横揺応答の時刻歴を図-3に示す。波周期が13秒であるにもかかわらず、横揺応答周期は13秒ではなく横揺固有周期（28秒）で応答している。そしてこの時の横揺の応答振幅は次第に増大して応答振幅も非常に大きくなった。

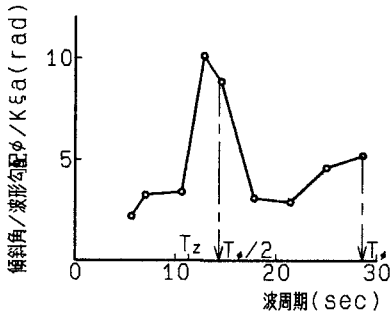


図-2 波周期と横揺応答の関係

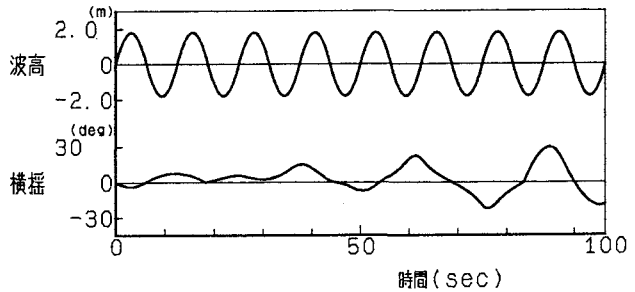


図-3 波高と横揺応答の時刻歴（波周期13秒）

この横揺固有周期外の波周期での大振幅横揺について考察する。11秒前後の上下揺固有周期近傍の波周期で堤体幅喫水比の小さな本ケースには大きく上下揺応答する。実験状況の観察では14秒以上ではケーソンは水面変動に追従するが、14秒以下では波に追従せず水面変動と位相差を生じ、特に上下揺固有周期（11秒）近傍では上下揺により浮心が大きく変化する。本ケースでは浮心の大きな変化を引き起こす波周期が横揺固有周期のほぼ半分の周期であり、このために連成を無視しうるとされていた縦運動（上下揺）と横運動（横揺）とが浮心の大きな変化に起因する重心傾心長（ $\overline{GM}$ ）の変動を介して連成する。この連成は横揺運動方程式（式-1）の復原力係数が横揺固有周期の $1/2$ で変動するパラメトリック励振となって横揺応答は固有周期で振幅が徐々に増大し大振幅動揺が発生したものと推定される。（図-4）

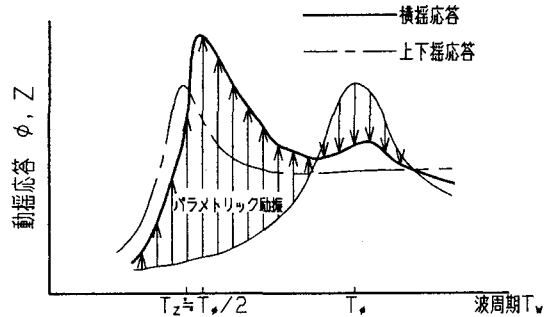


図-4 パラメトリック励振横揺応答模式図

$$(I_{44} + m_{44}) \ddot{\phi} + N_{44} \dot{\phi} + W \{ \overline{GM} - \Delta \overline{GM}(z) \} \phi = M_4 \quad \dots\dots\dots (式-1)$$

ここで、 ϕ ：横揺応答 I_{44} ：横揺慣性力係数 m_{44} ：横揺付加慣性力係数

N_{44} ：横揺減衰力係数 W ：排水量 $\overline{GM}$ ：重心傾心長

$\Delta \overline{GM}(z)$ ：上下揺応答（ z ）による $\overline{GM}$ の変動 M_4 ：波浪による横揺強制モーメント

4. おわりに

パラメトリック励振による動的不安定現象と推定される本現象は、深喫水浮体の大振幅横揺の発生の可能性を示すものであり、堤体幅喫水比の小さな浮体の動的安定性の検討に本安定性に対する照査の必要性を示唆するものである。なお、対策としてはケーソンの曳航作業限界波高を低く設定するか、可能ならばバラストを投入して重心を下げることにより $\overline{GM}$ を大きくして浮心の変動影響を相対的に小さく抑え、かつ横揺固有周期を短くしてパラメトリック励振周期を上下揺固有周期と離すことで本現象の発生を回避しよう。