

- 11) 横尾幸一, 伊藤達郎, 田崎 亮, 高橋 肇, 田中 拓, 三鷹第2 船舶試験水槽の建設について, 日本造船学会論文集 124 号, 昭和 43 年 12 月
- 12) 田崎 亮, 三鷹第2 船舶試験水槽の建設および設備について, 船舶 Vol. 42, No. 1, 1969
- 13) 野本謙作, 大阪大学試験水槽の設計について, 造船協会論文集第 95 号, P 47~55, 昭和 29 年 8 月
- 14) 荒井 能, 船型試験水槽用曳引車速度安定装置, 自動制御 Vol. 7-4, P 2~11, 1969
- 15) 乾 崇夫他, 東京大学船型水槽曳行台車等の改新について, 造船学会論文集第 123 号, P 13~21, 昭和 43 年 6 月
- 16) 船舶技術研究所, 400 米試験水槽造波装置設計製作仕様書, 昭和 39 年 6 月
- 17) Hamill, P. A.: "Experimental Development of a Perforated Wave Absorber of Simple Construction and Minimum Length" Mech. Eng. Report MB-252, National Research Council of Canada, May, 1963.
- 18) Healy, J. J.: "Wave Damping Effect of Beaches", Proc. of the Minnesota Inter. Hydraulics Conv., Sept., 1953.
- 19) Greslou, L. and Mahe, Y.: "Etude du coefficient de Reflexion d'une Houle sur un Obstacle Constitue par un Plan Incline", Proc. of the 5th Conf. on Coastal Eng., 1956.
- 20) 船舶技術研究所, 三鷹第2 船舶試験水槽用解析設備仕様書, 昭和 40 年 10 月
- 21) 「400米試験水槽建設の記録」(記録映画)田中 拓, 上田隆康, 金田憲明
- 22) 田中 拓他, 規則波中船型試験のデータ処理に関する予備的研究, 船研報告第 6 卷, 第 1 号, 昭和 44 年 1 月
- 23) 杉森英夫他, 船舶試験水槽における模型船の計測解析装置, 東芝レビュー, 第 22 卷, 第 2 号, 昭和 42 年

付 録

A-1 水槽の補強工事等

A-1-1 水槽の防水工事

水槽の底盤は、長さ 20m、幅 7m、厚さ 20cm の鉄筋コンクリート製のブロックに分かれている。この各ブロックの目地には、塩化ビニール製の止水板がコンクリートの打設の際に同時に埋込まれて、これで水密が保たれている。しかし、水槽完成後しばらくして水槽水の水位の低下がはげしくなったので、潜水夫による調査の結果底部の目地に漏水があることが判明した。この防水工事を水深 8m の水中で行なうことは容易でなく、水槽の水を空にしてから実施することが望ましかった。しかし、水槽周囲に土を埋戻した後は水槽底盤が外部からの土圧と水圧と内部からの水圧との釣合いによって保たれているため、水槽を空にすることは危険であるので、潜水夫の手によって防水工事を実施する必要があった。

この防水工事は、底部の目地に粘土セメント（陶土とセメントを混ぜて水で練ったもの）をつめることからはじめられた。その後、この目地の上に幅 0.6m、厚さ 1mm の塩化ビニールシートを敷き、その両縁を上述と同様の粘土セメントを用いて、コンクリートの底盤に接着させた。ここでいう接着は、普通の接着剤をシートおよびコンクリート面に薄く塗って接着するような接着とは様子が全く異なって、粘土セメントの大きな塊をシートの両縁に並べて、シートをコンクリート面に圧着するという接着の方法が採られた。この結果、良好な防水効果が得られた。なお、この工事の実施前に、シートをコンクリート面に水中で接着する諸方法について予備実験が行なわれたが、コンクリートの面が水槽底では相当によごれていること、水中での作業が容易でないこと等を考えて、上述の粘土セメントによる方法が最良であるとの結論が得られた。

A-1-2 土の締め固め工事

水槽側壁の脚部は 4 列のコンクリート杭で与えられているが、側壁はその内側からの水圧と外側の土圧との釣合いにより保たれるものとして設計された。しかし、工事の実施にあたって、側壁の外側に埋戻された土の締め固めはかならずしも理想的には行なわれず、土圧が予定の大きさにならず、水圧の方が勝って、水槽壁が外側に開く傾向があらわれ、安定状態になか

なか達しなかった。したがって、レールの敷設工事を当初の予定通りに実施することができず、埋戻した土をさらに締め固める工事を実施した（昭和 40 年度）。

この締め固め工事は、直径 20cm、長さ 1.5m のコンクリート杭と砂杭（合計長さ 2.5m）を側壁の外側の埋戻し部に 1m² 当り 4 本の割合で、合計 4760 本を打込み、埋戻した土の密度を増すようにした。この際側壁の外壁には 5m ごとにパットレス（控壁）があり、その上から水槽の屋根が覆っているので、普通の杭打機を使用できないので、振動式のものが使用された。

A-1-3 支柱工事

締めかため工事により土圧の増加を計ったが、念のためにさらに、水槽側壁を補強するための支柱を設置した（昭和 41 年度）。この支柱は外径 30cm、長さ 4.5~5.6m の遠心コンクリート杭に、揚程 5cm、押上力 25 ton のジャッキを組合わせたもので、総数 90 本である。この支柱で水槽側壁のパットレスの上部を斜めに支えるような形とし、10m ごとに 1 対ずつ設置した。これの基礎として、それぞれ 2×2m の底面積をもつ、厚さ 75cm の鉄筋コンクリート製の基礎を斜めに地中に打設し、これに支柱の下端を固着した。地盤の沈下等による不釣合は、ジャッキにより調節が可能である。

A-2 チェア間隔とボギー車中点の上下移動量の関係

曳引車の走行中、ボギー車の中点は前後車輪の直下のレールの撓みにより上下方向に移動するが、チェア間隔とボギー車々輪間隔の間に最適の関係を与えれば、この上下移動量を最少にすることができるはずである。以下、最近不静定構造物の計算に盛んに使われている Hardy Cross 法*を用いて、上記最適関係を求めた。

A-2-1 1 個の集中荷量に加わった場合の曲げモーメントの分布

図 A-2-1 のような連続梁においてスパンの数を無限個とする。こう束度 C 、剛度 K 、伝達係数 α とする。

* “Hardy Cross 法解説（連続梁支点モーメントの簡易計算法およびラーメンへの応用）”
船舶技研・船体構造部資料

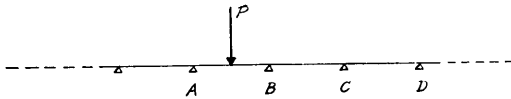


図 A-2-1 連続梁

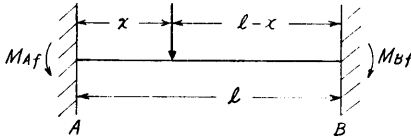


図 A-2-2 両端固定梁

$$\left. \begin{aligned} K_{BC} &= 3 + C_C \\ C_C &= \frac{K_{CD}}{4 + K_{CD}} \end{aligned} \right\} \dots\dots (1)$$

今スパンの数は無限個と考えているので、レール端部の構造は各支点到影響をおよぼさず、各支点における K, C は同じと考えてよい。すなわち

$$\left. \begin{aligned} K_{BC} &= K_{CD} = \dots\dots = K \\ C_A &= C_B = C_C = \dots\dots = C \end{aligned} \right\} \dots\dots (2)$$

図 A-2-2 のような両端固定梁を考えると、固定端モーメントは

$$\left. \begin{aligned} M_{Af} &= \frac{Px(l-x)^2}{l^2} \\ M_{Bf} &= \frac{Px^2(l-x)}{l^2} \end{aligned} \right\} \dots\dots (3)$$

支点 A, B の支持条件を固定より単純支持とした場合に生ずる不平衡モーメントを、下に示す手順を繰り返して十分小さくなるまで計算を行なう。

Ⓐ, Ⓑの各欄の和が支点モーメントである。

すなわちモーメント M_A, M_B は

$$M_A = \frac{1}{2} M_{Af} + \frac{\lambda}{4} M_{Bf} \dots\dots (4)$$

$$M_B = \frac{1}{2} M_{Bf} + \frac{\lambda}{4} M_{Af} \dots\dots (5)$$

(3) を代入して

$$M_A = \frac{P}{4l^2} \cdot x(l-x)\{2l + (\lambda-2)x\} \dots\dots (6)$$

$$M_B = \frac{l}{4l^2} x(l-x)\{(2-\lambda)x + \lambda l\} \dots\dots (7)$$

支点モーメントがわかれば、 A, B 間のモーメントの分布は図 A-2-3 のように単純支持の場合のモーメントを加えればよい。

また A, B の隣の支点モーメントは伝達係数 α を用いて求める。

(1) より

$$\left. \begin{aligned} K &= 2\sqrt{3} = 3.4641 \\ C &= 2\sqrt{3} - 3 = 0.4641 \\ \alpha &= \frac{2C}{3+C} = 0.2680 \\ \lambda &= 2(2\sqrt{3}) = 0.536 \end{aligned} \right\} \dots\dots (8)$$

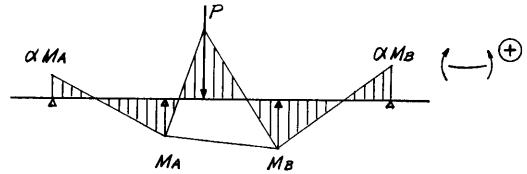


図 A-2-3 モーメントの分布

A-2-2 ボギー中点における撓み

Chair 間隔を l , ボギー車々輪間隔を L , 支点 A よりボギー中点までの距離を x とし、座標およびモーメントの符号を図 A-2-4 のようにする。図 A-2-5 に

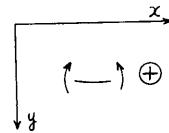


図 A-2-4 座標およびモーメントの符号

Ⓐ		Ⓑ	
分配率 $(1-\lambda)$	λ	λ	$(1-\lambda)$
固定端モーメント	$-M_{Af}$	M_{Bf}	
	$M_{Af}\lambda$	$-M_{Bf}\lambda$	
	$-\frac{1}{2}M_{Bf}\lambda$	$\frac{1}{2}M_{Af}\lambda$	
	$\frac{1}{2}M_{Bf}\lambda^2$	$-\frac{1}{2}M_{Af}\lambda^2$	
	$-\left(\frac{1}{2}\right)M_{Af}\lambda^2$	$\left(\frac{1}{2}\right)M_{Bf}\lambda^2$	
	$\left(\frac{1}{2}\right)M_{Af}\lambda^3$	$-\left(\frac{1}{2}\right)^2 M_{Bf}\lambda^3$	
	\vdots	\vdots	
			$\lambda = \frac{4}{4+K}$

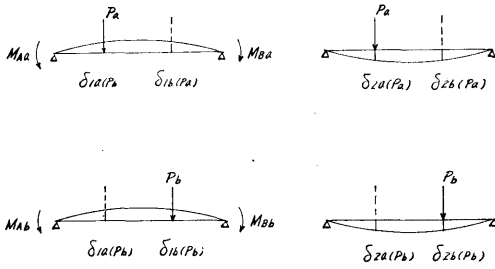


図 A-2-5 撓みおよびモーメントの定義

示すごとく、 P_a による支点モーメントによって生ずる荷重直下の撓みを $\delta_{1a}(P_a)$, $\delta_{1b}(P_a)$

P_b による支点モーメントによって生ずる荷重直下の撓みを $\delta_{2a}(P_b)$, $\delta_{2b}(P_b)$

P_a によって生ずる単純支持梁の荷重直下の撓みを $\delta_{1a}(P_a)$, $\delta_{1b}(P_a)$

P_b によって生ずる単純支持梁の荷重直下の撓みを $\delta_{2a}(P_b)$, $\delta_{2b}(P_b)$

とし、ボギー中点の撓みを δ とすると

$$\begin{aligned} 2\delta &= \delta_a + \delta_b \\ &= \{\delta_{1a}(P_a) + \delta_{2a}(P_a) + \delta_{1a}(P_a) + \delta_{2a}(P_b)\} \end{aligned}$$

$$m = \frac{L}{l}, \quad \xi = \frac{x}{l}$$

$$\xi_a = \frac{1}{l} \left(x - \frac{L}{2} \right) = \xi - \frac{m}{2}$$

$$\xi_b = \frac{1}{l} \left(x + \frac{L}{2} \right) = \xi + \frac{m}{2}$$

として、以下に数例についての式を求めてみる。

A-2-2-1 荷重が1スパン内にある場合

(図 A-2-6)

$$\begin{aligned} \delta_{1a}(P_a) &= \frac{Pl^3}{24EI} \xi_a^2(1-\xi_a)\{(4-2\lambda)\xi_a^3 + 4(\lambda-2)\xi_a^2 \\ &\quad + (8-\lambda)\xi_a - (4+\lambda)\} \end{aligned} \quad \dots\dots (10)$$

$$\begin{aligned} \delta_{2a}(P_a) &= \frac{Pl^3}{3EI} \xi_a^2(1-\xi_a)^2 \end{aligned} \quad \dots\dots (11)$$

$$\begin{aligned} \delta_{1a}(P_b) &= \frac{Pl^3}{24EI} \xi_a \xi_b(1-\xi_b)\{(4-2\lambda)\xi_a^2 \xi_b + (\lambda-2)\xi_a^2 \\ &\quad + 3(\lambda-2)\xi_a \xi_b + 6\xi_a - (\lambda-2)\xi_b - (4+\lambda)\} \end{aligned} \quad \dots\dots (12)$$

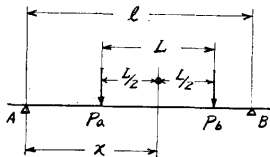


図 A-2-6 荷重が1スパン内にある場合

$$\begin{aligned} \delta_{2a}(P_b) &= \frac{Pl^3}{6EI} \xi_a(1-\xi_b)\{1-\xi_a^2 - (1-\xi_b)^2\} \end{aligned} \quad \dots\dots (13)$$

$$\begin{aligned} \delta_{1b}(P_b) &= \frac{Pl^3}{24EI} \xi_b^2(1-\xi_b)\{(4-2\lambda)\xi_b^3 + 4(\lambda-2)\xi_b^2 \\ &\quad + (8-\lambda)\xi_b - (4+\lambda)\} \end{aligned} \quad \dots\dots (14)$$

$$\begin{aligned} \delta_{2b}(P_b) &= \frac{Pl^3}{3EI} \xi_b^2(1-\xi_b)^2 \end{aligned} \quad \dots\dots (15)$$

$$\begin{aligned} \delta_{1b}(P_a) &= \frac{Pl^3}{24EI} \xi_a \xi_b(1-\xi_a)\{(4-2\lambda)\xi_a \xi_b^2 + (\lambda-2)\xi_b^2 \\ &\quad + 3(\lambda-2)\xi_a \xi_b + 6\xi_b - (\lambda-2)\xi_a - (4+\lambda)\} \end{aligned} \quad \dots\dots (16)$$

$$\begin{aligned} \delta_{2b}(P_a) &= \frac{Pl^3}{6EI} \xi_b(1-\xi_a)\{1-\xi_b^2 - (1-\xi_a)^2\} + \frac{Pl^3}{6EI} m^3 \end{aligned} \quad \dots\dots (17)$$

A-2-2-2 荷重が2支点の両側にある場合

(図 A-2-7)

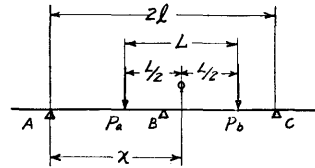


図 A-2-7 荷重が支点の両側にある場合

$$\begin{aligned} \delta_{1a}(P_a) &= \frac{Pl^3}{24EI} \xi_a^2(1-\xi_a)\{(4-2\lambda)\xi_a^3 + 4(\lambda-2)\xi_a^2 \\ &\quad + (8-\lambda)\xi_a - (4+\lambda)\} \end{aligned} \quad \dots\dots (18)$$

$$\begin{aligned} \delta_{2a}(P_a) &= \frac{Pl^3}{3EI} \xi_a^2(1-\xi_a)^2 \end{aligned} \quad \dots\dots (19)$$

$$\begin{aligned} \delta_{1a}(P_b) &= \frac{Pl^3}{24EI} (\xi_b-1)(2-\xi_b)\{2+(\lambda-2)(\xi_b-1)\} \xi_a \\ &\quad \times \{(1+\alpha)\xi_a^2 - 3\alpha\xi_a - (1-2\alpha)\} \end{aligned} \quad \dots\dots (20)$$

$$\begin{aligned} \delta_{1b}(P_b) &= \frac{Pl^3}{24EI} (\xi_b-1)^2(2-\xi_b)\{(4-2\lambda)(\xi_b-1)^3 \\ &\quad + 4(\lambda-2)(\xi_b-1)^2 + (8-\lambda)(\xi_b-1) - (4+\lambda)\} \end{aligned} \quad \dots\dots (21)$$

$$\begin{aligned} \delta_{2b}(P_b) &= \frac{Pl^3}{3EI} (\xi_b-1)^2(2-\xi_b)^2 \end{aligned} \quad \dots\dots (22)$$

$$\begin{aligned} & \delta_{1b}(P_a) \\ &= \frac{Pl^3}{24EI} \xi_a(1-\xi_a)\{(2-\lambda)\xi_a+\lambda\}(\xi_b-1) \\ & \quad \times \{-(\alpha+1)(\xi_b-1)^2+3(\xi_b-1)-(2-\alpha)\} \end{aligned} \quad \dots\dots(23)$$

A-2-2-3 荷重が2支点の外側にある場合
(図 A-2-8)

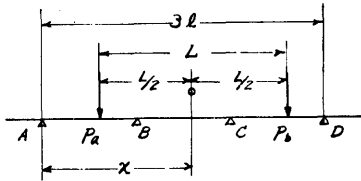


図 A-2-8 荷重が2支点の外側にある場合

$$\begin{aligned} & \delta_{1a}(P_a) \\ &= \frac{Pl^3}{24EI} \xi_a^2(1-\xi_a)\{(4-2\lambda)\xi_a^2+4(\lambda-2)\xi_a^2 \\ & \quad + (8-\lambda)\xi_a-(4+\lambda)\} \end{aligned} \quad \dots\dots(24)$$

$$\begin{aligned} & \delta_{2a}(P_a) \\ &= \frac{Pl^3}{3EI} \xi_a^2(1-\xi_a)^2 \end{aligned} \quad \dots\dots(25)$$

$$\begin{aligned} & \delta_{1a}(P_b) \\ &= \frac{Pl^3}{24EI} (\xi_b-2)(3-\xi_b)\{2+(\lambda-2)(\xi_b-2)\}\xi_a\alpha \\ & \quad \times \{-(1+\alpha)\xi_a^2+3\alpha\xi_a-(2\alpha-1)\} \end{aligned} \quad \dots\dots(26)$$

$$\begin{aligned} & \delta_{1b}(P_b) \\ &= \frac{Pl^3}{24EI} (\xi_b-2)^2(3-\xi_b)\{(4-2\lambda)(\xi_b-2)^2 \\ & \quad + 4(\lambda-2)(\xi_b-2)^2+(8-\lambda)(\xi_b-2)-(4+\lambda)\} \end{aligned} \quad \dots\dots(27)$$

$$\begin{aligned} & \delta_{2b}(P_b) \\ &= \frac{Pl^3}{3EI} (\xi_b-2)^2(3-\xi_b)^2 \end{aligned} \quad \dots\dots(28)$$

$$\begin{aligned} & \delta_{1b}(P_a) \\ &= \frac{Pl^3}{24EI} \xi_a(1-\xi_a)\{(2-\lambda)\xi_a+\lambda\}(\xi_b-2)\alpha \\ & \quad \times \{(\alpha+1)(\xi_b-2)^2-3(\xi_b-2)-(\alpha-2)\} \end{aligned} \quad \dots\dots(29)$$

数値計算の結果を図 A-2-9 に示す。

図 A-2-10 よりわかるように $\xi=1, 2, \dots, \xi=0.5, 1.5, \dots$ のとき、現象は A-A' にたいして対称でなければならぬから、ボギー中点の上下方向の移動量も A-A' に対して対称でなければならぬ。

すなわち δ は $\xi=n \times 1/2$ ($n=0, 1, 2, \dots$) で極値をとる。上記の事より、ボギー中点の上下移動量を $\delta_{\xi=1/2}-\delta_{\xi=1}$ で表わす。これは図 A-2-9 よりわかるように $m=L/l$ の変化によって符号が変わる。いい

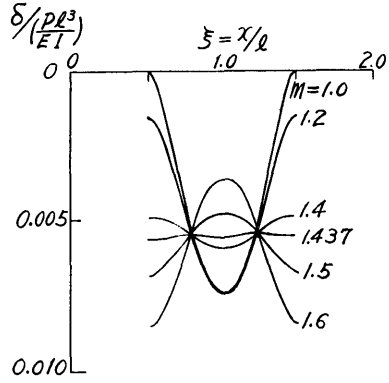


図 A-2-9 数値計算結果

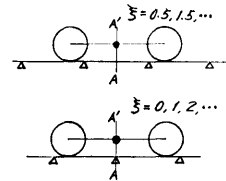


図 A-2-10 車輪とボギー中点の位置関係

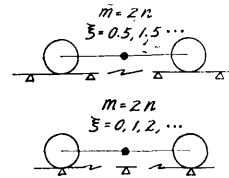


図 A-2-11 車輪とボギー中点の位置関係
($m=2n$ の場合)

かえれば、この値は零をよぎるべきである。 $m=L/l$ が非常に大きな場合には、車輪 a, b の相互干渉がなくなり、 δ_a, δ_b は chair の真上で $\max=0$ となり、中点で \min となる。

これから $L=2nl$ の時図 A-2-11 に示すように

$\xi=1$ で δ_1 は $\max(=0)$

$\xi=1/2$ で $\delta_{1/2}$ は \min

$L=(2n+1)l$ の時、図 A-2-12 示すように

$\xi=1$ で δ_1 は \min

$\xi=1/2$ で $\delta_{1/2}$ は $\max(=0)$

すなわち $m=2n$ で $(\delta_{1/2}-\delta_1)$ は負

$m=2n+1$ で $(\delta_{1/2}-\delta_1)$ は正

しかも両方の絶対値は相等しく $P_a=P_b$ が単独にかかったときの中点の変位に等しい。

これは次に示すように $0.01093 Pl^3/EI$ である。
 $L=(n+1/2)l$ のときは図 A-2-13 からわかるように $\xi=0, 1, 2, \dots, \xi=1/2, 1.5, \dots$ における上下移動量

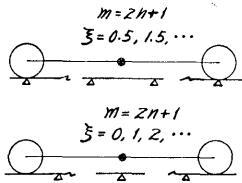


図 A-2-12 車輪とボギー中点の位置関係 ($m=2n+1$ の場合)

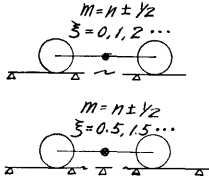


図 A-2-13 車輪とボギー中点の位置関係 ($m=n \pm 1/2$ の場合)

は相等しい。

したがって $\delta_{1/2} - \delta_1 = 0$ である。

$m=L/l=0$ の場合には

$$\delta_{1a}(P_a) = \delta_{1b}(P_b) = \delta_{1b}(P_a) = \delta_{1b}(P_b)$$

$$\delta_{2a}(P_a) = \delta_{2b}(P_b) = \delta_{2b}(P_a) = \delta_{2b}(P_b)$$

であるから

$$\delta_{1/2} - \delta_1 = \delta_{1/2} - \delta_1 = -2\{\delta_{1a}(P_a) + \delta_{2a}(P_b)\}$$

となり、これは

$$-0.02185 Pl^3/EI \text{ となる。}$$

A-2-3 $\delta_{1/2} - \delta_1$ を零にする値

以上の事を考慮して $\delta_{1/2} - \delta_1$ と $m=L/l$ の関係を図示すると、図 A-2-14 のようになる。図において点線の部分は数値計算をおこなって求めたものではない。 $1.4 \leq m \leq 1.5$ の範囲について詳細な計算によると $\delta_{1/2} - \delta_1$ を零にする m の値は 1.4365 である。

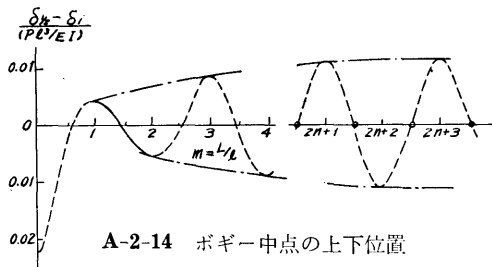


図 A-2-14 ボギー中点の上下位置

A-2-4 $m=1.4365$ の時の移動量

$m=1.4365$ の時のボギー中点の上下移動量の無次元値を中点の座標を横軸に図 A-2-15 に示す。

JNR 50 T レールにつき、 $E=2.1 \times 10^4 \text{ kg/mm}^2$, $I=2.3 \times 10^7 \text{ mm}^4$, 荷重 $P=6,250 \text{ kg}$ として計算した

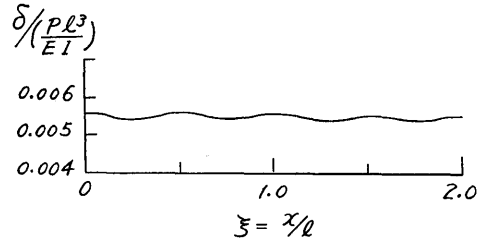


図 A-2-15 $m=1.4365$ の場合のボギー中点の変位量

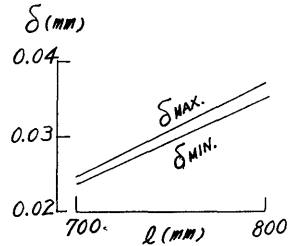


図 A-2-16 数値計算結果

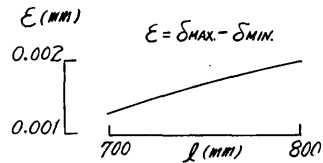


図 A-2-17 数値計算結果

移動量の max, min の値を図 A-2-16 その差、すなわち実際の上下移動量 $\delta_{\max} - \delta_{\min}$ を図 A-2-17 に示す。

この場合は $\delta_{1/2} - \delta_1$ は零である。このような図からわかるように $m=L/l=1.4365$ とするとボギー中点の上下移動量は単車のその 1/100 程度にすることができる。

A-3 電気関係

A-3-1 トロリー線による電圧降下

トロリー線で交流電力を送電するとき、トロリー線が長いとそのインピーダンスによる電圧降下が大きくなるが、トロリー線電圧を昇圧することによってこの影響を軽減し得る。 \dot{Z}_f を送電線のインピーダンス、 \dot{Z}_L をトロリー線のインピーダンス、 \dot{Z}_L を曳引車上の負荷インピーダンスとすると、曳引車が北端にあるときの電源負荷インピーダンス \dot{Z}_0 および曳引車が南端にあるときの電源負荷インピーダンス \dot{Z}_{400} は次式であらわされる。

$$\dot{Z}_0 = \dot{Z}_f + \dot{Z}_L$$

$$\dot{Z}_{400} = \dot{Z}_f + \dot{Z}_L + \dot{Z}_L$$

\dot{E}_s を供給電源電圧, \dot{E}_0 と \dot{I}_0 をそれぞれ曳引車が北端にあるときの曳引車上の負荷にかかる電圧および曳引車の負荷の電流とし, \dot{E}_{400} と \dot{I}_{400} をそれぞれ曳引車が南端にあるときの負荷電圧と負荷電流とすれば,

$$\dot{I}_0 = \frac{\dot{E}_s}{Z_0}, \quad \dot{E}_0 = \dot{I}_0 \cdot \dot{Z}_L$$

$$\dot{I}_{400} = \frac{\dot{E}_s}{Z_{400}}, \quad \dot{E}_{400} = \dot{I}_{400} \cdot \dot{Z}_L$$

となる。 \dot{P} を曳引車上の負荷の皮相電力, $\cos \phi$ を曳引車上の負荷の力率, \dot{I}_L を曳引車上の負荷を直接電源に接続したときに流れる電流とし, 曳引車上の負荷を 3 相平衡負荷とすれば

$$\dot{I}_L = \frac{\dot{P}}{\sqrt{3} \dot{E}_s}, \quad \dot{Z}_L = \frac{\dot{E}_s}{\dot{I}_L}, \quad \dot{Z}_L = \cos \phi R_L \pm j \sin \phi X_L$$

となる。曳引車上の負荷 \dot{P} を 100 KVA, 力率 $\cos \phi$ を 0.8 の遅れ位相, 送電線のインピーダンス \dot{Z}_f を $(0.011 + 0.005j) \Omega$, トロリー線のインピーダンス Z_t を $(0.0812 + 0.150j) \Omega$ とする。ただし送電線は断面積 100 mm², 長さ 60 m の 3 芯線, トロリー線は断面積 85 mm², 長さ 400 m の剛体トロリー 3 本とする。

(1) $E_s = 220$ V のとき,

$E_0 \approx 217$ V, $E_{400} \approx 183$ V が得られ電圧降下量は 34 V (15.7%) となる。

(2) $E_s = 600$ V のとき,

$E_0 \approx 599$ V, $E_{400} \approx 584$ V が得られ電圧降下量は 15 V (2.5%) となる。

A-3-2 曳引車の高速走行時の時定数

風圧抵抗 R_w は速度 V_c の 2 乗に比例して増加すると仮定し,

$$R_w = K V_c^2 \quad \therefore \Delta R_w = 2 K V_c \Delta V_c$$

となる。高速時には, 図 6-3 の破線で示されているブロックが回路に挿入される。この時の曳引車の駆動系の伝達関数 $G_c'(s)$ は

$$G_c'(s) = \frac{\left(\frac{2\pi r a}{n K_m} \right) \cdot \beta}{1 + \beta T_c s}$$

となる。ここで, T_c は (6-6) 式の低速時の時定数であり, β は次式であらわされ, 時定数の減少率を示すものである。

$$\beta = 1 / \left\{ 1 + \left(\frac{2\pi r a}{n K_m} \right)^2 \cdot R_a \cdot 2 K V_c \cdot g \right\}$$

上式に $K = 2.71$ kg sec²/m², $V_c = 15$ m/sec および図 6-3 の数値を代入して, $\beta = 0.966$ が得られる。したがって曳引車の高速走行時 (15 m/sec) の時定数は低

(212)

速走行時よりも約 3.4% 小さい。

A-3-3 曳引車が最高速で走るときの走行時間と走行距離

曳引車が最高速で走るときの加減速時間はモータの時間定格を知るために必要であり, 加減速距離は水槽の全長と最高速の関係を検討するのに必要な資料である。

今 F_c をモータの全トルクを全車輪の水平力に換算した値 (kg) とし, W_c' を曳引車の重量 (駆動部慣性モーメントを曳引車重量に換算した値を含む) (kg) とし, α , g , R_w , R_r および, V_c を (6-1) 式または図 6-3 で規定したように定めると, 曳引車車輪がレールを滑らない加速度の範囲では

$$\alpha = \frac{dV_c}{dt} = \frac{(F - R_w - R_r)g}{W_c'}$$

である。

$$\frac{W_c'}{g} = m_c \quad \text{とおくと} \quad dt = \frac{m_c dV_c}{F_c - R_r - R_w}$$

となる。曳引車が速度 0 から $V_{c \max}$ まで加速し, さらに 0 まで減速するに要する時間 t は,

$$t = \int_{t(V_c=0)}^{t(V_c \max)} dt + \int_{t(V_c \max)}^{t(V_c=0)} dt$$

$$= m_c \int_0^{V_c \max} \frac{dV_c}{F_c - R_r - R_w} + m_c \int_{V_c \max}^0 \frac{dV_c}{F_c' - R_r - R_w}$$

であらわされる。ここに F_c' は減速のときのモータの全吸収トルクを車輪の水平力に換算した値である。 F_c と F_c' の符号は異なるが, その絶対値が等しく, 一定であるとすれば

$$t = m_c \left(\int_0^{V_c \max} \frac{dV_c}{F_c - R_r - R_w} + \int_{V_c \max}^0 \frac{dV_c}{-F_c - R_r - R_w} \right)$$

$$= m_c \int_0^{V_c \max} \left(\frac{1}{F_c - R_r - R_w} + \frac{1}{F_c + R_r + R_w} \right) dV_c$$

$$= \frac{2m_c}{F_c} \int_0^{V_c \max} \frac{dV_c}{1 - \{(R_r + R_w)/F_c\}^2}$$

となる。また, 加減速走行する距離 s は,

$$s = \int_{t(V_c=0)}^{t(V_c \max)} V_c dt + \int_{t(V_c \max)}^{t(V_c=0)} V_c dt$$

$$= \frac{2m_c}{F_c} \int_0^{V_c \max} \frac{V_c dV_c}{1 - \{(R_r + R_w)/F_c\}^2}$$

であらわされる。 R_r は速度に無関係とし, $R_w = K V_c^2$ とおくと,

$$t = \frac{2m_c}{F_c} \left\{ \int_0^{V_c \max} dV_c + \frac{1}{F_c^2} \int_0^{V_c \max} (R_r + K V_c^2)^2 dV_c \right.$$

$$\left. + \frac{1}{F_c^4} \int_0^{V_c \max} (R_r + K V_c^2)^4 dV_c \dots \right\}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{2m_c}{F_c} \left[V_c + \frac{V_c}{F_c^2} \left(R_r^2 + \frac{2}{3} R_r K V_c^2 + \frac{1}{5} K^2 V_c^4 \right) \right. \\
&\quad \left. + \dots \int_0^{V_c \max} \right] \\
s &= \frac{2m_c}{F_c} \left\{ \int_0^{V_c \max} V_c dV_c + \frac{1}{F_c^2} \int_0^{V_c \max} V_c (R_r + K V_c^2)^2 \right. \\
&\quad \left. \times dV_c + \dots \right\} \\
&= \frac{m_c}{F_c} \left[V_c^2 + \frac{V_c^2}{F_c^2} \left(R_r^2 + R_r K V_c^2 + \frac{K^2 V_c^4}{3} \right) \right. \\
&\quad \left. + \dots \int_0^{V_c \max} \right]
\end{aligned}$$

が得られる。これらの式に、

$$F_c = 5,500 \text{ kg}, \quad W_c' = 55,000 \text{ kg}, \quad R_r = 220 \text{ kg},$$

$$K = 2.71 \text{ kg sec}^2/\text{m}^2, \quad V_c \max = 15 \text{ m/sec},$$

$$m_c = \frac{55,000}{9.8} = 5,610 \text{ kg sec}^2/\text{m}$$

を代入すると、加減速時間と距離は

$$t = \frac{2 \times 5,610}{5,500} \left[15 + \frac{15}{(5,500)^2} \left(220^2 + \frac{2 \times 220 \times 610}{3} \right. \right. \\
\left. \left. + \frac{610^2}{5} \right) + \dots \right]$$

$$\approx 30.6 \times 1.007 \approx 30.9 \text{ sec}$$

$$s = \frac{5,610 \times (15)^2}{5,500} \left[1 + \frac{1}{(5,500)^2} (220^2 + 220 \times 610 \right.$$

$$\left. + \frac{1}{3} \times 610^2) + \dots \right]$$

$$\approx 230 \times 1.01 \approx 232 \text{ m}$$

となる。なお、厳密には加速または減速中の R_r, R_w の値は定速走行時と異なるが、 F_c が大きいので、その相異を無視しても影響は小さいと考えられる。

A-4 建設工事の記録

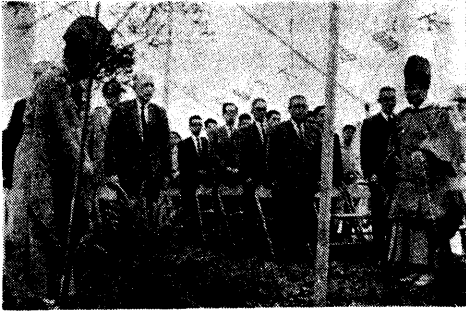
三鷹第2船舶試験水槽の建設工事に関連した資料は、下記のように保管されている。

図面類は、水槽および建屋の工事に関しては、原設計、変更図、完成図および施工図を建築、機械および電気設備別にまとめ、曳引車、造波機、解析設備、計測器等の各設備は完成図を、それぞれ1ないし3部を製本した。

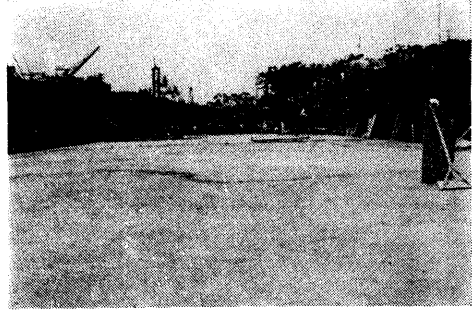
建設工程の写真も多数撮影したが、その一部を次頁の写真集に示す。

また、建設工事の記録映画「400米試験水槽建設の記録」が製作された。この映画は、16mmイーストマンコダックカラー (EKSO 216) 26巻から、若干のアニメーション、ナレーション、効果を加えて、3巻の映画(約27分)に編集したもので、一部に英文字のスーパーを使用した。

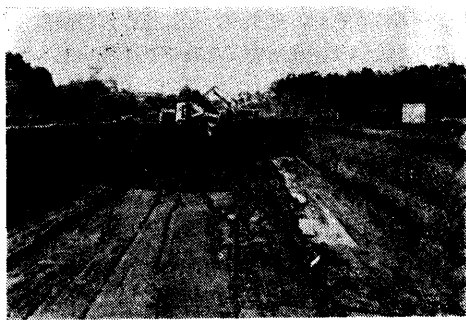
建設工事の記録



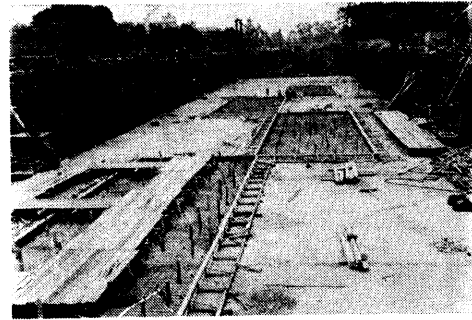
A-4-1 水槽および建屋起工式



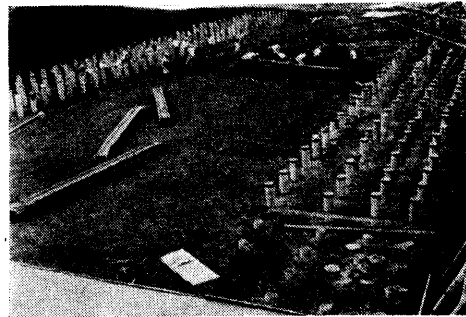
A-4-5 水槽底盤下のステコンクリート完成



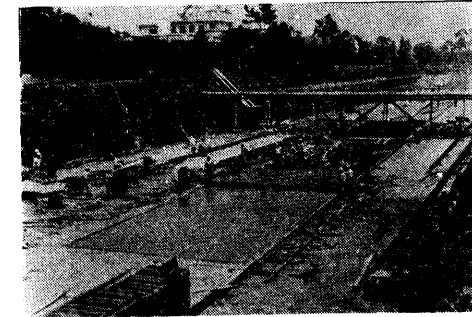
A-4-2 掘削工事



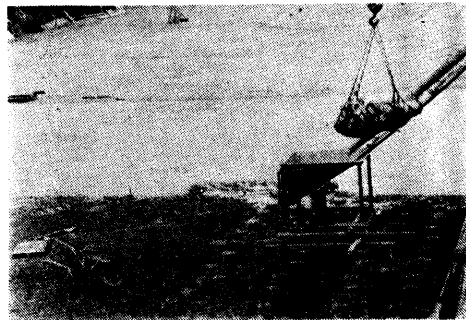
A-4-6 水槽底盤の配筋工事



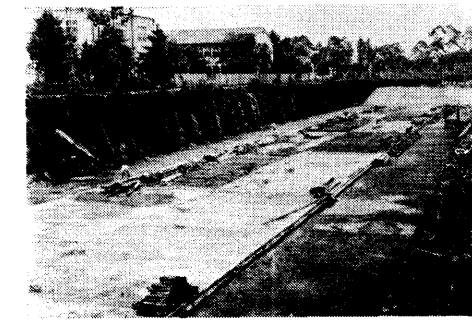
A-4-3 水槽底土の掘削工事および側壁杭



A-4-7 水槽底盤のコンクリート工事



A-4-4 ステコンクリートおよび側壁杭露出部の処理



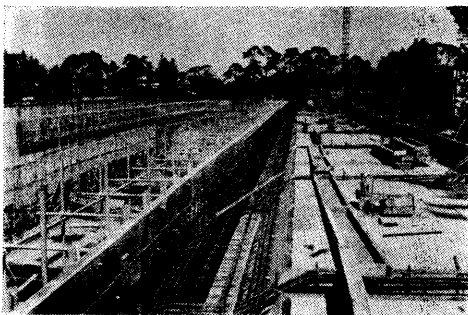
A-4-8 水槽底盤の完成 (遠方は北側斜面)



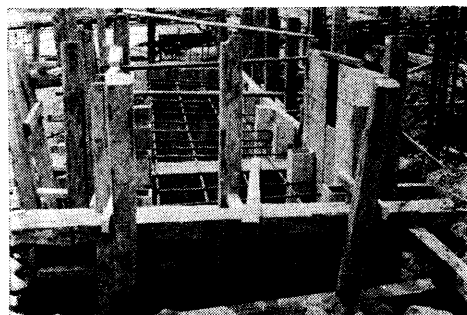
A-4-9 エキスパンジョイントの止水板



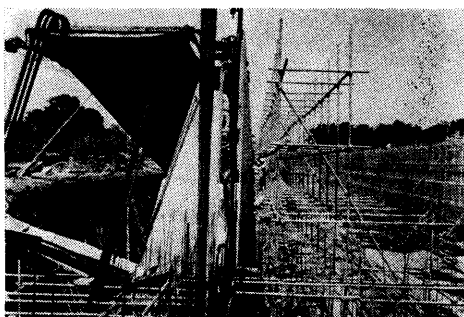
A-4-12 トリミングタンクの基礎工事



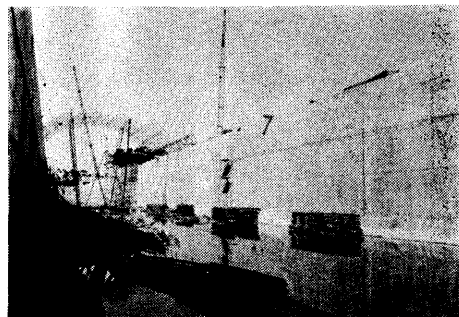
A-4-10 側壁工事（水槽通路および天端の配筋）



A-4-13 曳引車用 MG の基礎工事



A-4-11 側壁工事（側壁のブロック継目）



A-4-14 側壁の完成