

要断面積が算定される。

6. 結 言

一般構造用圧延鋼材鋼板 SS41 の突合せ溶接継手の引張圧縮疲労試験を行つて次の結果を得た。

(1) 図-2 に見るごとく $S-N$ 曲線は両対数座標上では直線となり、この傾斜は、応力変動の位置に拘らず一定となる。

(2) 従つて式(1)を用いて、実験値を指定繰返し数 $n=2 \times 10^6$ における時間強度に整理することができる。

(3) 両振領域では式(2)に示す Weyrauch 式が、片振領域では式(3)に示す直線式が実験結果によく一致する。

(4) 式(2), (3)に求めた時間強度より許容応力を求めるに当り、安全率 ν は道路橋、鉄道橋につきそれぞれ 1.845, 2 を用いた。

(5) 指定繰返し数 n の変化による許容時間強度の変化は係数 α_1 (図-5) を用い、また現場溶接の許容時間強度は工場溶接の値に係数 α_2 を乗じて求めるとし、 $\alpha_2=0.85$ を採用した。

(6) 許容応力 $\sigma_{D,Z}$ は計算の簡便をはかるため、安全側の値を与える直線式(3')を用いることにした。従つて許容応力は式(8)で与えられる。これを図-6に示した。

(7) 従つて突合せ継手の所要断面積は式(9)で与えられる。

本実験に当つてはすべて板厚 $t=16\text{mm}$ の試験片を

用いたが、板厚が異なる場合に対しても突合せ継手に対しては以上の結果は適用できるものとする。

また図-6に見るごとくアメリカ、ドイツの規定では、両振領域における許容応力 $\sigma_{D,Z}$ を直線と与えているが、その傾斜 $(\sigma_u - \sigma_w) / \sigma_w = (\sigma_u / \sigma_w) - 1$ は著者の提案直線より緩である。この傾斜は σ_u / σ_w の値に係数するが、表-3に示した諸外国の実験値より見ても、アメリカ及びドイツの規定の傾斜は緩にすぎるものと思う。

本研究は文部省科学研究費による総合研究「溶接及び鉄接構造物の繰返し荷重に対する安全度向上に関する研究」の成果の一部である。

参 考 文 献

- 1) W. M. Wilson and A. B. Wilder, Univ. Illinois Bull., No. 310, Jan. 20, 1939.
- 2) W. M. Wilson and co-workers, Univ. Illinois Bull., No. 327, Feb. 25, 1941.
- 3) W. M. Wilson and co-workers, Univ. Illinois Bull., No. 344, Oct. 12, 1943.
- 4) B. P. Haigh, Fatigue Strength of Butt Welds, The Iron and Steel Institute: Symposium on the Welding of Iron and Steel, Vol. II, pp. 795-802, 1935.
- 5) M. Roš and A. Eichinger, The Strength of Welded Connections, 4), pp. 843-866.
- 6) Preliminary Publication of Second Congress, Intl. Assn. Bridge & Structural Engineering, p. 341, 1936.

(昭.26.10.18)

UDC 532.51:627.131

巾の拡がる水路に関する実験

准 員 嶋 祐 之*

EXPERIMENT ON THE CHANNEL EXPANSION

(JSCE Feb. 1952)

Sukeyuki Shima, C. E. Assoc. Member

Synopsis In this experiment the author studied the gradual expansion of the channel, in which the following types of flow were measured by adjusting the bed slope, flux and downstream water level. The first flow is such as to continually change from subcritical to supercritical, the second is supercritical only, and the last is such as to abruptly change from supercritical to subcritical along the longitudinal distance of the channel. Then he compared these results with the theoretical ones.

要旨 水路巾の漸次拡がる水路に関し、勾配、流量或いは下流端の水位等を調節する事に依り各種の流れ即ち水路の途中で常流から射流に連続的に遷移する流れ、最初から射流のみの流れる流れ及び射流から常流に断続的に遷移する流れを作り、それ等の流れの特性

を調べ併せて理論との比較を行つたものである。

1. 緒 言

巾の変化する水路の流れでは水理的な条件例えば勾配、流量、下流端の水位、巾の拡がり方、粗度係数等の値により上述の如き種々なる流れを得るのであるが、一旦射流が現われれば水路壁より生ずる攪乱の影

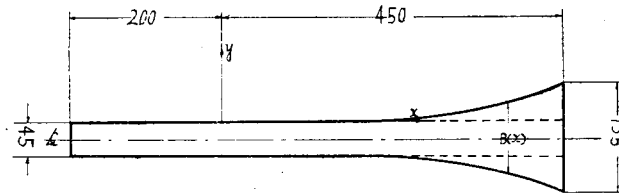
* 東京大学講師、工学部土木教室

響が現象を支配する様になるので従来の Bernoulli の方程式より出発した理論がどの程度迄妥当性を持つか或いは攪乱波を考慮した波動理論が果して現象を充分説明し得るかを確かめる目的で本実験を行った。

実験水路は 図-1 に示す如く長さ 2 m の直線水路に長さ 4.50 m, 巾 45 cm より 3 倍の 135 cm 迄 exponential 型に拡がる木製水路を接続させたものである。

本論文では最初常流射流遷移点附近の流れについて述べ射流から跳水を起して常流に移る流れは便宜上射流のみの場合の中に含める事とする。

図-1 実験水路平面図



$$B(x) = B_0 + 2C(e^{\alpha x} - 1) \quad y = C(e^{\alpha x} - 1)$$

$$B_0 = 0.45 \text{ m} \quad C = 5.1552 \times 10^{-3}$$

2. 常流射流遷移点附近の水理

1) 理論 開水路内で連続的に常流から射流に移り遷る地点の事を Control Section と呼んでいるが、かかる地点を有する流れではその遷移点及び其処に於ける水深及び水面勾配が決定しないと開水路に関する水面勾配を表わす周知の微分方程式

$$\frac{dh}{dx} = \frac{i + \frac{\alpha Q^2}{g b^3 h^2} \frac{db}{dx} - n^2 \left(\frac{b+2h}{bh} \right)^{\frac{4}{3}} \frac{Q^2}{b^2 h^2}}{1 - \frac{\alpha Q^2}{g b^2 h^3}} \quad \dots(1)$$

$$= \frac{F_1(h, x)}{F_2(h, x)}$$

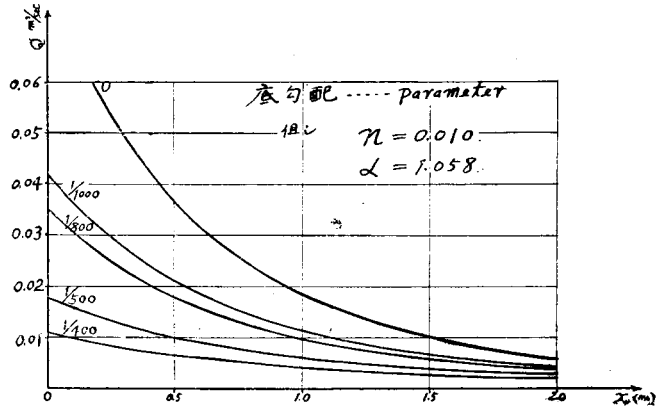
を積分する事が出来ない¹⁾。

- 但し i : 底勾配, $\frac{dh}{dx}$: 水面勾配,
 n : 粗度係数, b : 水路巾,
 g : 重力加速度, α : 補正係数,
 Q : 流量

そこで本実験水路に関して木材の粗度係数を $n=0.010$ とし底勾配 i を Parameter として流量 Q の変化による 遷移点の位置 x_c を $F_1=0, F_2=0$ より数値計算すれば 図-2 の如くになり、流量或いは勾配の大きい程 Control Section の位置は上流側に移動する事が示される。

一方 Control Section の位置 x_c が粗

図-2 流量の変化による Control Section の位置



度係数に依り如何に変化するかを 1 例として勾配 1/400, 流量 10 l/sec の流れにつき数値計算すると 図-3 の如くになり x_c は水路の粗度に非常に影響される事になる。従つて実験水路の粗度係数がはつきりしない限り定量的に理論と実験との比較検討を行う事は困難が多いと想像される。

2) 実験

a) Control Section の位置: 1 例として勾配 1/400, 流量 10, 8, 6, 4 l/sec とした時の流れを Point Gage で水深を測定し各流水断面について平均した水深を流量を Parameter とし水路の縦断方向に plot したのが 図-4(a) であり、この水深から Froude Number を求め plot したのが 図-4(b), 更に同様にして平均流速 v を plot したのが 図-4(c) である。

図-4(b) より $F_0=1$ を切る点が実験的に求めた Control Section の位置となるのでこの位置を横座標、流量を縦座標にして plot すれば 図-5 を得る。そこで木材の最も滑らかな場合と粗い場合に対しそれ

図-3 Control Section の位置に対する粗度影響

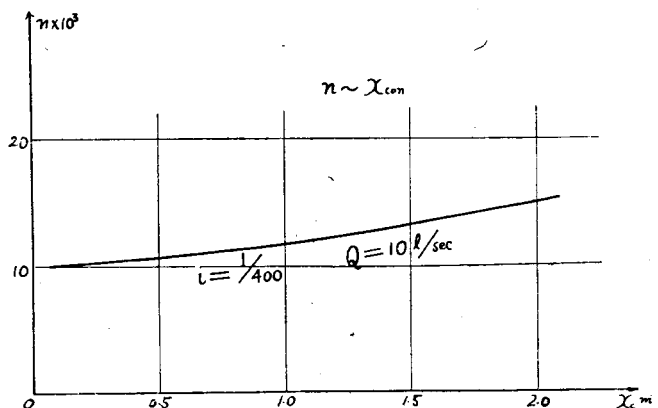


図-4 水深及び Froude Number

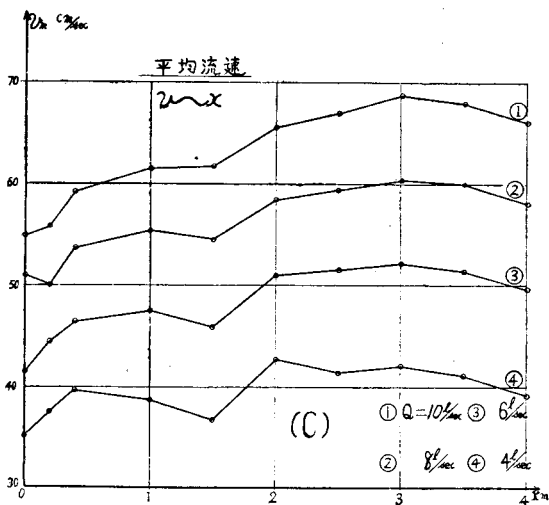
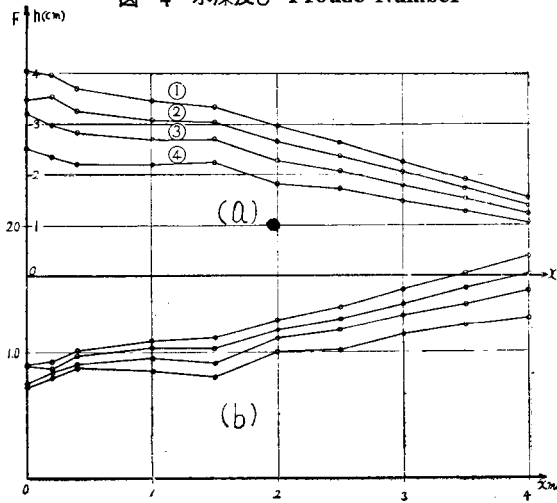
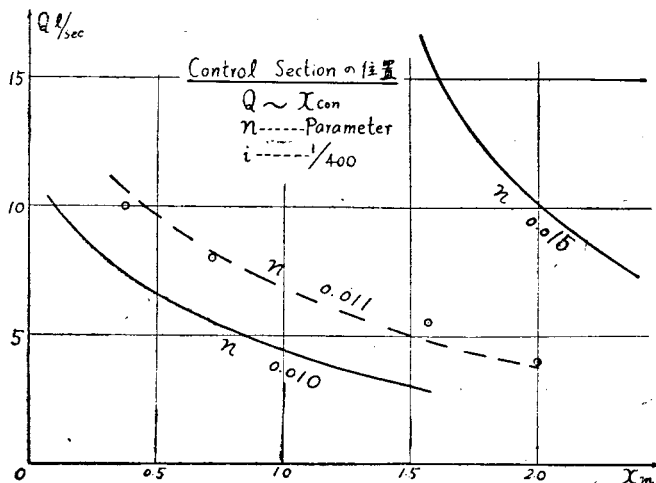


図-5



ぞれ $n=0.010$ 及び 0.015 の値を入れ流量と x_0 との理論曲線と挿入して比較すると実験値は明らかに木材としての範囲内に入り大略 $n=0.011$ とした時の理論曲線に近い結果が得られた。

b) 水深曲線: (1) 式を本実験水路の条件に対し数値積分して求めた水深曲線を実験値と比較すれば 図-6 の如くなる。数値計算は $n=0.010$ として行っているので実際の水路の粗度係数の値とは違ふ為此程度の誤差を生じたものと思われる。

c) 平均流速曲線: 図-6 には更に理論より求めた水深曲線より平均流速を計算して plot してあり、同時に 図-4(c) の実験値を比較してある。

図-4(a),(b) 及び 図-6 を併せて此処に比較すれば平均水深や Froude Number は x の増加と共に一様にそれぞれ減少或いは増加するのであるが、平均流速に関しては下流に行くに従い最初は加速されるがやがて最大値に達し而る後は減速されて行くと言ふ興味ある結果が知られた。

d) α の値: $Q=30$ l/sec, $i=1/100$ の流れに対して水路の各断面につき 40~60 点を探り Pitot 管で各点の流速を測定し各断面に於ける補正係数を

$$\alpha = \Sigma \left(\frac{v}{\bar{v}} \right)^3 \frac{dA}{A} \dots\dots\dots(2)$$

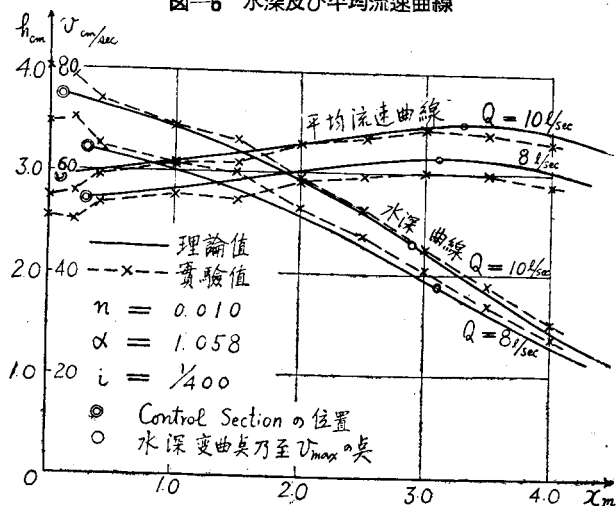
より求めると表-1 を得る。すべての表中の α を平均すれば $\alpha_{mean}=1.056$ となる。一方 Boussinesq は巾の広い矩形断面に対し $\alpha=1.058$ を与えているので実験の精度より考えて見て非常に良く一致した値が得られたと思われる。且つ又表-1 から知る如く α は常流でも射流でも殆ど同一の値となつている。

表-1

	常流 ←		→ 射流							
x	0	20	40	100	150	200	250	300	350	400
α	1.06	1.05	1.04	1.06	1.06	1.06	1.07	1.06	1.05	1.06

e) 以上の4項目を総括すれば常流射流の遷移点附近の流れに於ては流量や勾配或いは側壁の拡がり方が余り大

図-6 水深及び平均流速曲線



きくならない限り Bernoulli の方程式より出発した不等流の理論を基礎とし Control Section の生ずる場合の解析方法を用いて計算を行つても大体差支えないのではないと思われる。

3. 射流の水利

流量や勾配を前よりも大にして全水路に亘り最初から射流の流れる様にした場合について述べる。

一般に角や曲りのある側壁を有する水路を射流が流れる場合には周知の如く角や曲りの為に流れに攪乱を生ずる。而してその攪乱は水面を伝播する波速よりも流速の方が大である為攪乱波の型で下流側にのみ伝播され、その様な攪乱波やその反射波合成波等の影響が水深を決定する事になる³⁾。

a) 水面形 1例として $Q=40\text{ l/sec}$, $i=1/50$ の流れに対し水路全域に亘り縦横 5 cm 間隔に数多くの点を採り其処の点に於ける水深を測定し等水深線を書いて見ると 図-7 を得る。

この図より明らかなる如く常流の場合とは流れの様相が甚だしく異なり、最早水路の横断方向に測つた水深が一樣であると考え事は出来なくなつてゐる。

更にこのように巾の拡がる水路に於ては水路中心線附近では水深は平均水深より増大し逆に側壁附近では減少している事が認められる。

一方この種の流れは超音速の気体と流れとの Analogy が成立する事から 図-7 と比較する為にそれと同一の流れを考

え、特性線を利用した図解法即ち Method of Characteristics⁴⁾ を応用して水面形を求め水深の等しい点を連ねた線を書いて見ると 図-8 の如くなる。

図-7 及び 図-8 より実験と理論とを比較すると水面形の形状は比較的良く一致する事が認められる。

更に詳しく調べる為中心線及び側壁に於ける水深を理論と実験とに関し比較したのが 図-9 である。

この図から云える事は中心線に沿う水面上昇は非常に良く一致しているが側壁に沿う水面低下は理論値よりも甚だしくないと云う事である。その理由は側壁附近では境界層の影響の為流速や Froude Number が層外より低くなつてゐるので境界層を無視して行つた計算水深より実際的水深は上昇しているものと思われる。

b) 流速分布及び流量分布 一定の水路横断面内に於て各種の流れに対し深さの方向に平均した平均流速を求め 2 次的に見たその位置に於ける流速と見做し、それ等の水平方向の分布を求めたものが 図-10 (a) であり更に同様な意味に於ける流量分布を求めた

図-7 射流に於ける水位等高線

$i=1/50 \quad Q=40\text{ l/sec}$

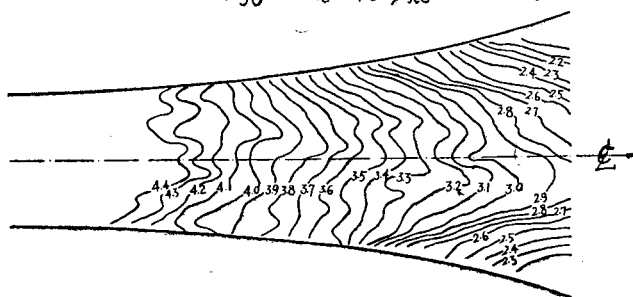


図-8 図解法による水面形

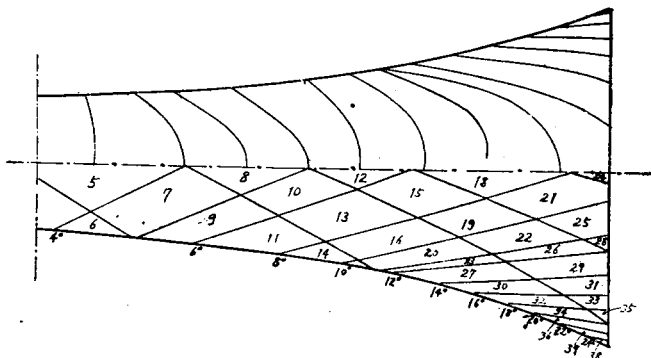
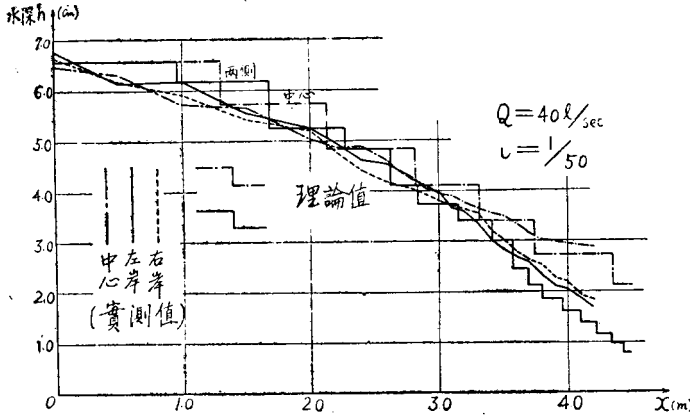


図-9 射流に於ける縦断方向の水形



ものが図-10(b)である。但し u_0, g_0 は水路の中心線上に於ける深さの方向に平均した流速及び流量を示すものである。この図から流量の変化に伴う流速或いは流量分布の変化と云うものは特に認められず寧ろかかる流量の範囲内ではほぼ一定の分布状態をなしている。

c) 流線の形状 跳水現象を起さない場合の流線の形状は流れに糸を流して撮影したデータより見ると Froude Number が大なる程流速は水路中心線附近でやや密になる程度ではほぼ特性曲線図を利用した図解法の結果と一致しており Froude Number を相当大きくしても側壁に沿う流線の剝離現象は見られなかった。

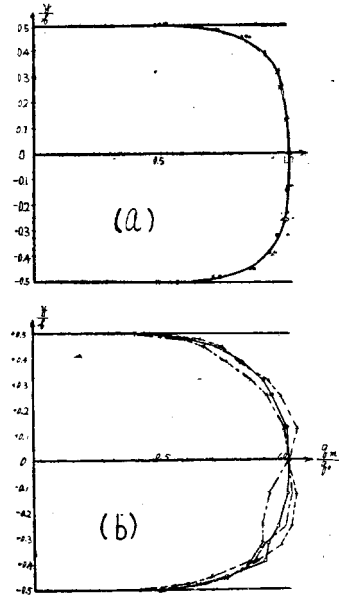
d) 跳水現象 水路の下流端の水位を上げて跳水現象を起させた所停止波の形状は一様巾の水路に生ずる場合とは大分趣きが異なり 図-11 で示す如き衝撃波や Mach Jump⁹⁾ 及びそれ等の交叉並びに反射が生ずる。

而して側壁に follow して扱がて来た流線はこの衝撃波を過ぎる時急に水路の中心線の方向に屈折し壁面に於ては流線が完全に剝離しその剝離した点より点線で示す曲線に沿つて小さな渦が連続的に下流へと移動している。更に点線と側壁とで囲まれた部分では流体は殆ど静止しておりわづかに図に示す如き循環流が見られる。今この循環流を無視すれば拡大する水路であるにも拘わらず、あたかもその部分を剛体で置き換え水路の側壁が点線で示される如く急に狭められたとした時に生ずる衝撃波と同様な現象を示している。

然し乍ら現象的に甚だ複雑であるので水利的条件に依り剝離点の位置とか衝撃波を過ぎた後の流れの状態等の決定に際しては尚詳細なる実験を行う必要があると思われる。

e) 以上射流の場合を総括すればその機構

図-10 流速及び流量分布



	i	$Q \text{ l/sec}$
○	$1/50$	4.0
X	"	3.0
●	$1/50$	4.0
△	"	3.0

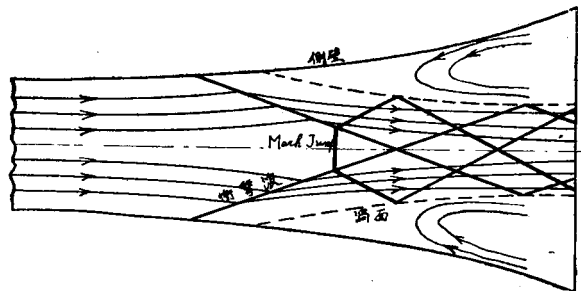
は常流の場合と全く異なり、側壁の曲りの為に生ずる攪乱波や衝撃波が現象を支配するので Bernoulli の定理より出発した不等流の理論は無意味なものとなり波動理論がこれに代らなければならぬ事が知られる。而して Method of Characteristics による解が実験とかなりの一致を見るのであるが、側壁附近の境界層の影響や衝撃波(跳水現象)に関しては今後の研究に俟つ所が多い。

本研究は昭和 25 年度文部省科学研究費による研究の一部であり当局の援助に対し謝意を表するものである。尚本研究に当り御指導を賜つた東京大学教授本間博士に厚く御礼申上げると同時に実験に協力された島田助手並びに学生町田、村重両君に感謝する次第である。

参考文献

- 1) 本間 仁: "開水路不等流の系統的な計算法"

図-11



- 土木学会誌 35 卷 12 号
- 2) 例えば 本間 仁著: 高等水理学 p. 50
- 3) V. Kármán: "Eine Praktische Anwendung der Analogie zwischen Überschallströmung in Gasen und Überkritischerströmung in Offenen Gerinnen" Z. A. M. M. 1938 p. 49~56
- 4) "High-velocity flow in Open Channels..... Symposium" Proc. of A. S. C. E. 1949. Nov.
- 5) F. R. Gilmore: "The Analogy between Hydraulic Jump and Shock Waves in Gases" Applied Physics Vol. 21 March 1950 (昭. 26. 10. 19)

学会備付外国図書

英国 Department of Scientific and Industrial Research 関係

Building Research

- Building Research Station Digests
 No.30 (May 1951) Painting Woodwork
 No.31 (June 1951) Concrete in Sulphate-bearing Clays and Ground waters
 No.32 (July 1951) Concrete made with Lightweight Aggregate
 No.34 (Sept. 1951) The Principles of Natural Ventilation of Buildings
 No.35 (Oct. 1951) Heat Loss from Dwellings
- National Building Studies Bulletins
 No.10 36-10 号 44 頁参照
 No.12 (1951) Plant for Prestressing Concrete
- National Building Studies Special Reports
 No.12 36-10 号 44 頁参照
 No.17 " "
- National Building Studies Research Papers (Technical Papers 改名)
 No.10 An Economical Design of Rigid Steel Frames for Multi-Storey Buildings
 No.11 (1951) A Study of the Voussoir Arch

Road Research

- Technical Papers
 No.22 (1951) 36-10 号 44 頁参照
 No.23 (1951) Analysis of Plastic White Line Compositions Made with Fluxed Rosin Binder
- Road Notes
 No.9 (1951) Recommendations for Plastic White Line Markings
 No.10 (1951) A Rapid Method of Analysis for Bituminous Road Materials
 No.12 (1951) Gritting Machines for Surface Dressing

Water Pollution Research

Report of the Water Pollution Research Board for the Year 1950

36 卷 10 号 正誤について

報文 混合機構の研究

村山 朔郎 柳場 重正

頁	行	誤	正
26	上より7	● ROLLING	ROTATING
	上より10	rolling	rotating
27	右上より12	周期力 I は	周期力 P は
	右上より15	平衡位置にある	振動状態にある
28	右下より6	ついてを $w > 0$ の方向の変位	ついてを $w > 0$ の方向の変位
	左下より2	1.5 mm	0.15 mm
29	右上より3	挿入粒量	投入粒量
	図-6	上より4群目の説明欠除している	混合比(重)1/2を示す
30	図-7	図群番号欠除	上より1, 2, 3, 4.
	右下より12, 10, 7	挿入量	投入量
29	" 1	挿入	投入
	左下より16	円筒の接面	円筒との接面
30	左上より13	の位置と(10)式	の中心位置と(10)式
	左下より2	挿入量	投入量