

文献調査委員会

ロックフィル材料のための大型三軸試験 <i>Proc. of A.S.C.E., SM/渡辺 啓行</i> コンクリートのクリープ機構に関する考察 <i>Bulletin of RILEM/河角 誠</i> 波力の確率分布 <i>Proc. of A.S.C.E., WW/小森 修蔵</i> 捨石による河床保護 <i>Proc. of A.S.C.E., WW/星畑 国松</i> 河川の毒物による汚染と魚の棲息 <i>Water Pollution Control/大永 貴規</i>

ロックフィル材料のための大型三軸試験

“Large Scale Testing of Rockfill Materials”.
Marsal, R.J.
Proc. of A.S.C.E., SM., Vol. 93, No. 2,
pp. 27~43, March (1967)

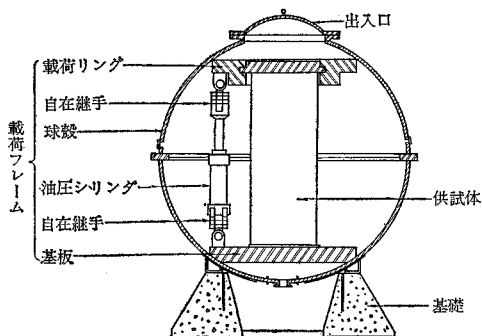
本文は、メキシコの El. Infernillo ダム (高 148 m) の設計のため、同国の電力連合委員会 (CFE) がロックフィルダムの実物大材料の試験用として開発した装置を用い、数種の材料について 1963~1966 年の間に行なった三軸および一軸試験の結果の報告である。

(1) 装置と材料

最大径 20 cm のロックフィル材から成る供試体 (直径 113 cm, 高さ 250 cm の円筒供試体) を試験するためつぎのような特別な試験装置を作った。

高圧三軸セル：板厚 2.5 cm, 直径 420 cm の鋼鉄製球状のセルで、許容最大内圧は $30 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ である。その形状と各部分の名称が 図-1 に示されている。軸方向応力は図の荷重フレームにより加えられる。これは、とりはずしのできるふたを持つ荷重リングと 9 個の油圧

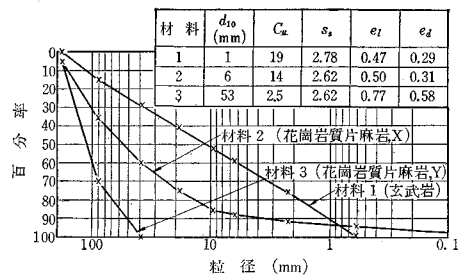
図-1 三軸試験装置 T-113-25 の概略横断面図



シリンダー (図には 1 個が画かれている) および底板から成っている。この荷重フレームの最大容量は 1500 t で、油圧シリンダーのストロークは軸方向に最大ひずみ 20% まで許容される。セル内圧は近くの丘の上に種々の高さで置かれているタンクを使って加えられ、このタンクと容積変化測定装置への給水は実験室内の高圧ポンプを使って行なわれた。軸方向荷重は、アムスラー振子型液圧計で測定され、供試体の軸方向と周方向の変形は 1 mm までよめる電気的変位計 (electrical extensometer) を使って測定された。容積変化は 0.05 l の精度で校正されているシリンダーにより測定された。以上述べたセルの他に、本来、供試体成形用に製作され、供試体内の圧を真空に近づけることにより側圧をかけ得る“低圧用三軸試験装置”, 材料粒度測定用の“ふるい分け装置”, 供試体作製の“しめ固め装置”等を製作した。

材 料：使用された材料の種類とおおのこの粒度分布, 母岩名が 図-2 に示されている。

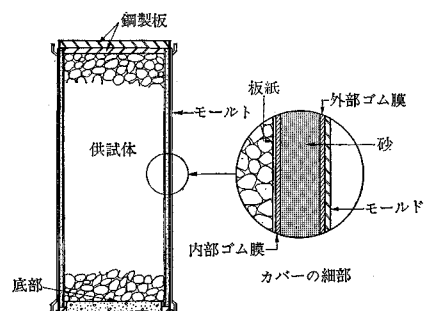
図-2 材料 1, 2, 3 の粒度分布 (試験前)



(2) 実 験

供試体の形状を保つカバーとして、図-3 に示されるものが開発された。外部ゴム膜は厚さ 6 mm, 砂套の厚さは 5 cm, 内部ゴム膜は厚さ 3 mm である。供試体は 10 層で突固められ成形された。また本実験は S 試験であった。供試体は荷重前につぎの順序で飽水された。1) セルを水でみだし、 $1 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ の側圧を供試体を与える。2) 供試体内の真空度をゆるめる。3) 底から上部へ給水する。

図-3 供試体の構成

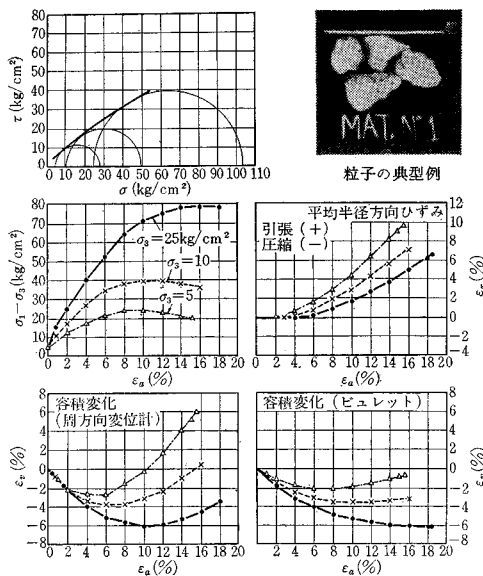


これら操作終了後に、セル内圧 σ_r が上昇され、変形と容積変化が測定された。ついで、ひずみ制御により偏差応力が加えられた。

(3) 考 察

結果の一例を 図-4 に示す。 ϵ_r は供試体全長の 80% に分布させて取付けた変位形から測定した半径方向ひずみであり、 ϵ_a は軸方向ひずみである。 ϵ_v はビュレットにより測定した容積ひずみであり、 ϵ_v^1 は ϵ_r から計算された容積ひずみである ($\epsilon_v^1 = \epsilon_a + 2\epsilon_r + 2\epsilon_r\epsilon_a + \epsilon_r^2$)。 $\epsilon_v^1 \sim \epsilon_a$ 曲線ではダイレタンシーが明りょうに見られるが、 $\epsilon_v \sim \epsilon_a$ 曲線では見られない。すなわち、ふたと底板による端拘束の影響が存在することを示している。端では半径方向変位のないことを考慮して、 ϵ_v^1 を計算すると、これは ϵ_v と良く一致する。

図-4 材料 1 に関する三軸試験結果



せん断強度と圧縮性に影響を与える最大因子は、応力状態の変化にもなる粒子の破碎現象である。これをみるため実験終了後にも粒度試験を行ない、試験前のそれと比較した。このとき、各粒度での百分率の増分 A_i はその粒度で生じた破碎を示し、あるものは正で、あるものは負である。粒子破碎のめやすとして著者は正の A_i の和を B として、これで破碎程度を表わす量とした。実験結果の考察から、著者は、 $B = \alpha \bar{P}/P_a$ を提案する。ここで \bar{P} は粒子の間の接触点で伝達される力の平均値であり、 \bar{P}_a は接触粒子の破壊強度、 α は材料定数である。

(4) 結 論

1) 予想されたとおり、沖積土からとった材料とか、

石切山からとった材料とかにかかわらず、せん断強度は配合の良い材料の方が大きい値をとる。

2) 類似した配合でも (材 1 と材 2)、母岩の材質が異なればその強度に差を生ずる。

3) 材料強度は粒子の破碎の増加につれて減少する。

4) 間げき比と飽和度の影響がいろいろ調べられなければならない。

(委員 渡辺 啓行)

コンクリートのクリープ 機構に関する考察

“Some Observations on the Interpretation
of Creep Data”

Powers, T.C.

Bulletin of RILEM, No. 33,
pp. 381~391, December (1966)

1934 年に Lynam が、クリープの説明として、“浸透理論”を発表したが、それは本質的に正しかった。

しかしその後の研究者達は、熱力学と吸着現象に対する理解を欠いているために、クリープ現象の解釈には、いまなおはなはだしい混乱が見られる。コンクリート中の水分の役割を正しく把握すれば、結果は簡明で美しいものとなる。

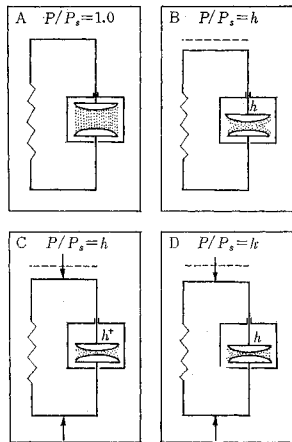
a) 構造要素としての吸着水：コンクリート内の微小な空げきの表面に吸着されたきわめて薄い水の層は、コンクリートの受けた荷重を分担して支え、セメントペーストの強度と剛性を決定する重大な役割を果している。しかもそれは構造要素の中で最も変化しやすく、動きやすい部分であるから、クリープ現象で特に重要なものである。

b) 吸着の動力学的特性：一分子が吸着された状態に留まれる時間 (滞留時間) は、それが吸着されるときに失なわれるエネルギーが多いほど長い、そして固相面に直接接している水の単分子吸着層は最も強く吸着されており、その吸着熱は約 15 000 cal/mol で、滞留時間は約 0.04 秒である。2 層目から吸着の強さは急激に減少する。吸着された水は固相とはほど遠いものであり、一つの層でもそれを構成する分子はたえず入れ変わっている。

c) 回復性クリープ：まず、予備的な載荷または乾燥の 1, 2 サイクルを経て安定化した供試体は、ひずみの回復性を示す。

d) レオロジーモデル：回復性のクリープまたは収縮のレオロジーモデルは、図-1 のように表わすのがよい。各図はばねと、筆者が吸着要素 (sorption element) と名付ける部分から成る。ばねは安定した非蒸発性の弾性反作用を、吸着要素は吸着された荷重を支える水によ

図-1 回復性クリープのレオロジーモデル



- A: 規準状態—飽和状態
 B: 外圍の湿度 h と平衡, 外力なし
 C: 載荷直後, 湿度 h , 局所的な湿度 h^+
 D: クリープ終了後の平衡状態
 P: 現在の蒸気圧
 P_s : 飽和蒸気圧

ってわずかに隔てられた二つの固相面を表わす。荷重を支える水の層の厚さは、水の単分子の直径の 10 倍以下であり、それ以上厚いと荷重を支えられなくなる。この収着要素は機械モデルのダッシュポットとは異なり、静的な力を保持でき、系の中に弾性要素がなくてもクリープ回復をもたらすことができるものである。

このモデルは平衡状態を表わしており、外圍の水蒸気を含んでいる必要がある。収着要素のまわりの小さなわくは、まわりの大気と一時的に異なった局所領域を示す。外わくは気相（必要なら液相も）の水分子を含んだ閉じた自動温度調節器と考えてよい。この装置は湿度も一定に保てると思われる。吸着された水の分子は点で表わしてある。水蒸気ははぶいてある。

e) 自由エネルギーと平衡：自由エネルギーは系の全エネルギーのうち、等温過程で仕事をなすのに用いられる部分である。吸着水の層のエネルギーは、一定温度では層におよぼす圧力が高いほど、また吸着水の層が厚いほど大きい。系の中の平衡状態は、1g あたりの自由エネルギーが水のあるすべてのところで等しいことが必要である。層の上の圧力が均一であれば、吸着層の厚さも等しくなければならない。平衡状態においては、水蒸気 1g についての自由エネルギーは、蒸発可能な水における自由エネルギーと等しくなければならない。

f) 飽和状態無荷重のモデル：図-1 (A) は外圍の湿度 100% で平衡状態にある供試体で、唯一の外力は大気圧である。これを規準状態とする。

g) 収縮・無荷重状態のモデル：図-1 (B) には同じ系で外圍の相対蒸気圧が h に減少したときの平衡状態を示す。一定量の水が供試体から系内の空間、さらに系の外へも出た後である。供試体中の水の蒸気圧はすべて外圍の水蒸気圧に等しい。そして構造は圧縮されている。この収縮は、回復性の収縮と呼ばれるものである。

吸着水中の応力は、25°C で、水の比容 $V_w=1.0$ cc/g

より

$$\Delta P_d = \frac{RT}{MV_w} \ln h = 1360 \ln h$$

たとえば $h=0.7$ で、 $\Delta P_d = -485$ 気圧である。 $f(W_a)$ を供試体の断面積に対する圧力の働く面の割合とすると平均の応力 P_E は、

$$-P_E = f(W_a) 1360 \ln h$$

となる。 E' を持続応力下の有効弾性係数、 u をポアソン比とすると、一様な体積変化による軸方向の収縮は、

$$\frac{\Delta L}{L} = \frac{(1-2u)}{E'} [f(W_a) 1360 \ln h]$$

h) 外力の影響クリープ：外圍の湿度 h と平衡を保っている供試体に軸方向の力を加えると、まず吸着水の荷重を支える部分もふくめた供試体の圧縮がおこる。その瞬間の状況を 図-1 (C) に示す。吸着層は圧縮され、その部分の自由エネルギーが増している。荷重を支える領域の水の量は変化する時間がない。局所的な湿度は h^+ である。そして系は一定の外圍の湿度と温度のもとで唯一の可能な平衡状態へと変化を始める。まず圧縮された領域からそれに隣りあった蒸発可能で荷重を支えていない水の部分へ圧力差による水の移動がおこる。蒸気中への移動はこれに比しきわめて困難である。その結果、荷重を支える膜が薄くなり、荷重をかけた方向に供試体が収縮する。これがクリープである。

クリープが終了するのは局所的な h^+ が h まで減少し、かつこれにつり合うように吸着水の量が減少したときである。クリープの終わった最終の状態を 図-1 (D) に示す。局所的な湿度が h^+ から h に低下し、モデル全体が短かくなったのに対応して荷重を支える膜が薄くなっていること以外は、図-1 (C) とほとんど同じである。

クリープ回復、引張りクリープ、供試体の大きさの影響クリープと乾燥収縮の関係、密封供試体のクリープ、クリープ率、予備乾燥の効果、ねじりクリープ、非回復性のクリープ等についても吸着現象の面から新しい解釈がなされることが示されている。

ひとこと注意すべきことは、Lynam が述べているように、クリープと収縮を分離することは不可能であり、クリープにより失なわれる水の量はきわめてわずかであることである。 (委員 河角 誠)

波力の確率分布

“Probability Distribution of Wave Force”

Bretschneider, C.L.

Proc. of A.S.C.E., WW, Vol. 93 No. 2,

pp. 5~26, May (1967)

(1) はじめに

海岸構造物の設計にあたっては、その構造物の耐用年限内—たとえば 50 年, 100 年—に起こりうる最大波高あるいは最大波力を知っておくことが重要である。これまでの波および波力の解析結果からは、“みかけの波高”と“みかけの波力”との間に何ら相関が得られていない。ところで今回著者が行なった研究では、波高の確率分布と最大抗力の確率分布の間にはかなりよい相関があることがわかった。なお波力としては杭にかかる力をとっている。たとえば、いま最確最大波高が波高の統計的分布から与えられたとすると、最確最大抗力、最確最大慣性力、さらにこの二つを一緒にした最確最大波力を予知することが可能である。

(2) 波高の確率分布

a) Rayleigh 分布 これは最初 Longuet-Higgins によって提唱されたものであるが、任意の時刻に静水面から測った水面の高さが平均値 0 を中心としてガウスの確率法則にしたがって分布しているものとし、スペクトルのバンド幅が狭いとすると、波高の確率分布はつぎの Rayleigh 分布にしたがっている。

$$p(H)dH = 2 \frac{H}{H_r^2} \exp\left\{-\left(\frac{H}{H_r}\right)^2\right\} dH \quad \dots(1)$$

H_i : 個々の波高

$$H_r = \frac{1}{N} \sum H_i^2, \quad N: \text{波の個数} \quad \dots(2)$$

式 (1) を積分して累加確率は

$$P(H) = 1 - \exp\left\{-\left(\frac{H}{H_r}\right)^2\right\} \quad \dots(3)$$

また最確最大波高 H_{\max} は

$$H_{\max} = H_r \sqrt{\ln N} \quad \dots(4)$$

となる。

b) Weibull 分布 海面状態がガウスの確率法則から離れているときは、波高分布も Rayleigh 分布から離れ、Weibull 分布にしたがう。この分布は Weibull が他の工学上の問題で用い成功した分布関数である。累加確率関数は

$$P(H) = 1 - \exp\left\{-A\left(\frac{H}{H_r}\right)^m\right\} \quad \dots(5)$$

ここに、 A, m は定数である。確率密度関数は、

$$p(H)dH = Am\left(\frac{H}{H_r}\right)^{m-1} \exp\left\{-A\left(\frac{H}{H_r}\right)^m\right\} dH \quad \dots(6)$$

となる。式 (5), (6) において $A=1, m=2$ とすれば式 (1), (2) になり、この場合 Rayleigh 分布に帰着することがわかる。また最確最大波高は Weibull 分布によれば、

$$H_{\max} = H_r \sqrt{\frac{1}{A} \ln N} \quad \dots(7)$$

となる。

(3) 最大抗力と最大慣性力の確率分布

J.R. Morison 外によれば、波力 $f(t)$ は

$$f(t) = f_D(t) + f_i(t) \quad \dots(8)$$

与えられる。ここに

$$f_D(t) = \frac{1}{2} \rho C_D u |u| \quad \dots(9)$$

$$f_i(t) = \frac{\pi}{4} \rho C_m D^2 \dot{u} \quad \dots(10)$$

であり、 ρ : 水の密度、 C_D : 抗力係数、 C_m : 慣性力係数、 D : 杭の直径、 u : 水粒子の鉛直速度、 \dot{u} : 水粒子の鉛直加速度である。線型理論にしたがえば、

$$u(t) = \frac{\pi H}{T} \frac{\cosh k(d+z)}{\sinh kd} \cos(kx - \sigma t) \quad \dots(11)$$

ここに、 $k = \frac{2\pi}{L}$, $\sigma = \frac{2\pi}{T}$, d : 水深、 z : 静水面からの深さ、である。式 (11) を考慮すれば、抗力 $f_D(t)$ が最大になるのは、 $\theta = kx - \sigma t = 0$ のときであり、慣性力 $f_i(t)$ が最大になるのは $\theta = \frac{\pi}{2}$ のときである。したがって

$$f_D = K_1 H^2 \quad \theta = 0 \text{ のとき} \quad \dots(12)$$

$$f_i = K_2 H \quad \theta = \frac{\pi}{2} \text{ のとき} \quad \dots(13)$$

K_1, K_2 は式 (9), (10), (11) からでてくる定数である。ここで、 C_D, C_m, D, T, d が一定であるとすると、 f_D, f_i の確率分布として

$$p(f_D) df_D = p(H) dH \quad \dots(14)$$

$$p(f_i) df_i = p(H) dH \quad \dots(15)$$

を得ることができる。式 (12), (13) より

$$df_D = 2 K_1 H dH, \quad df_i = K_2 dH$$

となり、最終的に累加確率関数は

$$P(f_D) = 1 - \exp\left\{-\frac{f_D}{f_{Da}}\right\} \quad \dots(16)$$

$$P(f_i) = 1 - \exp\left\{-\frac{f_i}{f_{ir}}\right\} \quad \dots(17)$$

となる。ここに

$$f_{Da} = K_1 \bar{H}^2 = K_1 H_r^2, \quad f_{ir} = K_2 \bar{H} = K_2 H_r \quad \dots(18)$$

である。また波高分布が Weibull 分布だとすると、最確最大抗力 $f_D(\max)$ 、最確最大慣性力 $f_i(\max)$ は、

$$f_D(\max) = f_{Da} \sqrt{\frac{1}{A_1} \ln N} \quad \dots(19)$$

$$f_i(\max) = f_{ir} \sqrt{\frac{1}{A_2} \ln N} \quad \dots(20)$$

となる。

(4) 最大波力の確率分布 (抗力と慣性力を一緒に考える)

波の線型理論が成り立つとし、式 (8), (11) にたちかえて考えると、

$$f = K_1 H^2 \cos \theta |\cos \theta| + K_2 H \sin \theta \dots\dots\dots (21)$$

となる。そして $\cos^2 \theta + \sin^2 \theta = 1$ を考慮すれば

$$f_{\max} = K_1 H^2 + \frac{1}{4} \frac{K_2^2}{K_1^2}$$

$$\theta = \beta = \arcsin \frac{K_2}{2 K_1 H} \text{ のとき } \left(0 \leq \beta \leq \frac{\pi}{2} \right) \dots\dots\dots (22)$$

となる。途中の計算は省略するが、最終的には最確最大波力の累加確率分布関数は、 f_{\max} を f_m と書くことにして、

$$P(f_m) = 1 - \exp \left\{ - \left[\frac{f_m}{f_{Da}} - \frac{1}{4} \left(\frac{f_{ir}}{f_{Da}} \right)^2 \right] \right\}$$

$$0 \leq \frac{f_{ir}}{f_{Da}} \leq 2 \text{ のとき } \dots\dots\dots (23)$$

$$P(f_m) = P(f_i) = 1 - \exp \left\{ - \left(\frac{f_m}{f_{mr}} \right)^2 \right\}$$

$$\frac{f_{ir}}{f_{Da}} \geq 2 \text{ のとき } \dots\dots\dots (24)$$

となる。

(5) 抗力係数と慣性力係数について

いままでのところ抗力係数 C_D 、慣性力係数 C_m は一定として議論を進めてきた。しかしながら、これらの値は Wiegel も示しているように一定ではなく、厳密にはつぎの関係がある。ここでは $C_D \rightarrow C_{Dr}$ 、 $C_m \rightarrow C_{mr}$ として示すと、

$$C_{Dr} = \frac{f_{Da}}{\frac{1}{2} \rho D u_r^2} = \frac{f_{Da}}{P_1 H D} \dots\dots\dots (25)$$

$$C_{mr} = \frac{4 f_{ir}}{\pi \rho D^2 \dot{u}_r} = \frac{f_{ir}}{P_2 D} \dots\dots\dots (26)$$

f_{Da} : 最大抗力の平均、 f_{ir} : 最大慣性力の二乗平均の平方根の平均、 \dot{u}_r : 水粒子加速度の二乗平均の平方根の平均

したがってこの式より算出する必要がある。

(6) データの解析例

Wiegel や Skjelbreia 等が観測したデータを使って解析を行なったが、ここでは Wiegel のデータを解析した例を示す。図-1 には個々の波につき、その波高と抗力を Weibull 分布グラフにプロットしてみた。だいたい右上りの傾向はあるがちらばりが大きい。図-2 には波高と抗力の累加確率分布を横軸に %、縦軸に対数をとって示した。同時に C_D の値も式 (25), (26) より計算して示してある。図-3 には波高と抗力を累加確率

図-1 個々の波の波高と抗力との関係

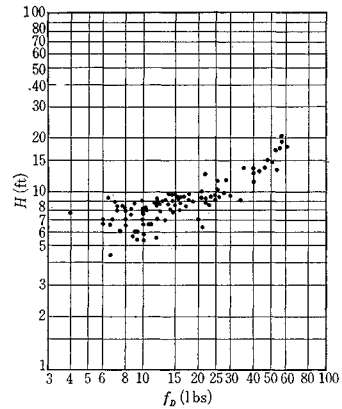


図-2 波高抗力の累加確率

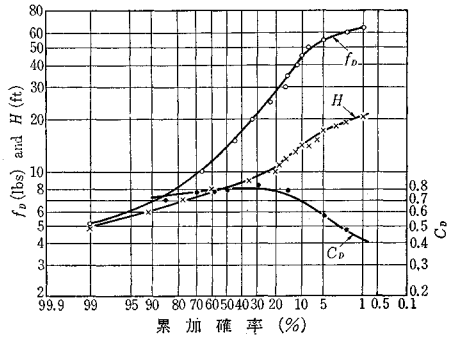
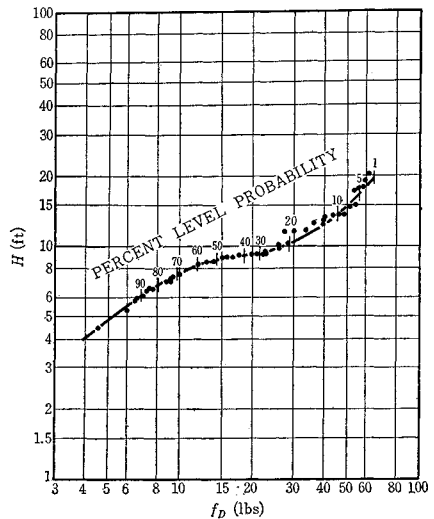


図-3 累加確率で表わした波高と抗力との関係 (Weibull 分布グラフ上にプロット)



(曲線の上にある数字は累加確率)

でプロットした。だいたいすっきりした傾向にあることがわかる。直線にならなかったのは、 C_D が一定でないところに原因の一部がある。 (委員 小森 修蔵)

捨石による河床保護

“Stability of Channel by Armorplate”

Hallmark, D.E. & Smith, G.L.

Proc. of A.S.C.E, WW., Vol. 91,

No. 3, pp. 117~135 August (1965)

河床変動を防止するために、床固め等の河川工作物が設置されるが、これらの工作物は通常の流れの型を変化させて、渦や噴流および加速流を生じ、工作物上下流の河床を洗掘し、堤防を危険にさらす。これらの対策工法を立てるに当っては、局部洗掘をおこさせる流れの特性と、局部洗掘を制御する河床砂の特性を把握しなければならない。本論文は、これらの洗掘防止工法として、選別された砂と砂利との混合砂 (Armorplate, 以下選別混合砂という) がすぐれていることを考究し、設計法を提示したものである。局部洗掘の制御とは、基本的には局部洗掘をおこさせる流れを制御することを意味する。

著者は、この流れの特性を流速に代表させ、その流速に抵抗する河床材料の特性を考察し、沈降速度と移動開始流速の関係を追求する。

(1) 選別混合砂に対する実験

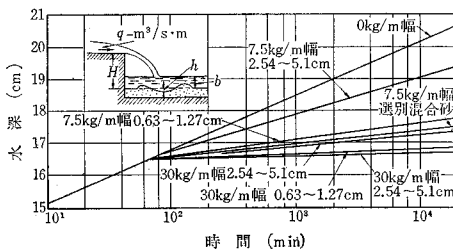
洗掘に抵抗する粒子の特性を研究するために、均一砂、均一砂利および選別混合砂等の各種の河床材料に対し、落差工型の実験がなされた。結果は、図-1 に示めされるとおりで、

a) 選別混合砂は、均一粒径砂よりもより効果的に洗掘深を減じる。

b) 混合砂の効果は粒度分布のみでなく、河床材料の最大粒径と関係する。混合砂の最小粒径は河床材料の最大粒径とする。

c) 混合砂の厚さは、その最大粒径の約3倍とする。混合砂が均一粒径砂より効果的であるのは、大粒径のすきまを小粒径が充てんし、粒子のかみ合わせをよくし、流れに対するせん断抵抗を大きくし、小粒径砂の上方への運動を減じる。同時に、流れの噴流が混合砂につ

図-1 自由落下型の捨石の大きさ、粒度分布および量による洗掘深の変化



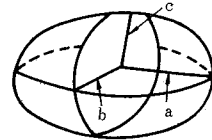
きあたると、大粒径砂は噴流をより小さな噴流に砕き、つぎにより小さな粒子が砕かれた噴流をより小さな噴流へと分解し、つぎつぎの分解をとおして小スケールの乱れが増加し、粘性を通して運動エネルギーがきえていくという過程としてとらえられる。

(2) 最終沈降速度と洗掘開始流速

局部洗掘の制御のために捨石を用いる場合の一般の手続きは、流れの速度が自由沈降粒子の最終沈降速度を均衡するという考えに基づいて捨石の最大粒径を決定することである。この考えは、浮遊砂を垂直にまいあげるということと類似な考えである。しかし、局部洗掘においては粒子は掃流として水平にも運ばれる。

設計のためには、粒子を運動させはじめる流速と最終沈降速度の間に関係があるならば望ましい。

まず、 W_0 について考えると、 W_0 は抗力係数 C_D 、粒径のレイノルズ数 ($R_e = W_0 d_n / \nu$, W_0 : 最終沈降速度, d_n : 名目粒径 = $\sqrt[3]{\frac{6abc}{\pi}}$, ν : 動粘性係数) および形状係数 $s.f.$ の関係であることがしられている。



流れの抵抗が流速の二乗に比例するとすれば、

$$W_0 = \left\{ \frac{4}{3} \left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right) \frac{g}{C_D} d_n \right\}^{1/2} \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 ρ_s, ρ_w : 河床粒子および流体の密度、 g : 重力の加速度

C_D は R_e および $s.f.$ に関係するから、これからは W_0 と d_n との関係は一意的には表わせない。

実験によると、 C_D は R_e が増加するにつれて一定値に近づき、 $s.f. = 0.7$ (通常の河床材料、捨石はほぼこの程度と考えられる) に対しては、 $R_e > 2 \times 10^2$ の範囲でほぼ $C_D = 1$ となり、 $s.f. = 1.0$ (球形) では、 $R_e > 2 \times 10^3$ の範囲で $C_D = 0.42$ となる。これらの関係および $g = 980 \text{ cm/s}^2$, $(\rho_s/\rho_w - 1) = 1.65$ を式 (1) に代入し、 d_n のみを mm 単位で計算すると、

$$W_0 = 14.7 d_n^{1/2} (\text{cm/s}) \quad s.f. = 0.7 \dots\dots\dots (2)$$

$$W_0 = 22.7 d_n^{1/2} (\text{cm/s}) \quad s.f. = 1.0 \dots\dots\dots (3)$$

と表わされる。さて、洗掘開始流速と沈降ひずみ度の関係については、

運動をはじめさせる力は、

$$F_M = C_D \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_n^2 \rho_w \frac{V^2}{2} \dots\dots\dots (4)$$

運動に抵抗する力は、

貴重な資料です!!

事故・失敗例特集号

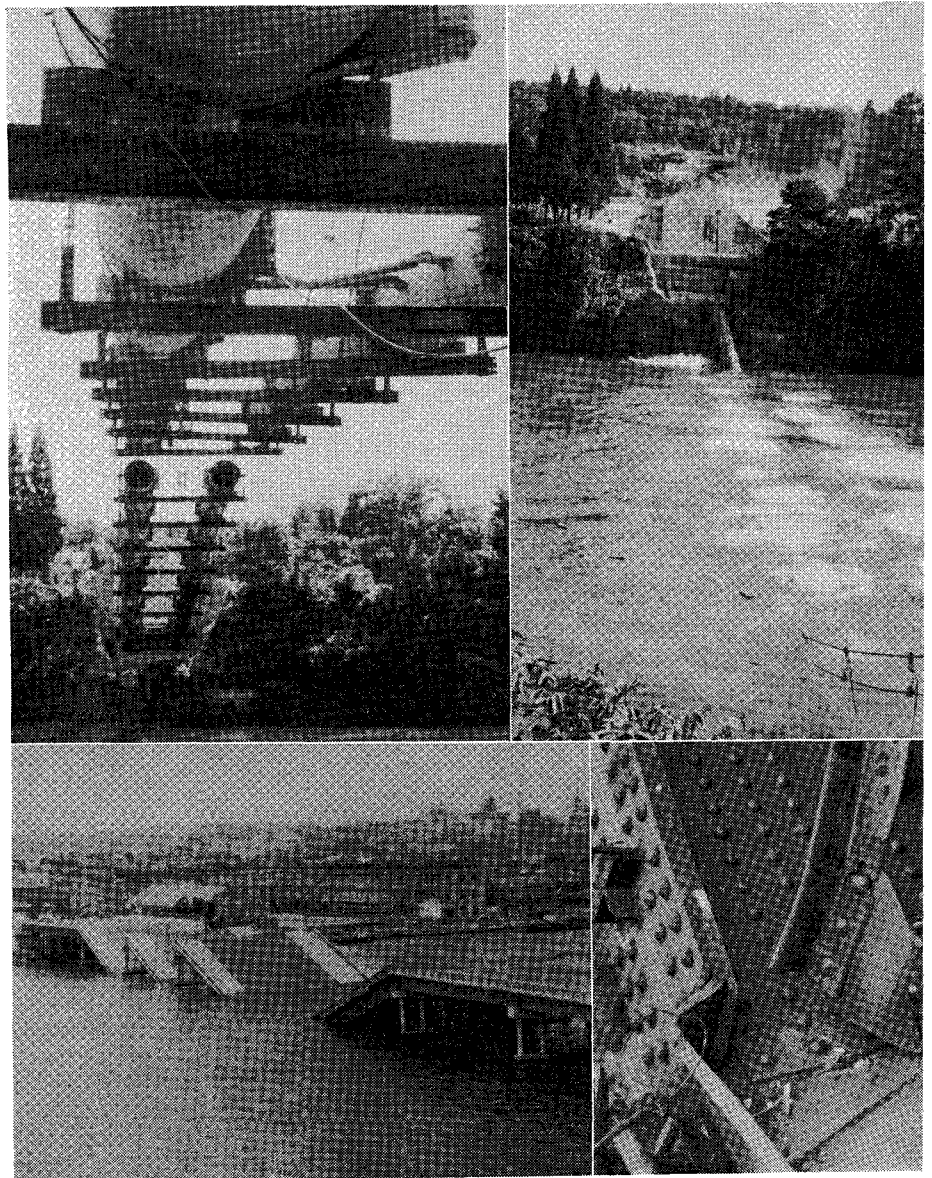
《橋梁と基礎》10月号 10月20日発売 増ページ特価 300円

最近数年間に起きた工事の事故・失敗の生々しい記録を多数収録しました。関係者多数の献身的なご協力によってこの画期的な企画が実現の運びとなったものです。これら貴重な体験の数々をあえて白日のもとにさらすことによって、2度と同じような事故・失敗を起こすまい、という願いがそこに秘められています。関係者には必携の資料です。

予 定 内 容

- ① 橋座に関する 2, 3 の事例
- ② RCグイ施工時のキレツ発生例
- ③ 新潟地震における昭和大橋の落橋
- ④ パイプアーチ橋架設の事例
- ⑤ 逆てい形合成箱ゲタの落橋事故
- ⑥ 首都高速道路1号線橋梁座屈事故
- ⑦ 床版中の曲げ下げPCケーブル緊張による事故
- ⑧ 函渠の事故例
- ⑨ PCグラウトの品質管理不良
- ⑩ PCグイのクイ頭破損について
- ⑪ 潮止橋の事例
- ⑫ オープンケーソンの排水による地盤変状
- ⑬ 先端閉塞グイに関する見込み違い
- ⑭ 水平移動を起こしたクイ基礎橋台の事故例
- ⑮ 圧密沈下による斜グイ基礎橋台の事故
- ⑯ ケーソンの根入れ不足

お問合せは
(03)(255)6684(直通)
販売促進課まで



橋梁と基礎

毎月1回1日発行 ■ 1部150円(〒12円) ■ 半年900円(〒72円) ■ 1年1,800円(〒144円)

橋梁

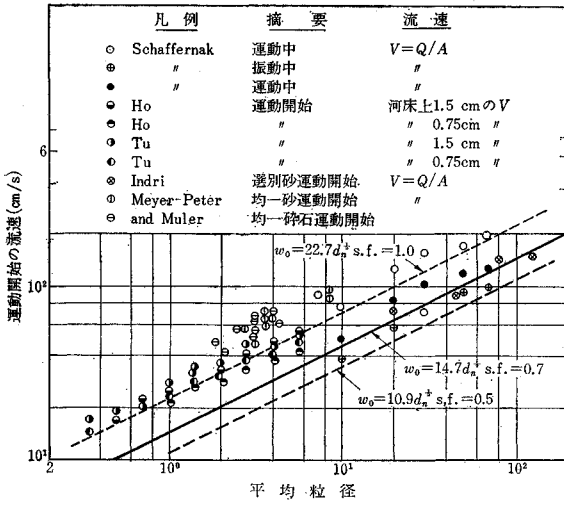
基礎

お近くの書店でお求めください

発行／建設図書

東京・外神田2丁目
(03)(255) 0231

図-2 自然砂に対する粒徑別運動開始時の流速



$$F_R = C_1 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_n^2 \rho_w \frac{W_0^2}{2} \dots\dots\dots (5)$$

と考えられる。ここにV:流速, C₁:粒徑分布, つまり具合および形状に関する定数。

洗掘開始においては,

$$F_M = F_R \dots\dots\dots (6)$$

であるから, この関係より, 洗掘開始流速と最終沈降速度の関係が考究される。移動開始流速を粒徑との関係で図示すると, 図-2 のとおりである。

同時に図示された沈降速度と比較すると, 球形においてはほぼひとしいが, s.f.=1.0の沈降速度はやや小さくでている。しかし, d_nが10mmをこえると, 流速が沈降速度と等しくなってくる。これらの差は, 式(4), (5)の形よりC₁の値となる。これよりV=W₀の関係は必ずしも必要ではないが, 洗掘に抵抗する選別混合砂の粒徑の選定に対して, ほぼV=W₀の関係をい得よう。

流速にかわって摩擦速度u*を用いる場合は, Liuの研究にもとづく,

$$u_* = 0.13 W_0 \dots\dots\dots (7)$$

の関係をい得よう。適用範囲はu*d_n/ν>100である。

(3) 結果の適用

河川工作物(たとえば床固め)の下流の洗掘防止のためには以上の研究結果を適用しうる。手続きは,

- (a) 対称地域がうける流速を決定する。
- (b) その流速と等しいW₀をもつ平均粒徑を 図-2より求める。
- (c) 捨石の最大粒徑を平均粒徑の2倍にとる。
- (d) 捨石の最小粒徑は現河床の最大粒徑とする。
- (e) 捨石の厚さはその最大粒徑の3倍にとる。

(f) 捨石の投入は捨石が均一に分布するように注意する。

(4) 問題点—討議より—

1966年2月にGaylord V. Skogerboeより討議がなされ, 1966年8月に著者よりの討議がなされている。

主要点は, 流れの特性が流速によって一意的に定められるかの問題であり, Skogerboeは10指にあまる運動開始的の平均流速式(粒徑との関係で)を提示し, 河川工作物下流の局部洗掘においては, 流れの型と乱れの度合いが工作物下流の各地点で相当に変化することを述べ, 通常は模型実験を要することを述べている。著者も原論文において流れの特性を把握することの必要性を各所で述べているが, 十分に紙数を与えていない。今後引き続き論文が期待されよう。(委員 星畑 国松)

河川の毒物による汚染と魚の棲息

"Pollution and Fisheries; A Progress Report"

Edwards, R.W. & Brown, V.M.

Water Pollution Control No. 1 pp. 63~78 (1967)

この論文は, 毒物の魚に与える影響の内, 「慢性毒」「混合毒物の影響」「卵, 幼魚の閾値(threshold)」等について述べたものである。

まず, すべてのテーマのベースとなる「環境条件が毒性に与える影響」について述べると, (a) 軟水では硬水の10~20%の毒物濃度で魚が死ぬ。(b) pHは, NH₃, HCNなどの毒性に影響を有する。(c) 温度が上昇すればTL_M値(半数致死濃度)も上昇する。

つぎに慢性毒(低濃度で長期間飼った場合)について述べる。これは実験室と実際の河川を結ぶものとして重要である。図-1に「にじます」の累加死亡率とZn濃度との関係を示す。つぎに低濃度で60日間馴致した魚を高濃度溶液に入れて48-h TL_M値を求めると 図-2 のようである。馴致による耐性の増加が見られる。

つぎに魚のサイズ, 年令, 種類による閾値のちがいをみると, (a) 普通小さい魚の方が強い。(b) にじますの耐性は小さく, 鯉は

図-1 にじますの累加死亡率

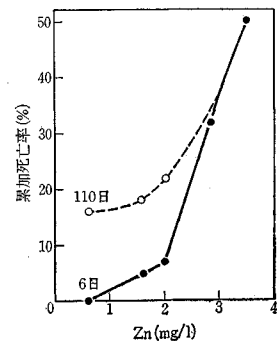


図-2 馴致効果

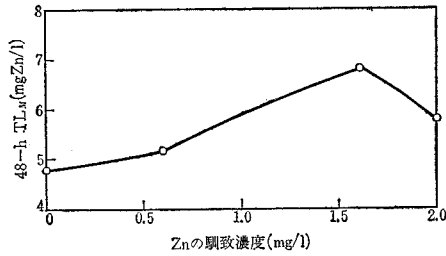


図-3 にじますの卵および幼魚に対する Zn の毒性

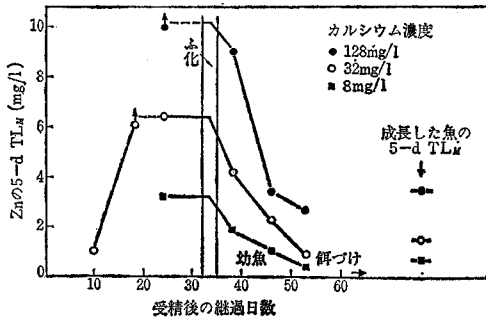
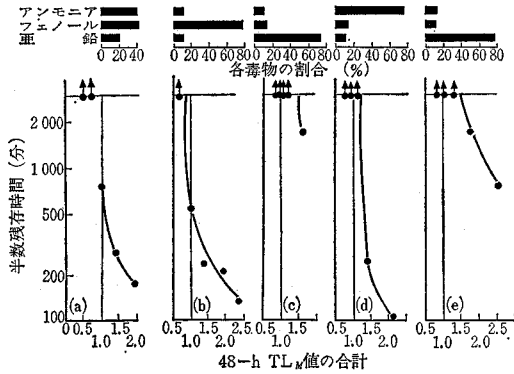


図-4 硬水中のにじますにおよぼす混合毒物の影響



スズキ、川カマスなどより強い。(c) 年齢による耐性の変化は図-3のとおりで、これから幼魚の耐性が最も小さいことがわかる。

つぎに混合毒物の毒性について述べる。A, B, C……の各毒物の閾値を A_T, B_T, C_T とし、その濃度を A_S, B_S, C_S ……で表わすと、毒性が累加的な場合には、混合毒物の閾値はつぎの式を満足する。

$$\frac{A_S}{A_T} + \frac{B_S}{B_T} + \frac{C_S}{C_T} + \dots + \frac{N_S}{N_T} = 1$$

Zn, NH_3 , フェノールを種々の割合でふくむ溶液の毒性を調べた結果を図-4に示す。

この図によると、Zn 濃度の割合が高いものは他に比して低い毒性を示すことがわかるが、他の種々の実験によるといくつかの例外を除くと、毒物は大体累加的に働くと思われる。

図-5 DO, 合成洗剤, SS と魚の分布

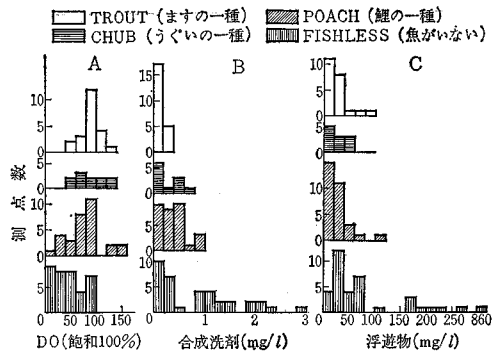
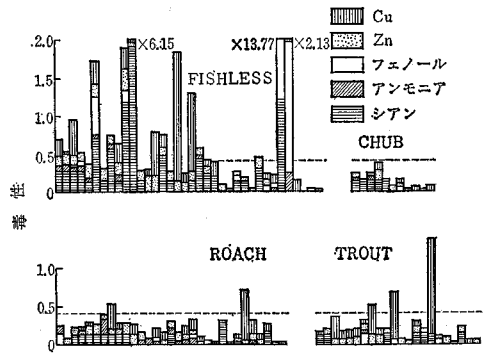


図-6 毒性と魚の分布



つぎに実際の河川、100 測点で、各毒物濃度と魚の分布を調べた結果を示す。図-5 に汚濁指標と魚類の分布を示す。この図から魚のいる水質とない水質の相違がはっきりわかるであろう。(A) で、DO の重要性がわかる。また、最近の研究によると、魚のいない水域の 50% で、0.6 mg/l 以上の合成洗剤が見られている。

図-6 にこの実験での毒性 $\left(\frac{A_S}{A_T} + \frac{B_S}{B_T} + \dots\right)$ と棲息分布の関係を示す。この図で注目すべきことは、第 1 にアンモニアがほとんど見られないことである。その理由は、pH が 7.5 をこえることがまれであるためである。第 2 に Cu が多い所では、限度をこえたところで魚が生存していることである。これは実験室での Cu の毒性が大きく出すぎているためであろう。この Cu をのぞくと閾値の 0.4 以下では魚が生存するといえる。このことは、毒物が累加的に働くということと良く一致する。

以上の実験から魚類の生存条件として、つぎのことが挙げられる。

- a) 48-h TL_M 値の合計は、0.3~0.4 を越えてはならない。
- b) 溶存酸素の飽和百分率は 50% を下ってはならない。
- c) SS は 60~100 mg/l をこえてはならない。

(大永 貴規)