

今月は論文集第106号(39年6月発行)登載予定論文としてつぎの3編を紹介いたします。なお、次号では第107号登載予定論文として下記の2編を紹介する予定です。

山崎徳也・太田俊明：円弧部材をもつ一般ラーメンの立体的解析

丸安隆和・大島太市：写真測量による精密測定の研究——特に産業界への応用——

波浪越波による堤防盛土の洗掘について

加藤重一・満田雅男

1. 緒言

波浪越波が海岸堤防の盛土を洗掘，流失し，堤防決潰に至らぬという事例は非常に多い。近時，堤防計画については多くの研究成果により合理的な設計が進められているが，なお堤防盛土は経済的な観点もあり，現地材料を用いて施工されることが多く，その耐波性について被覆工や盛土の構造工法に関する研究が少ないようである。この点にかんがみ，筆者らは波浪越波による堤防背面盛土の洗掘について考察をすすめる。すなわち，盛土の洗掘量を支配する因子は，実験および解析の両面から越波量の無次元数で表わされるとき，これによれば各種盛土の対波浪抵抗力をある程度説明できると考える。

2. 実験および結果の考察について

波浪越波による盛土の効果は，外的作用を与える越波水の挙動(越波量，越波の状態)と作用をうける盛土の条件(土性，状態等)とによって異なるので，ここではつぎの4つの場合に

表-1 堤防模型による実験の種類

模型番号	堤防形式	胸壁構造	盛土材料	沖波峻度	堤脚部浅水度	備考
I	直立型	表裏コンクリート壁，中詰栗石	粘土	平均 0.04	平均 0.18	模型縮率 1/25
II	"	コンクリート壁	砂	"	"	"
III	"	コンクリート壁	粘土混砂	"	"	"
IV	"	コンクリート壁 捨石マステック	粘土混砂 (混合度変化)	"	"	"
V	"	石垣練積	粘土混砂 (混合度変化)	"	"	"
VI	"	石垣練積 栗石四層詰	粘土	"	"	"
VII	"	コンクリート壁	シラス (平内含水比 37.6%)	"	"	"

表-2 供試土の性質

記号	種類	真比重	中央粒径(mm)	重量組成(%)			試験時土性			
				貝殻	砂	シルト	粘土	含水比(%)	見掛比重	空けき率(%)
A	砂	2.70	0.52	0	99	1	0	14.2	1.73	43.8
B	粘土混砂	2.70	0.50	0	94	3	3	31.1	1.69	52.3
C	粘質砂土	2.68	0.45	0	86	5	9	41.8	1.62	57.4
D	砂質粘土	2.65	0.30	0	62	14	24	52.4	1.50	62.8
E	砂混粘土	2.62	0.025	5	40	23	32	60.4	1.41	66.5
F	粘土	1.62	0.0047	6	11	31	52	81.4	1.35	71.6
H	シラス	2.34	0.27	2	95	3	0	51.3	1.02	71.2

備考：上記試料のほか，砂およびシラスについて，水締めによる填充試験を記号A'およびH'として試験した。

ついて測定値を整理し，その結果について考察をすすめる。

- ① 越波が直接土面に衝撃を与える場合
- ② 越波が衝撃を与え，かつ，のり面を流下洗掘する場合
- ③ 盛土表面に凹凸があり，それによって破壊が誘発される場合
- ④ 異質物との接触により水侵食が促進される場合

図-1 堤防模型の崩壊過程

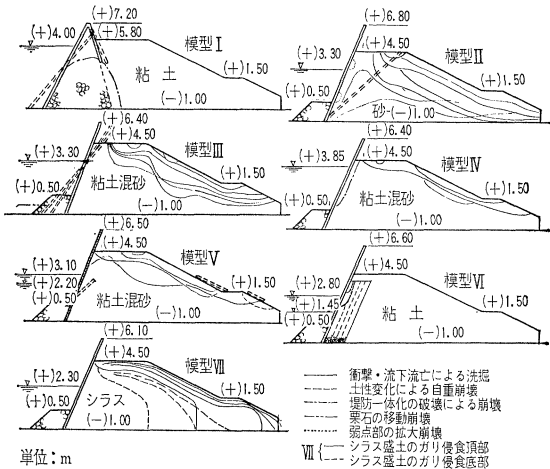
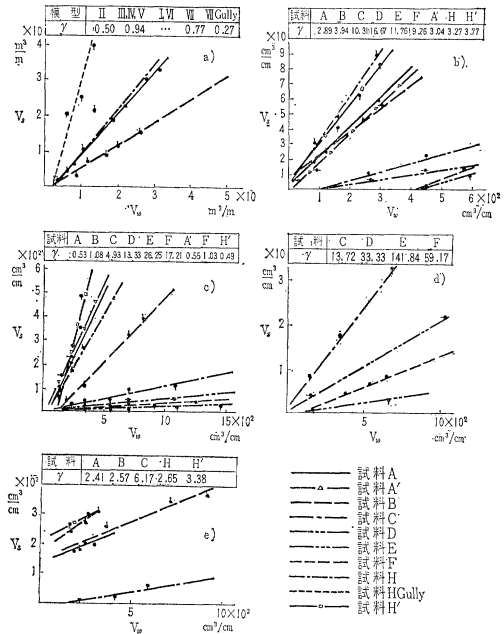


図-2 各供試体の洗掘抵抗特性

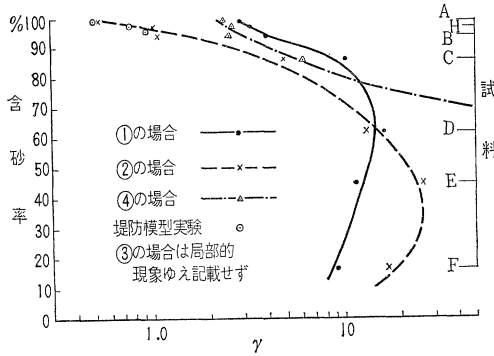
- a) 堤防模型実験の結果
- b) 越波が直接土面に衝撃を与える場合(①の場合)
- c) 越波が衝撃を与え，かつ，のり面を流下洗掘する場合(②の場合)
- d) 盛土表面に凹凸があり，それによって破壊が誘発される場合(③の場合)
- e) 異質物との接触により水侵食が促進される場合(④の場合)

$$\text{ここに, } r \text{ の値は } r = \frac{V_{ov}}{V_s} \times \frac{\rho}{\sigma_s} \text{ から算出}$$



実験方法は、まず波浪水槽において堤防模型による盛土の洗掘崩壊実験を行なった(結果については表-1, 図-1 参照)。つぎに、打上げた波を簡単に落水水とみなして、表-2 の供試土を用い、同一条件の外力(落水水塊)を与える装置を使って各盛土材料の洗掘土量を測定した。こうして、実験測定値を前記の4つの場合に整理して、各場合ごとに図-2 のような結果をえた。これから、洗掘抵抗係数として $\gamma = \rho V_w / \sigma_s V_s$ (ここに、 ρ : 水の密度、 V_w : 越波量、 σ_s : 土の密度、 V_s : 洗掘土量) の値を求め、一応供試土の含砂率との関係において整理すると図-3 のごとくに表わされる。一方、実際の台風時越波において

図-3 洗掘抵抗係数



は、大量の越波水も小水塊に飛散分布して波越することにかんがみ、越波を連続水塊と考える(しぶきを除外する)限りにおいて、この特性はほぼ現地に適用して差し支えないと思われる。したがって、入射波の性質がわかり越波量が推算できれば、こと図-3 の γ とを用いて各場合における洗掘量を一応求めることができる。

以上の結果は土羽堤防はもちろん、工事中の堤防や被覆工の破壊された堤防に対して適用され、さらに土性の特徴を生かした有効な盛土施工法をみだすことなどによって合理的な設計に役立つものと思われる。(1963.11.29・受付)

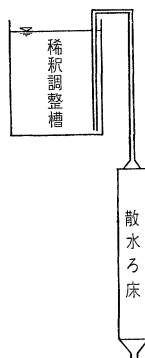
加藤：農林省農業土木試験場佐賀工場
満田：同上

散水ろ床に関する実験的研究

松本順一郎・長谷川信夫

し尿消化処理場において、脱離液の処理は散水ろ床法による場合が多い。しかし、この散水ろ床の設計および運転は下水処理場の場合に準じて経験的に行なわれており、BOD 除去率は 30~50% といわれている。本研究では、し尿消化槽の脱離液(BOD 約 1300 ppm)を用いて実験用散水ろ床(図-1)の機能について実験を行なった。すなわち、ろ床流入水および放流水の水質を調べ、また、ろ材表面のろ膜の生物相(原生動物および後生動物類)を調べることにより、し尿消化槽の脱離液を散水ろ床で処理する場の最適 BOD 負荷および最適散水負荷を求め、さらに返送比、二段ろ過および

図-1 実験用散水ろ床



水温などが浄化におよぼす影響について実験的に研究した。

ろ材には径 3~8 cm のカコウ岩の砕石を用いた。ろ床 1 m² 当りの砕石の全表面積は 83.3 m² であり、ろ床の空げき率は 45.6% であった。本実験で散水負荷と滞留時間との関係を探ったところ次式がえられた。

$$t = \frac{2600}{Q} \dots \dots \dots (1)$$

ここに t : 滞留時間(秒)、 Q : 散水負荷(m³/m²・day) 脱離液を処理した場合、硝化は窒素が過剰なために良好とはいえない。ろ床において除去される有機物について調べたところ、その大部分は浮遊物質であることがわかり、脱離液を処理する場合には浮遊物質を除去することが有効であり、かつ、重要な問題であると推察された。

1. BOD 負荷

散水負荷を 20 m³/m²・日と一定にして、BOD 負荷を 0.3~3.0 kg/m³・日と変化させた時のろ床の浄化効果を図-2 および図-3 に示す。図-2 より BOD 負荷が 1.0 kg/m³・日の時に BOD 除去率は最大であり、50.2% であることがわかる。図-3

図-2 BOD 負荷と BOD 除去率との関係

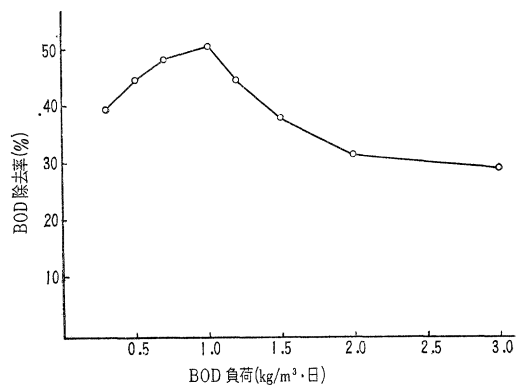
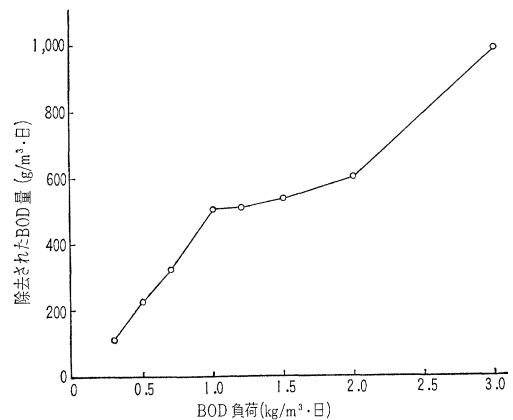


図-3 BOD 負荷と除去された BOD 量との関係

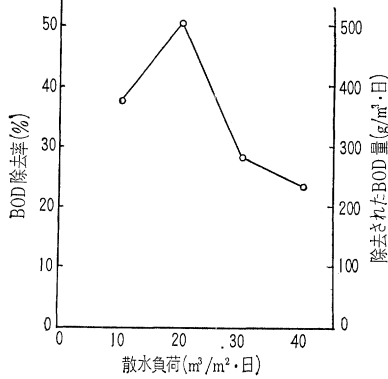


より BOD 負荷が 1.0 kg/m³・日の時に限界 BOD 負荷であることがわかる。また、生物密度は BOD 負荷が 1.0~1.2 kg/m³・日の時に最大で汚泥 1 cc 当り約 90 000 個体であり、その 90% 以上は固着型繊毛虫で占められていることから、ろ床はだいたい良好な状態にあると推定される。

2. 散水負荷

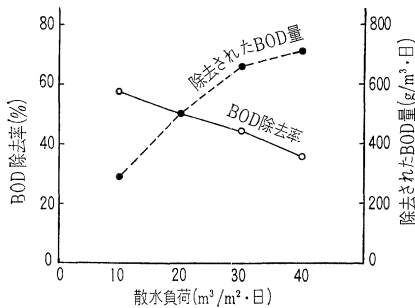
a) BOD 負荷を 1.0 kg/m³・日として散水負荷を 10~40

図-4 散水負荷とろ床の浄化効果との関係



m³/m²・日と変化させた時のろ床の浄化効果を図-4に示す。図-4より散水負荷が20 m³/m²・日の時にBOD除去率および除去されたBOD量とも最大となり、散水負荷がそれ以上になるとBOD除去率および除去されたBOD量はともに減少する傾向がみられる。これは散水負荷の増加につれて汚水がろ膜と接触する時間が短くなるために、ろ床の浄化効果が低下するためと推察された。b)ろ床流入水のBOD濃度を100 ppmとして、散水負荷を10~40 m³/m²・日と変化させた時のろ床の浄化効果を図-5に示す。図-5より散水負荷が増加するにつれて、BOD除去率はほぼ直線的に減少していることがわかる。以上より総合的にみて、散水負荷が20 m³/m²・日の時にろ床の浄化効果は良好であると推察させる。

図-5 散水負荷とろ床の浄化効果との関係



3. 返送および二段ろ過

BOD 負荷 1.0 kg/m³・日、散水負荷 20 m³/m²・日とし、返送比を0~2と変化させて実験を行なった。返送比がこの範囲内ではBOD除去率は返送比とは無関係にほぼ50%であった。それゆえ、返送によりろ床流入水を希釈する効果はあると考えられるので、希釈水が十分確保できない場合には、返送を行なうことは有効な方法と考えられる。散水負荷を20 m³/m²・日とし、BOD 負荷を2.0および3.0 kg/m³・日として二段ろ過の実験を行なったところ、全BOD除去率はBOD負荷が2.0 kg/m³・日の時に60.3%であり、BOD負荷が3.0 kg/m³・日の時に53.3%であった。また、一度処理した脱離液でも始めて処理する脱離液と同程度の除去効果があると推察された。このようは散水ろ床で脱離液を処理する場合には通気を十分に行なえば、多段ろ過を行なったり、ろ床厚を1.8 m以上にしたりしてもかなり浄化効果が期待できると考えられる。

4. 温度の影響

BOD 負荷 0.7 kg/m³・日および散水負荷 20 m³/m²・日の場合

における水温とBOD除去率の関係から次式が導かれた。

$$Y = 1.1X + 27.9 \dots \dots \dots (2)$$

ここに Y: BOD 除去率 (%), X: 水温 (°C)

生物酸化処理において、水温の影響はかなり大きいといわれているが、本実験から水温の変化によるろ床の浄化効果はそれほど大きな変化はないと推察される。

5. 都市下水

都市下水を用いて、BOD 負荷 0.7 kg/m³・日および散水負荷 20 m³/m²・日の条件で実験を行なったところ、BOD 除去率は54.4%であった。実際の下水処理場ではBOD除去率は70~80%になることが予想される。それゆえ、し尿消化処理場で脱離液を散水ろ床で処理する場合には、実験でえた最大BOD除去率50.2%よりも良好な除去効果がえられると期待できる。

(1964.1.13・受付)

松本: 正員 工博 東北大学助教授
長谷川: 正員 工修 東北大学大学院学生

航空写真と電子計算機による 道路路線の設計法

丸安隆和・中村英夫

道路建設の計画、設計作業を迅速、正確に行なう方法を開発することは現在急務となってきている。本研究はその一つの方法として航空写真より地形データを取り、これをもとにして電子計算機によりデータ処理を行ない道路の計画から設計を一貫してすすめることを主眼として試みたものである。

道路建設を着工するまでの作業としては一般に予備設計、実施設計の2段階を経て中心杭設置を行なっている。予備設計は主として比較路線を検討し工事費を概算するのが目的である。実施設計は予備設計の結果決定された路線についてさらに詳細な設計を行ない工事費の積算をし、この設計図にもとづいて施工を行なうのを目的としている。本研究で試みた方法もこの2段階の作業を経るのであるが、それぞれその目的に応じしかも時間的、経済的に有利な方法を用いることを目論んだ。

つぎに、その方法上の要点、特色を列挙する。

予備設計

1) 路線選定は航空写真より光学的にくみ立てた実体モデルをもとにして行なう。したがって地形図は必要としない。

2) 路線通過予定の帯状区域の地形をデジタルな形で電子計算機に記憶させる。これを数値地形モデル digital terrain model と呼ぶ。

3) 選定した路線の平面線形にしたがって、その路線の縦断地形、横断地形を数値地形モデルより内挿して求める。

4) 道路の縦断勾配はつぎの方法により電子計算機で最適なものを選定する。すなわち各測点ごとに道路計画高 y_i を政策変数として、その測点区間の道路建設事業費と将来この区間を走行する車両の走行費の和 C_i を y_i の関数として表わす。そしてこの費用関数の全区間にわたる総和 $\sum C_i$ が最小となるような道路計画高の系列 $\{y_i\}$ をダイナミックプログラミングの手法を用いて計算し路線の縦断勾配を選定する。

5) 道路計画高と横断地形をもとにして電子計算機により道路横断面をきめ、土工量その他の工事数量を計算する。

6) 道路縦断図は電子計算機の出力装置により図に描く。

7) 工事費を積算し、さらに、この道路を走行する車両の運転経費および道路維持費を算出し最適な路線を決定する資料表を作製する。

表-1

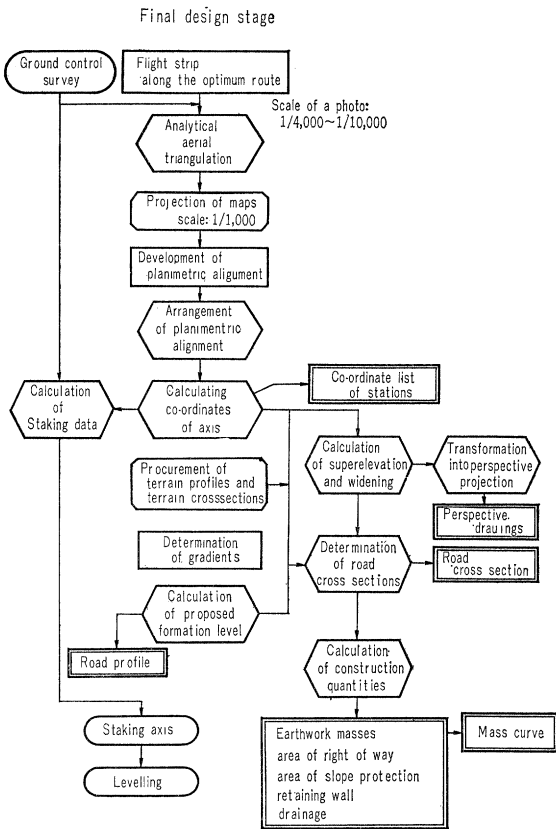
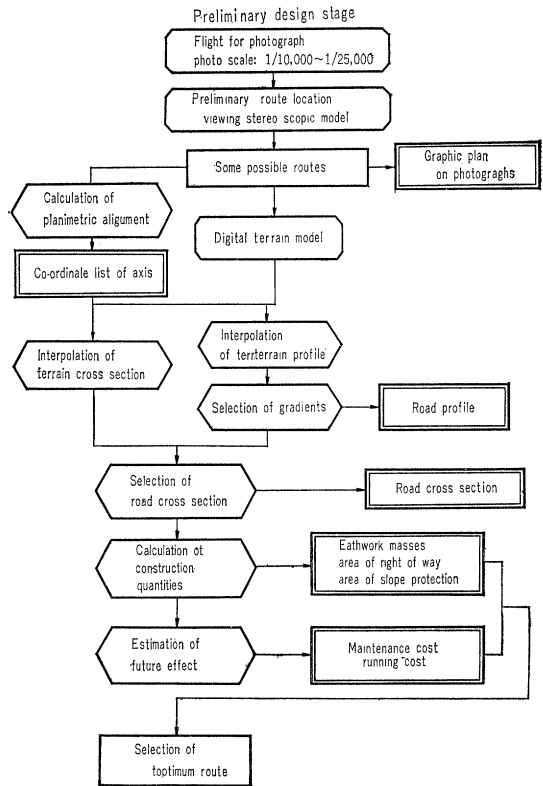


表-2



注 表中の ◻ は電子計算機の処理する過程を

○ は航空写真に関係する過程を

◯ は現地作業の過程を表わしている。

以上のような方法をとるとき多くの比較路線についての設計が電子計算機に入力する平面線形を変えるだけで簡単に、迅速に行なうことができ、線形の修正が容易になる。

実施設計

- 1) 1/1 000地形図を作製しこれをもとにし線形要素をきめる。
- 2) 電子計算機により線形が所要の境界条件を満足するよう調整し各測点の位置および方向を計算する。
- 3) 航空写真の実体測量によりその線形について縦横断地形を測定しせん孔テープに記録する。
- 4) 縦断勾配を選定し、電子計算機により施工基面高を計算し、これと横断地形より道路横断面を決定し計算機の出力装置により道路横断面図を描く。
- 5) 土工量、用地幅、張芝面積などを算出し、さらに土積曲線を描く。またこの数量をもとにして工事費を積算する。
- 6) 写真撮影に先だて設置した基準点と中心杭の関係および中心杭相互間の関係を計算し設置量を求める。
- 7) 中心杭設置後、地上での縦断測量を行ない、この結果を

航空写真の実体測量より求めた結果と比較しその間に無視できない差がある測点については横断測定の結果を修正する。

8) 必要に応じて平面線形の出力データをもとにして投影変換の計算を行ない透視図を作製する。

9) 数値地形モデルを用いれば、平面線形を少しずつ移動させて検討するのに便利であるが、そのときはさらに現地で横断測量を行なって実施設計図をつくる必要がある。

以上一連の作業方法につきその基本的な考え、測定精度、所要時間などについて述べるものである。なおこれらの作業の流れを図に示すと表-1~2 のようになる。(1964.2.5・受付)

丸安：正員 工博 東京大学教授 生産技術研究所
中村：正員 東京大学生産技術研究所

COASTAL ENGINEERING IN JAPAN, VOL. I (1958)	B5 判	147 頁	定価 250 円 (〒 共)
COASTAL ENGINEERING IN JAPAN, VOL. II (1959)	B5 判	122 頁	300 円 (")
COASTAL ENGINEERING IN JAPAN, VOL. III (1960)	B5 判	122 頁	500 円 (")
COASTAL ENGINEERING IN JAPAN, VOL. IV (1961)	B5 判	122 頁	700 円 (〒 60 円)
COASTAL ENGINEERING IN JAPAN, VOL. V (1962)	B5 判	160 頁	1 200 円 (〒 共)
COASTAL ENGINEERING IN JAPAN, VOL. VI (1963)	B5 判	134 頁	1 000 円 (〒 共)