

南カリフォルニアにおける都市間高速輸送の展望
Jour. High Speed Ground Transportation
 /三浦 重・訳
 リングせん断装置による残留強度の測定
Géotechnique/国生 剛治・訳
 有道床の鉄筋コンクリートスラブ橋に作用する軸重分布
Rail International/宮本 征夫・訳
 礫床河川における流出土砂量の測定
Proc. of A.S.C.E., HY/池谷 浩・訳

南カリフォルニアにおける都市間
 高速輸送の展望

“Southern California : Prospects for High Speed
 Interurban Transportation”
 Taylor, L. R.

Jour. High Speed Ground Transportation Vol. 5 No. 1
 January (1971)

(1) 序

ここ数年来、次第に深刻化する交通難を背景に、南カリフォルニアに都市間高速輸送網を実現するための努力が続けられている。このなかで提案されたいくつかの計画に対し、現在までのところ有効な比較検討がなされていない。本論文では、この地域における交通の現状に関する諸資料を提供し、これに基づいて、現在までに提案されている交通難解消の具体策について検討を行なう。

(2) 需要の指標

1) 人口 1970年の国勢調査では California 州 Los Angeles, Orange, San Diego 3郡の人口は約1000万であり、全国土の0.25%の土地に5%の居住人口を抱えている。1980年には1300万人となり、20年後にはさらに500万人の人口増が予想される。1980年の予想人口分布を図-1に示す。南カリフォルニアの人口分布状態は HSGT (High Speed Ground Transportation) に特に適している。

2) 既存交通手段の現状 1969年における San Diego—Los Angeles/Orange の1日平均交通量を表-1に示す、その大部分が自家用車によるものである。次にこれを個別にみると、自家用車については、日平均交通量の推移は表-2に示すごとくである。1961~1969年の間に年間8%の割合で増加している。ピーク時の交通量はすでに容量を越えており、通過旅客が渋滞にまき込

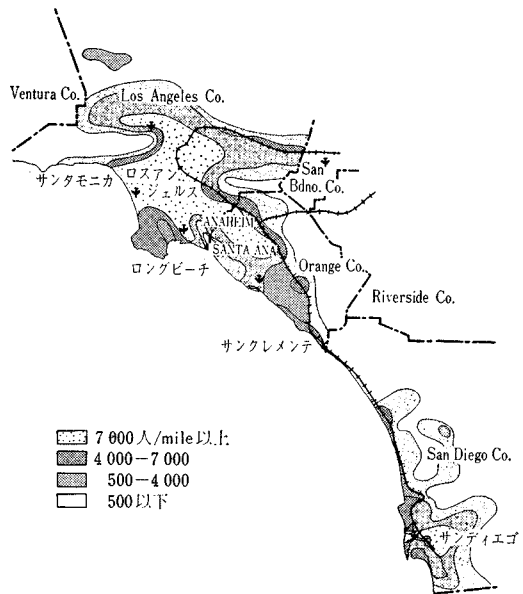


図-1 1980年における人口分布

表-1 1969年のSan Diego—Los Angeles 回廊における
 日間旅行者数

乗用車	航空機	バス	鉄道	合計
118 900	7 183	2 350	923	129 356

表-2 5号州道 San Diego—Orange 間の日間交通量

	1961	1963	1965	1966	1967	1968	1969	1980 (計画)
一目平均台数	22 200	26 000	27 800	30 500	34 000	38 000	41 000	90 000
ピーク時台数	2 400	3 500	4 300	3 000	4 300	3 800	4 920	10 800
一日平均 通行人	52 500	61 400	65 800	72 000	80 200	89 800	118 900	212 500

まれるという事態が生じている。また、年間8000件を越える交通事故も混雑をいっそうひどいものとしている。1969

表-3 航空旅客

年度	年間通算旅客	一日平均旅客
1966	1 813 000	4 970
1967	2 097 000	5 750
1968	2 338 000	6 400
1969	2 622 000	7 183

年における死傷者数は2971人であった。

航空機による旅客の推移は表-3に示すとおりである。現在の割合で増加すると、旅客は5年ごとに倍増することとなり、San DiegoのLindbergh空港は、1970年代末には飽和状態となることが予想される。

バスによる旅客は Los Angeles—San Diego 間で週日4000人/日、週末6000人/日程度である。両都市間(約200km)の所要時間は2時間5分である。

鉄道は同区間に一日3往復で1000人弱の旅客を輸送しており、所要時間は2時間55分(表定速度71km/h)である。

(3) OD

三郡を54の区域に分割してOD調査を行なった結果は次のとおりである。

① 地域別の旅客発生量は人口分布に比較して集中度が低く、わずかに、海軍基地周辺、大工場地帯に若干の集中がみられる程度である。

② 旅行目的の順位は④ 帰宅、① 仕事、③ レクリエーション、② 買物、⑤ その他となっており、この地域の発生交通量の大きな部分が家庭と連結されていることは注目に値する

(4) 諸方策の検討

Los Angeles から San Diego に至る回廊地域の交通に関して従来行政側からは都市内の短距離輸送に重点を置いて論じられたが、最近都市間輸送について諸方面で検討が行なわれ、回廊地域の将来の都市間輸送システムとして、① Freeway の建設、② 高速鉄道、③ TACV (Tracked Air Cushion Vehicles)、④ 海上ホバークラフト、⑤ STOL (Short Take-off and Landing aircraft) が提案されている。これらのうち、① は人口のあまり稠密でない地域の home lased trip には適しているが、これ自体自動車交通を前提としたものであり、他の交通手段との比較がなされる必要がある。特にこの地域は有数の柑橘類生産地であり、優れた自然環境を有することから道路建設によってこれを荒廃させることには多くの技術者が警告している。② は従来の鉄道線路にターボ列車等の高速列車を走らせる計画であるが、現在の線路構造に問題が多く見込薄である。③ については、すでに運輸省により Los Angeles 国際空港—San Fernando Valley 間に建設が計画されており、現在の交通混雑の緩和にきわめて有効と考えられる。今後、南北に幹線を、東西に補足的機能を有する TACV の建設が考えられる。④ は州政府の計画として350人乗りのホバークラフトを海岸沿いに走らせることが考えられているが、路線が、人口密集地帯のみに限られること、速度が遅く TACV や STOL の1/10程度しか出せない等の欠点がある。⑤ については、現在の航空旅客の激増の状況から考えて開発が急がれる。STOL の利点として、混雑した普通航空路の下の空間を安全に飛ぶことができ、飛行場でも補助的滑走路から離着陸でき、中・長距離機を支承せずすむ。一方、現在のところ適当な飛行機がないこと、スペースの関係上1200ft(360m)程度の低空を航行することから騒音が問題となる。悪天候時の運行も

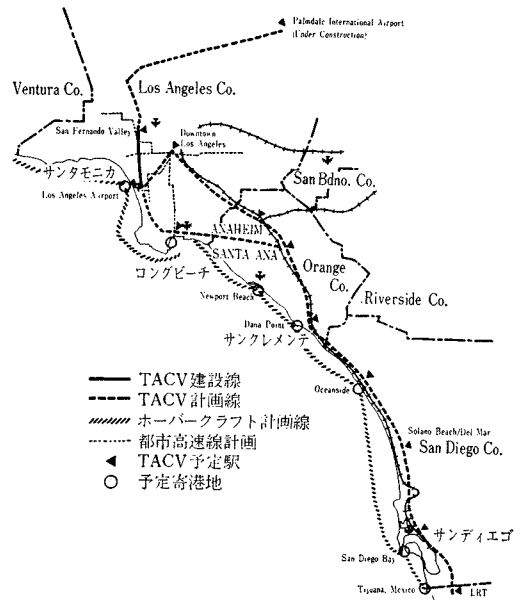


図-2 TACV 海上ホバークラフトの計画線

問題である。

次に将来有望と考えられる TACV と STOL について必要投資額をみる。TACV の将来計画路線を図-2 に示すが、STOL についても TACV の駅と同数の小空港を建設するものとする。これに約2億5000万ドル(90億円)、40機のSTOLの製作に約2億ドル(71億円)を要する。一方 TACV に要する費用は240km/h 運転の場合で約8億ドル(286億円)、400km/h 運転の場合で約8億7000万ドル(318億円)と STOL より高価となる。

所要時分は Los Angeles—San Diego 間で40~60分と両者ともほぼ同程度となり、自動車に比べ1/3~1/5に短縮されるが、目的地と直結されないことにより無駄な時間が出る。このため補助的交通手段の充実が必要である。

(5) 結論

都市間を結ぶ TACV が南カリフォルニアに実現することになるが、STOL はより経済的であり空の混雑と騒音を解決できれば有望な輸送機関となる。両者とも各地方ごとの集合離散に要する補助的交通手段の完備が前提となる。

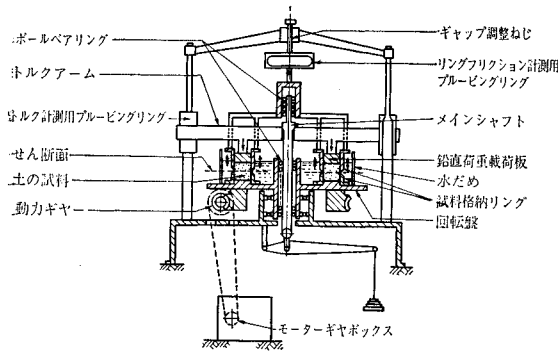
今後検討すべき問題点としては、ルートの選定、各手段の競合、駅(または空港)の位置の決定、投資額、運転費用、資本依存の官民に対する適正比率の問題等がある。

リングせん断装置による残留強度の測定

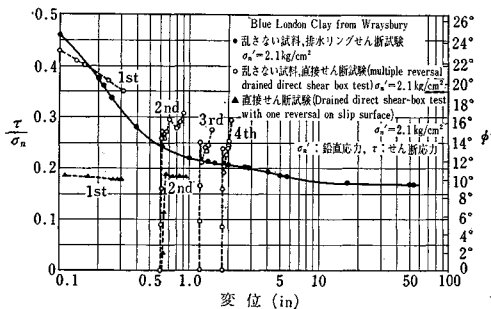
“A New Ring Shear Apparatus and Its Application to the Measurement of Residual Strength”
 Bishop, A.W., Green, G.E., Garga, V.K.,
 Andresen, A. and Brown, J.D.
 Géotechnique Vol. 21, No. 4
 pp. 273~328, December (1971)

土のせん断試験は3軸圧縮試験機などを使うことにより、通常の目的のためには適切に行ない得る。しかし、土が大きなせん断ひずみを、受けるときに示す残留強度 (residual strength) を調べるためには、大きなひずみ量までの実験が可能な装置を使わなければならない。この目的のためにはねじりせん断試験機やリングせん断試験機が適当である。いままでにこの種の試験機が数多く試作されたが、技術的に問題が多く正確な残留強度を求めることができていない。著者らは、いままでのリングせん断試験機にいろいろ改良を加えて、精度の高い残留強度を求めるための試験機を開発した (図一)。

土の試料は2つのリングで囲まれた部分にリング型に成型されて入れられ、上部より拘束応力が加えられる。ドレーンは試料の上面と下面より行なわれる。リングは上部と下部とに分かれ、その間にはごくわずかなギャップ



図一 リングせん断装置概略



図二 せん断試験結果

表一 リングせん断装置と直接せん断装置による残留強度の比較

土の種類	リングせん断装置による残留強度 (r _{rs})		直接せん断装置による残留強度 (r _{sb})		(r _{sb} /r _{rs})	
	σ' _n =5 (lb/sq. in.)	σ' _n =15 (lb/sq. in.)	σ' _n =5 (lb/sq. in.)	σ' _n =15 (lb/sq. in.)	σ' _n =5 (lb/sq. in.)	σ' _n =15 (lb/sq. in.)
Blue London Clay	0.83	2.48	1.20	3.60	1.45	1.45
	0.91	2.37	1.25	3.74	1.37	1.58
	1.35	3.25	1.83	3.68	1.36	1.13
Cucaracha shale	σ' _n =2 (kg/cm ²)	σ' _n =4 (kg/cm ²)	σ' _n =2 (kg/cm ²)	σ' _n =4 (kg/cm ²)	σ' _n =2 (kg/cm ²)	σ' _n =4 (kg/cm ²)
	0.31	0.60	0.31	0.52	1.00	0.87

σ'_n: 有効鉛直応力

(0.075 mm) が保たれる。下部のリングは動力による回転盤に連結されており、ねじり力が加えられる。上部のリングに取付けられたプルーベリングにより、土の試料に加えられたトルクが計測される。各部のまさつによる力の損失ができるだけ少ないように、また、上下のリングの間のギャップができるだけ小さく、かつ一定に保たれるように工夫されている。

この試験機により、各種の土について緩速排水試験を行なった (図二)。そして、その結果を同じ土について行なった他の試験法 (reversal direct shear box など) による既往の実験結果と比較した (表一)。その結果、本試験装置によって得られる残留強度は非常に正確度が高く、他の試験法による値よりも多くの場合小さく出た。これは他の試験法では、リングせん断試験機のように、大きな変形量にいたるまで、連続的にきれいなすべり面がつかれないためであると思われた。

有道床の鉄筋コンクリートスラブ橋に作用する軸重分布

“Distribution of Axle-loads on Ballasted Slab Bridges”
 Rail International, No. 9,
 pp. 780~784, September (1971)

(1) 概要

各国の鉄筋コンクリート鉄道橋の設計法を比較してみると、特にスラブ橋の耐荷力を計算した結果、国によって大きな差のあることがわかる。これは橋梁の軸方向および横方向への荷重分布の仮定が各国により異なることによるものである。橋軸方向の荷重分布についてはすでに適切な結論が出されているので、ORE (Office for Research and Experiments of the International Union of Railways) D 115 専門委員会は橋梁の横断方向の荷重分布の問題を取り上げて実験研究を行なった。

表-1 試験変数

縦桁腹間 の距離 l (m)	スラブ厚 d (cm)	道床厚 h (cm)	砂砕道床の 厚さ Δh (cm)	規定どおりに配置されたまくらぎ				軌道が橋梁中心 線に置かれ全長 にわたりまくら ぎが敷設されて いる場合
				軌道が橋梁中心 線に置かれた場合	軌道が橋梁中心 線から50cm外 に置かれた場合	軌道が橋梁中心 線に置かれ水平 方向力が作用す る場合	レール腹部を弾 性的に拘束する 場合	
3.0	25	20	—	V 1				
		40	—	V 2				
		20	20	V 3				
2.0	15	20	—	V 4	V 5	V 6	V 7	V 8
		40	—	V 9				
2.0	15	20	—	V 10				
2.0	15	40	—	V 11				
1.5	15	40	—	V 12	V 13			

この抄録は、標記の“Rail International”の報告の他、その原報告書である QRE Question D 115, Report No. 1, pp. 1~ 71 をもとに行なったものである。なお、本報告は実験結果の一部を紹介したものである。

(2) 実験の計画

試験の目的は、軸重が橋梁断面横方向にいかん分布しそれらが以下のパラメータ、すなわち、(1) 縦桁間のスラブの支間、(2) スラブ厚、(3) 道床厚、(4) まくらぎ路盤、(5) 橋軸と直角方向の横断面に関する軌道の位置、にどのように依存するかを定めることである。これらの個々のパラメータの影響を調べるために表-1に示すような試験変数を持つ実験が計画された。図-1にその試験体を示す。荷重は油圧ジャッキによりレール支持部6点に加えられ、100 kN (10.2 t)、200 kN (20.4 t)、300 kN (30.6 t) の各荷重段階における、1) まくらぎ中心下における道床圧力分布、2) スラブのひずみ 60 点、3) スラブのたわみ 13 点、等を測定した。なお、荷重はデータの信頼性を得るためにまくらぎ中心線に関して対

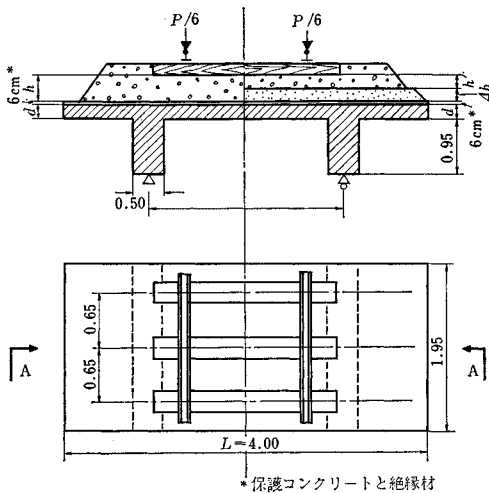


図-1 試験体

称に加えられ、また、各試験において荷重は3回(ただし V 4 については4回)繰り返して加えられた。

(3) 実験結果

ここでは、表-1に示される試験のうちの V 4 の結果のみが紹介されている。図-2は荷重 300 kN (30.6 t) における道床圧力の分布を示したものである。まくらぎ中央部で道床と接していない(いわゆる道床中すかしの)ために、道床圧力はレール直下に集中している。また、荷重が増加するにつれて、まくらぎ半分に関する道床圧力合力の位置はスラブの支承部へ移行するのがわかる。道床中すかしされたまくらぎ下の道床圧力の合力の位置は、スラブのたわみ、すなわち、剛性が決まると荷重の大きさによって変わる。

道床圧力を放物線近似と実測値から仮定して求めたスラブ応力の計算値と応力測定値を比較すると、両者はきわめてよく一致した。最大応力はスラブのスパン中央領域に起り、その大略値は次のとおりである。荷重 100 kN (10.2 t) のとき、スラブ上縁で -50 daN/cm^2 (-51.0 kg/cm^2)、下縁で $+48 \text{ daN/cm}^2$ (49.0 kg/cm^2)、荷重 200 kN (20.4 t) のとき、上縁で -88 daN/cm^2 (-89.8

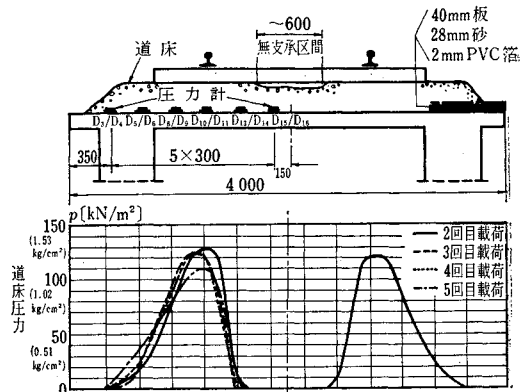


図-2 荷重 300 kN (30.6 t) における道床圧力分布実測値

kg/cm²), 下縁で 90 daN/cm² (91.8 kg/cm²), 荷重 300 kN (30.6 t) のとき, 上縁で -121 daN/cm² (-123.5 kg/cm²), 下縁で +130 daN/cm² (132.7 kg/cm²) であった。ここでヤング係数は $420 \cdot 10^3$ daN/cm² (429 000 kg/cm²) を用いた。スラブのたわみについても応力と同様に道床圧力分布を仮定してたわみの計算値を求めて実験値と比較したところ実験値は計算値によく一致した。

実験により求められた道床圧力分布は実際の設計にはそのまま応用することはできない。そこで, 静的効果に関して, 測定値に対応する等価な長方形分布の荷重を定めた。この長方形荷重は, スラブのたわみ, 道床路盤の厚さの関数として表わすことができるものである。

全実験が完了し次第, 最終的な設計式の提案を行なう予定である。

礫床河川における流出土砂量の測定

“Sediment Transport Measurements in Gravel River”
Hollingshead, A.B.
Proc. of A.S.C.E., HY
pp. 1817~ 1834, November (1971)

西カナダのロッキー山脈東斜面を流れる Elbow 川は河床が粗い礫で構成されていて, 流出土砂量を推定するにも現在ある流砂量公式では適応がむずかしい。そこで Elbow 川における流出土砂量を測定し, 流出土砂率曲線を作成する目的のため本研究を行なった。

(1) 調査地点

Elbow 川の水源より 35 miles 下流の, 流域面積 206 sq. miles の地点を観測点とした。そしてこの地点で流路延長 3 400 ft を 20 断面に切って数回の洪水を対象に河床変動測定を行なった。

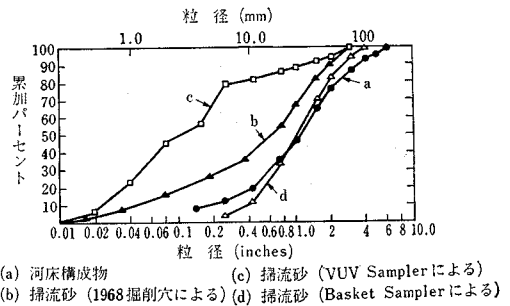
(2) 装置

浮流砂量は US-D-49 と US-DH-59 を用いて測定し, 掃流砂量は 2 種の Basket Sampler と 2 種の VUV 型 Sampler によって測定された。Basket Sampler の大きさは長さ 30 in, 幅 24 in, 深さ 10 in, と $15 \times 12 \times 6$ in を用いている。VUV 型の方は長さ 94 in, 幅 18 in, 高さ 5 in と $41 \times 8 \frac{1}{2} \times 4 \frac{1}{4}$ in である。

流速と水深の測定は Gurley の流速計を用いた。また, 水面勾配は測定から平均 7.45×10^{-3} とした。

(3) 河床構成物と掃流土砂

河床構成物は数フィートの厚さで堆積しており, その下に風化頁岩, 砂岩が存在する。河床構成物の主体は石灰岩で, 比重は 2.64。ふるい分け試験による粒度分布



図一 粒度分布曲線

曲線は 図一 に示した。

掃流土砂移動における個体形の影響については, 個体の x, y, z 軸が二, 三の個体について測定された。掃流土砂追跡資料の解析によると, 中間径 1.4 in の軸径をもつ個体は 1 750 c.f.s. の流量に対して, 3 400 ft の流路を平均 130 ft/hr の速度で移動した。また, 球形の個体が平均流速において最も高い値を示している。

(4) Sampler による掃流土砂の測定

表一は 1/4 inch Mesh の Sampler から得られた掃流土砂の測定値総括表である。表中の流量は測定期間内の平均流量を示しており, 測定期間は一般に数時間で, まれには数分の場合もある。流出土砂量については, 単位土砂量に対して 3.18 倍の係数を用いている。この係数は Basket Sampler の型 (Sampling 効率によるもの

表一 掃流砂量観測値表

日時 (1)	観測期間中の平均流量 (cubic feet /sec) (2)	観測例 (3)	河床変動幅 (feet) (4)	単位掃流砂量 (lbs/min) (5)	概算掃流砂量 (lbs/min) (6)
1967 6 月 1 日	3 850	1	60	990	3 140
2	2 900	13	50	521	1 660
17	1 900	8	80	456	1 450
20	1 630	13	40	72	229
21	1 560	12	50	186	590
22	1 470	7	40	138	440
23	1 250	3	30	1	3
1968 6 月 8 日	1 490	17	40	148	470
9	1 400	22	30	26	83
10	1 370	5	20	27	86
1969 6 月 25 日	2 900	11	40	976	3 100
26	3 200	11	30	902	2 870
27	2 400	23	50	1 100	3 500
27	2 200	26	50	562	1 760
28	2 250	32	50	747	2 380
30	3 360	11	40	997	3 170
30	3 180	26	50	1 560	4 960
7 月 1 日	3 000	26	40	964	3 060
1	2 900	29	40	1 410	4 480
2	2 450	55	50	557	1 770
3	2 200	28	50	469	1 490
3	2 100	15	40	181	575
4	2 100	27	50	225	715
5	2 200	19	50	131	416

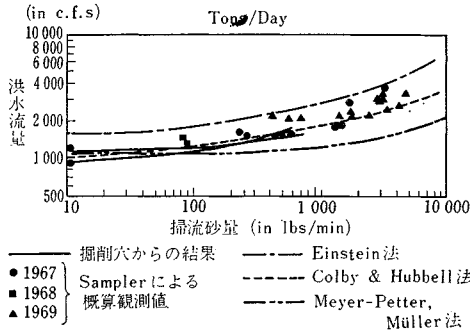


図-2 流量-掃流砂量曲線

45%)と 1/4 inch Mesh を通り抜ける微細部分の損失(損失率 30%)からきている。しかし、この値がすべての流れに対して適用できるかどうかは不確実である。最近の Samide の研究によれば、係数は洪水流量によって変化するとし、1,400 c.f.s. の流量に対して、2.9 の係数が報告されている。表-1 からの概算の掃流土砂量は他の方法と比較のため 図-2 に示した。

(5) 河床掘削穴からの流出値

長さ 150 ft, 幅 60 ft, 深さ 3 ft の河床掘削穴が調査地点最下流端に作られた。この掘削穴において 1968 年 6 月 3 日~11 日の間における洪水によって 19,400 cu. ft の総堆積土砂量が測量された。

(6) 総流出土砂量

浮流土砂量曲線と掃流砂量曲線を加えることにより総流出土砂量曲線が与えられる。これから Elbow 川の Bragg Creek における平均年流出土砂量は、約 306 Sq. miles の流域において 190 ton/Sq. miles として与えられた。

(7) 流送式の検討

種々の流送理論を粗い河床構成物質からなる天然河川に適用するのは非常にむずかしい例として 図-2 において 1,500 c.f.s. の流量に対する計算上の流出率の最大値と最小値の差は 300 倍もある。

Meyer-Peter, Müller, Einstein の各理論に比べて Colby と Hubbell の理論による計算結果はもっとも野外実測値に近似している。この式は経験的關係にもとづいていて、有効河床せん断力の値を水面勾配よりもむしろ実測の平均流速から求めている。

(8) 掃流土砂量計算方法の提案

この方法は、河川幅、平均流速および Cooper の解析図(図-3)によって求められる。この解析においては、混合率の影響は小さい。Cooper によれば、無次元パラ

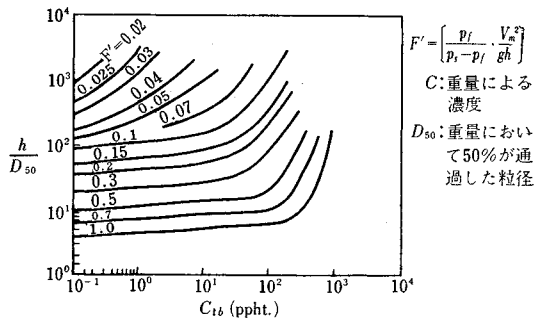


図-3 $F' c$ と h/D_{50} との関係

メーターの値が測定値の解析範囲内にあれば、図-3 は扇状地における流路の設計および解析に用いることができるとしている。計算方法は以下のとおりである。

- 1) 総流量に対する河床堆積物の可動幅 b_s を測定する。
- 2) この流路の可動部における総流量に対する平均流速 V'_m と平均深 h' の関係は 図-4 から求められる。
- 3) 次式の計算を行なう。

$$F'' = \frac{\rho_f}{(\rho_s - \rho_f)} \cdot \frac{(V'_m)^2}{g \cdot h'}$$

- 4) 図-5 の F'' と h'/D_{50} の関係から c 値を決定する。
- 5) c 値より総流出土砂量を求める。

以上の簡単な例を表-2 に示した。

この方法による結果は

1968 年の河床掘削穴からの測定値によく一致している。しかし、測定例が数に制限があって不十分であるので、今後より多くの実測値との検証が必要である。そしてこの方法により流砂量問題に対するより現実的なアプローチが考えられる。

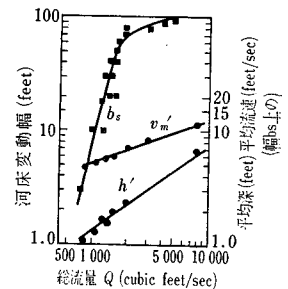
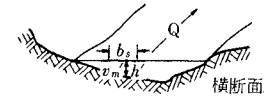


図-4 河川における単位幅あたりの平均深、平均流速

表-2 提案した方法による計算例

総洪水流量 Q (cubic feet/sec) (1)	河床変動幅 (feet) (2)	平均流速 V'_m (feet/sec) (3)	平均深 h' (feet) (4)	$F'' = \frac{\rho_f}{(\rho_s - \rho_f)} \cdot \frac{V'_m^2}{g \cdot h'}$ (5)	$\frac{h'}{D_{50}}$ (6)	掃流砂濃度 C ($\times 10^5$) (7)	部分流量 Q' (cubic feet/sec) (8)	総掃流砂量 G_s (lbs/min) (9)
800	3	4.9	1.1	0.41	13	0	16	0
1000	8	5.4	1.3	0.43	14	1	56	2
1200	17	5.8	1.5	0.43	16	15	148	83
1400	32	6.1	1.7	0.42	19	30	332	374
1600	49	6.5	1.9	0.42	21	38	605	860
2000	70	7.0	2.2	0.42	26	55	1080	2220
3000	88	8.0	3.0	0.40	35	80	2110	6300
4000	95	8.9	3.8	0.39	45	100	3210	12000