

# 林道の構造に関する研究 (第2報)

— 島根県開設林道の構造と新設費について —

三 宅 正 (林業工学研究室)

Tadashi Miyake

## Studies of the Geometric Design and Construction of Forest Roads (II)

### 1. ま え が き

わが国は地理的に細長く南北に延び暖帯から寒帯にわたると共に、多雨多湿の気候に恵まれて各種の樹木の生育に適し、森林はわが国の重要資源となっている。国土の大半が山岳によって占められているから森林も急斜面に成立する山林が多く、その育成についてはまだ十分とはいえない。地形の複雑な広い面積に分布する森林にはまず林道を開設することが何よりも先決問題である。国においても林道網の整備に力を入れ、たとえば民有林の林道事業に対して国庫補助や融資を行い、また未開発奥地林の大面积にわたるところには森林開発団を設けて林道の開設や改良に当らせている。

民有林開設林道の自動車道の場合、新設工事の実施設計における路線測量はポケットコンパスとポールと布テープにYレベルを使用し、測量時間と労力も極めて制限され一般公道における本格的な測量方法にくらべてはるかに簡略なものであり、測量の現地は地形地質の複雑な山地が多くまた工事費は一般公道よりも安価を要求されるから、最良の路線を選定するには設計者の苦労も容易なものではない。西垣晋作氏の著書林道設計法には経済的な林道開き法として各種工事の数量を算定する式があげられているが、実際に開設された林道はどのような構造をもっているであろうか。最近土木機械の発達にともない土工機械なども導入されている。道路の構造は幅員、勾配、曲線等の幾何学的構造と路体、路面等の構造にわけられるが、すでに開設された林道はその地域の条件を反映しているものと思われる。これらの構造、あるいは地形、地質、新設費との関係など既往の実績に考察を加えて林道の経済的構造を研究することも有意義であろう。

島根県民有林における開設国庫補助林道の自動車道について昭和31年度以降4年間の設計資料を島根県林業課

の厚意により調査することができたのでここに報告する次第である。この報告の1部は昭和35年4月日本林学会大会で発表した。島根県に続いて広島、山口など他の地域の開設林道についても報告する予定であり、また設計資料の調査と合わせて現地調査も行う計画である。

林道設計資料の調査に便宜を供与された島根県林業課と資料のとりまとめに協力された高島文吉氏に深く感謝する。

### 2. 調 査 方 法

昭和31年度から34年度までの4年間に島根県民有林において開設された国庫補助林道の自動車道は第1表のとおり路線数62本、総延長73,194m、新設費総額約2億7千万円である。

第1表 島根県開設林道(4カ年)

区 分	3 m		3.6m		4 m		計	
	本数	延長	本数	延長	本数	延長	本数	延長
年度		m		m		m		m
31	5	4,449	8	10,269	2	2,963	15	17,681
32	5	5,104	8	12,203	2	2,038	15	19,345
33	5	4,082	8	10,631	2	3,548	15	18,261
34	7	6,353	9	10,120	1	1,434	17	17,907
計	22	19,988	33	43,223	7	9,983	62	73,194

道路幅員は3m、3.6m、4mの3種類にわかれ、その内訳は路線延長比でそれぞれ27%、59%、14%、新設費の総額比ではそれぞれ22%、58%、20%となり、幅員3.6mが全体の約6割を占める。橋梁の延長は377mで全路線長の5%に当り、新設費総額に対しては10%となる。

これら自動車道の各路線について、設計書の完成出来高により次の値を調べた。

(1) 工種別工事単価：設計書の工種内訳表に記載されている工種別の単位量当り工事単価。

(2) 新設単価：路線の新設費をその全長で割った路線1m当り新設費の平均単価。

(3) 土工単価：新設費のうちの土工費を橋長を除く路線長で割った路線1m当り土工費の平均単価。橋梁は特別の構造物で工費も高く新設単価に大きく影響するので土工費だけの単価を求めた。

(4) 新設費の費目別割合：新設費の内訳である土工費、橋梁費、排水設備費、付帯工事費、保険料、雑費の費目別百分率。(%)

(5) 土工費の細目別割合：土工費は新設費の大きな割合を占めるので、その細目を純土工(切取、盛土、純盛土)、法面保護工(筋芝、石垣、擁壁、型枠、張石)その他(路面上置、基礎、水替、伐根など)にわけてその工事費の割合(%)を求めた。

(6) 純土工費：土砂、土石、軟岩、硬岩などの土質別切取、盛土、純盛土の各土工量を、橋長を除く路線長で割った路線1m当り平均土工量。

次に設計図にもとづいて各路線の勾配、曲線、地盤などに関係する次のような計数を算定した。

(1) 平均測点距離：路線の全長をその中心線の測点数で割った値。測点間の平均距離を表わし、複雑な地形の路線ほどこの距離は短くなるものと思われる。

(2) 計画高差1m当り路線長：路線の全長をその計画高の高低差累計で割った値。路線計画高の高低差1mを有する2点間の平均路線長を示し、この値の小さいほど路線の起終点両点間の平均勾配が急になる。この値と百分率で表わした勾配との関係は第2表のようになる。

第2表 計画高差1m当り路線長と勾配の関係

計画高差1m当り路線長(m)	10	20	30	40	50	100
勾配(%)	10	5	3.3	2.5	2	1

(3) 地盤高差1m当り平均路線長：路線の全長を地盤高の高低差累計で割った値。地盤高の高低差1mを有する2点間の平均路線長を示し、この値の小さいほど路線に沿った地盤の起伏量が大きいものと考えられる。

(4) 路線1m当り曲線長：路線の曲線長累計を路線全長で割った値。路線全長に対する曲線長の割合を示す。

(3) 路線1m当り交角：前項の路線1m当りの曲線

第3表 工種別工事単価

工種	単位	年 度 別			
		31	32	33	34
土砂切取	円/m <sup>3</sup>	73 54~81	81 70~130	80 68~104	79 74~103
土石	"	120 98~150	140 104~175	140 120~192	152 123~183
軟岩	"	300 243~383	280 225~502	347 272~502	371 304~380
硬岩	"	752 529~1,031	777 644~900	700 624~846	705 561~845
盛土	"	29 23~30	34 30~52	34 31~35	34 33~38
純盛土	"	205 120~255	178 100~226	175 123~280	190 129~304
筋芝	円/m <sup>2</sup>	36 24~44	37 27~45	39 29~49	44 40~54
空積石垣	"	872 310~1,605	934 371~1,780	1,427 568~1,864	1,397 732~1,786
練積	"	1,425 1,046~1,783	1,535 1,156~2,400	1,760 1,051~2,413	1,920 1,235~2,329
擁壁	円/m <sup>3</sup>	3,455 3,019~4,042	3,557 2,704~4,257	3,628 3,245~4,092	3,355 2,890~4,477
路面上置	"	358 200~545	470 223~1,038	711 248~979	660 381~1,376
木橋	円/m <sup>2</sup>	6,610 2,580~11,311	7,334 4,014~14,698		
コンクリート橋	"	20,809~24,234	23,118 21,111~34,573	18,160 10,463~29,475	27,730 10,998~50,482

長は曲線の長短の割合を示すが、路線方向の変り方の大小には直接関係しない。そこで各曲線部の交角をラジアンで示した値を累計し路線全長で割って、路線1m当り交角を算出した。この値の大きいほど路線方向の変り方が大きい路線といえる。

林道の構造に関する因子は以上の外にもいろいろと考えられるが、今までに調査できた以上の結果にもとづきさらにそれらの相互間の関係について2, 3の考察を加えた。

### 3. 結果と考察

島根県民有林の最近4年間における開設林道の自動車道について調査した各工種別工事単価のうち主要なものを第3表に示した。同表の分数の分母は最小値と最大値分子は中央値を示す。(以下同様) 岩石の切取、石垣、擁壁、橋梁などの単価が高いことは当然ながら路線の新設単価を大きく変動する因子と考えられる。

これらの単価を構成する労賃、材料費の年度別物価指数を第4表で見よう。昭和32年度を基準として労賃は8~14%の高低を示し、材料費は現地によって違うが、セメントはほぼ同価で木材その他は約17%以内の値上りのようである。

ここで断わっておくが工事単価を比較する場合には物価指数により物価の変動を換算しなければならないけれども、正確な換算が容易でないのと、工事単価は工種別数量など他の因子によっても大きく変動するので、工事

第4表 労賃、材料費物価指数

区 分	年 度 別			
	31	32	33	34
土工人夫	86	100	100	108
石 工	100	100	108	108
大 工	100	100	100	100
セメント		100	100	100
木 材		100	100	117

第6表 新設費の費目別割合 (単位%)

区 分	土 工 費	橋 梁 費	排 水 設 備 費	付 帯 工 事 費	保 險 料, 雑 費
3 m	$\frac{85.9}{65.2 \sim 94.0}$	$\frac{0.0}{0.0 \sim 19.1}$	$\frac{4.9}{1.5 \sim 13.8}$	$\frac{0.0}{0.0 \sim 5.5}$	$\frac{4.4}{3.5 \sim 5.0}$
3.6m	$\frac{85.1}{28.0 \sim 94.2}$	$\frac{0.0}{0.0 \sim 65.2}$	$\frac{5.4}{1.0 \sim 35.4}$	$\frac{0.9}{0.0 \sim 15.1}$	$\frac{4.4}{2.9 \sim 5.2}$
4	$\frac{75.4}{68.4 \sim 85.5}$	$\frac{19.8}{0.0 \sim 25.0}$	$\frac{2.5}{0.8 \sim 6.6}$	$\frac{1.0}{0.0 \sim 9.8}$	$\frac{4.6}{3.8 \sim 4.9}$

単価はそのままの数字を以下において使用した。

各路線の1m当り新設単価と土工単価の最小値、最大値、中央値を年度別、幅員別別示せば第5表となる。いずれの単価も最大値は幅員4m、最小値は3.6mに現われた。各単価は広い範囲にばらつき同じ幅員でも3.6mの場合、最小値と最大値の開きは新設単価において7倍以上、土工単価では10倍以上の差がある。いずれの単価も幅員以外の要素によって大きく左右されることがわかる。

第5表 新設費と土工費の単価 (単位 円/m)

区分	年度別	3 m	3.6m	4 m
新設単価	31	$\frac{1,943}{1,613 \sim 4,076}$	$\frac{3,655}{1,487 \sim 5,812}$	3,914~6,408
	32	$\frac{3,437}{2,673 \sim 3,953}$	$\frac{3,742}{1,666 \sim 10,844}$	3,019~3,540
	33	$\frac{2,276}{1,711 \sim 6,042}$	$\frac{2,463}{2,068 \sim 4,967}$	3,991~4,669
	34	$\frac{2,426}{1,713 \sim 5,130}$	$\frac{3,672}{990 \sim 7,456}$	13,947
土工単価	31	$\frac{1,695}{1,267 \sim 3,698}$	$\frac{2,977}{1,308 \sim 5,247}$	2,846~4,205
	32	$\frac{2,599}{2,480 \sim 3,519}$	$\frac{2,519}{1,373 \sim 7,229}$	2,583~2,933
	33	$\frac{1,964}{1,530 \sim 4,924}$	$\frac{2,042}{1,591 \sim 4,489}$	3,044~3,784
	34	$\frac{2,009}{1,391 \sim 4,679}$	$\frac{3,276}{590 \sim 6,686}$	9,877

新設費の費目別割合の幅員別最小値、最大値、中央値を第6表に示した。3.6m幅員における土工費の最小割合28%は特別の例に属し、この路線は延長が短かく橋梁費が65%を占めるから、これを除外すれば3.6m幅員における土工費の最小割合は51.4%、橋梁費の最大割合は31.1%となる。全路線にわたって土工費は新設費の約51%から94%となり新設費の大きな割合を占めている。

土工費細目別割合の幅員別最小値，最大値，中央値を第7表に示した。法面保護工がかなりの割合を占め，純土工費よりも法面保護工費が大きな割合を占める路線数は62本のうち19本を数え，その内訳は幅員3mが2本，3.6mが13本，4mが4本となる。幅員の広い路線は法面保護工費の割合の大きい路線が多くなり，いいかえれば幅員が狭いときは純土工費の割合の大きい路線が多いことになる。

第7表 土工費の細目別割合 (単位%)

区分	純土工	法面保護工	その他
3 m	62.3 37.8~98.5	33.1 1.5~60.8	0.6 0.0~18.5
3.6	49.2 30.1~79.5	43.0 13.9~64.8	3.0 0.0~23.4
4	46.6 18.0~73.6	49.5 26.4~82.0	1.1 0.0~4.3

橋長を除く路線1m当り純土工量の内訳について幅員別最小値，最大値，中央値を第8表に示した。純土工量は2.49~12.90m<sup>3</sup>/mの範囲に分布し，切取工は盛土工の約2~3倍の土工量となっている。また切取工においては土砂，軟岩よりも土石，硬岩が多く，各路線別の土工単価と対照すれば土工単価を支配する因子の1つは岩石切取工の多少にあることがわかる。(第11図参照)

次に第9表は各路線の平均測点距離，計画高差1m当り路線長，地盤高差1m当り曲線長および路線1m当り交角の幅員別最小値，最大値，中央値を示した。平均測点距離は6.7mから14.9mまでの間にある。計画高差1m当り路線長は8.4~97.7mの間にあるが，幅員4m

第8表 純土工量 (単位m<sup>3</sup>/m)

区分	3 m	3.6 m	4 m	
切取	土砂	0.27 0.0~2.67	0.61 0.0~5.83	0.54 0.26~2.64
	土石	2.19 0.97~3.96	1.95 0.0~5.37	1.81 0.0~4.34
	軟岩	0.25 0.0~1.21	0.0 0.0~1.51	0.0 0.0~0.72
	硬岩	1.00 0.0~4.31	0.79 0.01~3.28	1.39 0.0~5.81
	転崩	0.0~0.0	0.0 0.0~1.51	0.0 0.0~0.52
	計	4.14 1.71~8.31	4.63 1.44~8.94	4.03 3.0~11.65
盛土	盛土	0.89 0.35~1.65	1.11 0.12~2.47	1.02 0.54~1.72
	純盛土	0.49 0.10~2.79	0.63 0.0~2.86	0.45 0.16~1.84
	計	1.38 0.51~2.86	1.82 0.53~4.68	1.28 0.88~2.86
合計	6.07 3.13~9.41	6.92 2.49~10.46	5.86 4.79~12.90	

を除けばほとんど10~30m (10~3%勾配) となる。地盤高差1m当り路線長は5.9~32.6mの間となるが，これも幅員4mを除けばほとんど5~15mの範囲に入る。なお幅員4mは比較的平坦な地形のところ開設された路線であることがわかる。路線1m当り曲線長は0.14~0.58mの値となり各路線長の14~58%が曲線であることを示している。路線1m当り交角は0.002~0.025ラジアン<sup>2</sup>の範囲である。

第9表 勾配，曲線，地盤高差などの計数

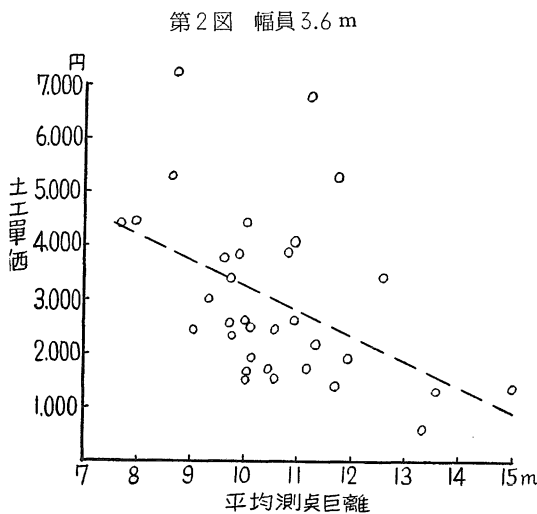
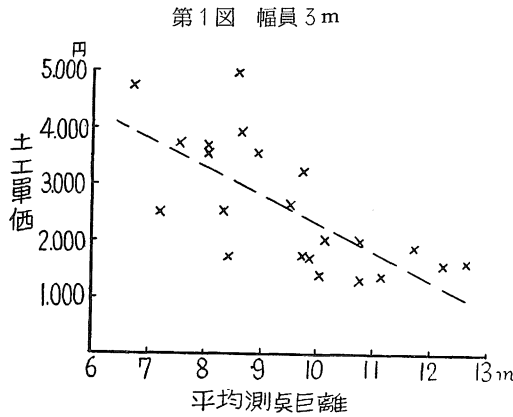
区分	3 m	3.6 m	4 m
平均測点距離	9.6 6.7~12.6	10.4 7.6~14.9	11.4 9.0~12.0
計画高差1m当り路線長	17.7 8.4~143.5	15.4 11.8~97.7	58.2 36.9~62.7
地盤高差1m当り路線長	8.9 5.9~31.6	9.8 6.7~18.0	22.0 13.4~32.6
路線1m当り曲線長	0.32 0.14~0.50	0.36 0.19~0.58	0.32 0.31~0.37
路線1m当り交角	0.014 0.002~0.025	0.013 0.005~0.025	0.011 0.010~0.014

以上の各因子間の相関関係をみるために，路線数の極めて少い幅員4mは除外し，幅員3mと3.6m別に2つの因子間の散布図を画いたところ次のような2.3の関係が明らかになった。いずれも相関係数と回帰直線を計算

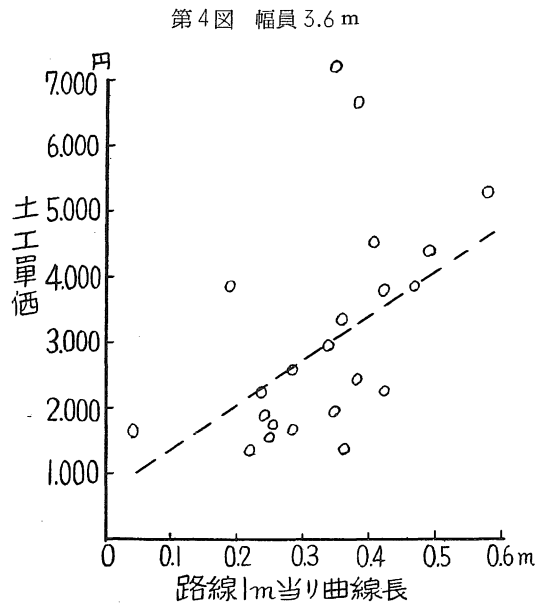
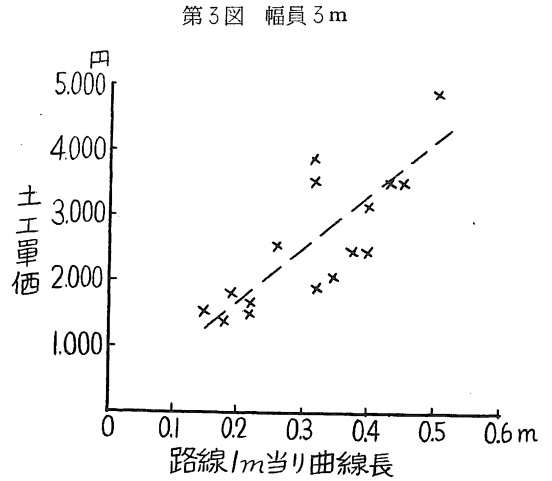
したが資料数がまだ少いので正確な結果は今後の研究に待たねばならない。したがって相関係数は有意性の検定を行い回帰直線は散布図に図示するにとどめた。

平均測点距離と土工単価：横軸に平均測点距離，縦軸

に土工単価をとって散布図を 画けば第1図, 第2図となる. 第1図は幅員3mの路線22本についての散布図を示し, 相関係数は負の0.710 (高度に有意), 第2図は幅員3.6mの路線33本についての散布図を示し, 相関係数は負の0.454 (高度に有意)である. したがって両者は負の相関があり, 平均測点距離が短い路線は概して新設単価が高い. すなわち測点数が多いときは複雑な地形の路線であり新設単価も高くなるものと推定される.



路線1m当り曲線長と土工単価 : 横軸に路線1m当り曲線長, 縦軸に土工単価をとって 散布図を画けば第3図, 第4図となる. 第3図は幅員3mの路線16本についての散布図を示し, 相関係数は正の0.841 (高度に有意) 第4図は幅員3.6mの路線22本についての 散布図を示し, 相関係数は正の0.450 (有意) である. 両者は正の相関があり, 路線全長に対する曲線長の割合の大きい路線は概して土工単価が高く, 幅員の狭い路線では特にその傾向が強いようにみられる. なお路線数が前項よりも

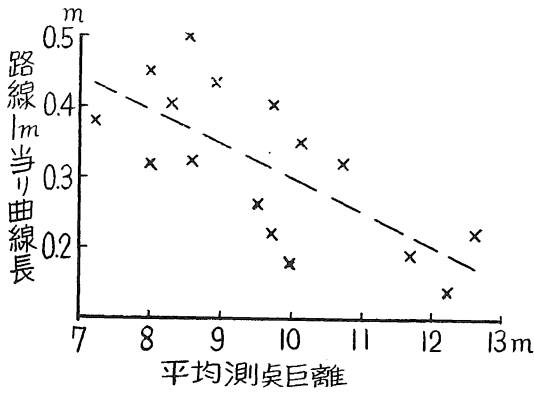


少いのは, 設計図の不備のためである.

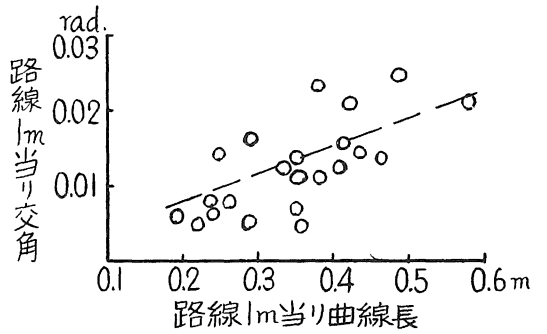
平均測点距離と路線1m当り曲線長 : 横軸に平均測点距離, 縦軸に路線1m当り曲線長をとって 散布図を画けば, 第5図, 第6図となる. 第5図は幅員3mの路線16本についての相関図を示し 相関係数は負の0.718 (高度に有意), 第6図は幅員3.6mの路線22本についての散布図を示し 相関係数は負の0.502 (有意) である. 両者は負の相関があり, 平均測点距離の短い路線は概して路線全長に対する曲線長の割合が大きいくことになる.

路線1m当りの曲線長と交角 : 横軸に路線1m当り曲線長, 縦軸に路線1m当り交角をとって 散布図を画けば 第7図, 第8図となる. 第7図は幅員3m路線16本につ

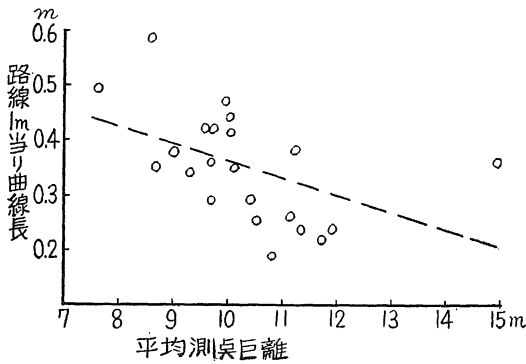
第5図 幅員 3 m



第8図 幅員 3.6 m

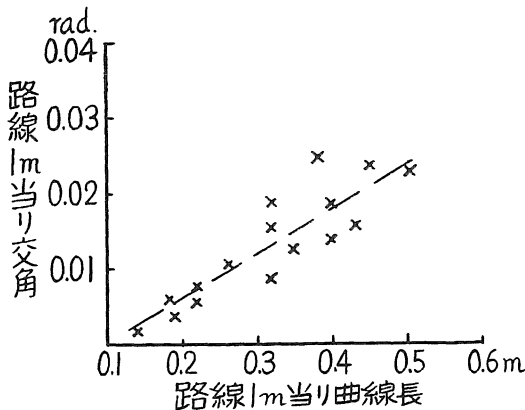


第6図 幅員 3.6 m

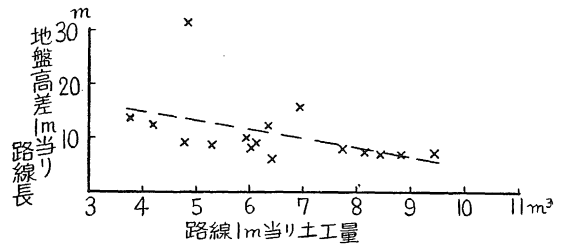


いての散布図を示し相関係数は正の 0.833 (高度に有意)  
 第8図は幅員 3.6 m の路線 22 本についての 散布図を示し  
 相関係数は正の 0.714 (高度に有意) である。両者は正  
 の相関があり路線全長に対する曲線長の 割合が大きい路  
 線は概して方向の変わり方も大きいということになる。

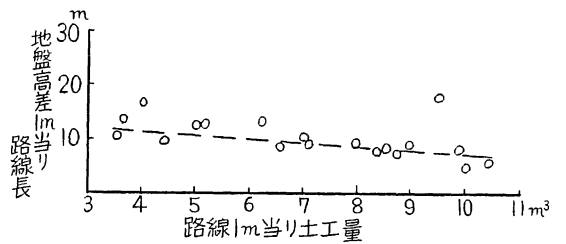
第7図 幅員 3 m



第9図 幅員 3 m

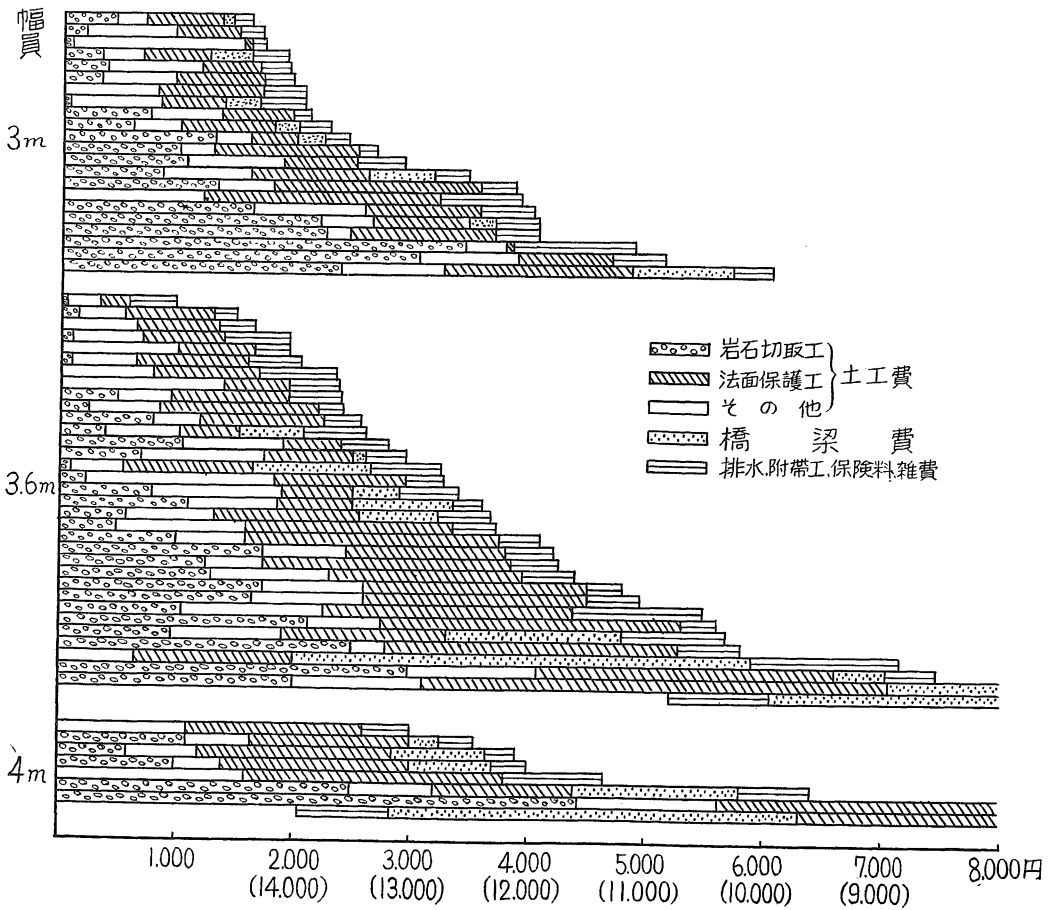


第10図 幅員 3.6 m



最後に各路線について 新設単価の費目別割合の概要を  
 第11図としてつけ加えた。

第11図 路線別新設単価概要



#### 4. まとめ

昭和31年度から4年間の 島根県開設林道の自動車道について、設計書類を調査した結果、次の諸点が明らかになった。

1. 新設単価と土工単価は岩石、石垣、擁壁、橋梁などの工事費によって大きく変動する。
2. 幅員の狭い路線は概して純土工費の割合が大きい。
3. 地盤高差 1 m 当り路線長はほとんど 5 ~ 15 m の範囲に入る。
4. 平均測点距離の短い路線は概して土工費が高い。
5. 平均測点距離の短い路線は 概して曲線長の割合が大きい。
6. 曲線長の割合が大きい路線は概して土工費が高い。
7. 曲線長の割合が大きい路線は 概して方向の変わり方が大きい。