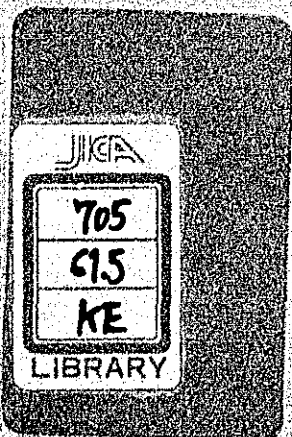


コロンビア国橋梁架設計画調査報告書

海外技術協力事業団



国際協力事業団

受入 月日 '84. 3. 19	705
登録No. 00929	61.5
	KE

## は し が き

政府はさきごろコロンビア政府の要請に基いて同国の国内道路網整備計画の一環をなしている橋梁架設計画の全般的調査および基礎的な標準設計等を行うために調査団を派遣した。当海外技術協力事業団は昨夏設立以来開発途上にある海外の地域に対して、政府ベースによる技術協力を実施しつつあるが、その初年度のプランの一つとしてこの調査団の派遣がとり上げられたことは喜ばしいことである。調査団は福田武雄氏（東京大学生産技術研究所前所長）を団長とし5人の専門家をもって構成され、昨年11月30日、羽田を出発し、約5週間現地に滞在した。そして計画に載っている橋梁および橋梁技術一般について同国政府関係者と研究討論を行うとともに、各地の架橋計画地点を踏査し、既設の橋梁および工事中の橋梁について調査を行い期待通りの成果をおさめて全員無事帰国した。本書はその調査報告書である。

開発途上にある国々に対するこの種の協力は技術の国である日本として最も適切な国際協力の手段であり、また明治以来短時日のうちに技術革新を達成したわが国の実績を披露する上にも意義深いことであろう。われわれは政府の方針に従って今後もこの種の調査団を各地に送りたいと思っている。

そしてこれらの国々の開発に少しでも役立ち相互理解を深めることに寄与できれば、これにまさる喜びはない。

終りに本調査の任に当られた調査団長をはじめ、団員の方々の御苦勞にここに改めて感謝申上げるとともに、調査団の派遣に御協力いただいた外務省、建設省はじめ関係機関の方々に対し、この機会をかりて厚く御礼申上げる次第である。

昭和38年3月

海外技術協力事業団

理事長 渡 沢 信 一

JICA LIBRARY



1031721[2]

## 序

コロンビア国橋梁架設計画調査団は、海外技術協力事業団からコロンビア共和国における橋梁事情の調査ならびに同国にたいする技術協力のために派遣せられ、昭和37年11月30日にわが国を出発、昭和38年1月18日に（松井団員のみはコロンビア国政府当局の要請により残留、1月25日に）帰国した。調査団は、コロンビア国に滞在中、計画橋梁および一般橋梁および一般橋梁技術について同国政府関係者と研究・討論するとともに、同国内各地の架橋計画地点の实地踏査、既設ならびに工事中の橋梁の視察を行ない、その空陸による行程は、延約1万キロメートルに及んだ。調査団は、帰国後、鋭意、莫大な調査結果および資料を整理・検討中であつたが、今回、その報告を提出することになった。

調査団は、コロンビア国における橋梁事情の調査のほかに、同国の架橋計画にたいし適切な技術的協力および援助をすることを意図し、調査団が同国を離れるに際し、同国政府当局に中間的助言と提案をしてきたが、帰国後さらに十分な研究と検討を加え、詳細な説明と具体的な設計例を附した提案を作成した。この提案（英文）は、コロンビア国政府に提出するもので、本報告の別冊附録とした。

調査団は、今回の調査に際しあらゆる便宜と援助を供与されたコロンビア国政府当局ならびに関係者各位に深甚の謝意を表するとともに、支援をされた国際建設技術協会その他に感謝する。なお福田は、現地における調査・視察に際し、帰国後の資料の整理・検討および報告書と提案の作成にあたり、調査団の目的達成のために、ひいてはコロンビア・日本国間の技術的友好関係の増進のために、個人的利害を超越して協力・努力せられた団員各位にたいし、団長としてここに深甚の敬意を表する。

昭和38年3月

コロンビア国橋梁架設計画調査団

団 長 福 田 武 雄

## 1. 調査団の目的

コロンビア国橋梁架設計画調査団は、日本政府の命により海外技術協力事業団からコロンビア共和国に派遣せられたもので、その主目的は、同国において架設計画中の橋のうちとくに重要な73橋の計画について調査することであった。調査団としては、上記の主目的のほかに、必要があれば、コロンビア国政府当局に技術的協力もしくは助言をし、ひいては日本・コロンビア両国間の友好促進に寄与することを意図した。しかしながら、新設橋梁の型式・設計・工法等の計画を調査検討するため、ならびに、これらに関してコロンビア国政府当局に協力または助言をするためには、同国における架橋技術および工法の現状ならびにこれに関する諸種の事情を知る必要があるので、上記の計画橋梁のほかに、既設橋梁および工事中の橋梁、鉄鋼資材、鉄構製作能力、運輸交通事情等をもあわせて調査することにした。

## 2. 調査団の構成

調査団は、福田武雄を団長とし、つぎのように構成された。

団長	福田武雄	東京大学
団員	相良正次	建設省
〃	安浪金蔵	三菱造船株式会社
〃	松井友二	日本技術開発株式会社
〃	小池修二	株式会社宮地鐵工所
〃	杉山道彦	八幡製鉄株式会社（現地参加）
協力員	伊藤英太郎	株式会社宮地鐵工所

なお、ここに、とくに付記したいことは、調査団は上記のようにそれぞれ特定の機関または事業団体に所属するもので構成されているが、本調査団が、日本国政府の命によりその委託を受けた海外技術協力事業団から公式に派遣せられたものであるが故に、かつ、コロンビア国政府においても本調査団をそのように解釈し、待遇したものが故に、団員がそれぞれ所属する事業団体の利益代表者であるような言動を厳に慎しみ、あくまでも、日本からの公式調査団として行動し、その使命をはたすよう心がけたことである。

## 3. 調査団の日程と行動

調査団のコロンビア共和国内における日程は、およそつぎのとおりである。現地調査に

あつては、何しろ、わが国の総面積の約3倍も広大な、しかも交通が必ずしも便利でない各地に散在する橋梁地点および既設橋梁等を所定期間内に実地に視察調査するために、調査団を2班に分けて行動した。

### 調査団日程概要

年・月・日	曜	記 事
37・12・1	土	17:40 Bogota 到着
" 12・2	日	調査計画打合せ、杉山団員・伊藤協力員、現地参加。
" 12・3	月	午前：土木省に Ovando 土木大臣を公式訪問、あいさつ。 午後：土木省技術局・地質研究所・水理研究所を訪問。 夜：土木大臣以下政府関係者および国立大学教授等を大使官邸に公式招待。
" 12・4	火	福田・杉山・伊藤は Bogota 国立大学訪問、あいさつ。 相良・安浪・松井・小池は土木省において関係者と日程を打合わせ、かつ調査資料の提供を受ける。
" 12・5	水	2班に分かれて実地調査 第1班（福田・松井・小池・伊藤）は、主として Tolima 県内の Magdalena 河にかかるつぎの諸橋を視察し、Ibagué 市において Tolima 県知事を訪問・会談した。 Giraldot における Ospina Perez 橋および鉄道橋・Purificación 橋・Cajamarca 橋・Cambao 橋・Honda における El Carmen 橋・La Dorada 橋、その他。
" 12・7		第2班（相良・安浪・杉山）は、Meta 平原および Llano 平原における橋梁架設地点および架設工事中橋梁10数ヶ所を視察。
" 12・8	土	Bogota に帰着、全員会合、情報交換、視察結果検討、今後の日程打合せ。
" 12・9	日	休養。
" 12・10	月	第1班（福田・松井・杉山・小池）は、Caldas および Antioquia 両県において Armenia, El Alabrado, Irra, Supia, La Pintada および Nare 地区の架橋地点および既設橋梁を視察し、Nare にあるセメント製造工場を視察した。 第2班（相良・安浪・伊藤）は Cúcuta, Barranquilla, Cartagena 附近の架橋計画地点と既設橋梁および Barranquilla 港の港湾施設を視察調査した。
" 12・14	金	
" 12・15	土	福田は Bogota 国立大学において特別講演をした。
" 12・16	日	休養。
" 12・17	月	午前：相良・安浪・松井は Bogota 国立大学において特別講演をした。 午後：実地調査結果の報告、情報交換、福田・安浪・小池はコロンビア国有鉄道を訪問。
" 12・18	火	全員 Bugá 附近の Cauca 河にかかる Mediacanoa 橋およびその架換

		計画地点を調査ののち、2班に分かれる。
		第1班(福田・相良・杉山)は Cali 市附近において Cauca 河にかかる橋梁架設地点および既設橋梁を視察、福田・杉山は Palmira 市にある日本人農業組合を訪問、相良は Buenaventura 港を調査。
		第2班(安浪・松井・小池)は Cali 郊外の Tissot の鉄鋼加工製作工場を視察、Cali 地区および Choco 県 Condoto 附近の架橋計画地点ならびに Medellin 市東方の中央山脈中の San Carlos 附近の架橋計画地点を実地踏査。
37・12・22	土	
〃 12・23	日	第2, 第3週の視察結果の報告, 情報交換, 今後の日程の打合せ
〃 12・24	月	休養。
〃 12・25	火	休養(クリスマス当日)。
〃 12・26	月	第1班(福田・松井・小池)は Meta 平原および Llano 平原中の架橋計画地点ならびに Cúcuta 市附近のヴェネスエラ国境との間にかかる国際橋を視察。
		第2班(相良・安浪)は Huila 県 Neiva 附近の架橋計画地点および既設橋梁を視察。
〃 12・27	木	
〃 12・28	金	全員 Barranquilla 市に集合, Magdalena 河における現在の渡船にかわるべき有料橋梁設計画につき実地取調べ。
〃 12・30	日	Santa Marta 港および Cartagena 港視察。
〃 12・31	月	Bogota 帰着。
38・1・1	火	大使官邸の元日集会に出席。
〃 1・2	水	調査結果につき討議検討。
〃 1・3	木	午前: 大使と共に Ovando 土木大臣を公式に訪問, 調査結果に関する暫定的報告と意見をのべ, 離国のあいさつをした。 午後: 大使と共に大統領官邸に Valencia 大統領を公式に訪問し, 離国のあいさつをし会談した。
〃 1・4	金	土木省技術局において局長, 橋梁課長その他と橋梁計画につき討議。 夜: 大使と連名にて土木大臣以下関係官, 国立大学教授等を大使官邸に招待, 協力と援助にたいし謝意を表するとともに離国のあいさつ。
〃 1・5	土	団員一同, 大使と会談。
〃 1・6	日	Bogota 出発, 帰路につく。

上記日程による調査団の行動には、大半は定期航空および借上げ自動車を利用したが、これが地理的あるいは時間的に不可能な場合にはエアータクシーを利用した。このほかコロンビア国政府提供のセスナ機、ビーチクラフト機およびジープによつた区間もかなり広範囲にわたっている。また土木大臣は、各県に所在する管轄下の地方土木事務所に、われわれ調査団にたいしできるだけの援助と協力を提供するよう命令を發したので、調査団は、各地における視察・調査に多大の便宜を得た。さらに、調査団の第1回の調査旅行に際しては、その旅行の全期間にわたって、各班にそれぞれ1名の土木省技師を同行せしめ調査

団の案内にあたらした。これらの好意に関し、コロンビア国政府およびその各関係者に謝意を表する次第である。

#### 4. コロンビアの地理および交通事情

##### 4-1 地理概況

コロンビア国 (República de Colombia) は、南米大陸の西北部に位し、北はカリブ海、西は太平洋に面し、西北部はパナマ、北から東および南にかけてベネズエラ、ブラジル、ペルー、エクアドルと国境を接し、国の南部に赤道が通過している (図-4.1)。面積は1,138,355 km<sup>2</sup> でわが国の3倍強にあたり、南米第4位である。



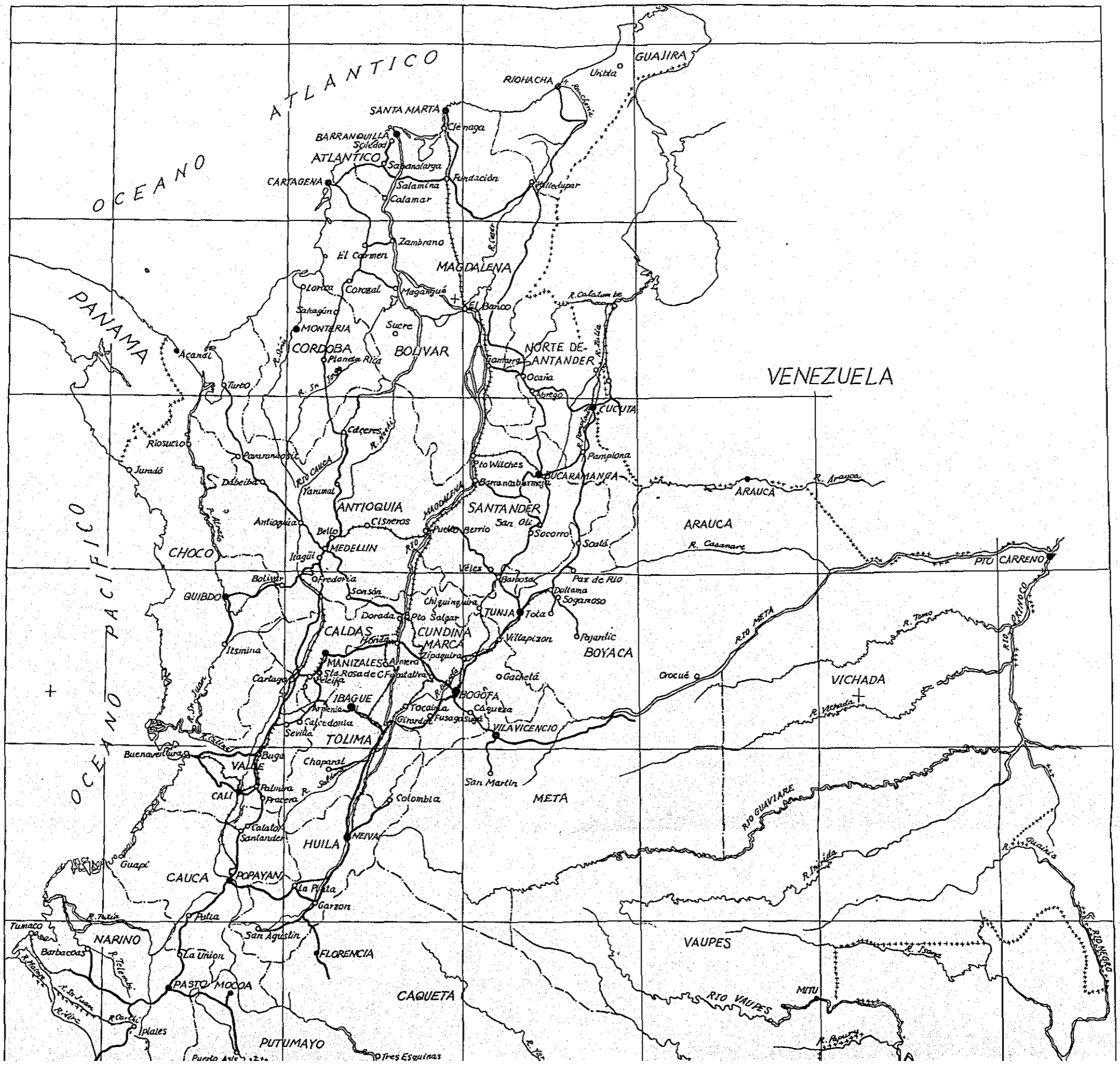
図-4.1

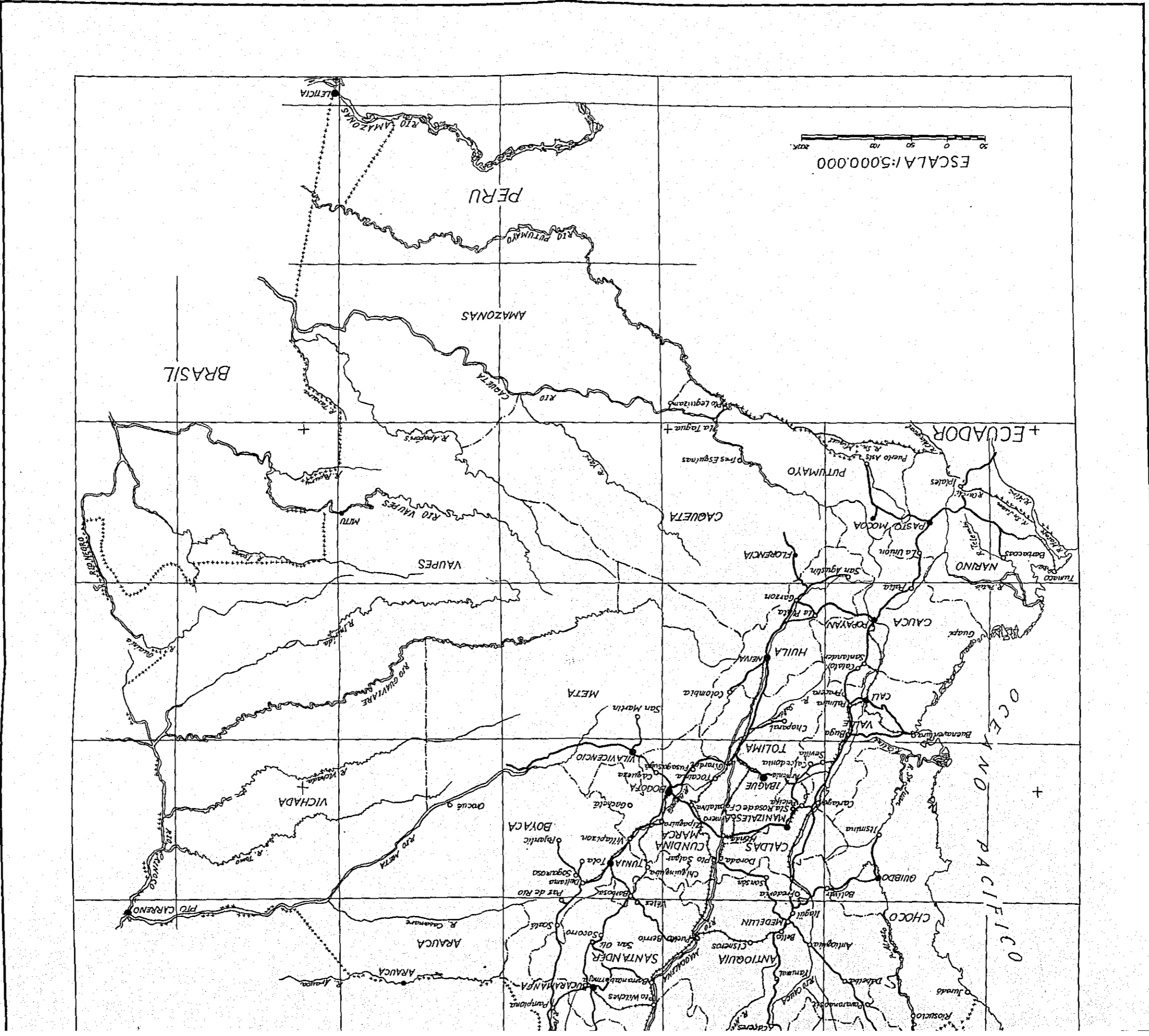
国の東半部は標高100~150mの広莫たる草原と森林の大平原であるが、西半部には海拔5,000mをこえる山を多数に擁するコロンビア・アンデスの山岳高原地帯である。コロンビア・アンデスは、南米大陸西岸を縦走するアンデス山脈が、コロンビアに入って、東方・中央および西方の3山脈に分かれたものの総称であって、これらの山脈の間に、南から北方に、マグダレーナ (Magdalena) 河と、その最大の支流であるカウカ (Cauca) 河とがほぼ平行に流れ、東方山脈から東方に大西洋に向かってメータ (Meta)、プツマヨ (Putumayo) 等の大河が流

表-4.1 コロンビアの10大都市

都 市 名	人 口 (1960年)	標 高 (m)	平均気温 (°C)	流 域
Bogotá	1,188,180	2,620	13	Rio Magdalena
Medellin	614,030	1,487	21	Rio Cauca
Cali	590,770	1,003	25	Rio Cauca
Barranquilla	431,250	4	28	Rio Magdalena
Bucaramanga	196,290	1,018	23	Rio Magdalena
Pereira	182,790	1,467	21	Rio Cauca
Cartagena	173,520	3	28	カリブ海
Manizales	165,880	2,153	17	Rio Cauca
Ibagué	138,390	1,250	22	Rio Magdalena
Cucuta	136,720	215	29	Rio Catatumbo







ESCALA: 1:500,000

PERU

AMAZONAS

BRASIL

Ecuador

PUTUMAYO

CAQUETA

VAUPES

NARIÑO

CAUCA

OCEANO PACIFICO

META

HUILA

VICHADA

TOLIMA

BOYACA

IBAGUE

CUNDINA

MANIZALES

ARAUCA

CALDAS

CHOCO

SANTANDER

ANTIOQUIA

GUAVIARE

れている。マグダレーナ河は延長 1,600km の南米第4位の大河で、水量が多く、奥地まで舟航が可能であり、古くより一大商業路としてコロンビアの発展と文化とに貢献してきた。

国が熱帯域にあり、標高の低い平原地帯ではきわめて高温であるため、国の人口 1,400 万の大半は、国の東半部のアンデス高原地帯と、この間を流れるマグダレーナとカウカ兩川の流域に集中し、主要都市の大部分はこの地域にある。コロンビアの10大都市の人口等は表-4.1のとおりである。

このうちでボコタは、国のほぼ中心に位して標高 2,620m の高原にあり、国の首都として政治・経済・文化および交通の中心である。メデジンおよびカリは、コーヒー等の農産物の集散地であるとともに、工業都市であり、バランキージャはコロンビア第一の商港である。

#### 4-2 陸 運

コロンビアの最も開けた地域が、主として、コロンビア・アンデスにかこまれた山岳地域にあるので、主要道路の多くはこの山岳地域内にある。このため現在の道路交通には種々の制約があり、これがコロンビアの資源の開発、産業の発展に障害となっている。これにかんがみ、政府は、道路の改良・整備・開発を最優先の重要政策としてとりあげ、現在強力に推進しつつある。つぎに、陸上輸送につき鉄道と道路とに分けて記述する。

**鉄 道** コロンビアの鉄道は国営であり、延長約 3,500 km, 貨客車数約 5,500 輛, 乗

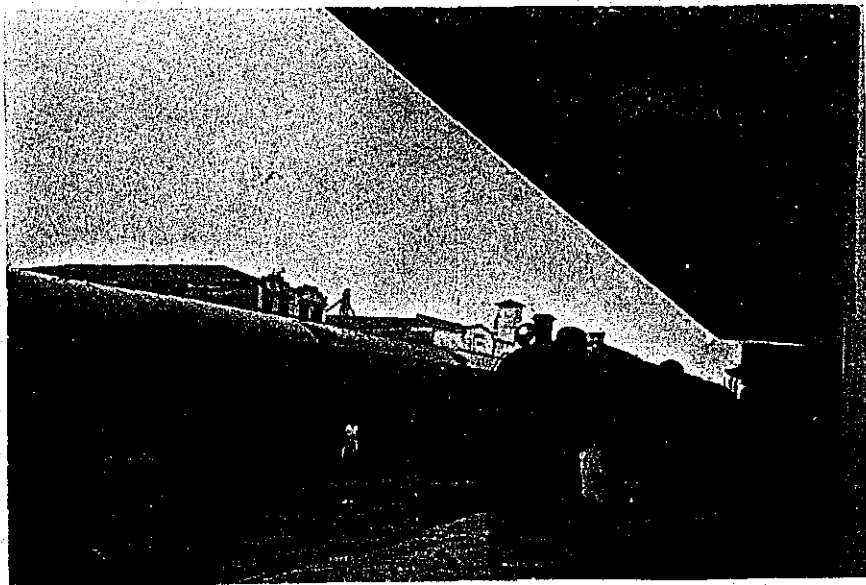


図-4.3 Pereira 駅

客数は年間約 1,000 万人, 貨物輸送量は年間約 500 万トンである。

軌間は3フィートの狭軌であり、114万km<sup>2</sup>の国土に3,500kmの延長に過ぎない上に、マグダレーナ流域とカウカ流域との間に十分な連絡がなく、きわめて不便であるので、現在は、陸上運送の大半はバスおよびトラックに移り、今後の道路の整備とともに、鉄道は次第にすたれて行くものと思われる。

**道路** 総延長約3万kmで、このうち、汎アメリカ道路(Pan American Hyways)は約3,500kmである。また国道は14,000km、県道は11,000kmである。

コロンビアの道路は、その地勢から、山岳道路と、カリブ海岸やオリノコ河、アマゾン河の上流部の平原地域の道路の二つに大別される。山岳道路は、主として2車線のものが多く、国内での石油産出が大である関係から、アスファルト舗装がかなり行なわれている。

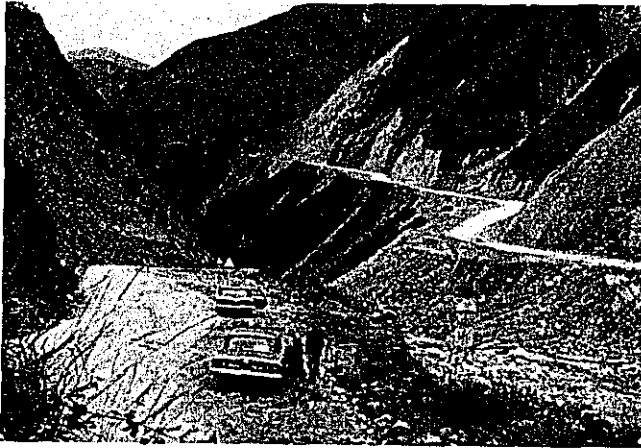


図-4・4 山岳道路

しかし、技術的に見ると、トンネル技術がほとんど発達しておらず、橋梁技術も未熟であり、また橋梁工費が一般区間の工費にくらべてかなり大になる関係から、橋梁とトンネルを作らないように、うねうねと山腹ぞいのかなり無理な線形の道路が多い。自動車およびその交通量も、近年、増加しつつあるので、最近で



図-4・5 渡船

は適当な幅員・こう配・曲線半径のハイウェイが計画され、一部ではすでに工事中である。したがって、橋梁技術の進歩によって多くの橋梁が新設されるとともに、トンネル技術の研究・開発が必要となってくるであろう。

平原地帯の道路は、一般に地盤が良好なため、国土が広く、日本にくらべて国民1人当たり約20倍の土地があるため用地の取得にはほとんど問題がないので、非常に安い価格で建設されている。しかし、橋梁技術が進んでいない上に、コロンビア全体の経済力の低いこともあって、大きな河川では大小のフェリーによって連絡されている場所が多く、交通上の一大障害となっている。さらに、大部分の平原地帯では、土地の利用度が低いことなどの理由で、河川がほとんど原始河川のまま放置されており、かつ、水面こう配がきわめて小である関係から、極端に蛇行し、河川の流路、川幅が一定せず、なおさら道路交通網の完備の障害となっている（図—4・6、4・7）。

**自動車** 1948~1957年の10年間に自動車による陸上輸送は3倍に増加した。1961年現

在の自動車数は、乗用車、バス、トラックをふくめて約22万台で、国民60人につき1台の割合である。この国民1人当たりの自動車保有率が小であることは、自動車の国内での生産がなく、かつ、1956年以降、政府が自動車の一般輸入を禁止したためである。現在、クキシーには特別措置がとられて新車が輸入使用されているが、その他は、特殊のものを除き、1955年度以前の古い車が大部分である。しかしながら、コロンビアは南米第3位の石油産出国であり、ガソリンの市販価格は1ガロン当り1ペソ（わが国の約4分の1）の安価であるので、今後、道路の整備とあいまって自動車数が増加し、国内陸上輸送の主力となるものと考えられる。



図—4・6



図—4・7

軌間は3フィートの狭軌であり、114万km<sup>2</sup>の国土に3,500kmの延長に過ぎない上に、マダレーナ流域とカウカ流域との間に十分な連絡がなく、きわめて不便であるので、現在は、陸上運送の大半はバスおよびトラックに移り、今後の道路の整備とともに、鉄道は次第にすたれて行くものと思われる。

**道路** 総延長約3万kmで、このうち、汎アメリカ道路(Pan American Hyways)は約3,500kmである。また国道は14,000km、県道は11,000kmである。

コロンビアの道路は、その地勢から、山岳道路と、カリブ海岸やオリノコ河、アマゾン河の上流部の平原地域の道路の二つに大別される。山岳道路は、主として2車線のものが多く、国内での石油産出が大である関係から、アスファルト舗装がかなり行なわれている。



図-4.4 山岳道路

しかし、技術的に見ると、トンネル技術がほとんど発達しておらず、橋梁技術も未熟であり、また橋梁工費が一般区間の工費にくらべてかなり大になる関係から、橋梁とトンネルを作らないように、うねうねと山腹ぞいのかかなり無理な線形の道路が多い。自動車およびその交通量も、近年、増加しつつあるので、最近で



図-4.5 渡船

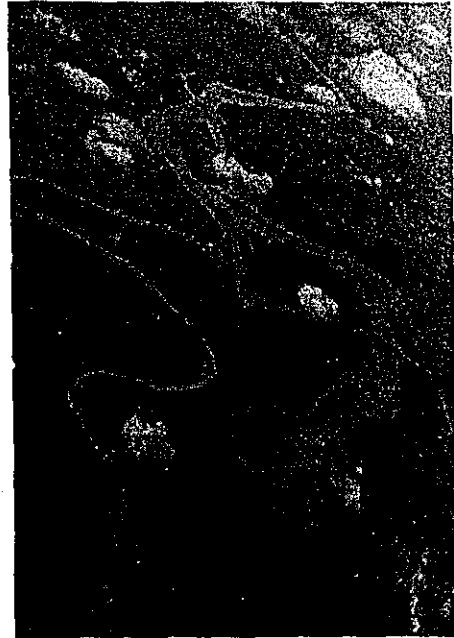
は適当な幅員・こう配・曲線半径のハイウェイが計画され、一部ではすでに工事中である。したがって、橋梁技術の進歩によって多くの橋梁が新設されるとともに、トンネル技術の研究・開発が必要となってくるであろう。

平原地帯の道路は、一般に地盤が良好なため、国土が広く、日本にくらべて国民1人当たり約20倍の土地があるため用地の取得にはほとんど問題がないので、非常に安い価格で建設されている。しかし、橋梁技術が進んでいない上に、コロンビア全体の経済力の低いこともあって、大きな河川では大小のフェリーによって連絡されている場所が多く、交通上の一大障害となっている。さらに、大部分の平原地帯では、土地の利用度が低いことなどの理由で、河川が

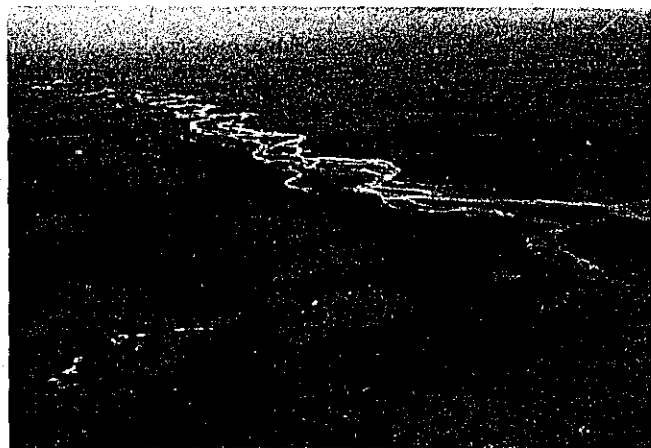
ほとんど原始河川のまま放置されており、かつ、水面こう配がきわめて小である関係から、極端に蛇行し、河川の流路、川幅が一定せず、なおさら道路交通網の完備の障害となっている（図一4・6、4・7）。

**自動車** 1948～1957年の10年間に自動車による陸上輸送は3倍に増加した。1961年現

在の自動車数は、乗用車、バス、トラックをふくめて約22万台で、国民60人につき1台の割合である。この国民1人当たりの自動車保有率が小であることは、自動車の国内での生産がなく、かつ、1956年以降、政府が自動車の一般輸入を禁止したためである。現在、タクシーには特別措置がとられて新車が輸入使用されているが、その他は、特殊のものを除き、1955年度以前の古い車が大部分である。しかしながら、コロンビアは南米第3位の石油産出国であり、ガソリンの市販価格は1ガロン当り1ペソ（わが国の約4分の1）の安価であるので、今後、道路の整備とあいまって自動車数が増加し、国内陸上輸送の主力となるものと考えられる。



図一4・6



図一4・7



図-4・8 Buenaventura 港

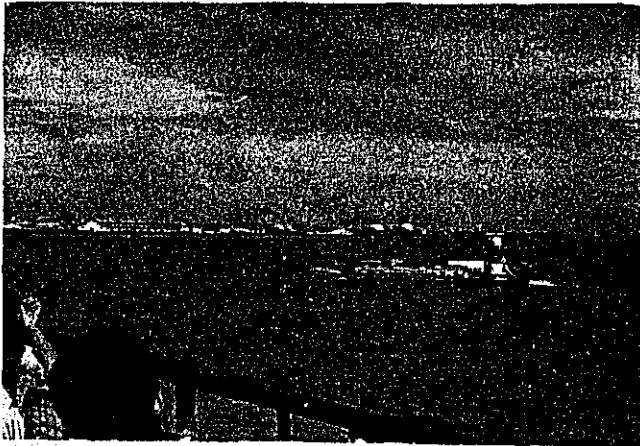


図-4・9 Barranquilla 港

カルタヘーナ (Cartagena) およびバランキージャ (Barranquilla) である。またマグダレーナ河では、河口から約 10 km のバランキージャから上流約 600 km のラ・ドラーダ (La Dorada) まで、かなり大きな船が就航している。

#### 4-3 海運および水運

1946年にコロンビアは商船隊を組織して以来、現有の外洋船舶トン数は約30万トン、隻数40隻で、アメリカ・カナダ航路と、欧州航路とに就航している。主要港は太平洋岸ではベナベントウラ (Buenaventura)、カリブ海岸ではサントマルタ (Santa Marta)、

#### 4-4 航 空

コロンビアは中南米において商業航空が最初に発達した国であり、航空機が輸送に占める割合は非常に大である。たとえば欧米の小型乗用車はカルタヘーナに揚陸後、空路ボゴタに運ばれている。国際空港としてはボゴタ、メデジン、カリ等があり、その他の多くの都市や町に多数の飛行場がある。とくに国の東南部の広大な平原地帯には道路がほとんど整



備されていないので、空路により連絡するほかなく、これらの地方には小型機用の飛行場が至るところに設けられている。こころみに200万分の1のコロンビアの地図の上で、飛行場の記号のあるところを数えてみると130ヶ所以上もあった。コロンビアでは通常の定期航空のほかにセスナなどの小型機のエアタキシーがかなり多く利用されている。実際、われわれ調査団も、道路が未整備の地域にある架橋予定地点の視察には、コロンビア政府から提供されたセスナ機やビーチクラフト機およびエアタキシーを利用した。

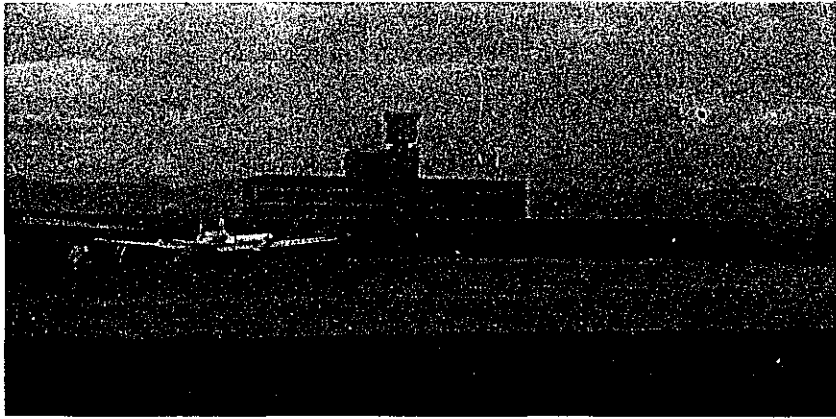


図-4・10 ボゴタ国際空港

## 5. 調 査 概 要

### 5-1 既 設 橋 梁

コロンビア各地に現存する橋梁のうち主要なものは、ほとんどすべて鋼橋である。鋼橋のほかに、木橋・石橋・鉄筋コンクリート橋もあり、また仮橋的なベイリー橋も見うけられた。コロンビアにおいて鋼橋が本格的に採用されはじめたのは1915年頃であって、それから1955年までの40年間は、事実上米国の独占であり、このためと、また Pan American Highway の関係から、示方書としては現在でもアメリカ道路橋の AASHO の示方書が採用されている。1956年以降は西独の進出がいちじるしく、西独の Krupp 社とコロンビアの H. B. Estructuras Metalicas S. A. 社との資本提携とあいまって、最近では鋼橋のほとんどすべてが西独の手によって架けられているといっても過言ではない。

最近、鋼橋のほかに PC 橋がかなり架設されているが、その支間は15~20m程度で、大きいものは見うけなかった。

今回、われわれが視察調査した既設橋梁のうち、代表的と思われるものの若干を記すると、つぎのようである。

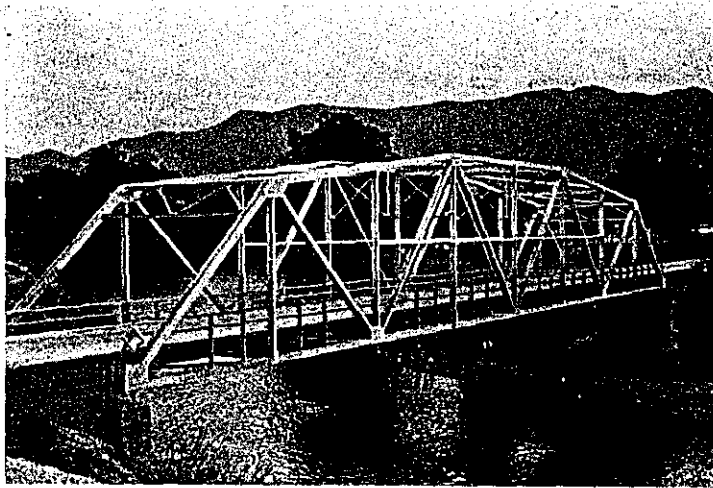


図-5・1 Melgar 橋

**Melgar 橋** 下路トラス，支間40m，幅員6m，1952年 U. S. Steel Export Co. 製。ほとんどすべての部材にHまたはI形鋼を用いたリベット結合橋（図-5・1）。既存橋梁のほとんどすべてはこの種の構造である。

**Cajamarca 橋** 上路ゲルバートラス，支

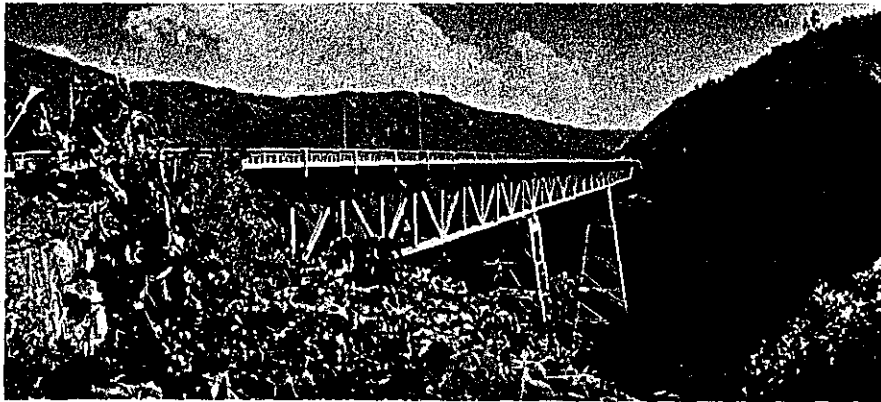


図-5・2 Cajamarca 橋

間94.5+96.0+94.5m，幅員は0.83+7.5+0.83m，1956年西独 Krupp 社架設。上下弦材はリベット組立て材，腹材はH形鋼である。本橋は両岸が急傾斜の深い溪谷にかかり，2基の橋脚は高さ約71mの鋼トレスルである（図-5・2）。本橋は，完工開通後，一方の斜面の中途に建てられた鋼トレスルの基礎地盤の滑動により橋が崩落する事故を生じ，その後再架設したものである。崩落時の損傷部材の残骸が今なお残っていた。われわれは，架橋地点の地勢から見て，高さ71mにも及ぶ高い鋼トレスル2基を建立するより，支間120m程度の上路スバンドレルブレーストアーチが適していると考えた。

**Honda 橋** 中央径間130mの吊橋。幅員1.6+5.5+1.6m，1952年 American Bridge Co. 製。補剛トラスの部材はすべて型钢の単一断面材であり，この型式の吊橋が非常に多い（図-5・3）。

**Purificacion 橋** 中央径間207.9mの吊橋，幅員6.1m（図-5・4）。1958年西独 GHH, MAN 社製。補剛トラスにはすべてH型钢を用い，現場継手には高張力ボルトが使われて

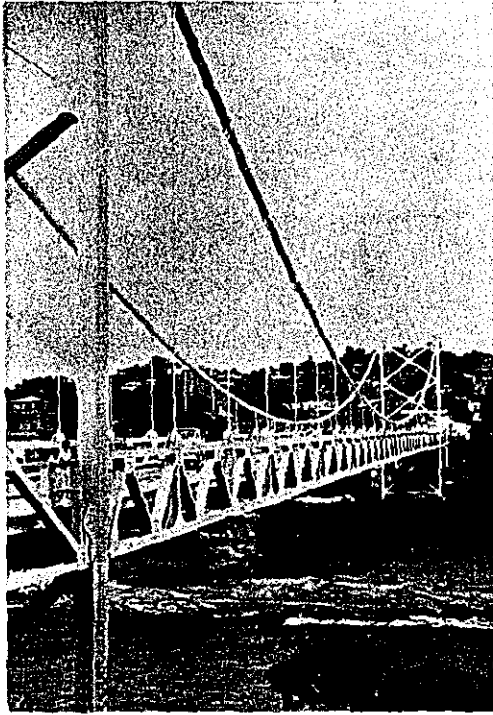


図-5・3 Honda 橋

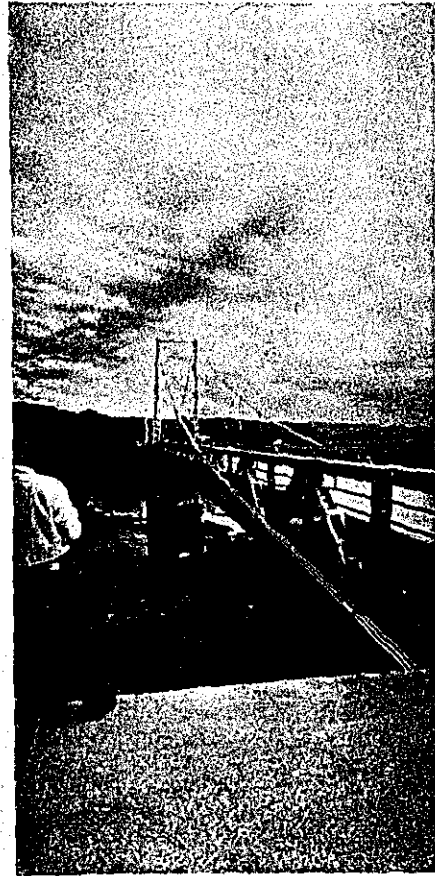


図-5・4 Purificacion 橋

いた。床組には縦桁がなく、横桁のみの構造で、横桁はコンクリート床版と合成桁となっていた。

**Gambote 橋** 6径間連続 (27+53+85+53+27m)の鋼桁部と支間 15m のコンクリート桁8連とから成り、幅員は 0.45+7.6+0.45m, Krupp 社製。鋼桁部の中央部分は斜張橋となっている (図-5・5)。

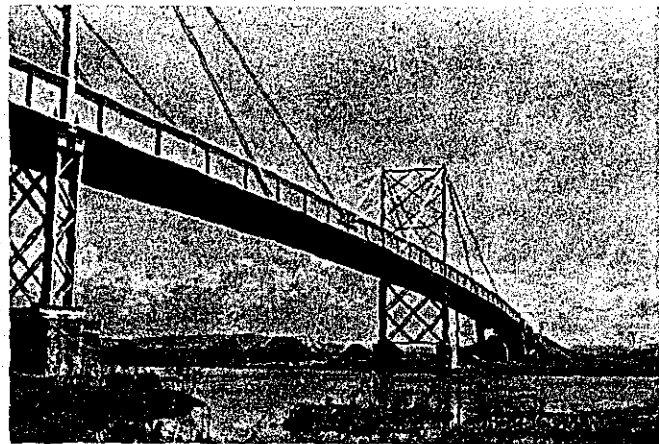


図-5・5 Gambote 橋

斜吊材には鋼棒を用い、桁は溶接プレートガーダーで、現場継手はリベット結合である。コロンビア国内の既存橋梁の大部分が小型断面材で構成されているのに反し、本橋

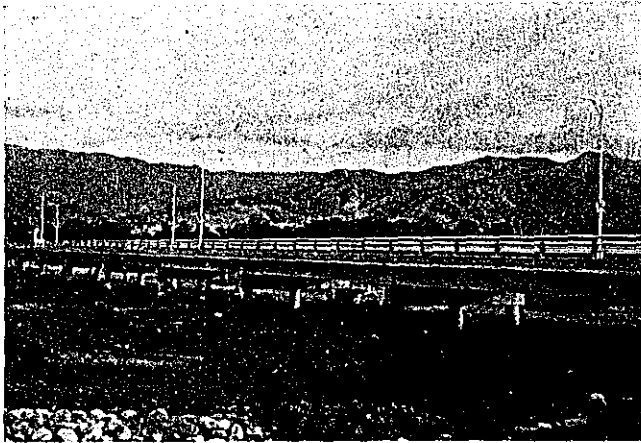


図-5・6 ベネズエラとの国境の Internacional 橋

た(図-5・6)。

その他、数10の既設橋梁を調査して得たわれわれの感想は、およそつぎのとおりである。

a) 1, 2の特例を除いて、吊橋の補剛桁をもふくめてトラスが採用されている。これはコロンビア国内では大形の鋼板が生産できないこと、また陸上運搬距離が長く、かつ鉄道も小規模であり全国にわたらず、したがって運搬上、部材の寸法や重量に制約があるためと思われる。

b) 溶接橋はほとんどなく、大部分は形鋼を用いたリベット結合橋である。これは、コロンビア国産の鋼材の溶接性が良好でないこと、溶接技術の未熟なこと、および大型の厚板が生産できないこと等によるものである。

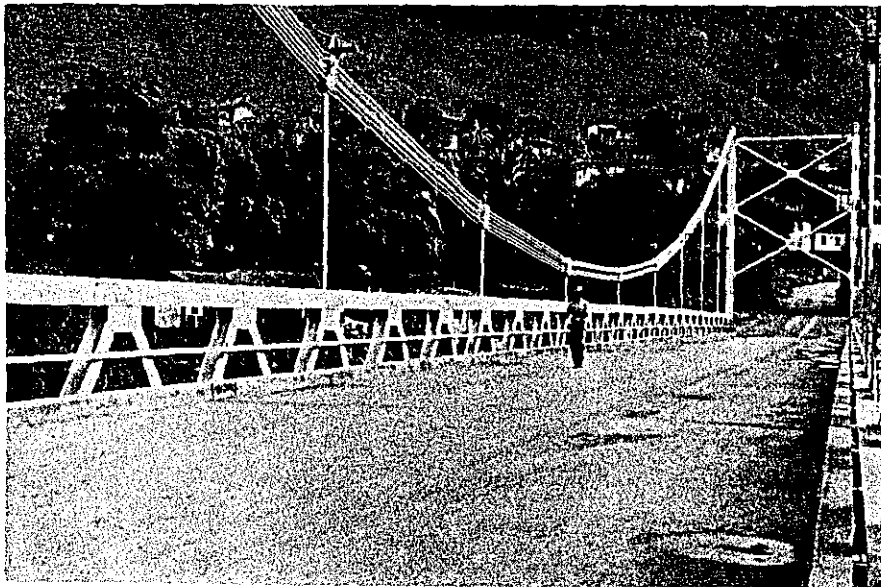


図-5・7 腹材に取付けた高欄

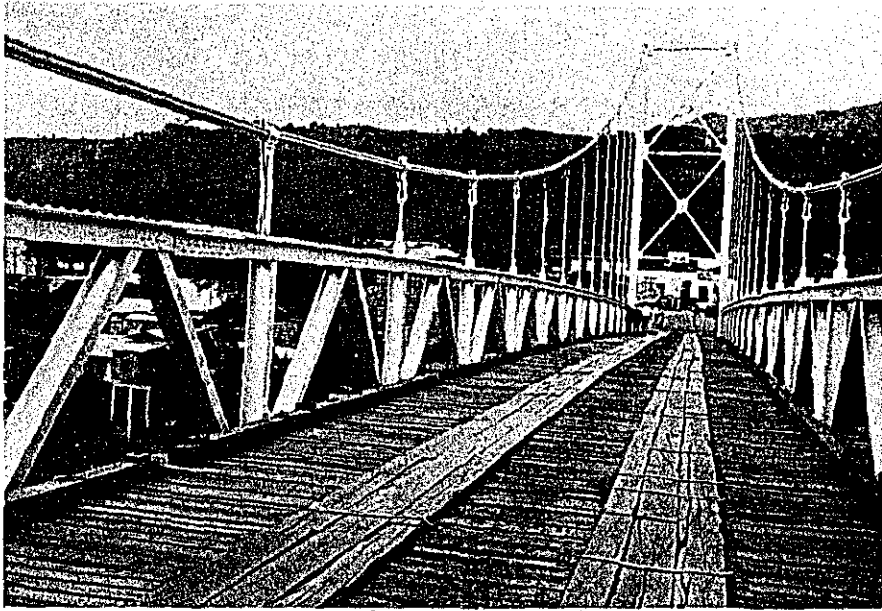


図-5.8 高欄が無い橋

c) 前記数橋の例からわかるように、幅員が一般にせまく、交通上のネックになっているものが多かった。1車線やっとの幅のものもかなりあった。また歩道部は、高欄の地覆部の幅を若干広げて、人がやっと1人通れる程度にしたものが多く見かけられた。

d) 伸縮継手はきわめて簡単である。これは年間の温度変化がきわめて小さいためと思われる。

e) 高欄はきわめて簡単である。山形鋼またはZ形鋼をリベットまたはボルトでトラスの腹材に直接に取付けたものが多く(図-5.7)、鋼重と製作の手間をはぶいていた。下路トラスでは、高欄がまったく無い橋もあった(図-5.8)。

f) 部材には一般にH形鋼などの単一断面材が多く使用され、たとえ鋼材量が増加しても、製作・架設の工数をできるだけ小にするような設計になっている。

g) 下部工の基礎はクイ打ち基礎が普通である。井筒または潜函基礎の例は聞かなかった。ある橋では、クイ打ちもせず、単に根掘りをして直ちにコンクリートの躯体を築造したものもある。したがって、水中に下部構造を作ることのできるだけ回避し、径間長を大にして吊橋としたものが多い。

h) 吊橋が非常に多いことの原因には、上記のほかに、設計風荷重および地震荷重が小さいことと、吊橋架設については現地業者もかなり慣れてきたことなどが挙げられる。

i) 塗装などの保守は、かなりよく行われている。

j) 鉄道橋は米国のCooper E30-Loadingによるものが多く、新線建設が不活発であることと、路線が大きな河川を横断することを避けているので、特筆すべきものは見当たらなかった。

## 5-2 工事中の橋梁

コロンビアにおいては新設または架換計画準備中の橋梁は多数にあるが、現在着工中の大きな橋梁は、その数きわめて少く、したがってコロンビアにおける架橋技術および施工方法等を十分に調査できなかったのは、まことに残念である。われわれが調査した工事の橋のおもなものは、つぎの3橋である。

**Ariari 橋** 橋長1,000mに及ぶ長大橋で、9径間に分かれ、最大径間は137.5mである。現在下部工事が完了。乱流により川幅は広がっているが、常時水量は少く、水深も浅いので基礎工事は容易であり12~15mの現場打ちコンクリートぐいを使用している。工事はH. B. Estructuras Metalicas S. A. および Mounting Empresa Moderna de Construcciones Ltda. の国内業者によって行われているが、西独 Krupp 社の技術指導によるものと推察された。

**Puebloviejo 橋** 橋長約150mで、支間約15mのPC桁を架ける計画であり、目下、右岸下部工のクイ打ち工事中であった。架橋地点は、わが国の浜名湖の出口のところに、海の中道により隔てられた大きな湖が海と連なる地点で、基礎地盤は砂質である。クイとして直径1m、板厚10mmの鋼管を打ち込み、その中にコンクリートを充填するもので、深部はコンクリートのみ、地表に近い曲げモーメントを受ける部分には鉄筋を入れている。このような構造は、地震がないので大きな設計水平力を考える必要がないので用い得るものであると考えられる。鋼管は、板を曲げて長さ3mの円筒に工場製作したものを現場溶接で継いでいた。

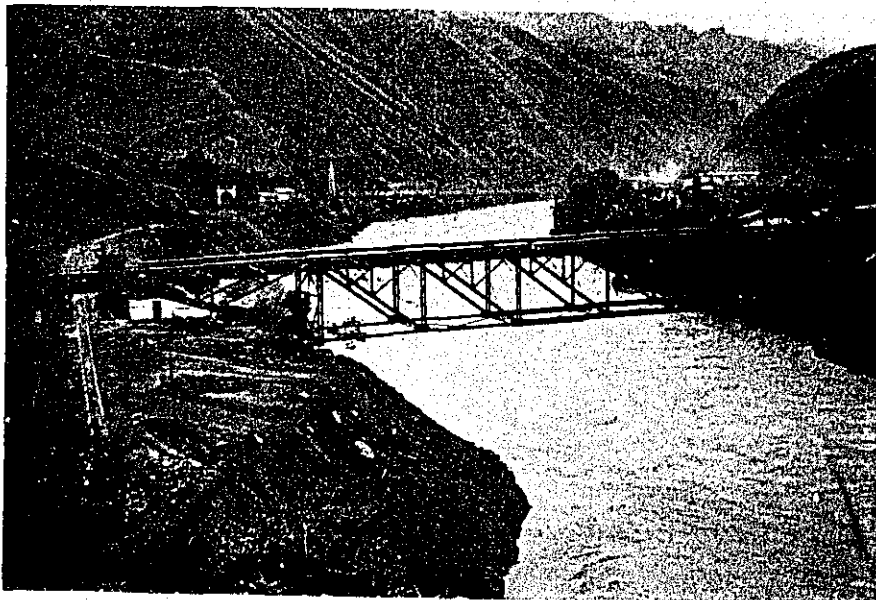


図-5・9 Irra 橋

**Irra 橋** 橋長 150m, 中央径間 100m の両側に片持梁として 25m ずつ突出させた上路トラス橋で突出した端に単純桁を支える形式である (図-5.9)。トラスの架設は既に完了し、架設機材も撤去して床版工事の準備中であつた。橋の片端は鉄道線路を直角に横切っており、位置と地形とから考えてケーブル架設によつたものと思われる。橋台および橋脚の基礎は、クイ打ちなどをせず、単に根掘りをして直ちに躯体を築造したもので、下部工の設計計算書を見ると、躯体底面と地盤との間の支圧応力の分布を直線的と仮定するきわめて初歩的な慣用計算法により、平均支圧応力  $20\text{t/m}^2$ , 最大支圧応力  $31.7\text{t/m}^2$  で、これが地盤の許容支持力以下であるから安全であるとなつていた。工事は、Krupp の子会社 H. B. が担当していた。

以上の既設および工事中の橋梁の視察結果、コロンビアの架橋能力についてつぎのことが感じられた。

a) 基礎工事としては、クイ打ち工法を主としているので、水中に橋脚を設けることを極度に避けている。

b) 橋梁部材の国内における工場製作は、支間 40m 以下のポネートラス程度のリベット組立材は可能と思われるが、溶接構造については溶接用鋼材の輸入と同時に溶接技術者の訓練が必要である。

c) 上部工の架設は、技術指導を行えば、国内業者によつて可能と思われる。しかし、複雑な架設を行うためには、架設用機材について特別の配慮を必要とするであらう。

### 5-3 計画中の橋梁

コロンビア国における新設または架換計画中の橋梁は、土木省では現在約 240 橋が考えられ、これに地方各県において計画中のものを加えると、およそ 300 橋をこえるであらう。これら計画橋梁は、

a) 現在橋が老朽化、あるいは交通量の増加により架替が考えられているもの。

b) 路線が河川により中断され、現在はフェリーにより連絡しているが、交通の増加にともない新橋を架設するもの。

c) 新しい道路建設またはショートカット道路の新設にともなつて架設する新橋。

の三つに分類される。

a) に属するものは、主として都市周辺の既に開発された地域にあるもので、現在橋の多くは 30 年前後を経過し、幅員も 5m 以内のせまいものが多く、橋床も木板のものもかなり見られた。これら現在橋のなかには、径間がかなり大きい吊橋が数橋あるが、新橋計画に際しては、基礎工法に新しい設計と技術を導入して、より経済的な径間割りによる他の形式の橋をも考えるべきであらう。

b) に属するものは、マグダレーナ河口の Barranquilla をはじめ、Cali 周辺、Llano

平原等の各地に見られるものである。これらの地点は一般に平地で、現在路面と河川水面との高低差が小さいところが多く、とくにコロンビアの河川には堤防らしきものはほとんどないので、高水時には兩岸一帯が浸水するようなどころも数多く見られた。このような地点では、橋梁の全長は、単に川の當時の水面をこえるというだけでなく、洪水時の流水を考慮してきめなければならない。とくに Llano 平原の河川は甚しい乱流状態を示しておりある工事現場では、ほぼ完成した橋台の後方がすでに流水域になっているところもあった。このような場合には、あらかじめ橋台を橋脚としても耐え得るように設計しておき、流水敷が橋台の後にまわったときには、さらに数径間をつぎたして橋長をのびし得るように計画するのの一つの解決策であろう。

c) に属するものは Choco, Boyaca, Arauca などの各県のように未開発地域の開発のための道路計画に附随するものが多く、また既に開発された地域間のより円滑な連絡をはかる道路のためのものもある。未開発地域では未だ路線も決定していないところが多く、河川のどの地点に架橋するかは、今後のコロンビア土木省の調査計画により決定されるものである。これにたいし、わが国より技術的援助または助言を供与しコロンビア国の橋梁建設に寄与し得れば、もって、わが国の技術にたいする評価と信頼感を高め、ひいてはわが国とコロンビア国との間のみならず、さらに他の中南米諸国間との技術的・経済的友好関係の促進に役立つであろう。

#### 5-4 資材その他

##### a) 鉄鋼事情

コロンビアにおける鉄鋼製品の本格的生産は、国営製鉄所 (Acerías Paz del Rio) の第1期建設工事が完了した1955年からである。すなわち、1940年に政府は国のほぼ中央にある Boyaca 県の Paz del Rio 地方の鉄鉱脈を調査し、これが開発のため1948年に前記製鉄所を設立して1951年に建設に着手し、1955年に生産を開始したものである。コロンビア国内における鉄鋼製品の生産量はおよそ表-5.1のとおりである。

表-5.1 コロンビアにおける鉄鋼製品生産量 (単位: トン/年)

年 度	機械用材	建設用材	レール 有棘鉄線	計	内 Acerías Paz del Rio の生産量
1955	100	41,300	—	41,400	35,000
1956	2,100	80,000	—	82,100	72,000
1957	10,400	90,300	1,600	102,300	90,000
1958	6,500	88,700	2,600	97,800	88,000
1959	12,100	89,400	7,700	109,200	78,000
1960	—	—	—	118,700	98,000
1961	—	—	—	—	123,000

注) 空欄は不明



この表からわかるように、コロンビアにおける鉄鋼製品の生産はきわめて小であり、しかもその全生産量の80~90%は Acerías Paz del Rio が占め、残りの10~20%が Medellín, Muña 社である。

一方1957~1959年の平均で見ると、国内需要量25万トンにたいして、国内生産10.3万トン、輸入14.7万トンであった。コロンビア政府では、1970年に予想される国内需要66.7万トンをまかなうために Acerías Paz del Rio を拡張するとともに、他にも新しい計画をたて、国内生産を52.7万トンにまで増加させ、輸入を20万トンにおさえるとともに、一部品種については6万トン程度の輸出を考えている。そのために1961~70年の10年間に95,500万ペソ(約500億円)の投資を計画している。この額は1961年現在における Acerías Paz del Rio の資本金60,000万ペソ(約320億円)の約1.5倍である。

現在の Acerías Paz del Rio の製品は、燐分がやや多く、材質から見てあまり良好のものではない。したがって溶接には不適當であり、そのうえ厚板が生産されていないので、橋梁への利用には限界がある。しかし建築物用材としては広く利用され、コロンビアのほとんどの建築物の鉄骨・鉄筋は、すでにすべて国産でまかなわれている。

#### b) セメント事情

コロンビアはセメントの原料である石灰岩にめぐまれているため、国内各地にセメント工場が存在し、1961年の国内生産高は135万トンに達している。したがって、輸出総額の0.5%にあたる年間約250万ドルの輸出を行っている。

われわれ調査団が視察した Nare (マグダレーナ河とナレ河との合流点) のセメント工場では、月産約14,000トンのポルトランドセメントを製造していた。材料の石灰石はナレ河の約18km上流の原石山から砕状にしてパイプ輸送をし、作業員約500名で、3交代24時間稼働を行っていた。製品の輸送は大部分マグダレーナ河の舟運により、一部を鉄道輸送によっていた。

#### c) 鉄構製作加工会社

コロンビアにおける鉄構とくに鋼橋製作加工会社としては H. B. Estructuras Metalicas, S. A. と Construcción Tissot & Cia, Ltda. の2社がきわだっていて、他はほとんど問題にならないようである。前者は西独の Krupp 社が株式の51%を持っている会社で、現在まで Krupp 社の指導のもとにコロンビア国内の多くの鋼橋の組立てと架設を行ってきた。Tissot の方は、はじめにはフランスの資本が入っていたが、近年全額コロンビア資本となった会社である。

調査団が視察した Tissot の Cali 工場 (Cali 市北方15kmにある) では、鉄骨構造物・橋梁・タンクなどの製作加工をし、約150人の作業員で月産約500トンの生産をしている。そのおもな設備はつぎのとおりである。

10トン クレーン

1台

5~7.5トン クレーン	3台
500トン プレス	1台
自動溶接機	1台
ドリリングマシン	若干
パンチングマシン	若干

#### d) 輸 送

わが国より 橋梁部材を輸送するとすれば、太平洋岸ではブエナベントウラ (Buenaventura) 港、大西洋側のカリブ海岸では バランキージャ (Barranquilla) 港を利用するものと考えられる。

鉄道は軌間3フィートの狭軌であるが、12m程度の長尺物の輸送は可能である。ブエナベントウラには鉄道の終点があり、鉄道によって国内各地へ輸送することが可能である。とくにブエナベントウラは太平洋岸にある関係上、コロンビアの太平洋岸地方およびカウカ河流域地方への輸送には便利であり、またボゴタ、ネイバ、その他の中心部にたいしても、バランキージャよりは距離的に近い。

バランキージャには全国的鉄道は来っていないが、約80km東方のサンタマルタ (Santa Marta) 港に行けば鉄道に連絡できる。バランキージャの特長はマグダレーナの河口港であることで、上流約600kmのラドラーダ (La Dorada) 附近まで、またカウカ河にはいれば、合流点から約350km上流のコロンビア第2の都市メデジンまで舟運による輸送が可能である。また太平洋に注ぐサンファン (San Juan) 河は、河口から約150kmのコンドウト (Condoto) まで船舶による輸送が可能である。

しかし鉄道または水路による輸送にはおのずから地域的限界があり、これらによる輸送が不可能な地点へは、輸送路の一部あるいは全部を自動車によらねばならない。とくに国の東半部の平原地帯へは、すべて自動車によらねばならない。コロンビア国内の道路の現況から判断すると、長さ12m程度、重量10~15トン程度の部材は、だいたい、自動車によって輸送し得るものと考えられる。

## 6. コロンビア国政府にたいする提案ならびに日本政府にたいする要望

調査団がコロンビア国における調査を終了し、同国を離れるにあたり、昭和38年1月3日、大隈大使と共に Ovando 土木大臣を公式に訪問し、離国のあいさつを行った際、福田は、調査団を代表し、大使館員の通訳のもとに、調査結果の中間報告と暫定的提案とを兼ねて、つぎのようなあいさつをした。

『われわれ日本国より派遣されたコロンビア共和国橋梁調査団は、閣下ならびに関係諸機関の協力と案内とにより、貴国各地における既設・建設工事中ならびに建設計画中の諸

橋梁の視察・調査を無事終ることができましたことを心から感謝いたします。

われわれの視察・調査の結果につきましては、われわれが日本に帰国ののち、十分な検討を加え、貴国の発展と技術の向上に役立ち得るような資料を添えて提出する予定であります。われわれ一行は来る1月6日貴国を離れて日本に向いますので、ここに、われわれがとくに感じた若干の事項について、とりあえず簡単に報告する次第であります。

(1) 橋梁全体としての経済的な計画について (略)

(2) 有料橋制度の採用について

貴国の国道中には多くの有料区間があります。これと同様に、交通量が多い路線中の長大橋梁については有料橋としての架橋計画が適当であると考えます。その一つの案としては、その橋の建設のために一つの特設会社を設立し、この会社が橋を建設し、一定期間有料としてその会社が料金を徴集し、建設費等が償却できたときに国に寄附し、無料橋に切りかえる案が考えられます。

たとえば Barranquilla 市と Santa Marta 市とを結ぶ国道では、Barranquilla 市の東方で Magdalena 河を有料渡船で渡る必要がありますが、この渡船に乗るために1時間ないし3時間も待つ必要があり、交通に多大の不便を与えております。この地点では Magdalena 河の河幅は約700mで大して大ではなく、基礎地盤も良好でありますので、橋梁架設はあまり面倒ではないと考えられます。また現在の交通量から見て、有料橋として十分に採算がとれるものと思われます。この点につき、もし閣下より要請があれば、ただちに日本政府に進言し、技術的ならびに経済的の協力をいたしたいと考えております。

(3) 下路橋と上路橋とについて (略)

(4) 溶接と高張力鋼について (略)

われわれは約1ヶ月間にわたり貴国各地を旅行いたしました。その結果、われわれは貴国には未だ開発されない広大な地域があり、かつ多量の重要な資源が未開発のままにあることを知りました。これら未開発な広大な地域および多量の資源を開発し、もって貴国の産業の発展を期するためには、まず交通施設、すなわち道路・橋梁の建設および整備が最も重要であると信じます。貴国においても、もちろん、これについては絶大の努力を払われ、貴国各地において道路・橋梁の整備および建設が着々と遂行されつつあることを実地に見聞し、貴国各関係者に敬意を表するものであります。われわれは道路のみならず橋梁製作の面においても貴国の技術が発展し進歩することを期待するとともに、日本国としましては、貴国の要望があれば、何事によらず、技術的あるいは経済的に貴国に御協力申し上げ、ひいてはコロンビア・日本両国の親交に寄与したいと考えます。

最後に、閣下ならびに関係者各位がわれわれに与えられた親切と協力とにたいし、ここに深き感謝の意を表し、われわれのあいさつといたします。』

このあいさつは、スペイン語に翻訳し、文書として日本大使館から土木大臣にあて提出

された。

土木大臣と会見し、上記のあいさつをした日の午後、大隈大使同道のもとに調査団一同が大統領に公式会見をした際、上記と同じ趣旨のあいさつを行った。このあいさつのうち、とくに有料橋制度の提案については、コロンビア国政府はきわめて大なる関心を示し、大統領の話によると、われわれの有料橋制度についての提案は、われわれと土木大臣との会見後、ただちに土木大臣から大統領に伝達され、ただちに臨時閣僚会議を開いて議した結果、われわれの提案はきわめて望ましきことであり、今後これについて日本からの援助協力を期待するとともに、われわれは技術的のミッションと考えるか、つぎには、有料橋の計画・経営等に関するミッションを派遣してほしいと、大統領は要望した。これにたいし、われわれは、帰国後大統領の要望を日本における関係方面に伝えることを約した。

上記の Barranquilla 有料橋計画は、コロンビア国内にかなりの反響を与えた模様で、新聞紙上にも報道された。その例を挙げるとつぎのとおりである。

EL ESPECTADOR, 1963年1月4日付記事(訳文)

≪コロンビア国内の土木研究をした日本使節団月曜日に帰国≫

土木省で得た情報によると、1ヶ月にわたり国内各地の視察と研究を行ってきた日本からの公式使節団は来週月曜日に帰国することになった。

**訪問の目的と重要性** コロンビア滞在中、福田武雄教授指導のもとに7名のすぐれた技術者からなる日本人使節団は、国内に建設済の最も重要な橋のみならず、現在進行中の政府が新規建設を計画している地点——その数は約40——をも訪問した。使節団は日本へ帰ってからその訪問について完全な報告を用意する。そのうちで現コロンビア政府が実現を希望している橋の計画の建設と遂行にとって疑いもなく大きい意味と重要性のある技術的かつ経済的な勧告をするであろう。

**技術的および経済的協力** 使節団の訪問について最も重要性のある事実は、日本使節団が行った Barranquilla と Santa Marta 間の Magdalena 河に新しい橋をかけることについての研究であり、これは現在の渡船にかわるものである。この点につき使節団は日本政府に技術上および経済上の協力を提案するということである。これによって、架橋が行われ、ある期間料金を徴集することによって償却することになろう。

EL TIEMPO, 1963年1月5日付記事(記文)

≪Atlantico と Magdalena の間≫

福田武雄氏を団長とする7名の技術者からなる我国訪問中の日本からの公式使節団は橋の建設に非常な興味を有し新聞の伝えるところでは Siénaga と Santa Marta 方面への交通を楽にするために Barranquilla に面した Magdalena 河上に橋をかけることに熱意を示している。

建設費の償却は料金徴集によって行うべく日本の関係者に勧告すると言われている。も

しこの企業が実現されたら、日本は、われわれの大西洋における最も金がかかる問題の解決を助け、かつ、最も効果のある方法でこの地区の観光事業の発展に宿与することになろう。(中略)大西洋の三つの中心都市を結ぶこの橋は、工費の面では、最近 Venezuela で Maracaibo 湖上にかけた橋の工事とくらべ、全然少額なものであり、隣国のこの高価な工事よりずっと効果があるものと考えられる。Cartagena, Barranquilla, Santa Marta が簡単に結ばれ、これら中心都市の交通が促進されるときに国際観光の与える衝撃は、われわれを驚かすであろう。

Barranquilla 有料橋架設に関するわれわれの提案は、民間資金(必要な場合には国家資金を加え)により特殊会社を設立し、本会社が橋を架設、完工後もこの会社が維持管理を行ない、料金を徴集して建設費の償却と維持管理費にあて、一定期間をすぎ、しかも適正な利潤をあげた後に国に寄附し、無料橋として一般の通行に供するという案であって、本案にたいしては、前述のように、コロンビア国政府当局も非常な関心を示し、かつその実現を強く要望しているのので、本調査団としては、日本政府においてもこれについて十分に検討し、もし実現の可能性がある場合には、調査団を派遣するかそのほかの適切な措置をとることを要望する。

また、調査団が大統領に会見した際、有料橋制度のほかに、わが国の橋梁技術の現状、各地で現在さかんに施行中の橋梁工事および有料道路等を視察研究して、もってコロンビア国の橋梁技術の進展に寄与するためにコロンビア国から適任技術者を2,3名わが国に招くことを提案した。これにたいしても、コロンビア国政府はその実現を期待しているのので、日本政府としてもこれが実現するよう適切な措置をとることを要望する。

