

舗装道路の防磨対策について

正 員 札幌開発建設部長 高橋 敏 五 郎

1. 初めて見る舗装の磨損

僅か数年前まで私達は舗装道路の磨損について何も考えた事がなかった。舗装の年間磨耗量は1mm以内だといはれ、これを覆すような事実も発生しなかったからである。昭和28年の冬、開通したばかりの札幌一千歳道路で私達はタイヤチェーンによるアスファルト舗装体の烈しい磨損を初めて発見した。この年は暖冬異変で屢々雪が消え、厳寒期に舗装面の露出した期間が極めて長かった。磨損は殆んど全延長に亘つて起り、中心部では一般に10mm内外、勾配の谷に当る高速部では僅かの部分ではあるが、舗装全厚50mmに達した所も発見され、



写真—1 札幌一千歳間30年12月
冬期に於ける舗装磨損面

舗装体の粉末が路肩の雪を黒く染めた程であつた。その後、此の磨損は札幌附近の除雪道路の各所で発見されアスファルト舗装・コンクリート舗装の区別がなく、交通量の増加と共に年々激しくなる傾向にある。説明する迄もなく、此の磨損はタイヤチェーンと舗装面の接点における強大な圧力(大型トラックでは $1,000\text{ kg/cm}^2$ 以上と推定されている)と擦過作用によるものである。当初はこの作用の他にチェーン取付のゆるみによる打撃作用も加わつていると考えられたが、これは予想した程烈しくないことが分つた。磨損作用の烈しさは、新しいタイヤチェーンが札幌一千歳を数往復すると、磨滅して切れてしまうこと、道路中心に埋設した真鍮板がひと冬で磨り切れてしまうこと等からも、凡そ想像されるであろう。今

迄知られている材料で、この磨損に真向から対決できるものは恐らく無いだろう。舗装用碎石の硬軟は、磨損量に差を生じたが、これに頼ることは不可能である。強度 300 kg/cm^2 のコンクリート舗装は、アスファルト舗装よりも磨損量が少ないように見えたが、一旦粗骨材が表面に露出し始めると、その磨損は急激に進展する事が判つた。この傾向はアスファルト舗装でも同じである。

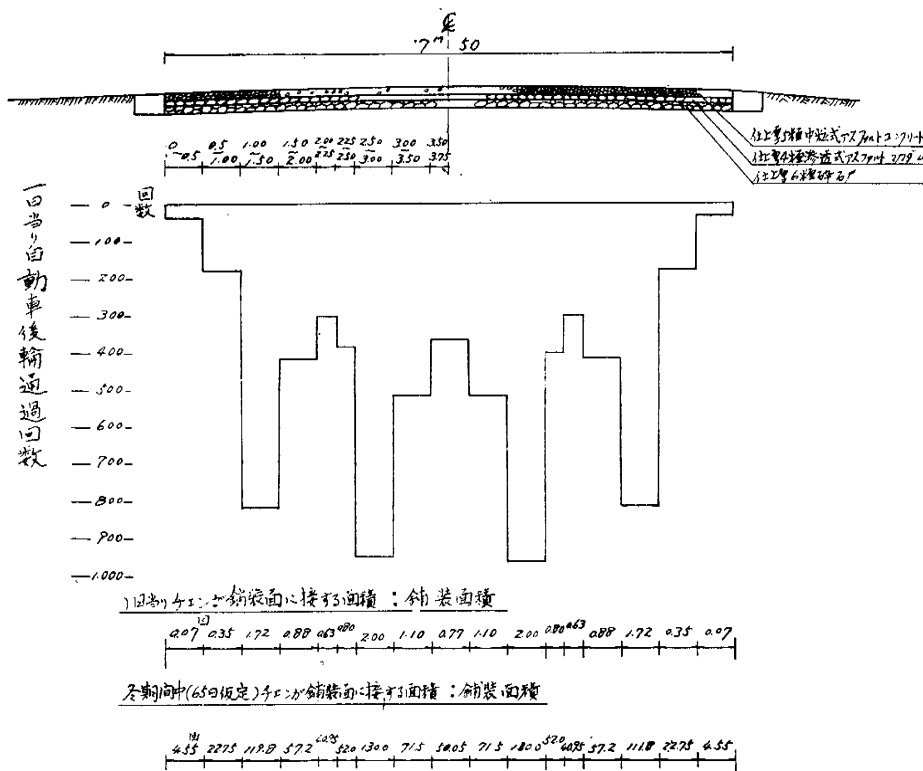
2. 磨損に影響するもの

然しこの磨損も僅かの路面積雪によつて完全に防止される。過去において、市内の舗装が殆んど磨損されなかったのは、道路除雪が不完全で、舗装とタイヤチェーンが道接接触する機会が少なかったからだと考えられている。道路除雪は一方では道路の凍上を激化し、他方では舗装路面の磨損問題を新たに登場させたわけである。

次に影響するのは交通量である。タイヤチェーンの1回通過で生ずる磨損は微量なるものに過ぎないから、舗装面の同一点を通過する回数が少ないならば、磨損量は目立つ程にはならない訳である。自動車の走行軌跡は路巾・線形・其他の環境条件により一定の傾向をもっている。図-1は巾員7.5mの道路を1日1,600台の自動車が通る場合、路面の各点をタイヤチェーンが幾回通過するかを現場調査による各部の通過頻度とチェーンの接触面積から算出したもので、ひと冬の間に最高130回の磨損を受けることを示している。従つて同一交通量の道路でも、例えば除雪巾員が狭くて交通が集中する場合は、そこに烈しい磨損が起るもので、本冬に発生した南4条通のコンクリート舗装の磨損は、この好例であろう。

次には自動車の走行速度が高い程、磨損が烈しくなる傾向が認められている。然しこの理由は明らかでない。擦過作用の差異によるものとも考えられたが、上り勾配下り勾配の磨損量に目立つ程の差がない点から見て、これは有力な理由ではない。恐らくは、何か他の簡単な理由——例えば、高速区間では路面の雪を吹き飛ばしてしまふとか、走行軌跡が集中するとかに因るのかも知れない。

次にアスファルト系舗装では気温の影響が甚大である。過去に使われたような針入度の低いアスファルト(100以下)は、気温の高い間は強靱な粘りを示すが、温



図一1 1級国道36号線自動車輪軌跡調査 (柏木における交通量1,600台)

度が0°C近くに下るとガラスのように硬く脆くなつて、僅かの衝撃によつて容易に粉碎されてしまうのである。従つて厳寒期にはチェーンによる磨損が烈しくなり、温度が上昇するに従つて磨損は急激に減少する。こうした傾向は、滲透式のアスファルトマカダム舗装のように粗骨材をアスファルト単独の厚い膜で結合する舗装体に烈しく、アスファルトコンクリート・シートアスファルトのように、アスファルトと石粉・砂等の結合組織では幾分弱くなる。

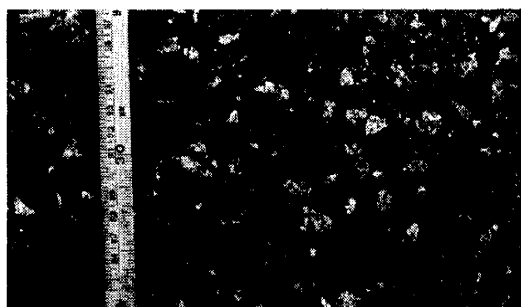
3. 世界中に例がない

さてこのように烈しい舗装の磨損——タイヤチェーンによる磨損は未だ世界のどこからも報告されておらず、従つて対策についての研究もされていないのである。勿論世界中には北海道と同様な気象条件の場所がいくらかあるのだが、そこで同様な問題が起つてないのは、全ての道路の完全除雪、塩化カルシウム等の撒布による路面の氷結防止、砂等の撒布による迂り止が行なわれて、自動車は特別の場合を除きタイヤチェーンをつける必要がないからだと聞いている。それならば、これは貧しい文化国家たる日本の悲喜劇だとも考えられるだろう。ともあれ私達は独立で対策を考えなければならない。

真先に思いつくことは、除雪方法を改善して路面に雪を残すことができないかと云うことである。路面に雪を残すことは既に行なわれており、これは除雪作業の常識であるが、気温や雪質の変化に関らず、良い路面を維持する為には、残雪の厚さは10 cm以下とされている。ところが交通の増加により、又日中気温の上昇により雪路面は、容易に破壊され凹凸を生じたり、ざらめになつたり、轍を生じたりする。そこでグレーダー作業が必要になり、雪層はその度に薄くなつて行き、数日後には舗装が露出するに至る。従つて良い雪路面を維持出来るのは厳寒期で毎日多少の降雪がある期間だけに限られる。即ち快適走行を欲するなら、札幌一千歳道路級の交通量(1,500~2,500台/日)で長期間雪路面を維持することは、殆ど不可能だと考えられている。それならば外国なみに完全除雪をして、チェーンを不要にしてはどうか。札幌一千歳、札幌一小樽間を外国なみの道路に保つことは、實際上不可能ではないだろう。然しチェーンを取り去る為には、これらに接続する他の多くの主要道路も完全除雪される事が必要であり、これは殆ど不可能なことである。かつて札幌一千歳道路の舗装だけが全線露出した時、試みに「チェーンをはずして下さい」と云う掲示をしたが、これは殆ど効果がなかつた。

4. 対策のヒント

当初私達はこの磨損に対して全くなす術を知らず、対策を考えるヒントさえ掴めなかつた。現場に立つてタイヤチェンの烈しい攻撃を見ていると、どんな方法も無効のように思われた。然し、そのうちに小さな発見をした。それは車線分離のため、舗装の中心に塗ったペンキの跡が磨耗されず残っていたことである。これはペンキの溶剤がアスファルトを冬中軟く保つたからだと思われた。然しペンキの跡は充分調査する暇なく磨損されてしまったが、次には収縮目地の間隙を塞ぐため舗装の表面に塗ったカットバックアスファルトの薄い膜が、良く磨耗に耐えていることを発見した。このアスファルトは厳寒期にも流動性を失わない程軟くカットバックされていたが、いつまでも磨損を受けなかつたので、私達は太急ぎでこれを試験台にとりあげた。アスファルトを重油



写真—2 札幌千歳間防磨対策アスファルトペイントコート (29年 5月)

及び軽油の種々の割合でカットバックして、舗装面に厚さ1mm程に並べて塗って見た。其の結果重油20%、軽油10%の附近が最も良好で、それよりも多くても少なくても耐摩力又は耐久力が比例的に悪くなる事が判つた。私達はこうして第1の端緒を掴んだが、しかしこの1mm耗に満たない軟質薄膜が、どうしてタイヤチェンの烈しい攻撃に耐え得るか理解できなかつた。この膜は常にゴムの様に軟かで車輪が通る度にタイヤの跡が鮮明に印刷されるが、別に流動することも無く、そしていくらか復元力をもつて居り、タイヤにはつかないが馬蹄や靴には粘りつく性質を持っていた。この時以来、柔よく剛を制する格言が、対磨工法の重要な理念になった。

5. 昭和29年の失敗と進歩

翌29年に私達は、札幌—千歳線上輪厚の勾配部に耐磨工法の発見を目的とする試験区間を設けた。ここにはアスファルトの針入度、アスファルトの使用量、フィラーの量、ゴム混合アスファルト、シートモルタル、ワービットモルタル等21種の舗装を施工した。

更に11月に全線に亘つて、カットバックアスファルトの塗装を試みた。試験区間の結果は容易に判明しなかつたが、塗装の方は直ちに反応が現われた。而もそれは失敗の反応であつた。ここではアスファルトを20%の重油でカットバックして、厚さ0.7mmに塗ることになつており、この通り施行された部分はある程度好結果を示したが、カットバック量の不正確による重油不足な箇所は、寒冷期になると鏡のように光つて硬くなり、そして見る間にタイヤチェンで粉細され剥脱してしまつた。又塗装の厚さもテーブルプランの通りにはならなかつた。即ち舗装面には微量の凹凸があるのでこれを平滑に塗装すると至る所で膜の厚さが増加した。こうして厚くなつた膜にチェンがある程度以上喰い込むと膜は削りとられて飛散した。1度で削りとられない場合でもチェンの跡に雪が浸入して、膜の復元を不可能にし次のチェンによつて剥ぎとられた。このようにして剥脱されたアスファルトは黒い砂粒のように路面の雪に混合したが、これはやがてタイヤ(走行中に熱している)や坩除に附着し、次第に厚く大きくなつた。この為に札幌—千歳道路を走る自動車の足廻りは、ベタついて始末の悪いアスファルトに蔽われて、苦情が続出した。又この塗装ではアスファルト表面に砂を撒布しては軟質薄膜の効果が少なくなると考えて、少量の石粉で間に合わせた。これは温度の低下と共に塗装面を必要以上に平滑にし、雪の附着が悪くなつてスリップの事故を誘発する結果となつた。かくして軟質薄膜の防磨効果は決して覆された訳ではなかつたが、施工上の多くの欠陥に因つて、私達は失敗した。然し其の反面貴重な教訓を得る事が出来た。即ち

1. アスファルトは予想される低温に対して正確にカットバックしなければならない。
2. アスファルト膜はチェンで剥ぎとられない厚さに制限しなければならない。
3. 石粉処理の結果は不良であり、砂を撒いて悪いという理由は薄弱である。

その冬私達は上記の結論を更に追求する為の現場試験を続行した。今度は塗装アスファルトのカットバックの程度や膜の厚さ等の他に、舗装体そのもののアスファルト分をカットバック又はフラックスする為に、重油・タール・クレオソート等の塗布を試みた。他方、上輪厚の試験舗装でも次第に優劣が現われて来た。ここではアスファルトの針入度を高めること、富配合にすること、フィラーの量を多くすること、特にシートモルタル・ワービットモルタル等の組織が高い耐磨性を与えることが分つて来た。ゴム舗装も耐磨的であるようだがまだその真価を見極めるには早過ぎた。

ここに昭和29年冬の観察から得た結論を述べて見る

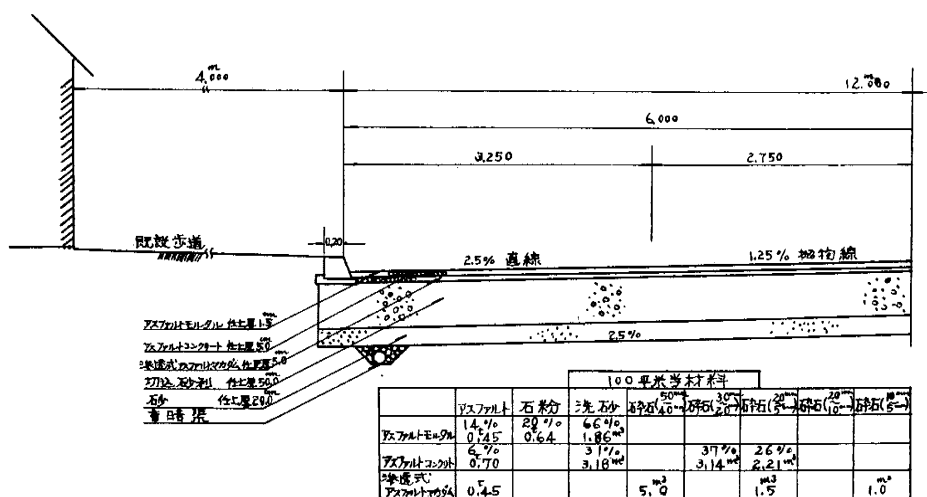
タイヤチェーンによる舗装の磨損を少なくするには次の方法がある。

- ## 6. 昭和30年の進歩

昭和30年私達の防磨対策は少々明確な方向を持つようになった。今後新設される重要道路の舗装には、原則として富配合シートモルタルの表層をかぶせることになった。また現に磨損を受けている舗装にはカットバックアスファルト塗装を励行し、其の施行法を合理化することになった。富配合シートモルタルの最初の見本が、札幌市北1条西4丁目～西19丁目間の改装に実現した。そして現在迄のところ、この舗装は良い結果を示している。この舗装の配合及び構造は図-2の通りである。

カットバックアスファルト塗装の方には、未だ多くの問題が残っている。第一にこの塗装を年々施行するには工費の低下、作業のスピード化、そして塗装膜厚の正確化を図らなければならない。そこでひとつの試作が行なわれた。それは1台のトラックに路面清掃用ブラシ・アスファルトタンク・デストリビューター・スクィーザー・仕上用ブラシを順次に装備した塗装車とスプレーダーを牽引した砂撒布車の協同作業である。(図3, 4参照)

この塗装能力は、巾 2.6 m で毎時 7 km のスピードで行なう事ができ、1 日 3 万 m² は可能である。従つて札幌一千歳 32 km を僅か 1 週間で塗装する事ができ、又塗装費の中に占める労力費は微々たるものになつた。昭和 30 年度の塗装量は 20% カットバックアスファルト 0.35 l/m² に減少して試みたが、これは前年のような失敗は全く無かつた代りに、2 月頃迄に消滅した部分も生じて、塗装量が少な過ぎたことを思わせた。然し今年は雪が特別少なく、冬中舗装が露出していた状態なのに磨損量がそれ程多くなかつたのは、この塗装が有効に効いた証拠であらう。



図一2 札幌市北1条自西至西20丁目間舗装標準図

塗裝車

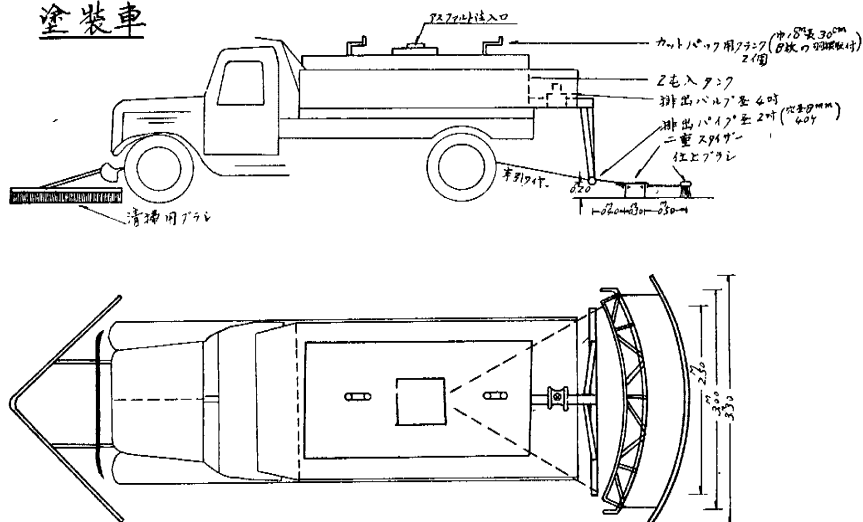


图-3 (1)

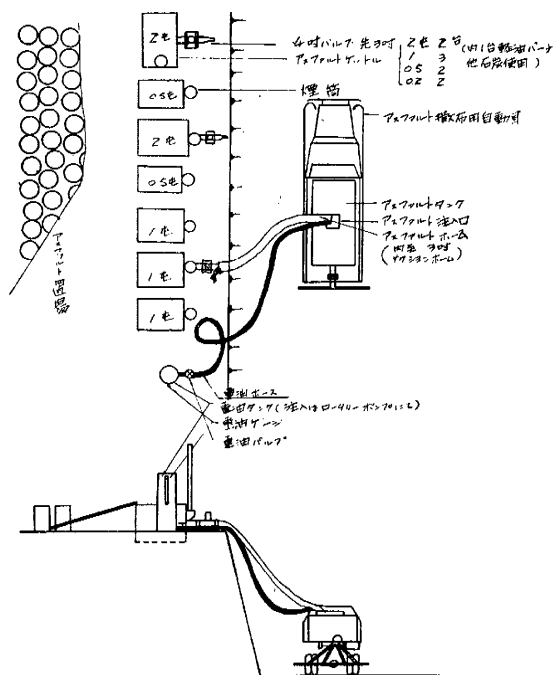


图 3-3 (2)

図-3 (1)~(2) 冬期対策札幌一千歳間舗装道
アスファルト塗布工事器械装置図

7. 山積する研究課題

以上は私達が現在までに行なつた防磨対策の概要であるが、いうまでもなくこれは未完成のものである。北1条の富配合シートモルタルの結果が良いといつても、そ

れは完全に磨損を防止しているわけではなく、その磨損量がどの程度か、それが経済的に成立するかどうかは今後の調査研究に俟たねばならない。カットバックアスファルト塗装の方は、更に未完成で塗装すべきアスファルトの品質・塗装量・塗装工法のいずれにも多くの研究課題を残している。また全く手をつけていないものにコンクリート舗装の防磨対策及び磨損したコンクリート舗装の修理工法がある。この後者については富配合シートモルタルで被覆する事を考えているが、モルタルの厚さを薄くすると剥げ易いので、その接着材の発見に悩んでいる。米国製グラコートという接着材の試験も行なつたが、これは殆んど役に立たなかつた。

上述のように、必要に迫られて現場実施には新しい試みがつぎつぎと採り入れられているが、これの裏付けとなる試験研究がこれに併行し得ないことが私達の大きな悩みとなつている。特にアスファルトの低温時の性質研究がまだ極めて不完全な状態にあることは大きな隘路となつている。又タイヤチェーンと同様な作用をする磨損試験機の試作も行つたが、まだ満足すべき状態に至らぬことも試験室の悩みとなつている。

ある人は、タイヤチエンと無謀な闘争を続けるよりもタイヤチエンそのものの改良に乗り出す方が近道だと忠告している。然し私達はタイヤチエンの改良は、他の人々に委ね、道路技術者としての立場から対蹠工法を究極までつきとめようと考えている。これは先人未踏の分野である。そして創造に苦難はつきものである。

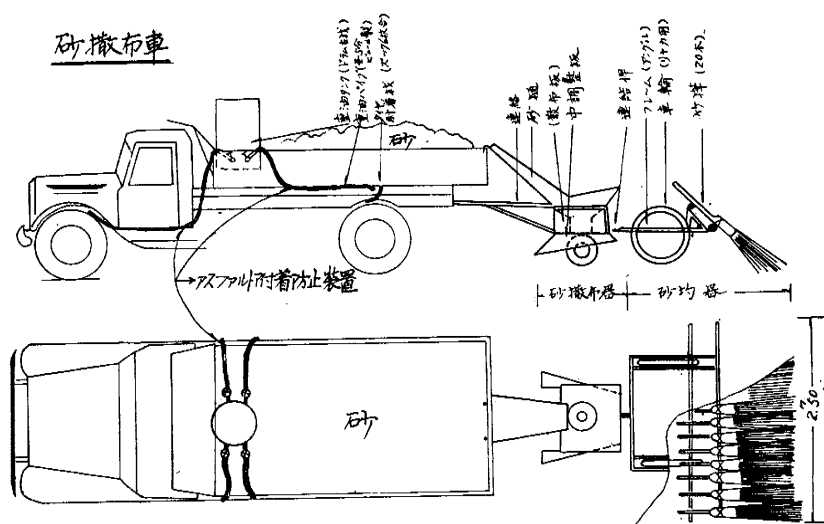


図-4 冬期対策札幌一千歳間舗装道アスファルト塗布工事プラント装置図

昭和31年度北海道内主要土木工事 北海道開発局漁港修築事業 (工費1千万円以上)

漁 港 名	工 費 円	期 間	施 行 者 名	摘 要
古 平 漁 港	28,500,000	自昭和31年4月1日 至昭和32年3月31日	技官 高橋和彦	甲防波堤 30 m
浜 益 漁 港	18,000,000	自昭和31年4月1日 至昭和32年3月31日	技官 眼目四郎八	北方丙部 10 m 北方丁部 9.5 m
寿 都 漁 港	15,500,000	自昭和31年4月1日 至昭和32年3月 日	技官 井形義則	防波堤 32 m
戸 井 漁 港 南防波堤丁部	11,980,000	自昭和31年5月1日 至昭和31年12月15日	戸井漁港修築事業所	” 26.0 m
砂 原 漁 港 北 防 波 堤	13,250,000	自昭和31年5月1日 至昭和31年12月30日	砂原漁港修築事業所	” 56.0 m
雄 冬 漁 港 防 波 堤	16,000,000	自昭和31年4月1日 至昭和32年3月 日	技官 尾崎辰治	” 19 m
仙 法 志 港 防波堤波藻	11,700,000	自昭和31年4月1日 至昭和32年3月31日	技官 織田敏夫	
齒 舞 漁 港 南 防 波 堤	13,160,000	自昭和31年4月1日 至昭和 年 月 日	技官 本保正行	” 45 m
羅 臼 漁 港 (本工事費)	18,670,000	自昭和31年4月1日 至昭和 年 月 日	技官 菅野隆三	
羅 臼 漁 港 南 防 波 堤	12,430,000	”	”	” 20 m
宇登呂防波堤	28,000,000	自昭和31年4月1日 至昭和32年3月31日	技官 阿部正悦	” 27 m 内請負 10,920,000
元 稻 府 波藻岩盤掘鑿	30,000,000	自昭和31年4月1日 至昭和32年3月31日	技官 林 勇	1,250 m ³ 24,550 m ³ 内請負 23,720,000
様 似 漁 港	11,164,000	自昭和31年4月1日 至昭和32年3月31日	技官 隅田行雄	南防波堤 27 m 上部工 ” C部 18 m 西防蒿上 121 m 6 本局留置 136,000