

## 松花江臨時氷上線路列車運轉狀況報告

會員 工學士 田 邊 利 男

### 目 次

一 概 説	1
二 準備試験	2
三 氷上線路列車運轉狀況	4
四 結 言	6

### 一 概 説

吉敦鐵道は吉長鐵道吉林驛を起點として東方 210 料を距つる敦化を終點とし將來更に 200 餘料を延長せば朝鮮國境に達する滿洲中部を東西に横斷する幹線を形成するものとなる。

南方に安奉線北方に東支東部線に見るが如く滿洲東部の山地を通過するを以て土工及隧道等の工事量大にして建設期限は長日月を要す。

昨年 2 月 1 日吉敦鐵路工程局業務を開始し 2 月末より測量に着手し 6 月 1 日吉林起點附近より工事を開始し明年 12 月を以て全線を完成せんとす。

而して全線中の最大建造物として吉林起點直前に於て松花江あり橋梁支間 47 米を 9 連架設せんとす、次に起點より 64 料に於て老爺嶺隧道延長 1820 米を掘鑿せんとす、松花江橋梁は昨年 6 月着手し本年 8 月竣工の豫定にして、老爺嶺隧道は昨年 8 月着手し明年 8 月竣工の豫定なり共に工事の性質上線路の開通を制する重要工事なり。

吉林老爺嶺間の内 46 料間の土工橋梁は昨年 6 月工事を開始し松花江橋梁を除く以外は今春早々竣工するを以て軌道敷設を爲し得る状態となれり、依て松花江橋梁の竣工を待たず本冬期に於て江の氷上に臨時軌道を敷設し所要材料及車輛を渡河し軌道敷設を進行し置かば松花江橋梁竣工と同時に 46 料の開通をなし得べく更に本年末迄には老爺嶺隧道西口に達し得べく此區間の開通は老爺嶺隧道及以遠の工事に便宜を供與し竣工促進上頗る有效なるを想ひ、且つ一部たりとも鐵道の開通を速成せしむることは一般の期待する所なるを信じ氷上線路列車運轉を決行せんとしたるものなり。

## 二 準備試験

氷の強度は其組成に因り不同にして特に廣大なる水面上の氷は膨脹の際凹凸を生じ不規則なる裂罅を存し、板として其強度を算出すること困難なり。

アメリカン・シビル・エンジニア・ハンドブックに就て見るに 1885 年獨逸に於ける或實驗は氷の抗張力を毎平方呎 142 乃至 223 封度と報告し、1880 年米國工兵隊の實驗は抗壓強毎平方呎 100 乃至 1000 封度にして氷の組織に因り異なりと云ふ、尙氷は破壊前 6 乃至 30%、壓縮す。氷の支持力は明かに断定し得ざるも 2 時の氷は歩兵に安全にして、6 時の氷は野砲 8 時の氷は櫓に毎平方呎 1000 封度以下を積みて通行し得、15 時の氷上に於ては鐵道を敷設して列車を通行せしことあり。

以上の記事に依り松花江の氷は毎年約 70 糎の厚さに達するを以て列車運轉に耐へ得るものと想像し得るも果して如何なる程度のものなりや詳細なる前例記録を知らず不安を感じるを以て次に述ぶる荷重試験を施行せり。

### 第一試験

1 月 6 日江の氷上に於て錘重 125 貫を (底面積 0.1 米) 高さ 4 米の高所より落下するに厚さ 33 糎の氷は 1 回にて破れ續て氷厚 40, 42, 53, 54 糎の各所にて同様錘を落下せるに凡て第 1 回の落下にては外見何等の異狀なく第 2 回の落下にては脆くも破れて錘は河中に轉落せり、而して何れの場合も破碎状態は錘と同大の孔を穿つのみにて他に異狀を發見せず。

2 月 8 日厚さ 45 糎の氷上に於て錘を 2 米の高さより落下せるに第 1 回異狀なく第 2 回は錘が水中に深さ 12 糎喰込みたり。

### 第二試験

1 月 8 日厚さ 55 糎の氷上に 10 糎角の柱 4 本を 9 米の間隔に四隅に立て 80 封度軌條 56 本 (22.3 廂) を載せ 20 時間を経過して驗せるに各柱深さ 2 乃至 5 糎氷中に喰込み居れり、更に 12 本を追積して總重 27.9 廂として 48 時間を経過せるに柱の喰込 3 乃至 17 糎となり、尙 10 本を加へて總重 32 廂として 24 時間を経過せるに喰込深さ 12 乃至 18 糎となり荷重の周圍は幅 2 米の極めて細き龜裂を生じ居れり、然れども氷面全體の沈下僅小なり。

而して荷重除去後柱の部分の氷を切り取りて驗するに氷の下端は瘤出し其最大突出 45 糎、幅は約 50 糎にして此瘤出部と柱の喰込下部との間は無數の條痕を生じ白色不透明となり他の部と識別せられ居れり。

### 第三試験

1 月 7 日厚さ 59 糎の氷上に於て枕木 (23×15×260) を 16 本敷き軌條 2 本を標準軌間に並べ此上に更に枕木 16 本を並べ 80 封度軌條を載せ 100 本以上を積むに従ひ漸次氷面

垂下し 138 本 (57.4 匁) を載せた時は周圍に龜裂を生じ 150 本 (62 匁) となりては中央の垂下 24 匁となり其儘放置して 17 時間を経過して測定せるに中央の垂下 62 匁となり周圍の龜裂も亦著しく其幅 10 耗以上となり更に 9 本を加へて總重 65.8 匁として 18 時間を経過せるに終に氷面破壊して荷重を水中に没せり。

#### 第四試驗

1 月 14 日厚さ 63 匁の氷上に枕木 (20×30×300) 2 本を 8 米の間隔に並べ 80 封度軌條 150 本 (60 匁) を載せたるに 5 時間を経過して氷面の沈下 20 匁となり、更に 17 時間を経て 30 匁となれり、其後は著しき變化なく 2 本の枕木の間の氷面は水平に沈下し周圍に幅 5 耗の裂罅を生ぜり。

#### 第五試驗

1 月 12 日厚さ 72 匁の氷上に枕木 (20×30×50) 4 本を 8 米間隔の 4 隅に置き其上に軌條 150 本 (60 匁) を積み 20 時間經過の後測定したるに氷面の沈下 8 匁に止まり其後 24 時間放置して更に變化なく各支點間の内部は水平に沈下し周圍の罅裂も極めて微細なり。

#### 第六試驗

1 月 15 日厚さ 70 匁の氷上に枕木 (30×20×36) 9 本を 5 米間隔に方形に並べ其上に軌條 100 本 (40 匁) を積み 3 時間の後測定せるに氷面の垂下 2 匁にして其後 18 時間を経て 6 匁となり更に 50 本 (20 匁) を追積して 24 時間を経過せるに 9 匁となり其後は變化なく氷面の垂下及罅裂の状態は第五試驗と相似たり。

#### 第七試驗

1 月 18 日厚さ 77 匁の氷上にて 10 米四方の面積に軌條 150 本 (60 匁) を直接積載して 20 時間經過の後測定せるに其中央の沈下 5 匁にして其後更に變化なく周圍に龜裂の認むべきものなし。

以上を綜合するに第一試驗は衝擊力に對する氷の應剪力を驗し、第二試驗に於て氷の壓碎狀況を觀測し、第三以下の試驗に於て氷板の彎曲抗力を驗したるものにして第三と第四は略同様の結果を示し、第五、第六及第七は略類似の成績を示せり、而して第三及第四に比し第五、第六及第七は氷の厚さが大となりたると荷重支持點の範圍が擴大せしにより著しく彎曲抗力を増大したることを認むべし。

此等試験に依り氷が荷重に因る壓碎及び彎曲變形は多大の時間を要するものなるは特に注目すべき事實なり。

## 備 考

## 1) 氣温測定

月 日	最低	最高	月 日	最低	最高
1 6	-13	+ 2	1 11	-13	- 7
7	- 2	+ 4	12	-22	- 7
8	-15	-11	13	-31	-10
9	-24	- 7	14	-31	-11
10	-12	- 3	15	-30	-20

## 2) 氷の温度

1月19日気温零下19度の際氷の厚さ65糎の内部温度を Register pyrometer を以て検測せり、其結果は次の如し。

表面よりの深さ	温度	表面よりの深さ	温度
10 糎	-8.9 度	49 糎	-4.3 度
30	-8.1	60	-2.2
37	-6.2		

## 三 氷上線路列車運轉狀況

前章荷重試験に依り廣大なる氷面に於ける氷の荷重支持力は豫想外微弱なるを知りたるを以て線路の構造はなるべく廣き面積に荷重を分布するを安全と認め且つ河岸との勾配緩和の爲め軌條及枕木を以てバンドルを構成し此上に軌道を敷設せり。

此構造は附圖第九の如く氷上に80度傾斜長さ10米を2米間隔に横に並列し、其上に枕木を縦横に並列組立てたるものにして河の中央部は枕木5段とし兩岸勾配部は最高16段積となり、此荷重は軌道延長10米に對し10噸乃至24噸となり、爲めに未だ列車を通過せざるに既に6糎乃至20糎の彎曲垂下を來し頗る不安を感じしめたり。

而して2月6日試運轉を行ひたるに先づ吉長局所有の最小機關車サツドル・タンク型重量40噸を單機運轉したるに氷面の沈下僅小にして何等異狀を認めず、次にモーガル型重量80噸を單機運轉せしめたるに氷は破音を發して無數の龜裂を生じ就中軌道中心より約9米を距て、兩側に生じたる裂罅は最も大にして線路と平行に一直線に河を横斷せり、氷面の沈下は軌道下にて約15糎に達し左右の氷面上下波動は兩側100米外に及べり、然れども此垂下は列車通過後は原位置に近く復舊する半彈性的のものなるを認めたり。

本試運轉に依り小單位の列車運行は安全なるを確めたるも荷重通過毎に氷面漸次幾分宛永久性の變形沈下を増大するを以て豫定の所要車數を完全に渡河し得るや懸念なき能はず。

渡河計畫は最も重きモーガル機3輛は最初の内に各單機渡河せしめ其他はサツドル・タンク機にて30噸車2輛を連結し全重量を120噸の列車とし、1日7往復運轉せしむる豫定を

以て 2 月 7 日より實施し 2 月 25 日に亙り、19 日間下記材料及車輛を渡河せしめたり。

材料合計 202 車

内 譯

軌條	80 封度型	46 籽分	136 車
軌條	60 封度型		12 車
軌條附屬品及分岐材料		16 組分	21 車
石炭		900 噸分	33 車

車 輛

機關車モーター型			3 輛
平車	30 噸積		9 輛
碎石車	同		18 輛
同	15 噸積		2 輛
車掌車			4 輛

本輸送實施中列車が氷上を通過する速度は 1 時間 20 籽に制限したるも殆んど限度に近き速度となり、日を経るに従ひて氷面の垂下増大し終には軌道中心にも縦裂罅を生じ漸次其幅を擴大せり、加ふるに逐日溫暖に向ふを以て豫定數量の輸送を果し得るや頗る不安なるものありしも幸に無事終結し所期の目的を達するを得たり。

而して輸送終結後直に線路を撤去して氷面の裂罅を驗するに軌道兩側及び中央の裂罅は何れも V 字形に深さ概ね 45 糎の位置にて止まり特に中央の裂罅は左右に比し寧ろ大にして上幅 2 糎乃至 3 糎に達せり、而して 45 糎以下には何等異狀を認めず。

尙其他の部分も氷面より 45 糎内外迄は無數の微細なる龜裂を生じ此間隙に氷面の汚濁水等が浸入して薄褐色に見ゆるも 50 糎以下は透明にして罅裂を認め得ず。

備 考

氣 溫 測 定

月 日	最 低	最 高	月 日	最 低	最 高
2 6	-24	-5	16	-13	0
7	-25	-8	17	-15	0
8	-27	-8	18	-17	0
9	-24	-8	19	-17	-1
10	-23	-6	20	-17	0
11	-17	-3	21	-16	+2
12	-18	-4	22	-16	-2
13	-13	+1	23	-14	+2
14	-3	+8	24	-12	+5
15	-11	0	25	-5	-2

#### 四 結 言

本實驗に依り廣大なる水面に浮べる氷上に荷重を積載する場合の力學的資料と認むべきものの次の如し。

1) 氷の支持力は荷重積載時間に關係す。

氷の壓碎せらるゝ深度は負荷時間に依り増大し彎曲變形は半彈性的にして荷重負擔の時間長大なるに従ひ其永久變形大なり。

2) 氷が其厚さに依り如何なる範圍迄板として作用するや而して荷重の爲め如何なる状態に彎曲變形を生じ下面の水の反力と共に荷重と平衡を保つものなりやに關しては前述實驗記事及び圖面に於て見るが如し。

3) 氷面に生ずる罅裂の解釋

a 廣き水面積に於ける氷は荷重なき場合外氣の溫度低下するに従ひ其厚さを増し下面新組成の氷は原面積に比し膨大するを以て表面隆起を促し従て上面のみに罅裂を生じ下面には極めて稀なり、尙上面の氷は下面に比し溫度低下の爲め收縮して一層此傾向を大ならしむ。

従て氷上に荷重積載前氷の上面にはイニシアル・テンション下面にはイニシアル・コンプレッションを生じ居るものと思ふ。

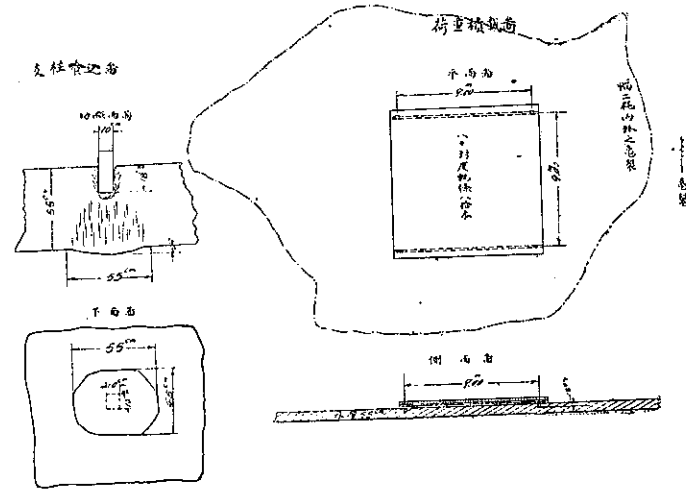
b 本實驗横斷面の形は波状を示し左右隆起部上面に罅裂を生ずるは明なるも垂下曲線部下面に罅裂なきは横列軌條及枕木等にて補強せられ其垂下曲線は左右隆起曲線に比し半徑大なるに因ると同時に a 項に述ぶるが如き氷の組成に原因すること大なるべし。

c 中部表面の罅裂は甚だ解釋に苦むものなるも或斷面に於て列車が其直上に來る時水面は靜止状態よりも沈下し列車が其前後或距離に到るときは靜止状態よりも隆起すべし、斯くの如き複雑なる縦横上下の波動と a 項に述ぶるが如き氷の組成に原因し上面罅裂を生ずるものなるべし。

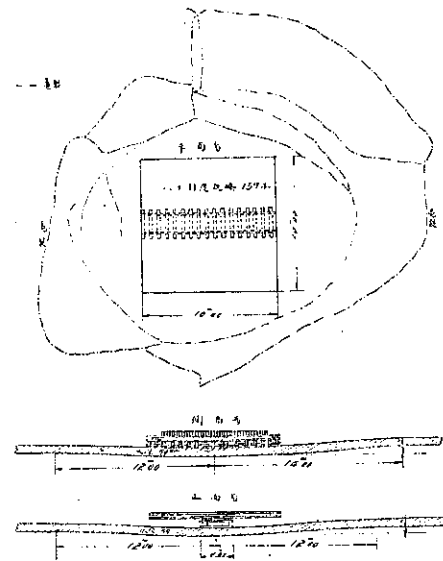
敘上を以て本實驗の記録とするに際し學理的詳細なる實驗を伴はず難解に苦むものあるも稀有の實例として報告するの責を感じ卑見を加へて記述し讀者各位の御教正を希ふものなり。

(完)

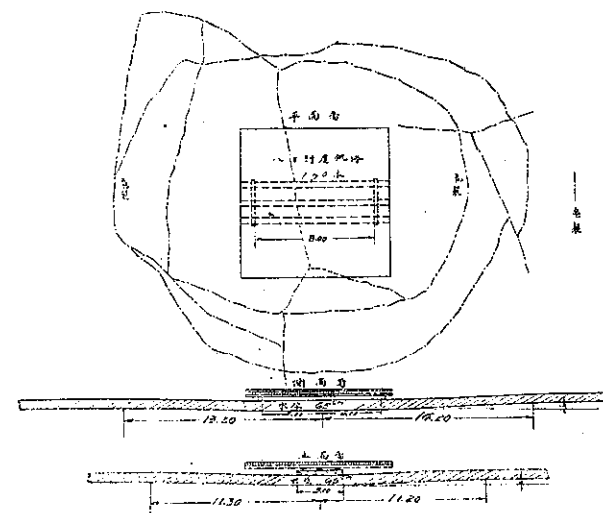
附圖第一 第二試驗



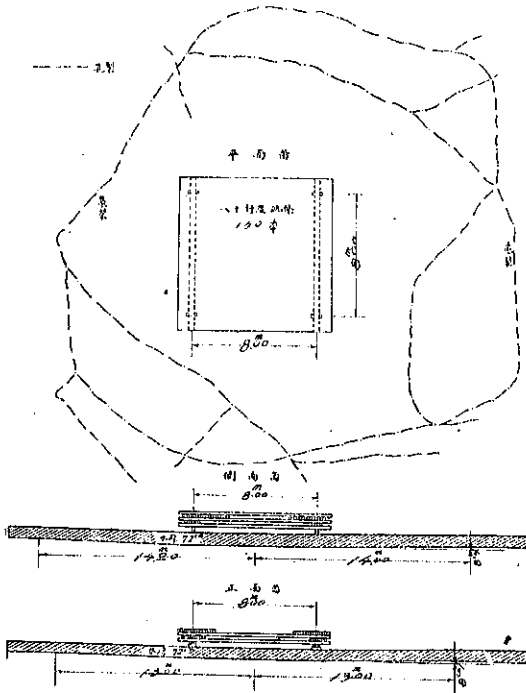
附圖第二 第三試驗



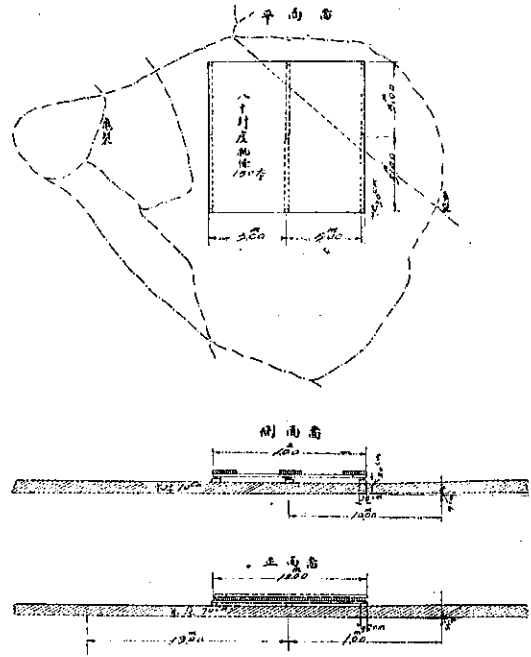
附圖第三 第四試驗



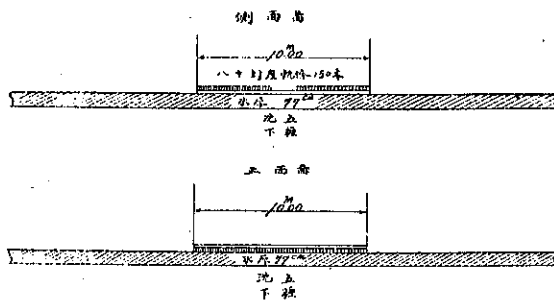
附圖第四 第五試驗



附圖第五 第六試驗

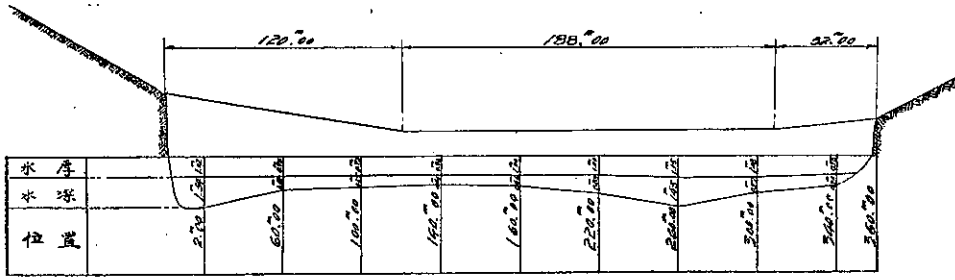


附圖第六 第七試驗

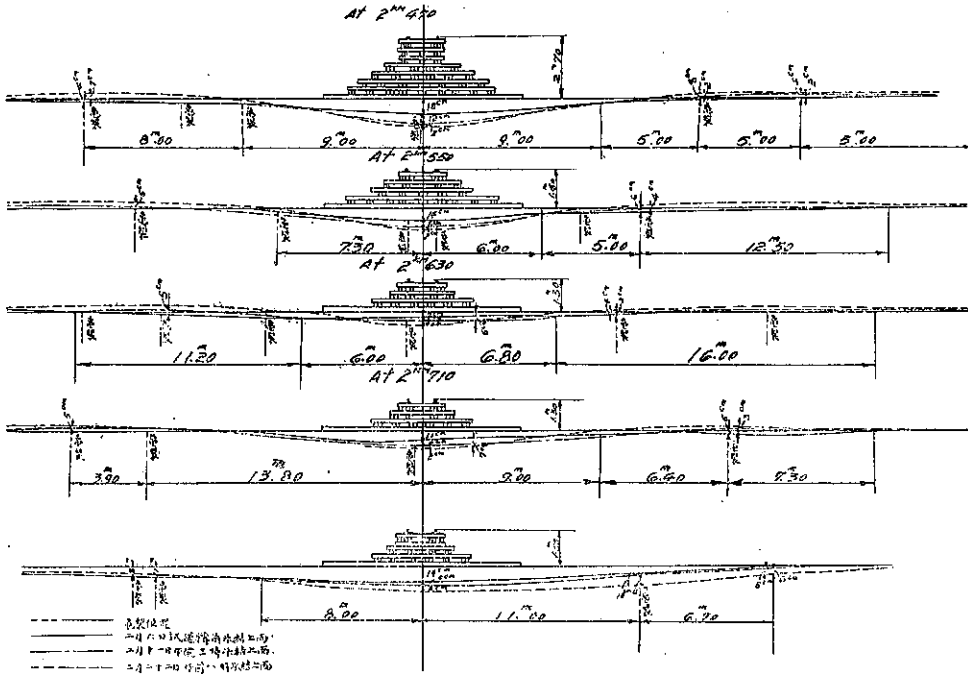




附圖第七 氷上鐵道縱断面圖

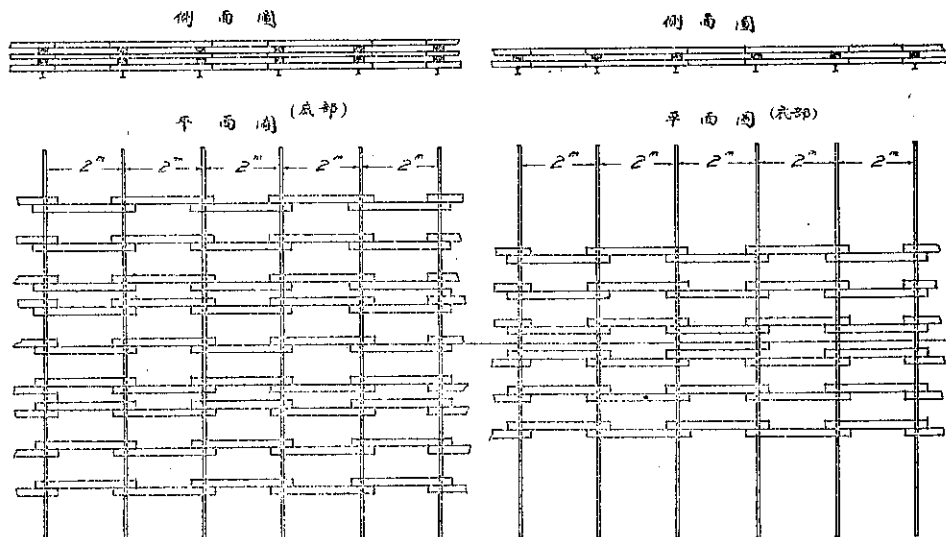


附圖第八 氷上鐵道水盤沈下圖



附圖第九 氷上鐵道サドル組立圖  
高所之部(最高枕木16段積)

低所ノ部(最低枕木5段積)



(土木學會誌第十三卷第五號附圖)

