

言 演

土木學會誌 第十六卷第十一號 昭和五年十一月

十三橋潛函工事に就て

(昭和五年六月十七日土木學會關西支部講演會に於て)

會員 工學士 牛 島 航

On Pneumatic Caisson Work, employed in the
Construction of Juso-Bashi

By Wataru Ushijima, C. E., Member.

内 容 梗 概

本講演に於ては大阪府施行に係る放射路線計畫を述べ、本橋架設の必要並に設計の概要を説き、更に壓搾空氣潛函法に依る基礎の施工法、特點並に所謂潛函病に關して言及せるものなり。

只今阪本支部長より御紹介を頂きました牛島でございます。本夕は十三橋の潛函工事に就てお話をするやうにと言ふこととでございますが、何分時間を極く切詰められて居りますし、又お話申すことが頗る専門的に亙りますやうなことでありますと、通俗講演會と致しまして如何かと存じましたので出來得る限り平易にお話を申上げまして、尙ほ私の講演に依つて御理解が出來兼ねるやうな點がありましたならば、漸く四五日前に活動寫眞のフィルムを完成致しましたので、講演の後に夫れ等の工事の實況及びケーソンの機械設備等の活動寫眞の映寫を致します。これに依りまして充分御理解を願ひたいと思ふのであります。講演は頗る下手な上に亦問題が頗る難かしいのであります。さぞお聴き辛いこととは思ひますが、暫時の間御清聴下さらんことをお願い申上げます。

十三橋は御承知の通り大阪府で施行いたして居ります大阪市の都市計畫道路の中に在ります大阪と池田を結びます大阪池田線、この大阪池田線の新淀川に架けます所の橋でございます。只今在ります舊橋は明治 42 年に出來上つたものであります。その幅は漸く 3 間に足りませぬ、さうして鐵の桁を並べた橋であります。ところが現在大阪の郊外に對する發展は非常なものであります、北大阪方面との交通は日に増しその交通量を増加して居るのであります、現に 1 日の通行車輛數を調べましてもその車輛數が 5 500 臺以上に及んで居ります。又その他に 8 000 臺近くの自轉車が通行して居ります、又 6 000 人餘の人が通つて居るやうな

有様であります。現在の狭い橋でありながら左様な状況でありまして、丁度阪神國道の淀川大橋の約1/2の通行量が現在認められて居ります、將來益々増加する傾向でありますので到底現在の橋では満足出来ませぬ。それで大阪府の放射道路中の計畫の一つとして此の橋梁を架換へることになりましたが、御参考のために申し上げますと、大阪府で施行して居る十大放射路線と言ふのは附圖第一に概略書いてある通りでありまして、阪神國道は既に完成して居るものであります、亦傳法から尼ヶ崎に來る傳法尼ヶ崎線、大阪—伊丹間を結ぶ大阪伊丹線、大阪より池田に來るのが只今工事中の大阪池田線で此の路線上に十三橋が架設されるのであります。亦大阪—吹田間を結ぶ大阪吹田線、國道二號線は大阪より京都に參る東海道線で、これも目下工事中であります。その他大阪住道線及び大阪枚岡線と言ひまして枚岡神社の所へ參る線で大軌に並行して居ります。大阪奈良線は柏原を通つて大和川の流域に沿ふて奈良に這入ります、尚ほ阿倍野堺線は目下工事中でありまして阿倍野から高等學校前を通つて大和川を経て堺に參ります、亦國道十六號線は大阪より和歌山に這入る南海線であります。この10箇所の工事をやる事になつて居ります。都市計畫區域内は都市計畫法に依つて工事を行ひまして、郡部に參りますと、その延長は道路法に依る道路工事として延長することになつて居ります。その工事費は都市計畫區域内が2800萬圓、郡部の道路法に依る道路工事費が2300萬圓でありまして、都市計畫路線の方は昭和元年より工事にかゝつて居ります、郡部は本年度よりかゝることになつて居ります(附圖第一參照)。

これから十三橋に就て申し上げますが、十三橋の幅員は20米であります、丁度幅が11間あります。さうして真中に電車が通りまして、兩側は2.75米の幅の歩道が附いて居ります。その型は徑間、即ち橋の端から端までは64米のタイド・アーチ、これが五つあります(附圖第二參照)。洪水敷、平常水がない所は32.5米の徑間になつて居り、ゲルバー式のガーダーになつて居ります。亦長柄運河が通りますから其處には24米の徑間があります。それから基礎の問題に這入りますが、洪水敷は地盤より18尺掘下げてその下に末口6寸、長さ60尺の米松を密に打込んで、これにコンクリートを打込んで造つて居ります、これがタイド・アーチの橋脚になります。平時に水が流れて居ります低水敷に當る所ではケーソン工事に依つて基礎を造つたのであります。橋の全體の長さは736米でありまして、約7町であります。それから橋臺、橋脚は總て鐵筋コンクリートを以て造つて居ります、この工事に掛りましたのは昭和4年12月27日入札に附しまして、大林組に落札して目下工中であります。上部構造たる鐵橋、その他の工事を全部完成するのは昭和6年の冬ぐらゐることになつて居ります。

それから次に潜函工事のお話になりますが、この工事方法を執りましたのは先刻支部長からもお話のありました通り、在來の橋、即ち今現にある舊橋と接近し、又橋を架けなければ

ならぬ所から約100尺の上流に阪急電車の鐵橋が二つ架つて居ります。此の間で地盤を深く掘下げると言ふことは直接横に在る舊橋に危険を及ぼすばかりでなく、また阪急電車の橋脚に變動を與へはしないかと言ふ心配があります。また工事中に洪水の期間が参ります、どうしても6月末になりますと梅雨のために水が増して勢ひ洪水が参ります、それまでにはどうしてもこの仕事を片付けなければならぬ、随つて工事の早く出来る方法を撰ぶと言ふ意味から潜函工事を撰んだやうな次第であります。この潜函工事の起原は壓搾空氣を工事に使用する方法は今から150年ばかり前、紀元1776年にスミートンと言ふ人が空氣唧筒を利用して水底に潜りまして、さうして橋梁の基礎工事をやつたのが起りであります。その後日本に於ても明治34年頃から横濱港の岸壁工事にこのケーソン工事を利用して岸壁を造りました。さうして潜函内に作業室を造つて仕事を始めたのは今より90年ばかり前の1839年にフランスの技師のトリツガーと言ふ人に依つて始められました。その後1850年頃から歐洲及び米國に於て橋梁の基礎工事に段々應用せらるゝやうになりました。我が日本の國に於ては大正13年に復興局に於て隅田川の六大橋の中、永代橋及び清洲橋の基礎工事に此のケーソンを使つたのであります。さうしてその時には米國よりいろいろな機械、優秀なる機械を買入れ、また米國の技師なども招聘して充分な成績を挙げました。その後鐵道省に於てもこの方法に依つて關西線の本曾川、揖斐川の橋を架け、また新潟縣では萬代橋の基礎工事に此の方法を採用されたのであります。其の他發電所の基礎工事等にも應用されて良結果を挙げて居るやうな次第であります。この壓搾空氣潜函と言ふのは附圖第三に示すのが潜函であります。潜函の下部は作業室と申します高さ6尺ぐらゐの底のない函を造ります、恰も菓子箱の蓋を取つて逆さにしたやうなものであります。それから豎管と言つて人或は材料の出入する直徑4尺ぐらゐの鐵のパイプを立てます、この豎管の上部が氣閘、即ちエヤー・ロックと言つてこれは人或は物を入れる關門であります。此の氣閘に空氣を送る管がありまして、強い壓力を以て空氣を送ります。この空氣の壓力に依つて作業室中の水を押し出し、また横から流れ込む泥を押し出します、さうして段々深くなれば空氣の壓力も高くならなければなりません、さうしてエヤー・ロックには上下に蓋がありますが、上の蓋は外氣に通ずるし、下の方は壓搾された空氣中に通ずる瓣であります、さうしてその瓣に依つて人或は材料が出入することになります、人はその中に梯子がありまして梯子で降ることになつて居ります。それから十三橋の架橋地は地層が軟かでありまして充分深く入れて相當硬い盤に達するまで下げますが、その深さは河の底から80尺ぐらゐになつて居ります、さうしてこの潜函は木材で造るもの、或は鐵で造るものもありますが、十三橋のものは鐵骨、鐵筋であります。さうして先づ作業室を造ります、それから上は鐵筋コンクリートにて函を造りました、それから潜函を水の中に持つて行つて据付けるには、永代橋の如きはこれを進水臺の上で造りましてさうし

てこれを迂らして、進水さして、これを船によつて沈下する位置まで引張つて参り、さうして其處で沈めると言ふことにやつて居られました。この新淀川は水が淺くありまして、さう言ふ進水をさせることが困難であるばかりでなく、進水したものを引張つて行くことが出来ぬくらゐに淺くありますから、これは鐵矢板を以て締切つて中の水を掻出し、そこで作業室を造る潜函の双口を据ゑて、段々コンクリートを注ぎ込んで造り上げて行きました。又尙淺い所は周圍に矢板を打つて、土砂を入れて築島を造つて据下げることに致しました。それから潜函の大きさは長さ 76 尺、幅 21 尺あります、さうして高さは約 90 尺あるのであります。それから作業室の高さが 6.6 尺、一番尖きの双口の所は鋼鐵で出来て居ります。作業室の天井から上は三つのコンクリートの壁で四つの部屋にこのケーソン全體を造つて、兩側には堅管即ちシャフトを立てます、中二つは水を入れることにします、これは潜函を下げる時の目方を加減するために使つたのであります。それから潜函を下げるのに要する空氣の壓力であります、これは基礎面が水面より 30 尺から 120 尺ぐらゐは壓搾空氣によつて人が這入つて掘下げますが、それが 120 尺より以上になると壓力を高く要します、1 平方時に 50 封度を要するやうになります、1 平方時に 50 封度以上の壓力が要することになりましたら、その中に這入つて仕事をするものは潜函病と言ふ病氣に罹り易い、尙作業時間も短縮されて困難になります、大概 120 尺ぐらゐが限度と考へて居られます。

それから工事に要する設備であります、これは壓搾空氣潜函法に依るといろいろな機械の設備が必要になります。随ひまして小さい工事には機械設備のために非常に多くの費用を要するので經濟上行ひ難いことがあるのであります。併しこの十三橋は幸に相當大きな工事でありまして、總豫算が 330 萬圓ばかり持つて居ります、幸ひ復興局なり、或は鐵道省なり、内務省で使用されました諸機械類を借入れ又は買ひ入れることが出来ましたので、大變その邊は安く仕事が出来たのであります。それから時間がありませぬからこの細かい設備等のことは省略してこれは寫眞の方で御覽を願ふことにいたしたいと思ひますが、このケーソンを下げるには上から押込みまする壓搾空氣の浮かす力、それからケーソンの周圍の土との間の摩擦或は下の作業室の双口が地に支へられる力、それ等の 3 力の和以上に潜函の重さがなつて來る場合に段々沈下するものでありまして、この沈下を順調にやりますためにこのケーソンの重さをいろいろに加減するのであります。併し又下り過ぎると言ふやうな時には中の壓力を已むを得ず高くすることがありますが、これは餘り感心したことでありませぬ。自分の潜函の重さが増すに従つて徐々に下ると言ふことが最も順調な下り方でありまして、それからこの潜函を使ひまするにどう言ふ點が有利かと言ふことを申し上げますと、この施工法によりますと工事が大變早く出来、工事期間を短縮することが出来、それから基礎工事をやる場合にコンクリートが水の中でなく、壓搾空氣の中で行へることが出来、そ

れから又人が中に這入つて綺麗に敷均すことが出来ると言ふのが利益であります。また基礎になる地盤を綺麗に切均すことが出来ます、又場合によつてはケーソンよりも廣く基礎面を擴げ造ることが出来るのも一つの利益であります。それからどれ位の力を基礎面が持つて居るかと言ふことの試験荷重をかけて、さうして基礎面の支へる力を調べる事が出来ます。又下げます間にいろいろな障害物が出て來た時にこれを取除くことが大變やさしい、又これを下げる時にレールとか、何か重量^{オモリ}をかけてやる必要なく、自分の重味で下ると言ふことが有利であります。その他いろいろな有利な點があります。

それから次にケーソンに這入ります者が病氣を起します、ケーソン病と言ふ病氣があります。それは空氣の壓力が高くなると人體に外科的或は内科的病氣を起します、或は鼻、耳等の傷を受けます、鼓膜を破り、或は鼻血が出る。また内科的疾患で言ひますと、知覺異状を覺えます、痺れる、關節が痛む、眩暈がする、嘔吐を催す、頭痛がする、呼吸が困難になると言つたやうないろいろな症状を感じます。是等は潜函病と言はれて居りますが、これを出來得る限り少なくするにはこゝに這入る時に、人がエヤー・ロックに這入つて蓋を一應閉めて、さうして外の氣壓と中の氣壓との差を徐々に高めて、約1封度高めるに1分間ぐらゐで段々高めます、さうして高めてからその中に這入ります。こゝで急に壓力を上げたり、下げたりすることは身體に害毒を與へます。又作業室で働く作業時間も壓力の程度で變へますが、20封度までは8時間、30封度になつたら6時間、40封度になつたら4時間と段々短かく働かさして交代をやらせます。それからこの潜函病と言ふ病氣に罹つたものは療養間即ちホスピタル・ロックと言つて、丁度蒸汽の罐の横^{カマ}罐^{ヨコか}見たやうな、ボイラーのやうなものの中にその病氣に罹つたものを入れて、さうして外の蓋を閉めまして、その中で寝かして病氣になつた時の壓力まで空氣の壓力を上げ、さうして徐々に壓力を下げて外の壓力と同じやうに下げます。一遍うんと上げて更に下げます、これもあとで映畫にて御覽を願ひます。

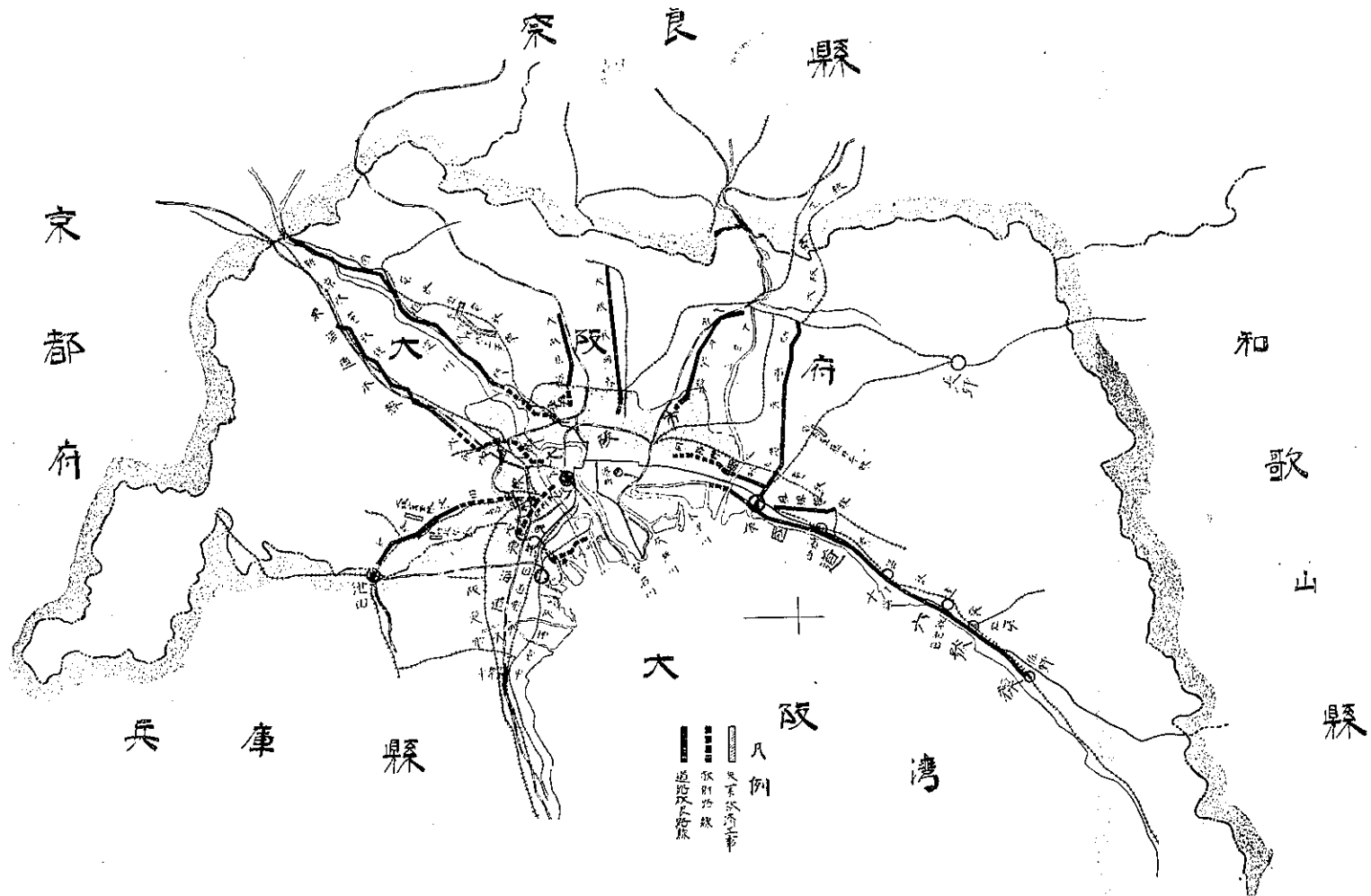
それから潜函に這入つて働くのに不適當な人があります。それは耳が悪いとか、鼻が悪いとか言ふのは無論可かせぬ。それから糖尿病、心臟病、肺結核、肋膜炎、動脈硬化症、微毒、腎臓炎、貧血などはこの中に這入るに適當でありませぬ。この中に這入るには一々醫者に嚴密に診断をさせまして、中に這入つても差支へない人を入れることになつて居ります。また這入る人自身でも平生充分睡眠をする、酒を飲まぬ、中に這入る前には過勞しないと言ふやうないろいろな自分で衛生的に慎むことも必要であります。幸に十三橋の工事には甚だしい病人も出すに濟みました、大概氣壓は35封度見當の氣壓で濟ましました。

それから工事は先刻申しましたやうに大林組の手によつて施工せられましたが、潜函工事にかゝつたのは昭和5年3月10日であります。それまではいろいろな準備工事や或は杭打工事をやりました。3月10日に潜函工事にかゝつて2組宛潜函を下げる計畫を以て進んだ

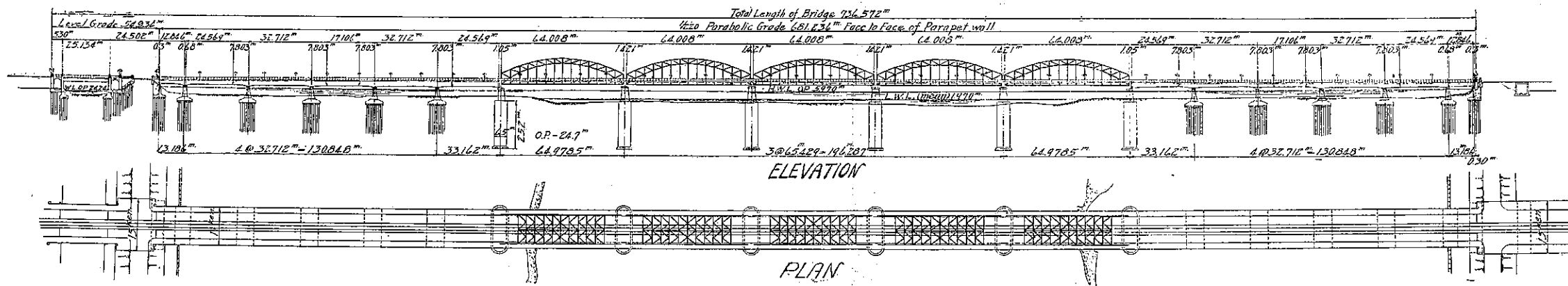
のであります、丁度偶然にも本日を以て潜函工事の作業を終つたのであります、大變順調に行つて結構に考へて居る次第であります。其の他まだ申上げることが、この中にコンクリートを詰めること、或は試験荷重をかけ地盤の支持力の測り方など澤山申し述べたいと思ふことがあります、時間もありませんから私の講演はこれを以て打切ります、其の他は活動寫眞で見たいと存じます。

(尙此の講演後本橋梁潜函工事活動寫眞ありたり)。

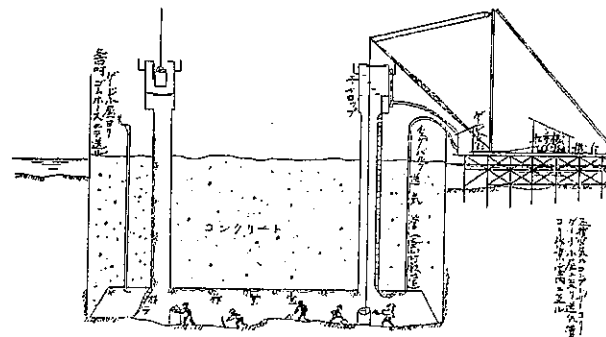
附圖第一 大大阪都市計畫路線圖



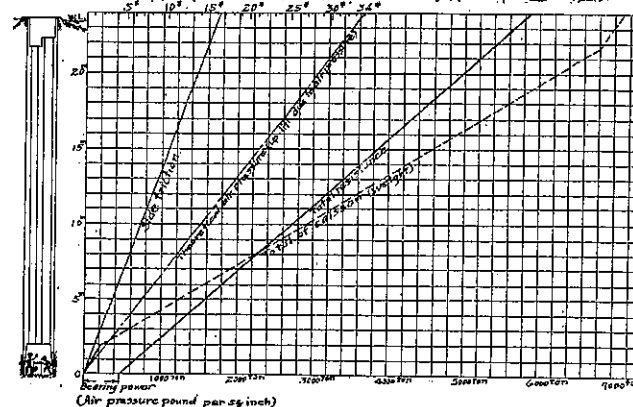
附圖第二 十三橋一般圖



附圖第三 壓控空氣潛函工事作業狀況圖



附圖第四 橋脚基礎潛函池下狀況圖



62.2 lbs./cub ft = 63 lbs./cub ft. 0.437 lbs./sq. in./depth (ft.) = 1.434 lbs./sq. in./m.
 Area of caisson 23.2 x 6.5 = 150.8 m²
 Uplift due to pressure 0.0307 kg./cm² (long ft.)
 10 508 000 x 0.0307 = 46 395.6 kg./cm² ÷ 4 t (long ft.) = 15 288 kg./cm. (long m.)
 Side friction 1226 kg./m² 12.26 x 59.4 = 728 248 kg./m. ÷ 93 ton
 Bearing power for cutting edge 32 ton/m²
 32 x 0.25 x (12 + 23.2 x 2) = 467.2 ton
 Dimension of caisson 23.2 x 6.5 x 25.2 m