

言 語

土木學會誌 第十五卷第八號 昭和四年八月

## STRESSES IN SUBAQUEOUS TUNNELS BUILT IN THE WATER-BEARING SOIL

(第十五卷第一號及第四號所載)

著者 會員 工學士 大 井 上 前 雄

拙著水底隧道内力論に對し、本誌第四號に於て久野氏の御討議を得たることを深謝します。本論中、work equation に關する御疑問は御説の通りであつて、桁の curvature を無視せる點に於て嚴正なる式でなく近似式であります。此の點に就ては Steiner 博士の式も同一であります。本來は曲桁の理論式より work equation を作り moment 及 thrust を算出すべきなれども、斯くする時は算式複雑になり簡單なる結果を誘導すること困難なる爲、best working approximation として本論記載の方法を取つたのであります。であります、普通の場合に於て其の誤差大ならず、實用上本式を以て充分其の目的に副ひ得るものと考へて居ります故、此の機會に於て一通り卑見を陳述致し度いと思ひます。

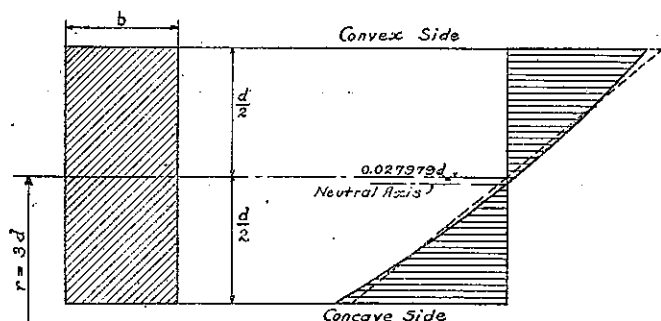
拙著中に擧げたる example に於て、Fig. 24 の盾氣式隧道では radius of curvature と lining の厚さの比が  $r/d=5.95$  であります。沈埋式隧道では其の内力の最大なる頂點に於て、Fig. 31 の場合には  $r/d=4.74$ 、Fig. 39 の場合には  $r/d=3.92$  に當つて居ります。單線隧道にて  $r/d$  の比は大體比の程度のものと思はれ、之より悪しき場合に於ても  $r/d=3$  より小なることは極く稀であると想像されます。

今試みに幅  $b$ 、厚さ  $d$  の矩形斷面を有し  $r/d=3$  の比に相當する曲桁を取り、之が moment  $M$  を受くる時其の斷面に生ずべき應力を計算して見ると下記の如き結果となります。

$y = +.5d$	$f = +5.3916 M/bd^2,$	$y = -.5d$	$f = -6.7485 M/bd^2$
$y = +.4d$	$f = +4.4990 M/bd^2,$	$y = -.4d$	$f = -5.1144 M/bd^2$
$y = +.3d$	$f = +3.5523 M/bd^2,$	$y = -.3d$	$f = -3.6010 M/bd^2$
$y = +.2d$	$f = +2.5464 M/bd^2,$	$y = -.2d$	$f = -2.1960 M/bd^2$
$y = +.1d$	$f = +1.4790 M/bd^2,$	$y = -.1d$	$f = -0.8884 M/bd^2$
$y = 0$	$f = +0.3333 M/bd^2$		

但し  $y$  は桁中心よりの距離 (+は外方, -は内方にはかる)

$f$  は其の點に於ける纖維應力



若し之が直桁なれば兩縁端に於ける應力は  $f = \pm 6 M/bd^2$  であります。

上圖中實線は曲桁としての應力、點線は之を直桁と考へたる時の應力を示せるものであつて、此の兩者極めて相近似して居ることは一見明瞭であります。

此の曲桁及直桁の理論は孰れもある假定を含み、如何なる程度に理論が實際と一致するや疑問であります、彎曲半徑が厚さの3倍に過ぎざる場合に於ても如上の通りであります、故、curvature を無視せる爲に生ずる誤差は實際上懸念すべき程度のものにあらずと考へられます。

以上は單に bending moment に對する影響であります、thrust の方は其の影響更に微弱であります。

又拙著に述べたる沈埋式隧道の計算法に於ても、其の斷面を非常に多數の division に分つことが實際上困難であること、 $45^\circ$  及  $135^\circ$  の點に於て中軸曲線が急折すること、及隧道頂點の厚さを増大せる場合に  $\Delta S$  の長さに些少の變化を來すこと（之は trial method により  $\Delta S$  が同一なる様分つことを得るも）等の爲幾分の誤差が之に伴ふことと思ひますが、計算を可成簡單になし得る様 Approximate method として斯る方法を擧げたる次第であります。

却説斯の如く Approximate method によらず、嚴正にして且つ簡便なる方法が更に研究されんことは大に希望する所であります、水底隧道の設計に於ては橋梁の設計等とは趣を異にし、例令公式は嚴正であつても之に假定すべき荷重に正確を期し得ざる爲、實際上の效果に於ては近似式を使用するに比して大差なきことを信ずるのであります。

荷重の假定が不正確を免れぬことに對しては種々の理由があります。第一隧道に働く可き土壓及水壓も其の通過すべき地質によりて異なり、其の真相を知ることは容易ならぬことであります、然し之に對しては拙著に述べたる様な方法によりて假定するとしても、船舶が隧道上に沈没する際受く可き載荷の如きは主として推定の判斷に屬し、正確なる見積をなすことは到底不可能であると思ひます。關門海峡の場合に於ては、其の航路本邦中海難事故の主

位を占むる所であつて、此處に築造する隧道は他日沈船の荷重を受く可き危険あるものと思はれ、萬一にも之が破壊の原因となることあらば其の慘害陸上隧道の事故の比にあらずと想像さるゝのであります。故に此の場合に於ては安全に失する嫌ありても、將來に於て通峽すべく豫想さるゝ最大船を標準として充分の荷重を假定すべきであると考へ、種々研究の結果之に  $10t/m^2$  の水中荷重を見積ることに致して居ります。然るに從來外國にて築造せる水底隧道は、斯る荷重や live load の影響等に就て研究考慮せることを聞かざるのみか、水壓土壓等に對する計算法に於ても橋梁學の諸公式の如く周知確定のものを見ないのであります。盾氣式隧道に對するものは Steiner 博士の式がありますが、拙著に記載せる如き理由により之が變更を試みました。沈埋式隧道に對する計算法に至りては今日迄未だ何等の文献を見ざる様であります。又米國技術者の水底隧道の計算法を論ぜるものを見るに、多くは Rankine 氏の祖述せる conjugate pressure より周圍土砂の lateral pressure を見積り、之が水平に隧道に働くと假定してありますが、元來此の conjugate pressure は friction の理論に基く理想論であつて、乾燥せる土砂に對しては正しかるべしと雖も、之とは全然状態を異にせる水底隧道の覆土、即ち水に飽和せる土砂に適用することは根本に於て誤謬であると信ずるのであります。加之此の lateral pressure の算出に當り、如何なる angle of repose を取るべきかは設計者個人の判断による外なきことなれば、結局は根據なき獨斷的の假定に歸着するものと思はるゝのであります。

要するに今日迄築造せられたる幾多の水底隧道は、主として在來の實例に準じ地質其の他の環境に對する技術者の判断より設計が決定せられ、其の内部應力に關する研究は甚だ不充分である様に思はれます。拙著の趣旨は、斯る從來の方法より一步を進めて設計をより合理的にすることが目的でありまして、各種の荷重の隧道断面に及ぼすべき影響を研究し、之を綜合して應力を求むることに致しましたが、荷重の正確を期し得られぬ點は如何とも爲し難く、從て正確なる應力の算定も不可能のことでもあります。

水底隧道の設計は如上の理由により單に机上の計算のみにより難く、既設隧道の實例を參酌すると同時に、地質及環境の如何をも考慮して決定すべきこと勿論であります。假令正確を期し得ずとしても、相當根據ある假定に基きて内部應力を算出し、其の變化の状態を察知して check とすることは、設計を決定するに當り極めて大切なることであると考へ、本論所載の公式は斯る目的に應じ得るものなることを信じて居る次第であります。

(昭和 4, 6, 3 稿)