

現在線改良のための鉄道新線路選定

佐久間 七郎

要旨 北陸線の内、米原、富山間の線路状況を概観し輸送力増強のための改良方針の一般を述べ次いでこの内の米原、敦賀間線路について特にそれが北陸線中の輸送隘路たるの所以を明かにし、この現在線路改良のために米原、敦賀間に別にこれと経過地を異にする新線路を選定して現在線と比較しこの新線路建設工事の内、深坂とんねるの掘削施工の状況を詳述してその完成を早くすることの重要性を記す。

北陸線の概観。北陸線は近江、越前、加賀、越中の平野を縫うて走りその間本州中部の脊梁山脈が日本海に向つて突出するところにとんねるを穿つて敷設され各平野を流れる河川は急流多く沿線は積雪量が大きい。そのため大都市はこれら区劃された平地に散在して発達した。沿線の大驛と稱せられるものは米原、敦賀、福井、金澤、高岡、富山である。これらの駅は各略ぼ等しい程度の支線路の分岐点となり且つ相互間の距離は大體相似て50~70kmの間にある。北陸線は本邦中部地方の裏幹線であつて同時に青森、米原間の輸送路の一環をもなしているがしかもこの建設は遠く明治の中期に遡り線路建造物中には今尙往時の煉瓦工作物も残存している。北陸線の内、柳ヶ瀬とんねる、山中信號場をはさんで杉津、今庄間及び俱利加羅とんねるの3ヶ所は線路勾配急にして20~25であり、ために列車牽引力、列車單位に及ぼす影響は大きい。現在北陸線の列車密度は福井金沢間、金沢津幡間、田刈屋富山間において大である。今北陸線全長に亘つて輸送力を強化するための線路改良を考へるときは前記とんねる区間の勾配変更をして現在の急勾配を10まで緩にすると共に列車回数の多い区間から始めて線路増設に着手し併せて線路の曲線半径を大にすること等が差当つての対策である。このうち金沢、津幡間11.6kmの複線工事のみ完成し俱利加羅とんねるの急坂はこれと並んで緩勾配のとんねる掘削にかかつている。

田刈屋、富山間は平地ではあるが神通川をはさんで殆んど全区間が大鉄橋架設の要がある。

富山、福井、敦賀の諸驛は戦災による損壊が大でしかも戦後乗降人員や取扱貨物は激増したにかかわらず驛設備はこれに伴わず、構内線路延長は不足し驛前廣場は狹隘である。戦災復興を機会に今こそ百年の計を立て根本的の改良工事に着手する要がある。

富山驛は客車線群の位置が構内北東隅にあつて列車引上げに不便であり各線群が本線を挟んで散在し貨車授受のために本線を支障することが多い。改良計画としては旅客驛として富山市の都市計画人口20万人、乗降人員一日29000人とし乗降場幅員北陸線10m延長320m2本、高山線8m、延長240m、臨港線延長120mである。客貨の取扱いを分離して貨物駅を新設の富山操車場に接して設け地方鉄道との貨物の授受は富山操車場と稻荷町駅間に連絡線を設けて行う。駅前廣場は表口10500m²裏口2000m²を計画する。福井駅は福井操車場の設置されたことによつて北陸線関係の仕訳を廃止したので自駅と京福電鉄との間の貨車授受のみとなつたが構内が曲線中にあるため見透しが悪い。旅客駅としては福井市の将来人口を15万人とし乗降人員を国鉄線13200人京福電鉄9000人福井鉄道9000人合計31200人とし北陸線及び越美線ホームを延長する。駅前広場は表口10000m²裏口1800m²。取扱貨物40万屯は福井操車場に移し新たに操車場と福井駅間に一線を増設してこの間の列車回数のみ計202となる。なほ福井操車場の仕訳能力を1000輛に増強する。敦賀駅は米原駅から47.85kmの位置にあり、小濱線及び臨港線の連絡点であるがカーブした構内線群を持つて不便なことは大駅中高岡駅に次いでよくない。即ち米原寄りが800m半径で入り込みこれが旅客乗降場の下り方向の端まで延びているため客扱ひに見通しがよくない。乗降場を増設して上下扱ひを別ける必要がある。上り仕訳線群も曲線中にあつて仕訳作業が圓滑にゆかない。しかもこの地方は一年の内200日以上が降雨雪のため一層作業の困難を増している。仕訳線群現在上りヤード7線有効長1538m下りヤ-

F11線 1775mで收容車数 370 輛操車能力 1100 輛である。

米原、敦賀間の線路は北陸線中最大の輸送隘路であり同時にまた東海道線から北陸線に入つて最初の難所でもある。この区間中の木ノ本、敦賀間 25.4km は柳ヶ瀬とんねるを挟んで勾配 25 の線路が延長 7.1km に及び補機運転区間である。柳ヶ瀬とんねるは米原起点 34.09km から 35.442km に至る延長 1352m のとんねるであるがその建設が古いためにとんねるの断面が狭小で広幅貨物の通過は一部制限をうけ且つ附近は冬期間積雪多量のために大きな保守費を要する。

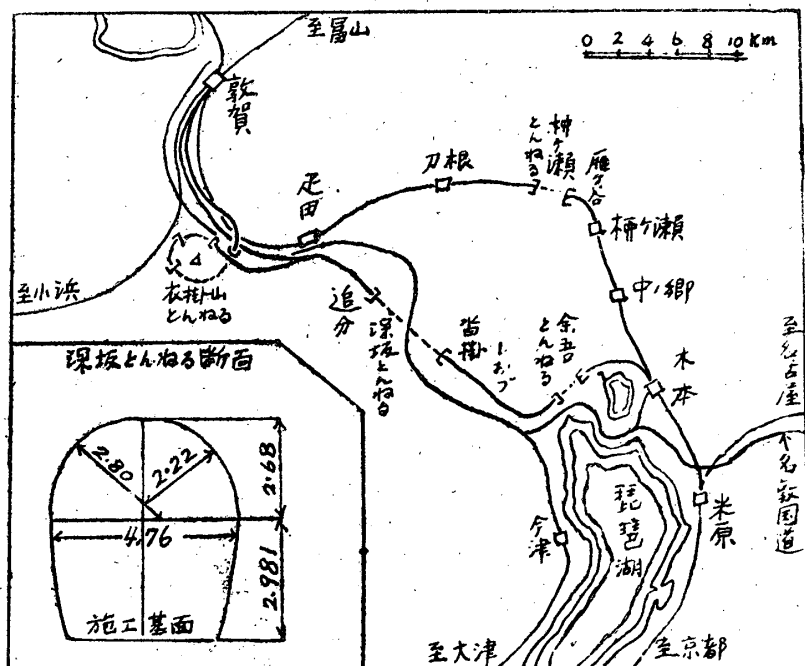
勾配は雁ヶ谷から刀根に向つて25の下りでありこのとんねるの列車通過に要する時間は上りの場合4分を費するがこの間、煤煙熱気は運転機関室や客車内に流入し又列車通過後においても暫とんねる内に充滿残留して保線掛の作業に支障を及ぼし軌條枕木に與える損害も小さくない。列車通過時の排煙不十分に因る運転事故は重大なるもののみでも10を数へて今日に及んでゐる。有害气流排除のためには坑内への送風機を装置したことがあるが列車乗務員の被害はこのために減少せず。けだし列車が牽引定数いつばいのために加速度意の如くならぬところに追風強くして排煙できずために乗務員の呼吸困難を招来し果てはCOガスを含む煙のために作業不能に陥るのである。一方とんねる内の保線

作業を軽減する目的でかつて坑内をコンクリート道床に改築したがこれは一旦破損し初めると復旧のために却つて砂利道床の時よりも坑内作業量がふえる始末で今では再び砂利道床に戻されている。この外急曲線の延長 9 km に及び線路が柳ヶ瀬刀根間において狭い谷間を通つており兩側から急峻な山が線路に迫り谷底にある線路は冬期間雪の吹溜りで覆われるのでこの間における除雪作業と積雪警戒は容易でない。

北陸線は 37kg 軌條であるが柳ヶ瀬、刀根間のみ特に 50kg 軌條を用いているが補機の使用

と上り勾配走行時の砂撒布、下り勾配の制動、軌條の匍進が原因して遊間の保持が困難となり軌條継目が弱点となつて軌條端 50cm の間は一年を出でずして磨耗や折損のため使用に堪えなくなる。刀根駅では勾配の関係からスイッチ、バツク線があるがこれは地形上からいつて現在以上の有効長延伸はできない。このスイッチバツク線の半径 300m の S 曲線は運転上からも一つの障害となつている。

敦賀線選定。敦賀線は米原、敦賀間のうち柳ヶ瀬附近の急勾配を避けるために木ノ本駅から左に分岐して現在線と別れて敦賀に到る様選定された線路で木本敦賀間延長 23'936km である。米原、木ノ本間は平坦地で線増は現在線に腹付けでなされる。新線の経過地は木ノ本駅から出て暫く北進し西折して余吾湖を左方に見て余吾とんねる 1700m に入る。(第1図参照)。野坂附近から名敦国道に沿うて山側を走つて塩津駅を設ける。沓掛信号場を過ぎて深坂とんねるに入り疋田附近の追分に入る。とんねる上の国境愛発峠は往昔不破、逢坂と並び稱された往還の趾である。疋田に信号場を置きここで上下兩線に分れ下り線は 25 の勾配で鳩原に至つて現在線と合し、鳩原信号場を置いて刀根木ノ本方面との小区間運転に利用される。上り線は 10 の勾配で進むために衣掛山を 400m 半径のループ線で一捲きする。ここに第一衣掛とんねる



第1図 敦賀線略図

571m、第二衣掛とんねる 1317m があり一周後下り線と並進して 800m 半径の曲線で木ノ芽川橋梁を渡つて敦賀駅に入る。敦賀線の建設工事は深坂とんねるを含む 1 区のみ直轄施工し他は分割して請負に附した。余吾とんねる衣掛とんねるはすでに貫通している。

新線路と現在線との比較。敦賀線と現在線との峠の高さを比較するに現在線の雁ヶ谷信号場 246.73m、新線の深坂とんねる沓掛方坑口 143.80m その差 102.93m である。雁ヶ谷から敦賀までは下りであるが 25° の急勾配のため始終制動をかける必要があり従つてこの下り区間内でも燃料を消費する。新線は深坂とんねるから敦賀寄りには 10° の下り勾配であるから絶気運転ができて従つて石炭の消費量は少なくてすむ。

敦賀から木ノ本へ向うときも同様である。この標高差 102.93m による損失量を出して見ると一年間の石炭所要量 1060 屯となる。

運輸上から観ると東海道線から換算 95 輛で来た敦賀行き貨物列車は米原駅で換算 60 輛に落すことになる。即ち換算 35 輛分は米原に留置されてこの累積した貨車だけ新たに列車増発となるのであるから新線においてはこの増発分の列車回数だけ減少できる。上りについても同様であり現在の牽引定数 60 輛一日 36 列車即ち一日輸送力 2160 輛は新線の牽引定数 95 輛のために一日 13 列車削減される。同時に新線電化のために現在木ノ本敦賀間を受持つている蒸気機関車 38 輛のうち 16 輛は他に転用できる。

かくて木ノ本敦賀間の新線電化の場合電気機関車 10 輛その消費電力年間 970 万 KWH を要するも、ために輸送は著しく圓滑になり線路補修の軌條、枕木、砂利の数量は節せられ線路は大いに改良されて安全軽快な運転が行われる。

深坂とんねる工事。新線建設工事の主体をなす深坂とんねるは滋賀縣塩津村沓掛から江越国境を西北に貫いて福井縣愛発村追分に至るもので延長 5170m に及ぶ長大とんねるで断面は單線一号型である。とんねる附近の地質はおおむね花崗岩から成り琵琶湖北部の断層地帯に当つているので本とんねるも大小多数の断層を横断して或いは多量の湧水を伴ない或いは所々に膨脹性粘土を挟んでいる。足田方へ向つて 9° の下り勾配であるが掘削工事は兩坑口から進んだ。そ

のため沓掛口では別に本線から下つて水抜坑を掘り湧水をこれに導いて本とんねるの掘削を容易にした。足田口では多数の断層突破のためにしばしば迂廻坑、水抜坑を作つた。その数 17 本延長合計 2307m に及ぶ。またセメント注入を施工した箇所もある。導坑は兩口とも機械掘りとし加背は 2.5m × 4.0m、足田方では坑内ですり積機を使い作業は坑内 8 時間 3 交替制その他は 10 時間である。

切掘り掘削は導坑と併進し方式は大部分新奥国式であり時に上部開削式を採用した。支保工は枝梁式と後光梁式が大體半分づつになり無普請の処はあまり無い。すりはトロへ積んで列車を組成し蓄電池機関車で坑外へ搬出する。疊築用コンクリートの混合所は初め兩口とも 18 切練りミキサーを坑外に設置してコンクリートは鍋トロ列車に積んで電車で坑内へ搬入したが後坑内の疊築完成箇所へコンクリート混合所を移した。これによつて運搬途中の長いためにコンクリートの硬化するおそれを防ぎ且つ冬期間は坑外線路除雪の煩勞を節することができた。

コンクリート用砂、砂利は足田口は敦賀市笙川にて採集敦賀駅から足田まで貨車輸送したものと滋賀縣愛知川で採集して米原駅から輸送した場合とがある。沓掛口は琵琶湖畔塩津浜で採集した。とんねるの巻厚は大抵 40cm であるが足田口から 2km 附近の土圧強大なる箇所のみ巻厚 70cm を施工し併せて仰拱コンクリートを打つた。セメント入手難のためにやむなく側壁部分に花崗岩の割石積を採用した区間があるが重量のため取扱い難く工費の上からも、ために益するところはなかつた。坑内湧水は流量的 3 個でこのため路盤中央にコンクリートの下水溝を設計した。この工区は直轄施工したために直轄工事予算に計上するものを直接費と間接費に分ちとんねる掘削及び疊築コンクリート並びに築堤等を直接費として処理した。

間接工事に含まれるものに空気圧縮機室、充電室、錐燒工場、機械工作場、さく岩機修理工場、木工場、コンクリート混合所、爆薬庫、鍛冶工場等の運営と送気管や坑内外の運搬線路電燈、水道、通信線の保守、工所用諸建物の維持がある。現場の救護所、保健教育設備療養費、電力料、職員の旅費、測量費等も同じく間接費に包含される。

直轄工事予算に計上しないものとして関連費がある。職員住宅、出張所、倉庫の保守、現場までの物品運送費、廳中用品、借地借家料、職員の俸給等を含む。一般労務者としての傭人、人夫は盛時総数500名に及び斧指、削岩工、大工、製材工、コンクリート工、石工、鍛冶工、機械工、坑夫、電工、鳶、左官、土工、坑内夫、雑役夫、人夫と多様な職名に分れた。在籍者に対する稼働率は77%である。工所用資材はその種類の多きとともに数量もまた大にしてセメント、コンクリート用砂、砂利、木材、石炭、鋼材、錐鋼、爆薬、鉄釘、電線カーバイト、削岩機用油その他の油類電力等は主要なものである。動力たる電力は工事着手に当り最大使用量正田方450万KWH、沓掛方250万を予定し削岩機はドリフター43台、ジャックハンマー20台、運搬トロは鉄製及木製合せて200台を常備した。その他電動渦巻ポンプ3台、セメント注入機5台がある。

結語 米原、福井間の電化計画のもとに木ノ本敦賀間の新線を建設して完成と同時に電

気運転をやり以て米原敦賀間の輸送隘路を打開しようとして敦賀線の直轄とんねるが着工されたのは昭和14年7月である。爾来国運の消長につれて工事の盛衰があり今日に至つた。深坂とんねるの掘削数量154000m³とんねる壘築コンクリート25000m³之に関連した土工量120万m³今やそのうち約80%を竣功しており隣接の請負工区もおおむねこれに倣つてでき上りつつある。新線路は上り線27km、下り線25kmこの完成による牽引定数と線路容量兩者の増加のため輸送量は現在の2倍になり列車回数減少と所要機関車の減数及び石炭の節約によつて運転費は軽減され勾配と曲線は改良され防雪除雪のための費用が減るので線路の保守費は節約される。現在運行中の木本塩津間国鉄自動車運転は廃止できる。琵琶湖の西岸に沿うて今津から大津に至る江若鉄道はこの地方開発並びに観光路線としての使命を有しているが新線の開通によつて初めてその面目を発揮することができる。敦賀線完成の意義は重く利益は大きくしてその開通の日が切望される所以である。

管路における砂輸送の抵抗に関する考察

(第一報)*

小川元

1. 目 約

管路によつて砂水の混合物を輸送することはポンプ式しゅんせつ船、或はサンドポンプにおける排砂管を始め、近來益々盛に用いられる傾向にある。しかしその流体抵抗については他の実績から見込を立てる程度であつて、未だ数字的に解決せられていない。それで摩擦抵抗を一般的に與える形を、実験結果から推定しようとしたものである。

2. 實 験

既設の設備によつて実験を行つたのであるが、設備が不十分であつたため、次のような数値しか得ることができなかつた。管は2インチ

鑄鉄管、砂は0.3mm以下。 $hf = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$

hf = 摩擦損失、 V = 平均流速、 f = 摩擦係数とし、水の場合を f 、混合物の場合を f' とすると、水の場合は表1の如くなり、

表 1

流速	3.80m/sec	3.54	2.83	1.94	1.04
hf	0.228	0.244	0.168	0.076	0.024
f	0.016	0.020	0.021	0.021	0.023

混合物の場合とはり得る値として濃度3%、流速2.41m/secで $hf=0.13f'=0.023$ を得ただけであつた。この流速に対応する水の f を計算して f' との比をとると $k = \frac{f'}{f} = \frac{0.0231}{0.0208} = 1.11$

最も難点は一定濃度の砂水混合物を作ること、タンクに入れて攪拌しただけでは沈澱によ

*昭和25年10月21日 土木学会中国四国地方学術講演会において講演