



三島口を抜け函南駅に進入する普通列車

土木遺産の香 第68回

幾多の困難を乗り越えて貫通した「丹那トンネル」 静岡県熱海市／函南町



日本交通技術株式会社 / 設計一部 / 軌道課
水野 寿行 / MIZUNO Toshiyuki
(会誌編集専門委員)

熱海から西へ

東京から東海道本線を普通列車で進んでいくと、約2時間で熱海駅に到着する。熱海駅は伊豆方面へ向かう伊東線が分岐する駅であり、周囲には土産物店や温泉旅館が集まり、いかにも観光地といった風情である。熱海からさらに西へ進むとやがて列車は長いトンネルに進入する。このトンネルが「丹那トンネル」である。

とはいえ車窓からトンネル内を眺めても特段の特徴はなく、車内の人々がこのトンネルに関心を寄せる気配もない。暗いトンネルの中を列車は淡々と進んでいく。通過に要する時間はわずか数分であるものの、このトンネルの建設工事は難航し、16年もの歳月を要した。なぜ、丹那トンネルは計画されたのだろうか。

東海道本線の開通

我が国の鉄道のはじまりは明治初期にさかのぼる。鉄道

の整備はまず都と港を結ぶルートから進められた。1872(明治5)年に新橋～横浜間が開通、一方、西では1874(明治7)年に大阪～神戸間が、その3年後には京都～大阪間が開通し、東京と京都で鉄道の運行が開始された。そして東西の都を結ぶ幹線鉄道は、中山道経由で計画されていたのである。これは東海道経由とすると舟運との価格競争が予想されること、中山道経由の鉄道の開通が山間部の発展に寄与する効果が大いだとされたこと、また海上からの攻撃を受けやすい東海道は避けるべきとの軍部の意向があったことに起因する。しかし困難な地形が続くことで、多額の工事費が見込まれたことから、1886(明治19)年に東海道を経由する経路に変更された。これが東海道本線である。

1890(明治23)年の第1回帝国議会開催時の議員の往復に使用されることになるため、建設が急がされていた。横浜から戸塚・藤沢・平塚・大磯の宿場町を経由し国府津に至る。そこから沼津方面へは箱根山から三島へ抜ける経路も



図1 国府津・沼津間比較図

調査されたが、こちらも建設が困難な地形が続くことから御殿場を迂回して沼津へ至る経路が採用され、1889(明治22)年に東海道本線新橋～神戸間が全通した。

熱海線の計画

延長60kmの国府津～沼津間の御殿場回りの経路は、両端の国府津駅と沼津駅の標高がそれぞれ海拔20mと8mであるのに対し、途中の御殿場付近の標高は海拔457mにも及ぶ。このためなるべく急勾配を避けた経路が採用されたとはいえ、25%(1,000mで25m登る)という急勾配が連続し、列車は補助機関車を連結して峠を越えなければならぬため輸送上のネックとなっており、抜本的な改良が望まれていた。

そこで別線の計画がなされることとなった。比較検討の末、国府津から小田原・湯河原を経て、将来伊豆への鉄道延伸が容易で、温泉地としてにぎわう熱海を経由し、丹那盆地の真下を長大トンネルで貫いて三島・沼津へ至る経路が採用された。この路線は熱海線と呼ばれ、盆地の真下を貫く全長7.8kmの丹那トンネルが建設されることになる。

この熱海線経由だと、延長は49kmと10km以上も短縮され、最高標高も海拔79mと平坦になり最急勾配も10%と大幅に緩和することから、スピードアップと輸送力の増強を図ることが期待された。1915(大正4)年に鉄道院は熱海線建設事務所を設置し、翌年工事に着手した。



写真1 丹那トンネル内部より熱海口を望む 写真2 湯水救済記念碑(中央)

丹那トンネルの建設

トンネルの建設に先立って、熱海の海岸から熱海口までと、駿豆鉄道大場駅から三島口までの材料運搬のための軽便線の整備が行われた。そして1918(大正7)年、熱海口と三島口からトンネルの掘削が開始された。

トンネルの掘削は技術的な困難が予想されていたことから直営施工を基本とし、工事に差し支えない部分については部分請負または切投げけする方法が採られた。掘削方法はトンネルの下部中心に底設導坑を掘削し、ズリや支保工を運搬する軽便線を引き込み、天井付近に頂設導坑を掘削し、左右に切り広げて覆工を構築する底設導坑先進工法を主に用いた。

丹那盆地一体は火山噴出物の堆積地帯であり、その集塊岩などが堆積した地質の悪い箇所が多く、断層破砕帯も随所にあり、そこには多量の水が含まれていた。このため、大規模な湧水に悩まされることになった。そこで水抜き坑と呼ばれる排水のためのトンネルを掘り進めて排水を促したが、場所によっては水抜き坑を何本も掘らなければ前に進めず、迂回坑を掘った箇所もあったりと工事は難航した。そのため、地下水位を低下させるための圧気工法や地山を強化し止水するためのセメント注入が行われた。しかし残念なことに、三島口から約1.5kmの地点では、湧水が激しい箇所でも崩壊が発生し、作業員16名が溺死する痛ましい事故が発生している。

また、熱海側では途中の温泉余土に苦しめられた。温泉余土とは集塊岩が地下の温水により変化した粘土で、水に触れると溶解し流れやすく、空気に触れると膨張する性質で、鋼製の支保工が変形してしまいトンネルを掘削するには困難な地質であった。そこで安全に掘削でき、かつ湧水を抑えることができる圧気式シールド工法の施工が水抜き坑で行われた。しかし湧水の圧力があまりにも高く、シールド内で安全に作業ができる程度の空気圧力では到底湧水を止めることができず、さらには岩が崩れ落ちシールドを押し進めることができなくなり、87m掘削したところでやむを得

ず圧気式シールド工法を断念し、多数の水抜き坑とセメント注入で乗り切った。水抜き坑の総延長は約15km、トンネル建設に伴い排出した地下水は芦ノ湖3杯分になると言われている。

トンネル上部に位置する丹那盆地は豊富な水源に恵まれ稲作や山葵の栽培が行われていたが、トンネル工事により次第に水不足に陥ってしまい、飲料水や灌漑用水が不足する渇水問題が発生した。そのため水道や灌漑用貯水池の整備などの補償が行われたが、稲作をあきらめ酪農へ転換した農家もあった。丹那盆地の一角には、渇水救済記念碑が現在も残されており、渇水問題が当時この地に住んでいた人たちにとっていかに大きな問題だったかを物語っている。一方でトンネルからの湧水は熱海市や函南町で現在も水源として利用されている。

工事中の1930（昭和5）年にはマグニチュード7.3の北伊豆地震が発生し、丹那断層に2.4m程度のずれが生じた。



写真3 熱海側坑口

断層付近の水抜き坑にずれが生じるとともに、本坑においては土砂の崩落がおき3人が犠牲となった。この横ずれは、丹那盆地内の丹那断層公園で見ることができる。

1934（昭和9）年、7年の計画を大きく上回る16

年の歳月をかけて丹那トンネルは開通した。同時に東京～沼津間は電化されスピードアップが行われた。開通に伴い熱海線は東海道本線に編入され、御殿場回りのルートは御殿場線と呼ばれることとなった。熱海口の上には丹那神社と殉職碑が建てられ、毎年4月に工事で犠牲となった67柱の慰霊祭が執り行われている。三島口近くにも殉職碑が建てられている。

乗り心地向上のための取り組み

1987（昭和62）年に日本国有鉄道が分割民営化される際、熱海口付近に会社境界が設けられることとなり、熱海側となる東側は東日本旅客鉄道株式会社（JR東日本）、西側は東海旅客鉄道株式会社（JR東海）に継承された。

当時トンネル内はロングレール化されていなかった。これはトンネル上部からの漏水がレール付近に落下することで、レールやレールを枕木に固定する締結装置に電食（レールを通過して変電所に戻る帰線電流が地中に漏出することで生じる腐食現象）が発生しやすい環境にあることから、レール交換を容易に行うためであった。また、噴泥（列車走行の繰返しにより細粒化した道床バラストや路盤土が水と混ざり、泥となって道床表面に噴き出す現象）が発生していたこともあり、乗り心地の悪い状態が続いていた。レールの継目は乗り心地悪化の原因だけでなく、発生する衝撃も大きいいためレールの損傷や軌道の変位も生じやすく、保守労力低減の観点からも無くした方が好ましい。

そこでJR東海静岡支社では、トンネル上部からの漏水をトンネル側面に導くFRP製の漏水防止板の設置（約9,000m²）や電食対策として締結装置の樹脂コーティングボルトへの交換（約10万5,000本）などの設備改善に取り組んだ。東海道本線は夜間も多数の貨物列車が走る物流の



写真4 丹那神社



写真5 熱海側坑口の上に設けられた殉職碑



写真6 丹那断層公園に保存された断層の横ずれの様子（断層に直交する水路の石積みも横ずれ）



写真7 ホッパー車（前後）と道床交換機（中央）

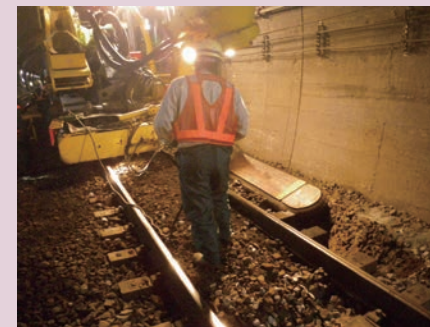


写真8 丹那トンネル道床交換機群作業風景



写真9 軌陸車を使用したトンネル内の打音検査状況



写真10 熱海口付近に設けられた軌陸車載線設備

大動脈であり、夜間作業の間合いは2時間程度に限られるため、一晩の施工延長は非常に短いものになってしまう。しかも上り線と下り線の間合いは同時刻ではないため、片線に列車が通過する中での作業となる。このため、噴泥対策としての道床バラスト交換では、今までの人力施工に代わり、新旧バラスト運搬用のホッパー車、道床交換機、バラスト肩掘削用リッパ付きモーターカー、バラストをつき固めるマルチプルタイタンパーで構成され、反対線に列車を通しながらの道床交換が可能な「丹那トンネル用道床交換機械群」を1994（平成6）年に導入し、作業効率を約5倍に高めた。

これらの設備改善が功を奏し、現在トンネル内は上下線とも7.6kmのロングレールとなり、乗り心地は格段に向上した。構造物検査や工事の際は三島口付近に設けられた保守基地から保守用車や軌陸車（レールの上も走れるトラックなどの工事車両）がトンネル内へ向かう作業形態が続いていたが、2009（平成21）年にはJR東日本の協力により熱海口付近にも軌陸車の載線設備が設けられ、限られた時間内での作業効率の向上に貢献している。

丹那トンネルの意義

丹那トンネルは、東海道本線のスピードアップ、輸送力向

上のみならず、その後の我が国のトンネル技術の発展に果たした役割は多大なものであったと言える。特に水抜き坑やセメント注入の技術は、後に施工された長大トンネルでも用いられた。1964（昭和39）年には東海道新幹線が開通し、長距離旅客輸送の主役は新幹線になって久しいが、今後とも丹那トンネルは鉄道貨物の大動脈と地域の足としての東海道本線の輸送を支えていくことだろう。

<参考資料>

- 1) 『日本国有鉄道百年史』日本国有鉄道 1970年 財団法人交通協会
- 2) 『東海道線』原田勝正 宮脇俊三 日本鉄道名所4勾配・曲線の旅 1986年 小学館
- 3) 『丹那隧道工事誌』鉄道省熱海建設事務所 1936年
- 4) 『丹那トンネルの話』鉄道省熱海建設事務所 1934年
- 5) 『鉄道路線変せん史探訪 真実とロマンを求めて』盛田久盛 高島通 1978年 集文社
- 6) 『丹那トンネル内の機械編成群による道床交換』阿部謹一 新線路50巻 1996年1月号 鉄道現業社
- 7) 『時事的記事 JR東海 丹那トンネルのロングレール化』山梨和美 新線路64巻 2010年6月号 鉄道現業社

<取材協力・資料提供>

東海旅客鉄道株式会社静岡支社

<図・写真提供>

図1、写真1 土木学会土木図書館
P42上、写真3、5、7 塚本敏行
写真2、4 谷口史記
写真6、10 水野寿行
写真8、9 東海旅客鉄道株式会社静岡支社