

東海道新幹線工事における土質工学上の諸問題

いけ 池 だ 田 とし 俊 お 雄*

新幹線工事において土質工学的問題と関連する特徴として、次のことを上げることができる。

- (1) 軟弱地盤区間が長く、またその程度が著しかった。
- (2) 高含水・トラフィカビリティー不良・締固め困難な火山灰土を多量に扱った。
- (3) 調査・施工ともきわめて限られた短い期間に、バク(莫)大な工事量を消化しなければならなかった。
- (4) 市街地や既設構造物密集地帯において、設計・施工とも外的条件に制約された工事が多かった。

東海道新幹線は総延長 515 km であるが、その通過地を地質的にみるとチュウ積層・洪積層からなる地域が全体の大半 85% に達し、地質的にきわめて新しい時代の生成による、やわらかい地盤の個所が圧倒的に多い。またチュウ積層地盤のうち、 N 値が5程度以下の、いわゆる軟弱地盤とみなされる区間が約 70 km あり、さらに $N=0\sim2$ 程度のピート質土を主とする非常に軟弱な地盤の区間が 15 km に及んでいる。これは現東海道本線における軟弱地盤区間の大半 3 倍に当たり、軟弱地盤は新幹線建設に当たり、土質工学上の一つの大きな問題であった。

軟弱地盤区間延長が長く、かつ、その程度に著しいものが多かったのは、現在線がもともと地盤良好な海岸砂丘地、扇状地、山ろく地などに発達した古くからある都市、村落を縫うように走っているのに対し、新幹線はこれらの人家密集地や既成の諸施設を極力避けて線路選定を行なったことと、最小半径 2500 m という条件から地盤不良個所をも通過せざるを得なかったためである。

軟弱地盤上の盛土の問題としては、ピート質土のせん断強さや圧密を、粘土と同様に考えて良いかということ、比較的載荷幅の小さい盛土直下の軟弱層の変形の問題、およびサンドドレーンをはじめとする各種軟弱地盤処理工法のピート質土に対する効果である。これらのことは前もって研究室における厳密な試験・解析、ならびに事前の現場試験盛土による各種測定比較試験によって検討するのが本筋であるが、前述のように工期に制約されて研究室の結論を待たずに、数本のボーリングと土質試験データを基として、盛土施工の可否、軟弱地盤処理工法の選定、施工方法の決定を行ない、直ちに本工事に

とりかからねばならなかったのが実状である。

非常に軟弱な地盤 15 km のうち、高架橋・橋などの構造物による区間が約 7 km あり、盛土による区間は約 8 km で、このうち約 5 km についてはサンドドレーン・サンドコンパクションパイル・押え盛土・シートパイル打設などの各種対策工法、またはこれらの組合せによる併用工法が用いられた。盛土荷重による地盤沈下量は最大 2.5 m に達したものがある。本体工事に並行して実施された調査・試験・各種測定結果によれば、軟弱地盤上の盛土の破壊は、ピート質土においても従来用いられている $1/2 q_u$ 法によるせん断強さをを用いた計算値と良く合致し、また圧密沈下量の推定値もテルツァギ理論を用いた一次元圧密計算でほぼ実測値に近い値が得られており、現場実用上ではこれらの良く知られた計算法で十分目的が達せられている。ただし普通のシンオールチューブによる試料採取は、試料の採取不能、あるいは乱れの程度が著しく、これを用いた計算値は実測値との離れがはなはだしく、一方フォイルサンプラーにより連続採取した試験試料を用いて計算したものは良く実測値と一致した。沈下の末期に続く二次圧密沈下の予測はさらに研究を要するものと思われる。

ごく軟弱な地盤における盛土荷重による地盤の変形(とくに横方向の変位)の問題は、ピートであると軟粘土であるとかかわらず、後に述べる構造物に与える影響も含めて、今後解明すべき大きな問題であろう。ピート質土の圧密計算で問題となるのは、圧密係数の値であり、ピート質地盤におけるサンドドレーン処理区間と非処理区間では、その圧密沈下速度に計算期待値ほどの差が表われず、またピート質地盤中に打込まれたサンドコンパクションパイルは沈下量減少の効果は十分あるようであるが、その地盤に及ぼす影響や、その効果の計算方法についてはなお不明な点が多い。

軟弱地盤における構造物については、軟弱層が深い場合や中間に不完全な支持層があるとき基礎根入れ深さをどこにとるか、いかなる基礎型式にするかということ、表層部が軟弱なときは水平抗力をいかにして得るかが大きな問題である。

N 値が $0\sim5$ 程度の軟弱層が深いときは、基礎根入れを基礎支持層に達するまで深くせざるを得ず、たとえば愛鷹山ろく地帯のオボレ谷軟弱地盤においては、最深 57 m に達する鋼管パイル、深さ 50 m のベノトグイ、

* 国鉄構造物設計事務所

論 説

30 m のアースドリルクイが用いられた。また焼津付近や、大田川付近のように N 値が 3~10 程度の中位のかたさをもつ 40 m 以上の深いチュウ積層地盤では、摩擦グイ基礎も一部使用された。濃尾平野西部のようにチュウ積層の中間に不完全な支持層が存在するときは、構造上ならびに使用上許される多少の沈下を許容し、不同沈下に耐える構造をもった設計を行ない、載荷試験で支持力確認の上、摩擦グイや中間層で支持する型式の基礎が用いられた。どのような型式をとるべきかは、地盤沈下地帯で支持グイに加えられるネガティブフリクションや継グイの影響、基礎グイの施工精度、盛土との不同沈下など、各種の影響を考慮したうえ、それぞれの地域において最も妥当であると考えられるものが採用された。

つぎに軟弱地盤における構造物の水平抗力の問題がある。ピート質軟弱地盤において、コンクリートグイの水平載荷試験から求めた水平地盤反力係数は $K=0.2\sim1 \text{ kg/cm}^3$ できわめて小さく、したがって列車のブレーキや遠心力および地震時の水平力に対し、基礎グイの横抵抗に期待することができない。そこで斜グイの効果判定および表層部を良質土に置き換えた場合の水平抗力の増大などの各種試験を実施したうえ、斜グイ基礎、表層部置換などの対策工法が用いられた。斜グイは予想されたとおり水平抗力の増大をもたらすが、死荷重によっても常時クイに曲げ力が働いていること、地盤沈下によりさらに大きな曲げ力が作用する可能性が大きいこと、地震時の挙動が不明であること、および実際の施工に当たっては狭い用地内での斜グイ打ちの困難さ、打込まれたクイの斜角・配列・支持力などについての施工精度の問題など、なお検討すべき多くのむずかしい問題を含んでいる。また水平抗力は一般にクイのみの抗力を計算しているが、試験実測によれば地中に埋め込まれたフーチングによる抵抗が著しく大きく、とくに砂レキ質の良質土で置換した場合には水平抗力の著しい増大がみられた。

なお不同沈下対策としてフーチング間を地中バリ(梁)で結んだ高架橋基礎の水平抗力はきわめて大きいものと思われる。

軟弱地盤において最もむずかしいものの一つは、アバットの構造であろう。アバット位置を含めて余分の盛土をあらかじめ行ない、盛土荷重による沈下・変形が終了してから盛土を再掘削し、アバットを構築することが工期的に可能であれば問題は少ないが、一般には工期の関係でアバット裏の盛土はアバットク(軀)体完成後の施工となる。したがってアバットフーチング下の軟弱層は、盛土荷重による圧密沈下ならびに水平偏土圧による変形を生じ、基礎グイもろともアバットは前方へ移動する。このような例は量の大小こそあれ、多くの軟弱地盤地区で認められ、軟弱地盤においては土圧に抗する力と

してクイの水平力に期待することの不当であることを示している。アバットが斜角であるときは、この移動・変形はさらに複雑になり、その対策はきわめて困難なものとなる。これらの障害を防ぐため、軟弱地盤においては、つとめてボックスや、地中ストラット入りのアバットが用いられ、あるいはU型アバット、小橋台などの特殊な型式のものが試用された。アバット背後の盛土重量により、アバット基礎下の軟弱層がどのように変形するかを予測し、またその変形に抗し耐える構造物の設計は、アバット裏の盛土の設計・施工とともに今後の重要な課題であろう。

土工工事で施工上困難があったのは、東京付近から静岡県愛鷹山ろく吉原に至る間の盛土工である。この地域では洪積台地・丘陵地・火山山ろく地はすべて関東ロームをはじめとする火山灰系の土でおおわれており、経済的見地からこれらの高含水・トラフィカビリティ不良・締固め困難という機械化土工で最も扱いにくいとされている土を使用せざるを得なかった。好むと好まざるにかかわらず、この種の火山灰系の土を使わざるを得ないわが国においては、欧米で発達した最適含水比を基本とした考え方のみにとらわれることなく、今後さらに実際的な研究と施工法の開発が強く望まれるものである。

濃尾平野の中央部では盛土材料の一部として、木曾川、その他河川の均等粒径の砂を盛土内部に使用し、外側を切込砂利や山土で囲った特殊な盛土断面が使用された。このような複合材料により合成された盛土の安定問題も一つの課題であろう。

機械化土工上、常に問題となったことの一つに土羽を含む斜面付近の締固めがある。昔のまきこぼし工法において自然発生的に定まったと思われる1割5分の斜面傾度は機械化土工が定位になった今日一考を要すべきものと思われる。盛土もまた、他の構造物と同様に、材料・断面形・施工法・斜面防護工・排水方法などとの関連において総合的に設計すべきであろう。

いま一つ、既設構造物に接して、基礎根掘やクイ打ちを行ない、あるいは軟弱地盤で既設盛土に併設して盛土を施工した区間がかなりあり、これらの個所ではどのくらい離ればどの程度の影響があるか、またいかにして既設構造物に与える影響を少なくするかが大きな問題であった。とくに隣接する既設構造物が現東海道本線のような重要施設のとき、重大な関心が払われた。しかしながら現在の土質工学において、これらの影響の度合を定量的に明示することは一般にきわめて困難である。新幹線工事により経験的にはあるが、多くの近接工事施工の実例が得られたことは、今後この種の工事が多いことが予想される今日、貴重なデータになることと思われる。

(1964.10.1)