

本州四国連絡橋公団舞子工事事務所 正会員 青野 宏
 本州四国連絡橋公団舞子工事事務所 正会員 亀山 寿仁
 前田建設工業㈱舞子トンネル中北作業所 正会員 黒川 清和
 前田建設工業㈱舞子トンネル中北作業所 正会員 ○東山 基

1. はじめに

舞子トンネルは本州四国連絡道路「神戸・鳴門ルート」の神戸側陸上部において、明石海峡大橋と垂水ジャンクションを結ぶ、上下線各々延長約3.3kmの3車線双設道路トンネルである。本報文ではこのトンネルが西日本の主要高速道路のひとつである第二神明道路と交差する区間において施工された地盤補強のための上向き薬液注入工法の概要と計測結果の一部を報告する。

2. 工事概要

本トンネルのうち舞子墓園からゴルフ場にいる範囲の地質は、第4紀更新世の大阪層群の未固結な礫質層を主体とし、一部に砂層と粘土層を挟んでいる(図1)。地下水位はトンネル天端より10m上にあるため、掘削に先立ってトンネル直下3.0mの位置に直径3.15mの水抜きシールドを施工し、さらにその中から水抜きボーリングを行うことにより地下水位の低下を図っている。

図2に標準断面の支保パターン図を示す。掘削面積は14.8m²の偏平大断面である。掘削は切羽を安定させ周辺地山の緩みを抑えとともに、地表面沈下を抑制する目的で中壁分割工法を採用している。

第二神明道路と交差する区間とその周辺の土被りは約3.0mと浅く、特に上り線はN値10~20程度の盛土に覆われ、一部は原地山被りが1D以下になっている(第二神明交差部付近の地質縦断は図6参照)ことから掘削による沈下の影響が地上に及びやすくなっている上に、地表面沈下の管理目標値が25mmと厳しいことから地盤強化のための対策工が必要と判断された。

3. 上向き薬液注入工法の概要

対策工の選定にあたっては、①十分な沈下抑制効果、②掘削工程に影響を与えない、③地上部の占用を必要としない、④地下水位低下による圧密沈下が埋設物に影響を与えないように水抜きボーリングを控えているため地下水位下の掘削になる、等の条件を考慮して、既設の水抜きシールドを利用した上向き薬液注入工法を採用した。この工法は図-3、4に示すように本坑直下のシールドから仰角52°~90°の範囲で扇状に平均削孔長18.4m、トンネル2mあたり13本の削孔を行い、そこから、二重管ダブル管注入工法でトンネル上半外縁部4.0m、内縁部0.5mの範囲の地山に溶液型水ガラス系の薬液注入を行うものである。施工数量は、削孔本数458本、総削孔長8,440m、対象土量8,100m³である。

Hiroshi AONO, Toshihito KAMEYAMA, Kiyokazu KUROKAWA, Motoi HIGASHIYAMA

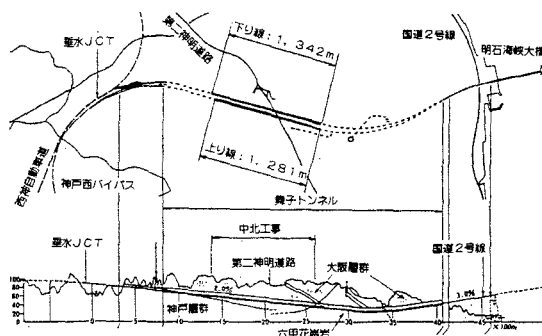


図1 舞子トンネル位置図と地質縦断面図

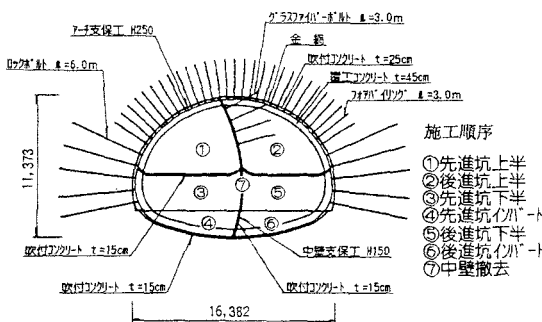


図2 支保パターン図(標準断面)

4. 施工方法

削孔機械は上向き削孔用に改造したロータリーパーカッションドリルを使用した。削孔から薬液注入までの施工順序を図-5に示す。施工上問題になった事項としては、①削孔時等に、砂層に残留していた地下水が土砂と伴に噴発し、地山をいためること。

②注入圧やトンネル掘削時の注入パイプ切断によるセグメントの変形。

等があった。これらに対しては、

①インナーロード引き抜き前の先端注入による止水の実施と口元弁を有する口元止水ボックスの取付。

②試験施工によるセグメント応力増加の確認と注入圧、注入速度の管理及びセグメント内空変位測定。を行った。

5. 施工結果

(1)湧水及びセグメント変形：削孔中に最大60ℓ/minの湧水を記録する孔もあったが、先端注入と口元止水ボックスにより土砂流出は十分防止できた。また、セグメント応力は一次注入時に内縁側の引張応力が最大760kg/cm²増加したが、許容応力以内に収まった。セグメント内空の縮小も5mm程度にとどまり有害な変状は生じなかった。

(2)地盤改良効果：地下水位が天端付近に残っていたものの、薬注区間における掘削時の切羽天端は湧水や肌落ちも殆どなく、非常に安定していた。地表面沈下・坑内天端沈下の縦断分布図を図6に示す。薬注区間の天端沈下は最大32mm、地表面沈下も22mm以内（第二神明内は最大7mm）で、管理目標値以内に収まっている。これに対し、薬注区間外では、吹付け面にクラック等の変状は生じなかったものの平均50mm程度の天端沈下が生じている。

また、斜面地形であったこと等も影響して、40mm程度の地表面沈下が発生した。以上のことから、本工法は、地表面沈下の抑制に対して十分な効果を挙げることができたと考えられる。

5. おわりに

過去に事例の少ない20mにも及ぶ長尺の上向き削孔と注入を伴う工法であったが、これにより、地表面沈下の抑制を厳しく要求される区間の地山補強を、掘削工程や地上物件に影響を与えずに施工することができ、第二神明直下を無事に通過する事ができた。今後、仮設備や計測結果を含めた詳細な報告をしたいと考えている。

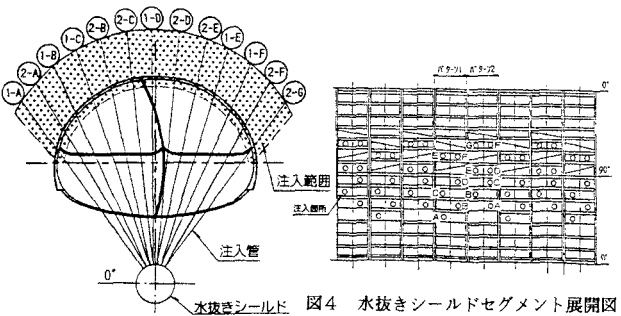


図3 上向き薬液注入工法断面図

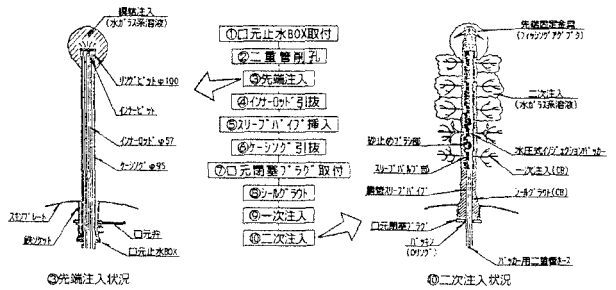


図5 施工順序図

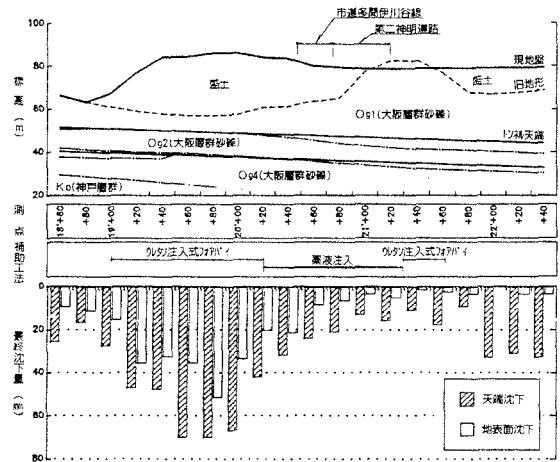


図6 地表面沈下・天端沈下縦断分布図