

(166) 既設共同溝に対する鋼矢板締切りによる液状化対策工法の設計法について

建設省関東地建東京国道工事事務所
 建設省土木研究所
 建設省土木研究所
 日本技術開発株
 日本技術開発株

藤井 弘造
 古賀 泰之
 古関 潤一
 佐伯 光昭
 ○真鍋 進

1. はじめに

共同溝は、都市のエネルギー通信および生活に係わる各種供給施設を収容する重要なライフライン施設であり、高度にシステム化された都市機能の重要な一翼を担っている。したがって、その機能の円滑な確保は極めて重大であり、世界有数の地震国の我国において、地震後の機能低下につながるような被害の発生を防止することが社会的な要請であると言えよう。

従来共同溝については、地中構造物が地上構造物に比べて地震に対して強いとされてきたこともあり、特に耐震設計は行なわれていなかった。しかしながら、新潟地震で注目を集めた地盤の液状化現象により、その後の十勝沖地震、宮城県沖地震や日本海中部地震では、地盤の大規模な変状の発生により地中構造物も大きな被害が生じ、地盤の状況によっては耐震設計が必要であることが認識されてきた。

そのような中で昭和61年3月には(株)日本道路協会から、共同溝設計指針として、地盤の液状化に関する規定を含んだ耐震設計の手法、条件および確保すべき安全性の水準が取りまとめられた。

このように新設の共同溝を対象とした事前対策としての耐震設計の規定は確立されたが、「共同溝設計指針」制定以前に設計された既設の共同溝に対して、耐震性の調査を進めてきたところ、一部の路線において液状化の影響を受ける恐れがあることが判明し、これら共同溝に対する具体の対策に着手することが急務との判断に至った。

本報告は、上述した状況下にある東京湾岸臨海部に位置する既設共同溝に対して、詳細な地盤調査とその成果を踏まえた解析

にもとづいて実施した鋼矢板締切り工法による液状化対策工法の設計の考え方や適用事例を述べるものである。

2. 地形、地質概要

本検討対象の共同溝は東京湾岸臨海部の埋立地に立地している。図-1に代表的区間の地層構成を示すが、N値が10程度以下の砂質土層である埋立土(B)および有楽町上部層(Y_u)が15m程度

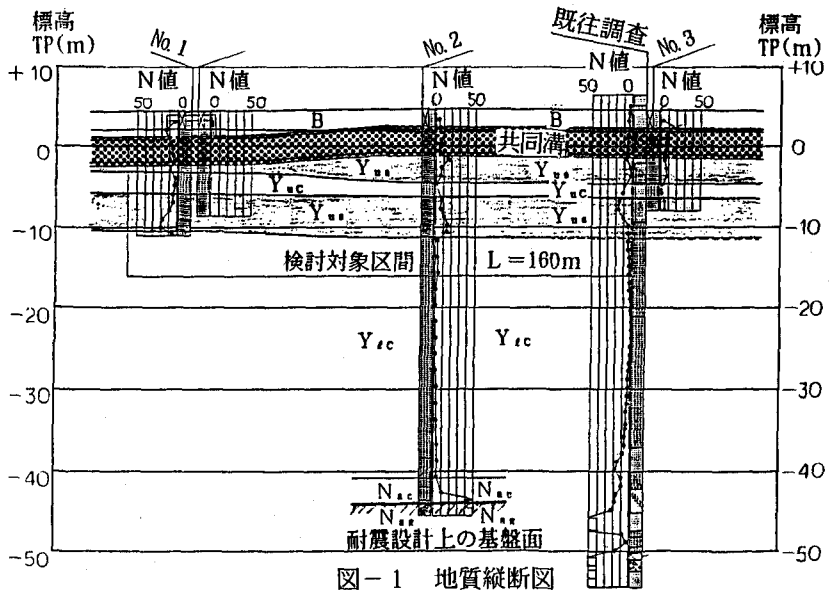


図-1 地質縦断面図

と厚く堆積し、それ以深に軟弱な粘性土層である有楽町下部層が30m程度あり、耐震設計上の基盤面と考えられる七号の砂礫層(N_{7,0})もしくは東京層(T₀)はTP-45~50mに出現する。

共同溝の埋設位置は上述したゆるい砂層である埋土および有楽町上部層であり、液状化の可能性が高いことがわかる。なお、同図に示したボーリング柱状図は、本検討を実施にあたって調査したものであり、液状化判定および対策工の設計に必要な物理試験、静的力学試験に加え動的な強度変形特性に関する試験も合わせて実施している。

3. 液状化対策実施の目的と基本方針

既往の震害事例によれば一般の埋設管路の被害は、継手部や接合部に集中して発生している。その原因としては“地盤のすべりや大変形”や“動的変位”が主要なものと考えられる。

一方、共同溝のような大きな内空断面を有し、一般に止水板を施し、カラーで接合されたような継目構造を持つ場合、外力のパターンによって表-1のような被害形態が予想され、これを防止もしくは軽減する対策工を選定する必要がある。

また、液状化対策を合理的なものとするためには、想定地震の規模に応じた被害すなわ

ち震後の状態の想定と機能確保の目標水準を定めることが必要である。共同溝の震後に要求される機能としては、共同溝の整備の目的が道路の構造の保全と円滑な道路交通の確保を図ることとされており、その精神からすれば液状化対策の実施は、あくまでも地震時およびその後の道路交通機能の確保を第一義とし、併せて共同溝の管理について支障が生じないように必要な対策を講じるために行うものである。

したがって、液状化対策の目的は直接的には共同溝の安全性の確保はもちろんそれによって地震後の道路交通機能の確保に支障を及ぼすようなことは避けることである。

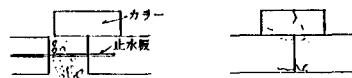
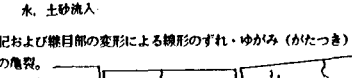
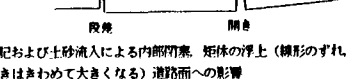
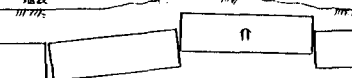
4. 対策工の設計

(1) 工法選定

3に示した基本方針からして、対象共同溝が現在供用中の国道下に位置するため、液状化対策工の選定にあたっては常時の交通への影響を極力少なくするとともに、大規模な路面の掘削についてはできるだけ避けることが必要である。このような工法選定上、きわめて厳しい制約条件を満足できる工法としては、図-2に示すような締切り系による対策工の採用しかないと判断した。

同工法による液状化対策は、施工実績もなく設計法が確立されていないのが現状であるが、筆者らの実験では、地中構造物の液状化に伴う被災の要因として水の供給に加え周囲地盤と構造物直下の土圧差に伴う砂の廻り込みが大きく影響することがわかっている¹⁾。したがって、構造物と周囲地盤を締切することは水と砂の供給を遮断するため、有効な対策と考えられる(図-2)。また吉見ら²⁾は同工法の有効性を模型実験で確認しており、喜田ら³⁾は締切り工の剛性に着目した模型実験を行い、その剛性が高い程有効であるとの結果も得ている。

表-1 被災形態

被災要因	被災パターン
動的変位	止水板・カラーの破損、衝突による接合部の破損、水・土砂の流入。 
地盤の大変形・すべり	上記および継目部の変形による継目のずれ・ゆがみ(かたつき)、矩体の亀裂。 
地盤沈下	上記と同様。 
揚圧力	上記および土砂流入による内部閉塞、矩体の浮上(継目のずれ、かたつきはきわめて大きくなる) 道路面への影響 

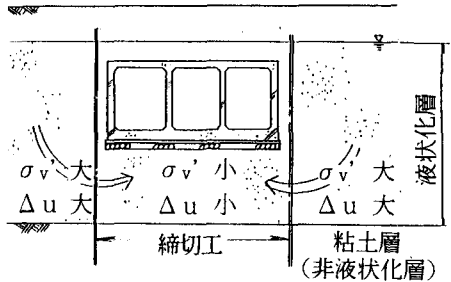


図-2 締切り工による対策工

(2) 設計概要

本設計は図-3に示す手順により対策工の諸元を定めたものであり、各設計条件は上述した既往実験成果等にもとづき設定している。

すなわち、共同溝設計指針にもとづき、液状化判定～浮上り検討を行った後、浮上りに対する設計および水平安定に対する設計により、必要根入れ長と断面剛性を決定するものである。このうち、水平安定に対する設計で想定する荷重と抵抗は、図-4に示すように液状化層では液状化に伴い土が泥土化した状態を想定し、泥土圧と動水圧を作用させ、非液状化層は根入れ算定時では土圧、断面照査ではばねとして評価するものである。

なお、動水圧は液状化層内では地震動の主要動であるS波は伝播されず本来、発生しないが、締切り工を非液状化層まで根入れすることから、同層の影響により締切り工が振動し液状化層の動水圧が作用すると考えたものである。

動水圧は模型実験^{4), 5)}により検証された式(1)によっているが、設計水平震度は図-5に示す液状化の発生程度(F_L; 液状化に対する抵抗率)に応じた低減係数(D_o)を乗じたものを用いている。図-6に示すように液状化の発生は地盤によって一定の傾向は示さず、作用外力(地震動)が一定であれば、当然地盤の強度が大きい程液状化は発生しずらく、過剰間隙水圧は液状化強度が大きいほど遅れて発生するものと考えられる。図-5はこの関係を当該地点での全応力法による地震応答解析結果と液状化層の不攪乱試料による非排水くり返し三軸試験結果を用いて累積損傷理論を適用し求めたものである。

$$\sigma_{hd} = \pm \frac{7}{8} \cdot k_h \cdot \sqrt{H \cdot Z} \cdot (\gamma_w + R_u \cdot \gamma') \quad \dots (1)$$

ここに、

- σ_{hd} : 過剰間隙水圧の程度による動水圧
- k_h : 設計水平震度(=D_o・k_s)、D_o: 低減係数、k_s: 液状化判定に用いた設計震度、H: 液状化層厚、Z: 着目点の深度、 γ_w : 水の単位体積重量、R_u: 過剰間隙水圧比、 γ' : 砂の有効単位体積重量

これらの条件を用いた代表断面での設計成果を図-7に示す。同図に示すように断面は鋼矢板のVI型であり、粘性土層(Y_{1c})へは10.5m根入れすることとなった。

5. まとめおよび今後の課題

以上、述べてきたように、大規模な鉄筋コンクリート造の線状地中構造物である共同溝の既に供用されている区間に対する液状化対

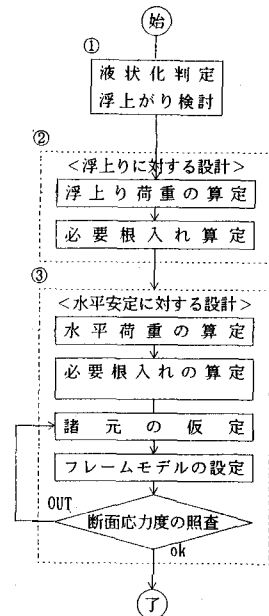
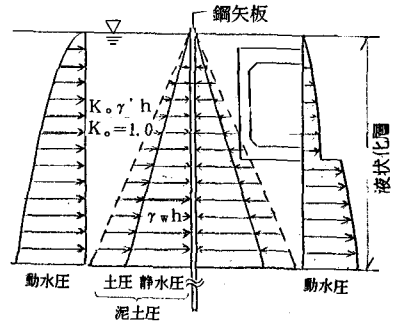
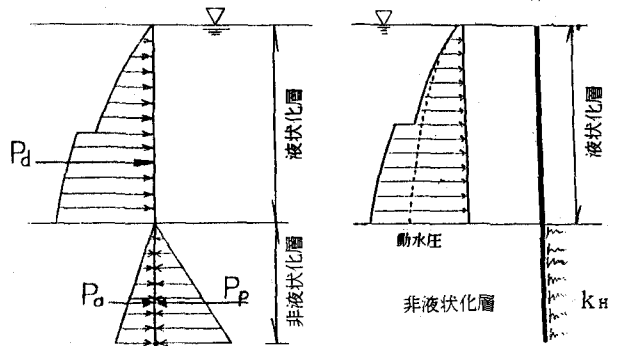


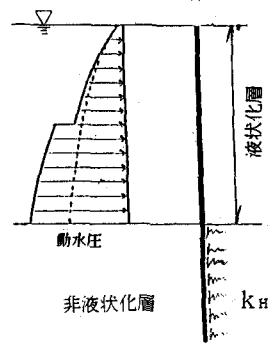
図-3 設計の流れ



(a) 作用荷重



(b) 根入れ算定用モデル



(c) 断面力算定用モデル

図-4 作用荷重と計算モデル

策の実施は、他のライフライン施設の類似構造物を含めて我が国で初めての機会であり、技術的に十分配慮して対処することが必要とされる。

液状化現象や地盤改良による対策の効果とその設計法については近年の研究により明らかにされてきているものの、構造物の補強による対策の設計法については現状では必ずしも確立していない状況にある。したがって、液状化の発生による荷重と抵抗に及ぼす影響を、これまでに実施されてきた類似構造物の実験・解析結果等にもとづいて安全側となるよう工学的判断を加えて設定し、合せて可とう性継手による補強対策工法も採用した。

共同溝に対する液状化対策の実施は今後都市の地震防災の重要な役割を担うものでありその機会は確実に増加していくことが考えられる。このため今後液状化対策工のより合理的な設計法を開発することが急務であり、今後、実験や挙動観測などにより次の内容を把握し、設計法の精度向上を図る所存である。

- ①：矢板に作用する土圧、間隙水圧および矢板のひずみの分布（常時、地震時）
- ②：矢板、共同溝および周辺地盤の水平加速度の発生状況（地震時）

参考文献

- 1) 古賀, 古関, 森下; 掘割道路の地震時安定性に関する模型振動実験 — 浮上りに関する検討 —, 土木技術資料31-1, 1989
- 2) 吉見, 玉置, 森, 近藤; 止水壁を用いた地中構造物の浮き上がり防止策, 地盤の液状化に関するシンポジウム, 平成3年1月
- 3) 西谷, 喜田, 飯田, 古賀; 排水機能付き鋼矢板による埋設構造物の液状化対策に関する振動台実験第26回土質工学研究発表会, 平成3年6月
- 4) 古関, 古賀; 液状化地盤の地震時土圧に関する模型振動実験, 土木学会第46回年次学術講演会, 平成3年9月
- 5) 喜田, 西谷, 飯田; 模型液状化地盤の地震時土圧に関する振動台実験, 土木学会第46回年次学術講演会, 平成3年9月

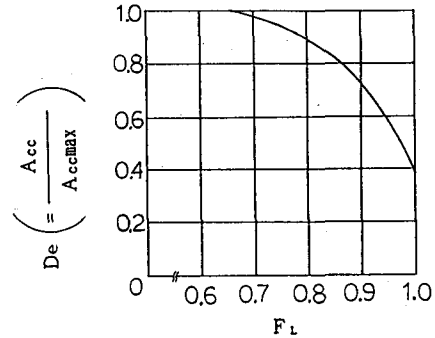


図-5 FL に応じた低減率

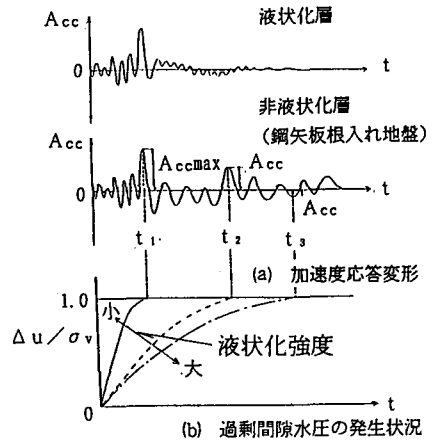


図-6 震度の低減の概念図

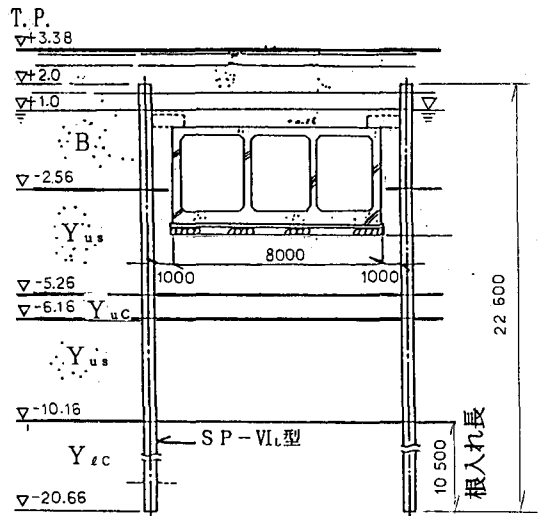


図-7 設計成果