

## 展 望

# 津波に対して粘り強い防潮堤

東京理科大学 菊池 喜昭

## 1. はじめに

従来、補強土壁構造物は、港湾構造物としてあまり利用されてきていない。にもかかわらず、私はかつて補強土壁構造物を岸壁構造に適用できないか検討する機会を得た。その後、海面埋土地の築堤(要は浚渫土の嵩上げです)方法として補強土壁工法を利用できないかと考えたことがあった(これは考えただけで研究には至らなかった)。その後、2011年の東日本大震災の後には、臨港道路を築堤で作る、その時に補強土壁工法が使えないかを検討したいと思った(これも思っただけで実現しなかった)。そして現在、補強土工法を防潮堤に利用しようということで研究を進めているほか、「ジオテキスタイルによる粘り強い強化防潮堤開発委員会」に参画させていただいている。このような私の個人的な背景から、沿岸構造物に補強土壁構造物を建設する際に考えなくてはならない事項について概観してみたい。

## 2. 補強土壁の岸壁への適用

今から15年近く前である。「陸上工事で最近よくおこなわれている補強土壁工法を港湾工事に適用できないのか」と現場から相談があり、海外では沿岸構造物への適用もあるので、については適用可能性について検討してくれと頼まれた。以下にはその当時の私の理解を書きたい。専門の方から見れば見当違いのこともあるかもしれないがご容赦いただきたい。

この研究は単に研究室で実験をするだけでなく、委員会形式でフィージビリティについても研究がなされた。この検討では、多数アンカーを用いた構造を検討した。結論から言うと、多数アンカーに限ったわけではないが、補強土壁の建設では、施工費がかさむ、基礎地盤の沈下への追従が難しいということが問題であった。施工費がかさむとされた理由は、補強材を敷設するたびに潜水士が手作業で敷設面の均しをしなくてはならないだろうとの判断によるものであった。その時に、はっきりとわかったことは、港湾工事は大規模な機械を持ち込んで一気に大規模工事を行うのが特徴で、作業員が手作業をするのは、特に潜水士が水中作業をするのは高いというのが常識であるということだった。また、港湾区域内の基礎地盤は一般的には軟弱なため、施工に伴う沈下は避けられないということも問題であった。

しかし、本当の大きな課題は、海中部では、補強材周辺の石材を締め固めることが困難であることであった。このことは上記の研究の成果をあるところで論文発表をした時にかなり多くの方からご指摘をいただいた。その時でも、皆様のご意見はよくわかりはしたが、港湾ではどうしようもないという思いが強く残った。

海外での沿岸構造物(護岸)への適用事例は、ドライ施工によるもので、施工方法は我々の考えていたものとは全く異なるものであり、締固めが行われ、基礎地盤の沈下の問題も少ない事例であった。しかし、この施設は施工後2年で不具合が生じた。その理由は、施工時に壁面近くの締固めが不足していたことと表面パネルの隙間からの背面土(砂)の吸出しによるものであったとい

うことである。

## 2. 海面埋立地における補強土を用いた築堤

東京港では、廃棄物の焼却灰を海面最終処分場に 30m の高さに積み上げているのは有名な話だ  
と思う。海上の埋立地で 30m の高さまで積み上げられるのは、焼却灰だけではなく、浚渫土もそ  
のような計画がある。港湾では、航路泊地の維持のための維持浚渫を継続的に行わなければなら  
ない。従来は、浚渫土を埋立材料として用い、港湾区域の拡大に役立てられていた。それが最近  
では様々な理由から埋立免許の取得が厳しくなり、浚渫土は慢性的に余剰状態にある。また、浚  
渫土の減容化についても、圧密促進程度の対策では限りがある。窮余の一策として、既存の土砂  
埋立用の埋立地にかさ上げを行い、土砂を処分している。これまでの事例では、高含水比の浚渫  
土にセメントを混合し、セメント処理土で築堤し、その内側に浚渫土を投入している。また、築  
堤を繰り返すために、表層混合をして固化版を作成して築堤の基礎地盤の支持力を高めるよう  
にして安定性を確保している。この方法は次の 2 つの理由からあまりいい方法ではない。①セメン  
トを添加する分だけボリュームが増え、さらに、粘性土は含水比の高い状態で固化されるため減  
容化にならない、②築堤する時の斜面勾配は比較的緩く、築堤用の固化処理土が大量に必要とな  
る。いずれも、処分できる土砂量を減らしてしまう。

この対策として、図-1 のようなジオテ  
キスタイルを用いた築堤方法を活用でき  
ないかと考え、整備局に対しても具体的  
に提案をした(土のうとあるところには、  
十分にセメントを添加した固化処理土を  
礫材の代替材として利用する)。法面を急  
勾配にして、築堤ボリュームを減らすこ  
とで、処分容量を増やすことが狙いであ  
った。問題は、築堤後時間とともに沈下す  
ることであったが、図-1 のような構造であれば、法

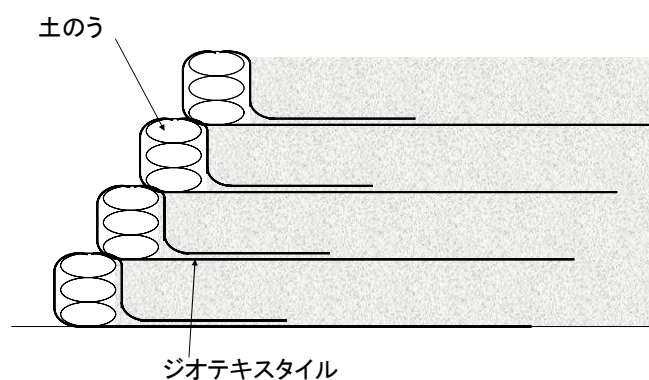


図-1 ジオテキスタイルを用いた築堤

面は変形しても機能は維持できるのではないかと専門家のコメントもいただいていた。ついで  
に言うと、浚渫土にはバーチカルドレーン(VD)を施工し圧密促進することも提案した。

結局、この提案は整備局に受け入れられることはなく、研究する機会を逸してしまった。理由  
はよくわからなかったが、VDを施工することについても極めて否定的だった。(VDができない理  
由も説明していただいたが釈然としなかった。)

## 3. 築堤による臨港道路

2011 年の震災では、仙台東部道路の築堤部分が津波を町から護ったことが報道されていた。釜  
石港では、臨港道路の橋梁部分の途中まで水没し、橋梁の最も高いところの車は助かったが、橋  
の下を流れた水は町の中に氾濫した。このような状況を考えると必要に応じて臨港道路も築堤で  
作ることを考えたほうがよいのではないかと思った。ただし、臨海部では、空間的な余裕がない  
ので、緩斜面の築堤はできない。

そこで、築堤構造にするには、二重矢板構造のような形式と補強土壁構造がありうると考えた。

この二つの構造の大きな違いは、二重矢板が根入れ構造であるとともに、二重矢板は通常は矢板の上部をタイでつなぐだけで、それ以外のところにはタイが用いられないことである。補強土は根入れがなく、タイに相当する補強材が多数用いられることになる。二重矢板構造は水平に変位しやすいという特徴があるというのが一般的なイメージでもあり、補強土壁構造が好ましいと考えていた。ただし、水の処理の問題はここでも重要なのだろうと思っていた。

#### 4. 補強土を用いた防潮堤

昨年の夏から、「ジオテキスタイルによる粘り強い強化防潮堤開発委員会」に参画させていただいている。委員会でもこの文学的な「粘り強い」をどう考えるべきかが議論となったが、現状では、国土交通省の方針に従った概念を指す（L1 津波では越流せず、越流を許容する L2 津波の際には崩壊するのに時間がかかるようにする）ことにしている。この委員会では、今年の夏までに暫定的なガイドブックを作り、一年間の公表期間を経て、正式のものにすることを予定していたが、議論を重ねるほどに、設計上どのように考えたらよいかよくわからないことが出てきており、作業が予定より少し遅れている。

それとは別に、今後整備される防潮堤にはどのようなものが考えられるのかということを見ると、様々なバリエーションが考えられる。比較的多いのではないかと思われるのは、既存の防潮堤や砂丘のかさ上げであろう。かさ上げ時に敷地に余裕がない場合には、従来よく用いられてきているような二割勾配の築堤は困難であり、急勾配の築堤となると思われる。このような場合に補強土壁工法は期待が大きい。しかも、補強土壁構造の場合には、法面が急な方が補強効果が著しくなる傾向にあるようである。越流しても「粘り強い」構造にするには、被覆工の水密性の維持が重要となる。被覆工の水密性を維持するには、被覆工が越流時にはがされないようにすることが大事であるが、そのためにも、津波の前到来襲する地震動で築堤が沈下・変形しないことが重要となると思われる。地震時の築堤の天端の維持のためには、基礎地盤をはじめ、既存の防潮堤、補強土で追加された築堤部分のいずれもが沈下しないことが必要である。補強土の部分は十分に締めて作ることが可能であるので問題はないと思う。ただし、既存部分より下については、その構造物の建設経緯によって大きく異なることが考えられる。場合によっては地盤改良を要する場合も出てくる可能性がある。

水密性を高める一方で、築堤部分が不飽和であるところに津波が来襲すると、築堤内の空気が圧縮される恐れがある。これは大変厄介なことである。聞くところによると、水位が上昇する際に築堤内の空気が圧縮された時には、水位がさがった時に築堤部分から勢いよく水が排出される状態が起り得て、このために、上流側法尻で吸出しが起きる恐れがあるとのことである。水密性を高めることと築堤内の空気の排出とは相矛盾する要求事項であるようであり、一層の工夫が必要である。

このほか、越流した時の下流側法尻の洗掘対策なども越流した後の築堤の安定性確保の上では重要な課題である。

#### 5. おわりに

私が経験してきた中から、臨海部で補強土壁を用いる際の課題を振り返ってみた。港湾構造物では補強土壁が適用されたことがないことからわかるように、私の経験と知識は十分なもので

はない。会員の皆様に補強土壁の様々な特徴をご教示いただき、補強土壁の特徴を生かした利用法を考えていきたいと考えている。