

離岸堤の沈下について

豊 島 修*・坂 本 忠 彦**

1. はじめに

最近各地において、海岸侵食対策工法として離岸堤が設置されるようになったが、現地における施工例からみて、離岸堤の堆砂機能はその水面上の高さに大きく影響されると思われる¹⁾。

一方、堆砂を目的とする離岸堤の大部分は、砂地盤の海底上、しかもその多くは碎波帯に設置されるから、これらの離岸堤は設置当初から沈下する可能性をもっている。したがって、離岸堤を経済的にかつ効率よく設置し維持してゆくためには、その設置位置、水深および工法等に十分配慮するとともに、経済的な沈下対策工法または合理的かつ精度よい沈下量の予測を行なう必要があるが、これらに関するわれわれの知識はまだほとんど得られていない。

ここでは、既往の現地施工例における沈下の実態を検討し、沈下機構の推定を試みた。

2. 離岸堤沈下の原因推定

海底の砂地盤上に設置された離岸堤の沈下の原因を推定してみると、

i) 離岸堤の自重による接地圧が大きく、海底土砂のわずかな移動の際にも海底にめり込んでゆく。

ii) 海底地盤そのものが波により侵食されて大きく低下し、これに載っている離岸堤も一緒に下がる。後で海底土砂による埋めもどしが行なわれるが、離岸堤はもちろん浮上するわけではないから、海底にめり込み沈下したのと同じ形になる。

iii) 入射する波によって離岸堤の内側の水位が上昇し、堤外側と水位差を生ずることによって離岸堤下部の砂がボイリング現象を生じ、離岸堤が一気に沈下する。

iv) 新潟などの地盤沈下地帯では、地盤沈下に伴う相対的な海面上昇がある。

v) 以上の各種原因の複合原因によるもの。

というような原因が考えられる。

このうち、i) の接地圧のみに関するものについては適当な基礎工を設置することによって接地圧を減ずれば沈下量をかなり小さくすることが可能であると思われる。現に最近の施工例のいくつかは、適当な基礎工たとえば捨石、アスファルトマット、あるいはフトン籠などを用いて成功したと考えられている。

しかし、これらの基礎工も、海底勾配が急であったり、外海に面し大きな波が常時来襲するような所では、海底の変動が大きく、波力によってこれらの基礎工が散乱し破壊される例が多いので、基礎工設置にかなりの経費が予想される場合には、これらの諸条件を十分勘案した上で計画する必要がある。

iii) による沈下は、内外水位差ができるだけ小さくなるよう、なるべく連続堤はさけて開口部をもつ群堤として計画するとともに、1基の長さをあまり長くとならず、かつなるべく透過性をもった構造とすることによって、ある程度免れうるものと思われる。

ii) ならびに iv) による沈下は、目下のところ有効な防止対策はなく、当面は沈下量の予測とかさ上げ補強方法の合理化が問題となるが、将来にわたっては、このような海底変動の大きい海岸においては、浮体式あるいは脚柱支持式などの離岸堤形式が検討されることとなろう。

3. 新潟金衛町海岸における離岸堤の沈下

新潟金衛町海岸では、昭和41年から44年にかけて合計5基の離岸堤が設置された。これらの大部分は設置後おおむね2年ごとにかさ上げを余儀なくされているが、ここではこれらの離岸堤の沈下と海底地盤の変動について調査した結果を報告する。

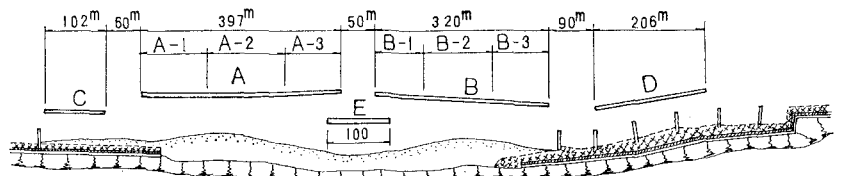


図-1 新潟金衛町海岸離岸堤位置図

図-1 は離岸堤位置図、図-2 は標準的なかさ上げ工法である。図-3 は、図-1 の位置図に示す各区間の離岸堤の天端高の平均値の変化であり、横軸に年月、縦軸

* 正会員 工博 建設省土木研究所河川部長

** 正会員 工修 建設省河川局海岸課

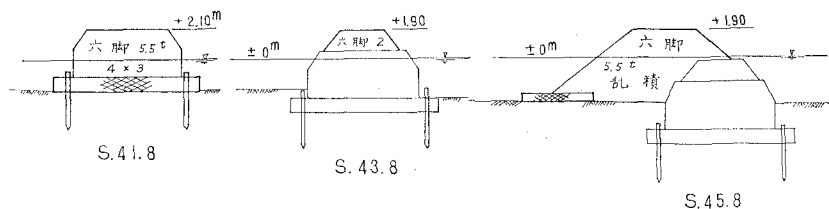


図-2 離岸堤のかさ上げ工法 (新潟金衛町海岸)

に標高が T.P. で示してある。天端高の上昇はかさ上げによるものである。

図-3 によれば、離岸堤の急激な沈下は、必ずしも海象条件のみによるものではないといえる。すなわち、B堤の各部 (B-1, B-2, B-3) がいずれも 42 年から 43 年にかけての冬期間に大幅な沈下を示したのに対し、A堤の各部 (A-1, A-2, A-3) はほとんど沈下していない。また 43 年から 44 年にかけての冬期間には、C堤のみ大幅な沈下を示しているが、A・B両堤ともその沈下量は比較的少ない。

これらを通してみると、離岸堤設置直後およびかさ上げ直後に大幅な沈下が生ずるとみてよいと思われる。こ

のことは、水面上に十分の高さを有している時にはそれだけ沈下が多いということになり、先に原因の推定のところで述べた iii) の内外水位差が生ずることがあるいはこの沈下の原因ではないかと考えられる。44 年から 45 年にかけての C堤や A堤の沈下量は A-2 を除けばそれほど大きいものではない。この 45 年の 1 月末から 2 月始めにかけては「昭和 45 年 1 月低気圧」と異例の命名がなされた「台湾坊主」による高波が襲来した時期であり、比較的高さの高かった A-2 および B堤は著しく沈下したが、他の堤の沈下は小さい。

図-4 は累計沈下量を示したものである。C堤は一気に 3m 近く沈下したためにかさ上げを実施していないが以後の沈下量は比較的少ない。

A堤では中央部の A-2 の沈下が著しい。これは A堤がかなり長いために、堤中央部付近の堤内側の水位上昇が大きくなり、砂のボイリング現象によって大きく沈下したのではないかと考えられる。

これに対し B堤では、中央部の B-2 より端部の B-1 の方が沈下が大きい。これが開口部の影響かとも考えられるが、同じく開口部に当たる A-3 の沈下はかなり少ない。

このように、堤およびその位置によって沈下の様相がかなり異なっているので、堤の沈下と海底変化との関係を調べてみた。このうち、比較的沈下の大きい A-2 および B-1 について 図-5 および 6 に示した。

図中①の実線は離岸堤の天端高、②の一点鎖線は累計沈下曲線で、これと平行に④がかかれており、これが一応離岸堤の基礎の沈下曲線を示すことになる。なお③は海底地盤高曲線で、離岸堤直前の海底は多くの場合かなりの傾斜がついているので、その傾斜部分の沖側、離岸堤の前面 10~20m 程度の海底の高さの各区間の平均値をとって示したものである。したがって多くの場合、離岸堤の直下の海底地盤より 1m 程度低い例が多い。

A-2 も B-1 も、昭和 42~43 年に降しだいに海底の洗掘が進行しており、このために先に理由の ii) に述べたように、海底地盤の沈下に伴って離岸堤も沈下した傾向が強い。特に B-1 (図-6) の場合はこの傾向が著しく、上に述べた③と④の地盤高の差が 1m 程度あることを考えると、いわゆるめり込みによる沈下はあまりないように見受けられる。

これに対し A-2 では、昭和 44 年 10 月から 45 年 3 月にかけての離岸堤の沈下と③の地盤高の上昇との関係が B-1 にくらべてかなり異なっている点が注目される。測量の回数が少なく各測量月日の間隔が数カ月間になる

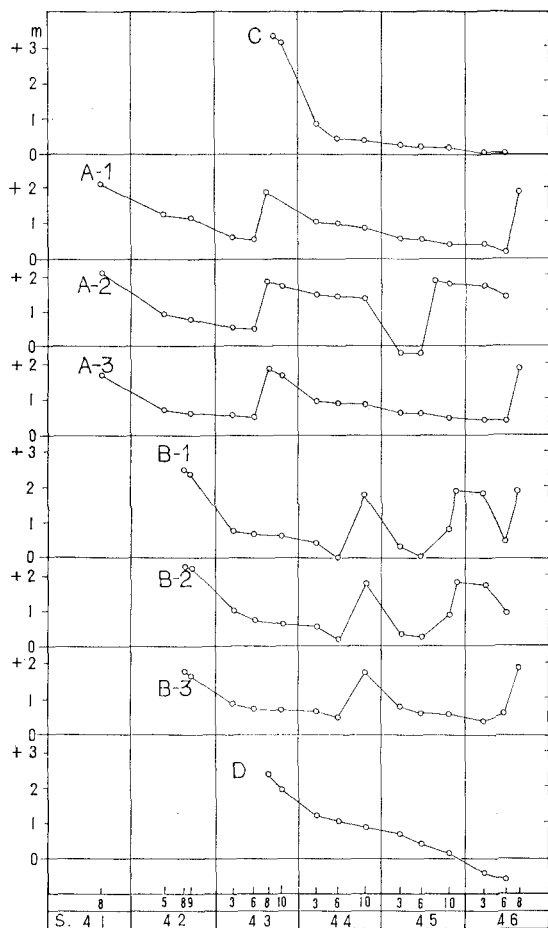


図-3 離岸堤天端高の変化

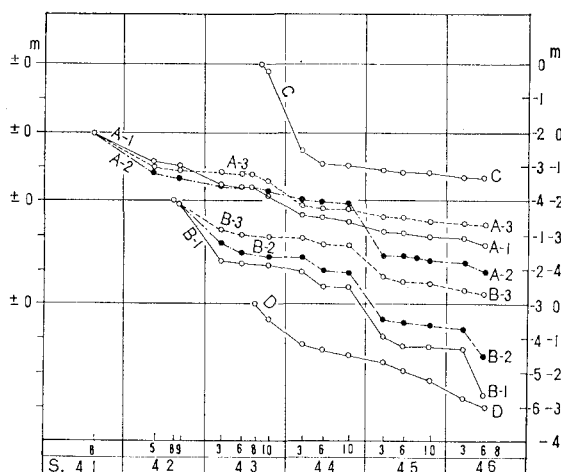


図-4 離岸堤の累計沈下量

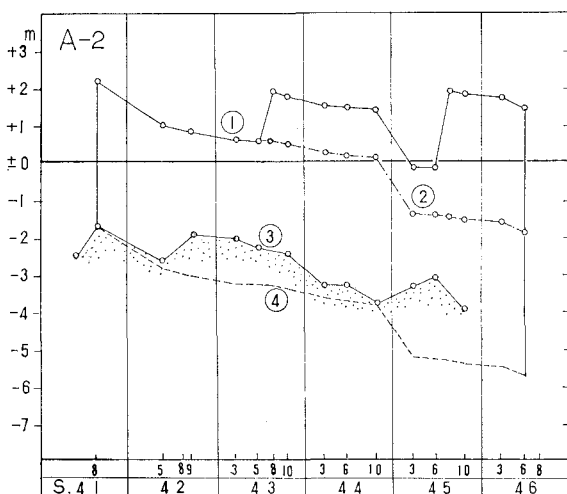


図-5 離岸堤の沈下と海底地盤の変化

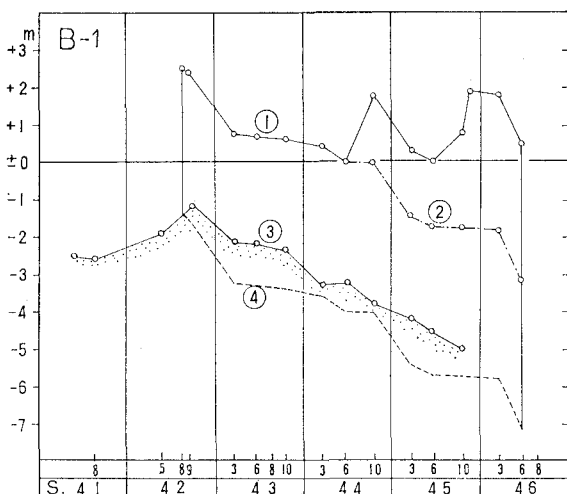


図-6 離岸堤の沈下と海底地盤の変化

ので、この間に沈下・洗掘および埋めどしが行なわれたかも知れないが、A-2はA堤の中央部にあたるので、前に述べた内外水位差による急速沈下があったのではないかと予想される。

他の各堤および各区間についても調査したが、C堤、B-2堤はA-2堤と同様砂のボイリングによると思われる形をしており、海底沈下より離岸堤の沈下が大きい。他のA-1、A-3、およびD堤では、B-1堤と同様海底地盤の洗掘沈下が著しくこのため沈下したと考えられる。

次に短期間における沈下例を見てみよう。

4. 馬路海岸における離岸堤の沈下

図-7は、島根県仁摩町の馬路海岸に設置された2基の離岸堤の沈下状況を示したもので、図の上段は両離岸堤の縦断面図、下段は上段に示した各測点(位置)の標高の時間的変化を示したものである。なお離岸堤の構造は新潟県金衛町海岸の杭を除いた形のものである。この場合は設置年月日とともにかなり詳細な測量が実施されており、沈下の時期も各測点ごとに種々異なった様相を示していることがわかる。

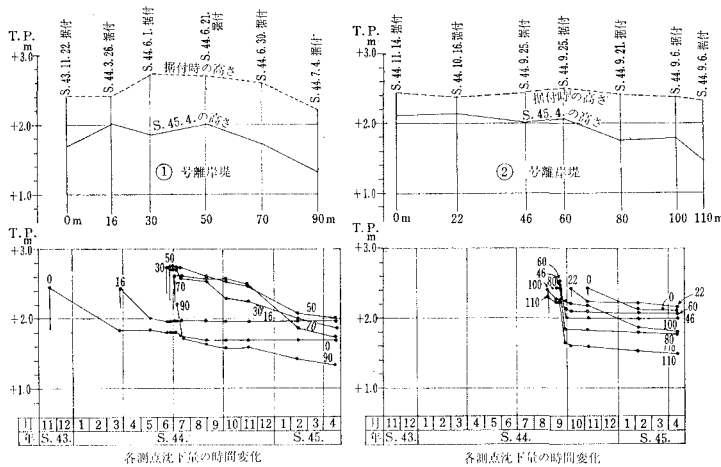
これらの離岸堤は長さも90~110mと短いためか、中央部の沈下は少なく、両端の沈下が大きい。また沈下の時期については、1号堤の測点0mおよび16mの場合は明確ではないが、他の測点では設置後急速に沈下するものと、徐々に沈下してゆくものと二通りのタイプがある。また先述の「台湾坊主」の冬期間にもほとんど沈下が認められず、従来冬期風浪によって大きく沈下するという事実がほとんど認められないのが注目に値する。

5. 松任美川海岸徳光地先における離岸堤の沈下

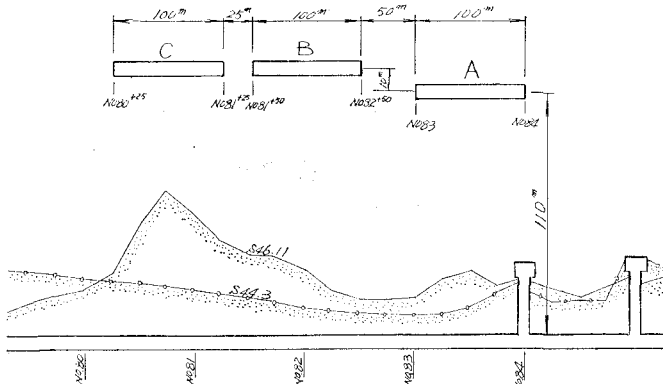
松任美川海岸は石川県の手取川の扇状地に位置する海底勾配1/60~1/90の速浅の侵食性の海岸である。徳光地先においては昭和44年から46年にかけて各年1基ずつ、合計3基の離岸堤が設置された。

図-8は離岸堤位置図、図-9および図-10はそれぞれ45年施工(B堤)および46年施工の離岸堤(C堤)の構造を示したものである。B堤は基礎工としてフトン籠(長さ5m、幅2m、高さ1m)を敷き並べ、その上に12トン級の異形ブロックを設置した。44年施工の離岸堤(A堤)もフトン籠を使用した類似の構造である。C堤は基礎工として、切込砕石、割栗石およびフトン籠により捨石基礎をつくり、その上に異形ブロックを設置したものである。

B堤、C堤とも海岸堤防より沖合110mの地点に設置されたもので、両者の最も大きな差異はその基礎に



図—7 馬路海岸離岸堤の沈下状況



図—8 松任美川海岸徳光離岸堤位置図

あると思われる。

B堤およびC堤の沈下の状況

は、おのおの図

—11 および 図

—12 に示すとおりである。両図によれば次のことがわかる。

B堤については設置直後の45年9月から10月にかけて急激な沈下が起こっており、その後、46年4月までは

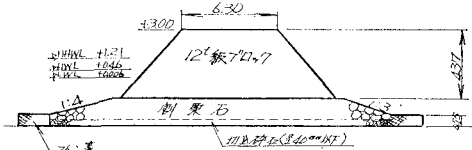
ほぼ一定の速度で沈下している。以後の沈下は非常に少ない。これは現地の状況よりみて、設置直後の沈下は主として

2. で述べた沈下原因のうち、i) の接地圧による海

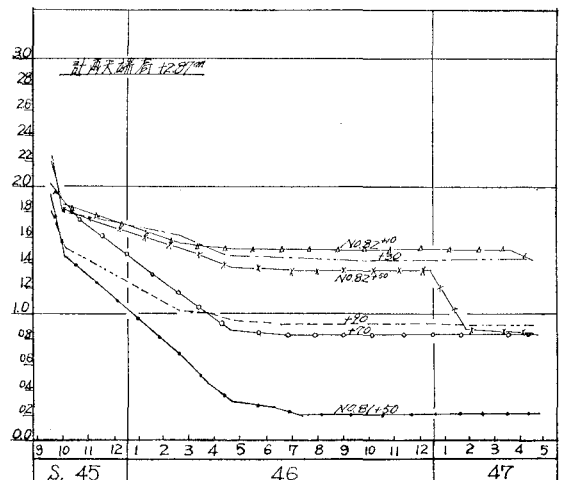
図—9 昭和45年施工離岸堤 (B堤) 構造図

と推定される。今後とも中央部が沈下せずすむかどうか興味深いところである。

なお、この例からだけではフトン籠基礎より捨石基礎



図—10 昭和46年施工離岸堤 (C堤) 構造図



図—11 昭和45年施工離岸堤 (B堤) の沈下状況

底へのめり込みによるものと思われる。その後の沈下は ii) の冬期風浪による地盤の変動によるものと思われる。冬期風浪が原因の一つになっているものは、47年の1月～2月において離岸堤の端部 (No. 82+50) が沈下していることから明らかである。

また離岸堤の中央部は両端部より沈下は少ないようで、これは離岸堤の長さがあり長くない、ボイリング現象による砂の移動等が少なくを示しているものと思われる。沈下量はかなり大きく端部では2m以上にも達している。図示しては無いがA堤についても同様の沈下現象が生じている。

C堤については設置直後の沈下が若干認められるが、離岸堤中央部の沈下は非常に少ない。これは幅広く設置した捨石基礎の海側および陸側の先端部が地盤の変動に応じて沈下し、切込砕石および割栗石がフィルター働きをし、離岸堤下部の砂の移動を阻止して沈下防止に役立っているものと思われる。

しかしながら端部の沈下が著しい。特に開口部と反対側の端部 (No. 80+25) では46年12月から、開口部側の端部 (No. 81+25) では47年3月から急激に沈下しているのは、これらの時点でその部分の捨石基礎が破壊されたものと推定される。今後とも中央部が沈下せずすむかどうか興味深いところである。

の方が沈下が少ないように見えるが、同じ松任美川海岸の湊地先に設置した、フトン籠基礎と捨石基礎の離岸堤を比較した例では、両者とも1.5m 以上も、むしろ捨石基礎の方が若干大きく沈下した例もあり、一概にその優劣を判定することは難しいようである。

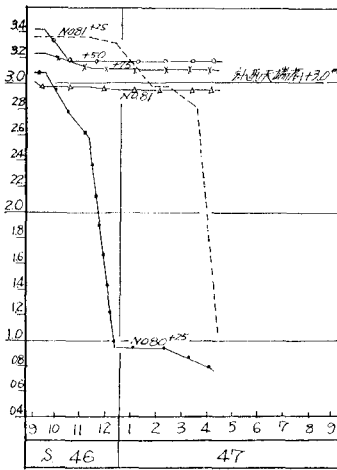


図-12 昭和46年施工離岸堤(C堤)の沈下状況

6. 結 論

離岸堤の沈下について現地の施工例について検討した結果、次のような結論を得た。

(1) 離岸堤施工直後およびかさ上げ直後に大幅な沈下が生ずる例が多い。

(2) 離岸堤1基の長さが長い場合は沈下は必ずしも海象条件のみによらず、しかも中央部の沈下が著しい場合が多い。これは離岸堤が長い場合は、堤内側の水位上昇が大きくなり、砂のボイリング現象が起こったのではないかと推定される。

(3) 離岸堤周辺の海底変動が著しい場合は、離岸堤も沈下をまねがれることはできないようである。

(4) 離岸堤1基の長さが短い場合は、両端部の沈下が著しい場合が多い。

(5) フトン籠あるいは捨石基礎等が沈下防止に役立ったと考えられる例もあるが必ずしも一般的ではない。

謝 辞：本論文を作成するにあたりご協力を頂いた新潟県河川課および新潟港湾事務所、島根県河川課ならびに建設省金沢工事事務所に感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) 豊島 修：離岸堤の高さについて，第16回海岸工学講演会講演集，1969