

# 干拓地堤防の吸い出し被災に関する一考察 (I)

—特に山口県阿知須干拓地の場合—

金山 和雄\*・藤原 輝男\*・上田 定\*\*

Some Studies on the Destruction of the Land Reclamation Embankment. —especially about AJISU land reclamation in Yamaguchi district—

Kazuo KANAYAMA, Teruo FUJIWARA, Sadamu UEDA

## Abstract

There are lot's of seashore embankment in Japan. But recently, number of related reports of embankment destruction is increasing. Accordingly, the authors investigated the actual conditions of seashore embankment destruction in Yamaguchi district.

And we found an embankment destruction at AJISU. With in the limits of this investigation, it became clear that suction phenomenon nas the direct cause of embankment destruction at AJISU.

## 1. ま え が き

海に囲まれている日本において古くから海岸を波浪から防護することは大変重要な課題とされ、多くの堤防が構築されている。また一方国土の拡張として干潟が良く発達し、干潮位の低い地域においては数多くの干拓がなされてきた。これら護岸堤防、干拓堤防において、種々の災害の発生が問題となっている。著者はこれら災害の一つである吸い出し Suction Phenomenon をとりあげ考察を進めている。特に昭和45年に被災した高知県桂浜の堤防被災を示し、吸い出し

現象に説明を加えた。また一方山口県吉敷郡にある阿知須干拓地の堤防の被災を観察し、室内実験と併せて考察を進めた。

## 2. 堤防の被災例

### 2・1 高知県桂浜の被災例<sup>1) 3)</sup>

Fig. 1, 2は桂浜堤防の被災ヶ所と堤防断面図を示すものである。太平洋に面しているため内海に比してかなり大きい波を受けていると言える。

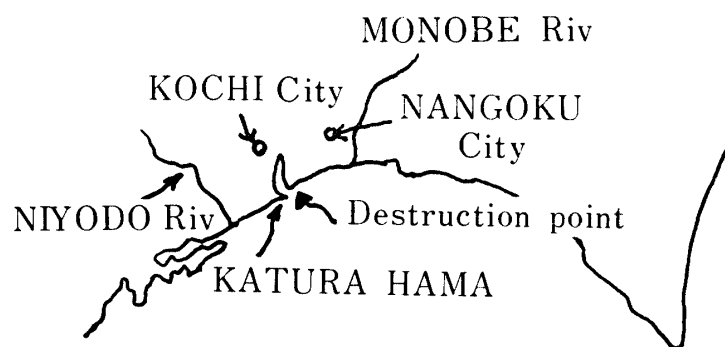


Fig. 1 A rough map of KATURA HAMA

\* 土木工学科

\*\* 防府市役所土木課

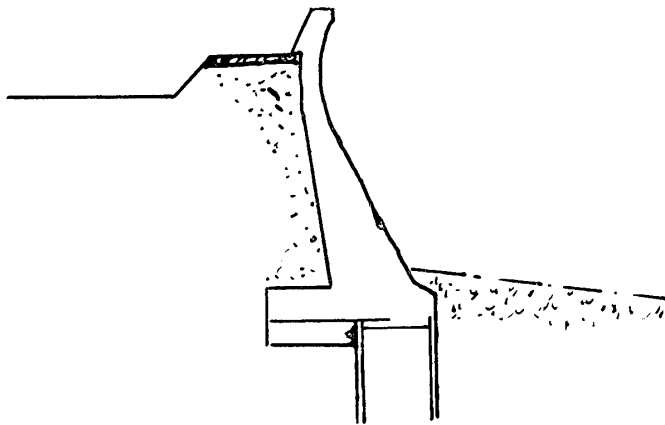


Fig. 2 Embankment section of KATURA HAMA

Photo 1 ~ 3 は桂浜堤防の被災を示すもので、昭和46年9月3日の台風23号により破壊したものである。



Photo 1



Photo 2



Photo 3

Photo 1 は築堤線を示したもので亀裂が入り、堤防線が沖側にずれ込んでいる。Photo 2 は被災ヶ所を陸側から見たもので基礎部をとうして盛土が洗い出されたために天端のアスファルトが陥沈し、法面保護工がたおれこんでいることを示している。Photo 3 は前浜の状態を示すものである。前浜の砂が運び去られ、堤脚部が洗い出されている。これらは波形勾配の大きい波の来襲により、前浜が暴風海浜となり、砂の移動に不均衡を生じ堤脚が洗い出され、波のエネルギーが堤体裏込部に侵入し、盛土が吸い出しを受け、このような被災になったものと推定できる。

### 2・2 阿知須干拓の被災例

Fig. 3 は阿知須干拓地の位置を示したものである。瀬戸内海に面した干拓地である。

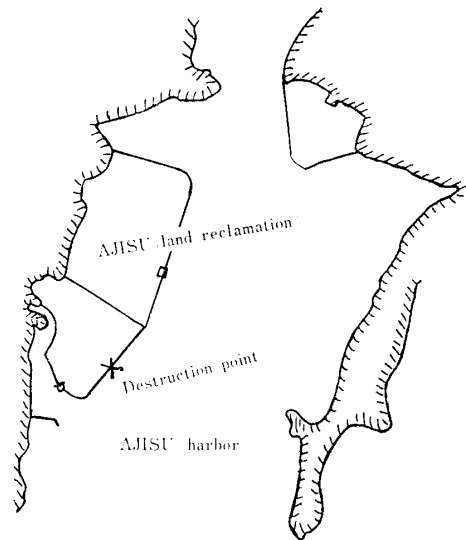


Fig. 3 A rough map of AJISU land reclamation

Photo. 4 は堤防線を示したものであり、天端上に見られる砂利は、過去に生じた陥沈に対する応急処置をしたものである。Photo. 5 はその応急処置をした砂利がさらに陥沈したことを示すものである。

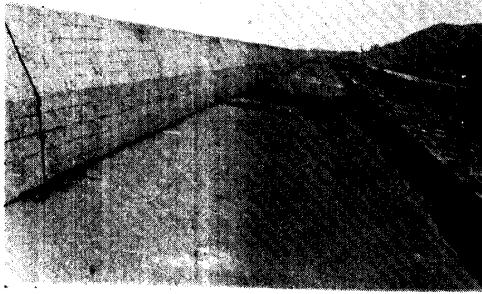


Photo 4

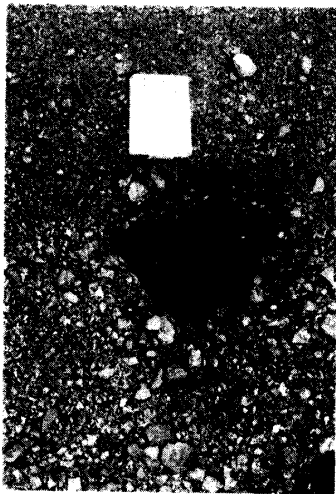


Photo 5

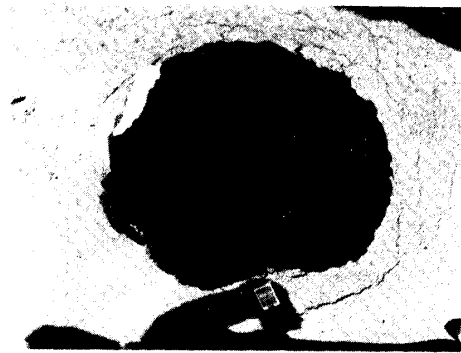


Photo 6



Photo 7 Subsidence state of AJISU embankment

Photo 6は新に生じた陥沈を示したもので、大きさは長径1.8m, 短径1.2m, 深さ1.2~2.0mであった。Photo 7は陥沈の中の状態を示したもので、大人が2~3人入れる程の大きさの陥沈である。陥沈の見られる地帯の前浜は桂浜と同じようにかなり砂が運び去られている。陥沈の生じている一帯の堤脚部にはすきまがいたる所で見られる。また根固工が施行時より洗下している。

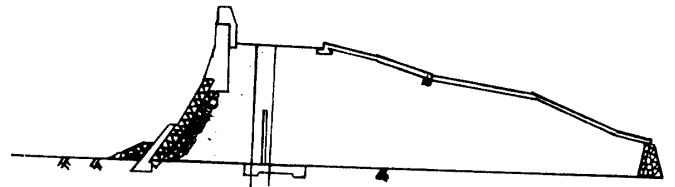


Fig. 4 Embankment section of AJISU land reclamation (Sinking point)

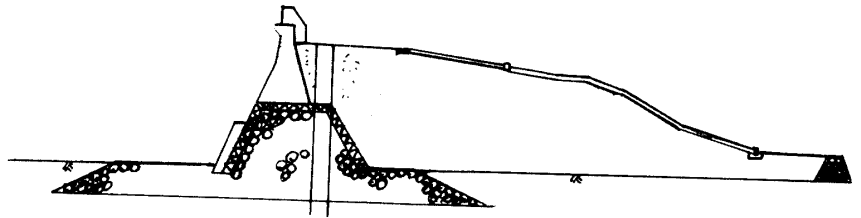


Fig. 5 Embankment section of AJISU land reclamation (No sinking point)

Fig. 4は陥沈が見られる地帯の堤防の標準断面図であり、Fig. 5は陥沈が全く見られない地帯の堤防の標準断面である。これらを対比して見ると根固工、及び盛土内の構造、法面の長さには差異が認められる。

### 3. 離岸流と吸い出し現象<sup>2)</sup>

Fig. 6は天然海浜に堤防を新設した時の模式図である。(a)では波は前浜に遡上し、一部は砂浜に浸透し、一部は離岸流となる。(b)では波は堤防にうちあがり、落下する時、大きな離岸流となって堤脚部の土砂を沖側に運び去り洗掘が起る。このことはひとつには(a),

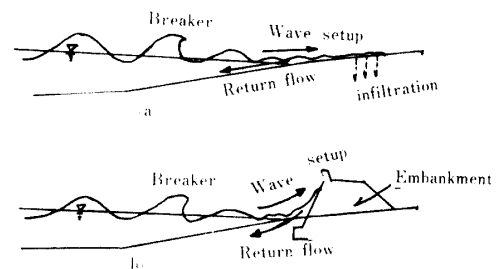


Fig. 6 Definition sketch

(b)とで離岸流の大きさが異なることによるものと言えよう。

天然海岸においても汀線が侵食されて後退したり、逆に堆積して前進したり、常に変動をしている。この前進後退にバランスがなくなると侵食海岸になる。これの大きな要因としては底質の粒径、波形勾配があげられよう。石原の研究によると $0.025 < H/L$ では堆積型、 $0.03 < H/L$ では侵食型の波になるとされている。Fig. 7は離岸流、向岸流と波形勾配  $H/L$  との関係を示したものである。

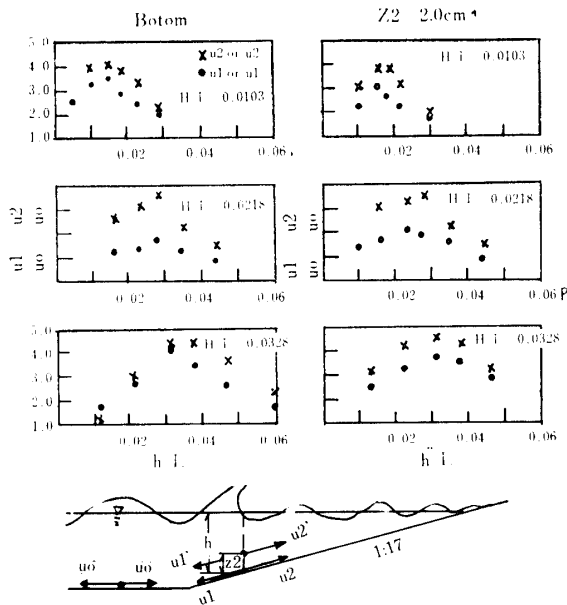


Fig. 7 Relationship between  $u_1/u_0$ ,  $u_2/u_0$  and  $H/L$

Fig. 7より砕波点から沖側にいくにつれて向岸流と離岸流の差は小さくなり、また砕波点より陸側においては、波形勾配の小さな波では向岸流 > 離岸流となる。波形勾配が小さい波においては上層と下層での水粒子速度はあまり変化せず向岸流、離岸流とも大きな差はない。

一方波形勾配の大きい波は大きい離岸流を生じ砂を沖側に移送すると考えられる。Fig. 8は吸い出し現象

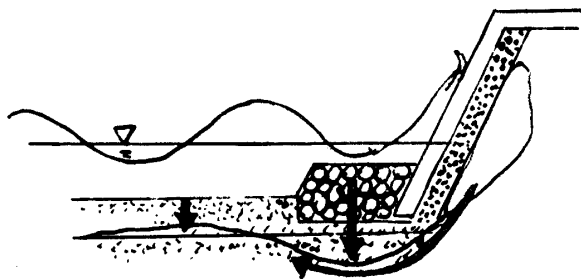


Fig. 8 Definition sketch of suction phenomenon

を模式的に示したものである。

堤防設置後前浜は波形勾配の大きい波(台風時の波)により侵食、洗掘され、堤脚部が洗い出され、基礎部のすきまから盛土が吸い出され、空洞を生じる。序々に波が小さくなると堆積型の波となり、前浜の洗掘は埋めもどされてくる。このことをくりかえして空洞が発達し、天端に陥没を生じてくるものと推察できる。この吸い出しを防止するには洗掘が起らないようにするのはもちろんであるが、万一の場合を考えて基礎部に設ける根固工等に工夫をする必要があると思える。

4. 実験室での吸い出し現象の観察

前述の事より、阿知須干拓堤防の天端に見られた数ヶの陥没は吸い出しによるものであろうと推察した。すなわち、天然海岸に堤防を設置したことにより、前浜の砂が沖に持ち去られ、堤脚部の捨石が沈下し、堤脚と海底との間にすきまを生じたものと思える。台風時など波形勾配の大きな波により、このすきまをとうして盛土が吸い出しを受け裏込部に空洞を生じ、それが発達して陥没にいたったと考えられる。そこで高知県桂浜の被災例を併せて考えて Fig. 9に示す単純なモデルを考え、室内実験により吸い出し現象の観察を行った。今回は波形勾配の変化と現象の関係に主点を置き現象の定性的な観察を行った。

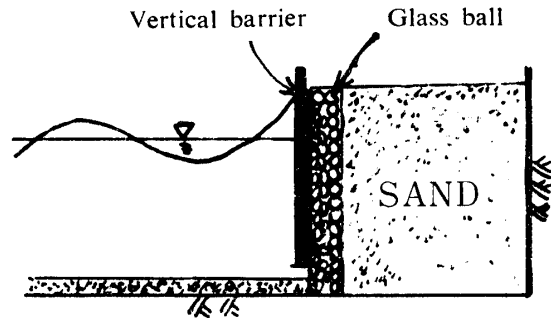


Fig. 9 Definition sketch of Model

1) 実験 No. 1 (実験条件)

- 前面水深  $h$  25cm, すきま  $d$  5 cm,
- 相対水深 0.15, 波形勾配 0.024
- ガラス球直径 2.3cm 砂の直径 0.02cm

Model experiment of suction phenomenon (Experiment No. 1)

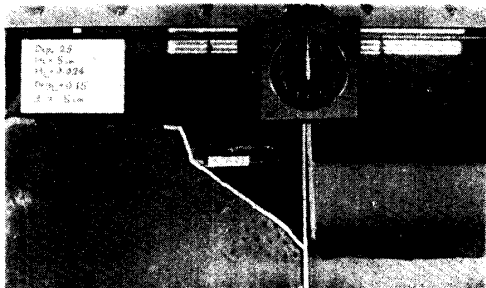


Photo 8

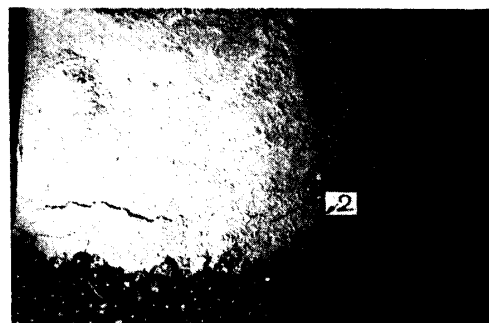


Photo 12



Photo 9

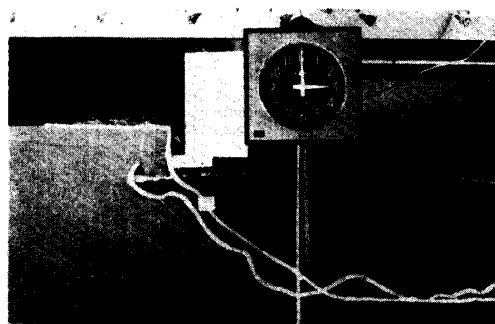


Photo 13

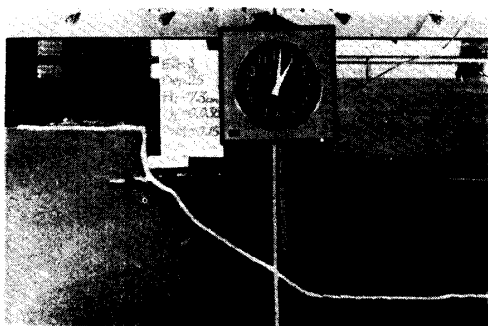


Photo 10

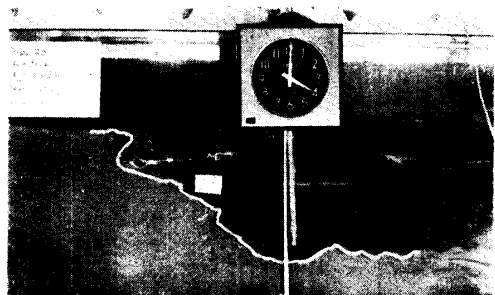


Photo 14

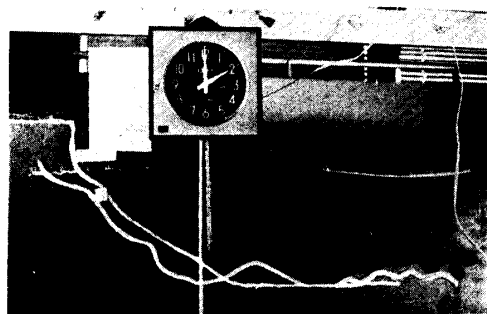


Photo 11

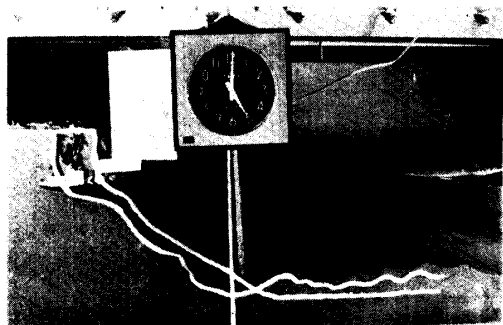


Photo 15

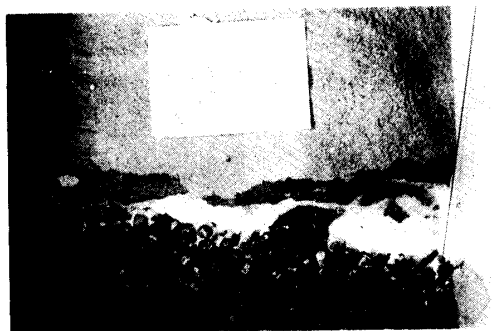


Photo 16

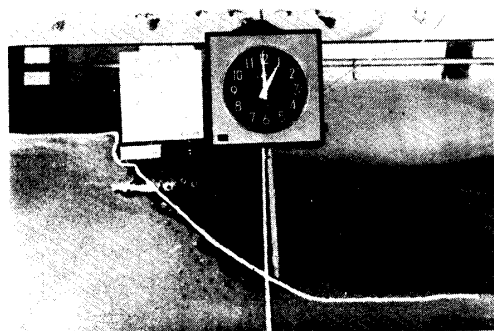


Photo 18

Photo 8, 9は実験開始前の堤防の状態を側面及び天端から見たものである。Photo 10, 11は実験開始後1, 2時間の状態を示すもので、すでに盛土は大きく吸い出しを受け前浜に高さ10cmの山を形成した、また前浜に砂漣が発生し、山は徐々に削られ、砂が沖側に移動していく傾向を示している。また天端においてはガラス球が落ち込み、Photo 12に示すようにひび割れを発生した。

Photo 13, 14, 15は各々実験開始後3, 4, 5時間の状態を示したもので、前面に形成された山が徐々に削られて沖側に砂が持ち去られたことを良く示している。一方盛土の吸い出しも続いておりPhoto 10に示すように天端においてはガラス球、砂の陥没がはっきりあらわれてきた。

2) 実験 No. 2 (実験条件)

- 前面水深25cm, すきま 5 cm,
- 相対水深0.255, 波形勾配0.036
- ガラス球直径2.3cm 砂の直径0.02cm

Model experiment of suction phenomenon  
(Experiment No. 2)

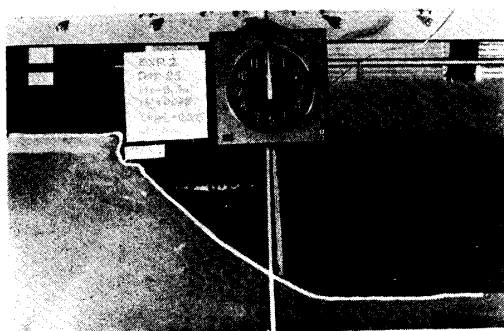


Photo 17

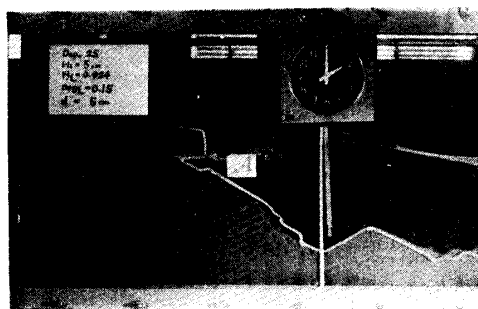


Photo 19



Photo 20

Photo 17は実験開始前の状態を示すものである。Photo 18は実験開始1時間後の状態で、前浜に砂山が形成され、砂漣が発生している。Photo 19は2時間後の状態で、砂は沖側に移動する傾向を示すが顕著ではない。Photo 20は前浜の状態を示したもので、現象が局所的でなく前浜全域で起っていることを表している。

3) 実験 No. 3 (実験条件)

- 前面水深25cm, すきま 5 cm,
- 相対水深0.15 波形勾配0.036
- ガラス球直径2.3cm, 砂の直径0.02cm

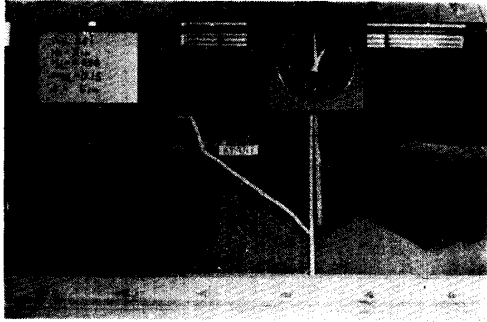
Model experiment of suction phenomenon  
(Experiment No. 3)

Photo 21

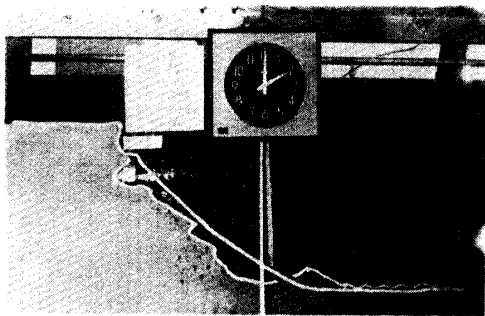


Photo 22

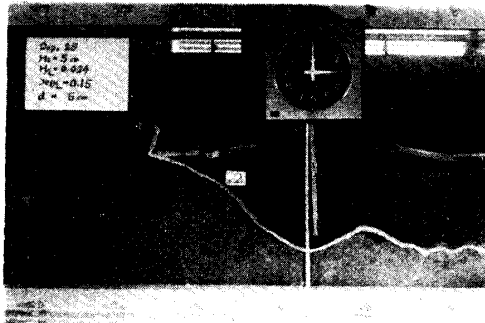


Photo 23

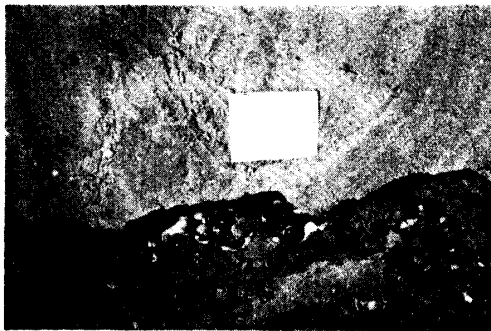


Photo 24

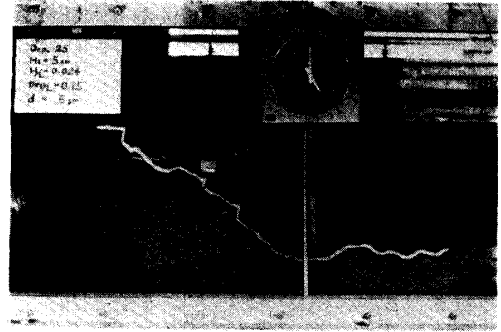


Photo 25



Photo 26

実験開始前の状態は実験 No. 1, No. 2 と同様である。

Photo 21, 22, 23 はそれぞれ実験開始後 1, 2, 3 時間の状態を示すもので、前浜に大小 2 ヶの砂山が形成され、特に堤体内への波の伝達が大きく、堤内静水面と盛土の交点にあたるヶ所で盛土の侵食が激しく、侵食された盛土は斜面上をすべり落ち、堤脚部のすきまから吸い出されていく傾向を示した。前浜においては砂漣の発達が大きく見られ、砂は沖側に運び去られる傾向を示した。天端では Photo 26 に示すような陥沈が生じた。Photo 25 は開始後 5 時間の状態を示すもので、吸い出された盛土は沖側に持ち去られ、前浜がスタート時より、5 cm 近く盛り上がってきた。堤体内水面と盛土との交点では侵食が進み、天端の陥沈は進行し、亀裂を生じ Photo 24 に示すようにくずれおちた。

## 5. 考 察

Fig. 2, 3 に示した桂浜、及び阿知須の堤防標準断面図と、被災の実例とから Fig. 9 に示した模型を用い実験を行った。これらについて考察をする。

波形勾配が大きくなると、吸い出しが大きくなる傾向を示した。これは波形勾配が大きくなると波自体の運動が大きくなり、堤脚部でもどり流れが大きくなり、

吸い出しの力が大きくなるためと思える。しかし実験 No. 2 においては実験 No. 1 と比して波形勾配が大きいにもかかわらず、現象は比較的ゆるやかであった。これは実験 No. 1 の相対水深が 0.15 であるのに対し実験 No. 2 のそれは 0.255 であることによると思える。すなわち相対水深が大きいと、すきまをとうして堤体内に伝わる波の運動が小さくなるという波の理論からも言えることである<sup>4)</sup>。相対水深も重要な要素と言える。一方堤体内の砂の動きはすきまの直下と、堤体内水面と盛土の交る点の近傍で大きく、静水面下に行くに従い小さくなる。吸い出される状態は、まず堤体内部の静水面近くの盛土が侵食され、それが盛土斜面上を滑り落ちすきま近くの速い流れによって前浜に運び去られる。その砂が前浜に山を形成し、それがくずされて沖側に運び去られる。このような経路をとった。

阿知須干拓、桂浜の堤防においては堤防設置後、前浜の砂の運動がアンバランスとなり前浜が侵食され、底下することにより、堤脚部捨石の沈下がおこり、それにつづいて堤脚部にすきまを生じ、台風時などの波形勾配の大きい波の来襲により、盛土が吸い出しを受けたものと考えられる。そして空洞を生じ、数回の台風の来襲により、空洞が発達し、陥没、ひいては破堤につながったものと推察できる。今回は堤脚部のすきまをとうして波の運動により、盛土が吸い出されたとしたが、この外の原因としては内外水位差による浸透

流による場合も考えられよう。

## 6. 結 論

阿知須干拓地の調査、高知県桂浜での実例にもとづき吸い出し被災について考察を行った。

- 1) 阿知須干拓地に見られる天端の陥没は吸い出しによるものであろう。
- 2) 吸い出し現象は暴風海浜において生起しやすい。波形勾配、相対水深が重要な要素となる。
- 3) 室内実験による現象と実際との間に類似した点が見られることより、数多くの実験を行うことにより吸い出しのメカニズムを把握できる。

この研究にあたって貴重な資料、文献を載いた徳島大学工学部三井宏博士に深く感謝するとともに、この研究が昭和48年度文部省科学研究費奨励(A)により行われたことを付記する。

## 参 考 文 献

- 1) 三井 宏 第27回年次学術講演集 (1972) p. 41
- 2) 豊島 修 現場のための海岸工学 森北出版 (1969) p. 239—29
- 3) 三井 宏 文部省科研特別研究年報 (災害科学) 昭和46年, p. 87—92
- 4) 金山和雄 第21回海岸工学講演会論文集, 昭和49年

(昭和49年10月15日受理)