

底棲生物の環境改善を目的とした洗掘促進工の平面的な配置法

Topographic change around vertical fences with various plane arrangement

小野正順*・出口一郎*・榎木 亨*

Masanobu.Ono,Ichiro.Deguchi,Toru.Sawaragi

Characteristic of topographic change around a single fence caused by currents is investigated through movable bed experiments. The maximum depth of local scouring under the fence is determined by Shields' number and the width of the local scouring is 4 to 7 times larger than the maximum scouring depth.

This types of fence has been constructed in the field with various plane arrangement. Based on the results obtained by from the single fence experiment, topographic changes around various plane arrangement of fences such as +shape are also examined. The depth and width of the maximum scouring hole is found to be almost the same as those of the single fence.

Keywords : Vertical grid fences , Local scouring , Plane arrangement

1. はじめに

洗掘促進工は、腐泥で覆われた海浜や干潟の海底に構造物を設置することにより、その周辺で局所洗掘を発生させミオ筋を形成させると同時に、下流側には腐泥が除去された底質砂による堆砂領域を形成させる底質改善工法の1つである。また、局所洗掘と堆砂により海底地形に凹凸を形成させ、貝類や稚魚にとって好環境であるバー・トラフ地形を人工的に形成させる海底地形改善工法でもある。このような水産生物に対する環境改善工法は、単一の構造物によって局所的に行ってもあまり意味はなく、ある程度広い範囲を平面的に改善していく必要があることは言うまでもない。

本研究では、洗掘促進工の平面的な配置法について検討するため、現在までに設置されている実施例を紹介すると共に、それら平面的配置法の考え方について検討を行った。そして、波よりも潮流が卓越する内湾性の海岸や干潟を対象として、往復流場での平面配置された洗掘促進工による地形変化特性を実験的に明らかにするものである。

2. 単体で設置された洗掘促進工による地形変化特性

平面配置された洗掘促進工による地形変化特性を明らかにする前に、単体で設置された洗掘促進工による地形変化特性を述べておく。今回の実験は、前回報告¹⁾した往復流が洗掘促進工に直角に作用する場合の他に、洗掘促進工を平面的に配置した場合、往復流が洗掘促進工に斜めに作用する部分も存在するため、今回は往復流に対して斜めに配置した場合の実験も行った。

2.1 実験の概要

往復流場での実験は、長さ6.5m、幅0.6m、高さ0.45mの2次元開水路を用いた。実験縮尺は1/10であり、透過フェンスは高さ5.7cmで、直径1.2mmの鋼棒により空隙率 $\lambda=51\%$ で格子に組まれており、不透過フェンスは透過フェンスと同じ外郭寸法のアクリル板で作られている。フェンスは、直径1cmの鋼棒の杭により6.6cm間隔で支持されている。フェンスの設置状況を図-1に示す。往復流は潮流を想定し、1時間毎に流向を変化させて作用させた。地形変化の測定は、順流と逆流を作用させた後、ほぼ洗掘形状が定常状態に達したと判断し、抵抗式砂面計を用いて測定した。

往復流が洗掘促進工に直角に作用する場合の実験は、底質砂の中央粒径 D が0.012cm,0.056cm（それぞれ沈降速度1.16,6.67cm/s,限界摩擦速度 $U^*c=1.35,1.77$ cm/s,限界シールズ数 $Sc=0.095,0.035$ ）の2種類について行った。設置する際にフェンス下端と海底とのクリアランス c は0,0.8,1.6cmの3種類に変化させた。水深は30,20,15,10cmの4種類に変化させ、作用させた流速は22,33,43cm/secの3種類でシールズ数は0.02~0.22の範囲にある。

往復流が洗掘促進工に斜めに作用する場合の実験は、全て透過フェンスで行い、底質砂の中央粒径 D が0.012cm、フェンス下端と海底とのクリアランス c は0cm、水深は20cm、断面平均流速は33,43cm/sec、流速の入射角度は $\theta=0$ （直角入射）、 $30,45,60^\circ$ の場合について行った。その他の実験条件は

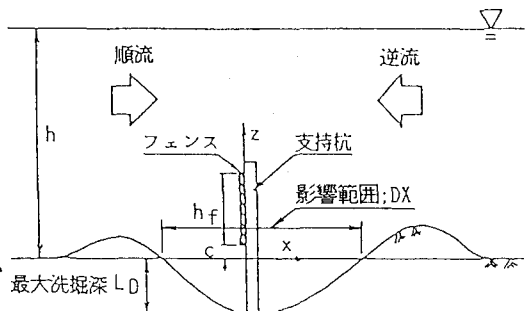


図-1 単体配置の場合のフェンス設置状況

* 正会員 大阪大学工学部土木工学科（〒565 吹田市 山田丘 2-1）

直角入射の場合と同様の条件で行った。着目する地形変化の形状パラメータは、図-1に示すように最大洗掘深 L_D と洗掘部分の水平距離である影響範囲 DX の2つである。

2.2 地形変化特性

a) 洗掘促進工に往復流が直角に作用する場合

洗掘促進工に往復流が直角に作用する場合、最終形状の最大洗掘深は底質粒径で無次元化を行うと、シールズ数のみの関数として示される。その結果は図-2に示す通りであり、黒塗が不透過フェンス白抜が透過フェンスの実験結果を示している。不透過フェンスの場合の最大洗掘深は、シールズ数と比例関係を示す。そして、透過フェンスの場合の最大洗掘深は、シールズ数が0.15以上の範囲で上限となる傾向を示す。また、図-3は、洗掘促進工の影響範囲を示す。洗掘促進工の影響範囲は、多少ばらつきが大きい最大洗掘深の4～7倍程度となる。この2つの図より往復流場における洗掘促進工による洗掘形状がほぼ予測できる。

b) 洗掘促進工に往復流が斜めに作用する場合

図-2には、洗掘促進工に往復流が斜めに作用した場合に形成される洗掘形状の最大洗掘深も示している。図よりフェンスと流向の角度が増加するほど最大洗掘深は小さくなる。フェンスを直角に横切る流量がフェンスの角度が増加するほど小さくなるためである。し

かしながら、入射角の増加に伴う最大洗掘深の減少量はあまり大きくない。また図-3は、同様に斜め入射の場合の洗掘形状の影響範囲も示している。フェンスへの流れの入射角が増加しても洗掘孔の勾配はあまり影響を受けず、洗掘影響範囲は直角入射の場合の同じく最大洗掘深の4～7倍程度となる。

3. 現地で設置されている洗掘促進工の平面的な配置法

従来までに施工されてきた洗掘促進工は、現場に応じた目的から平面的に配置されることが多い。ここでは、洗掘促進工の平面的な配置法を考えるに当たり、現在までに設置されている実例を示し、それら平面的配置法の考え方と地形変化特性について示す。現在までに設置されている平面的な配置方法は、主に複列配置、「+」・「口」型配置、「ハ」の字配置の3種類に分けられる。

3.1 平面的に広い範囲の海底環境を改善する配置法（複列配置）

この配置法は、洗掘促進工を一定間隔で複数列配置することにより、平面的に海底環境を改善する方法である。この配置法の長所は、同じ数のフェンスを用いて最も広範囲にわたって海底地形を変化させることができる配置法である。また短所としては、外力がフェンスに対して斜めに作用する程、地形改善効果が小さくなり、極端な場合フェンスの配列方向に往復流が作用するときにはほとんど効果が無くなる。従って、できるだけ外力に対して直角に配列する必要があるため、外力の作用方向がある程度予測されているか、その作用方向が季節によってあまり変動しない場所での改善に適している。この配置法で施工されている実施例はほとんどなく、単体配置による実施例は前回報告¹⁾した通りである。

3.2 多方向外力に対応できるような平面的な配置法（「+」、「口」型配置）

この配置法は、平面的に点対称な1ユニットの配置法（例えば「+」、「口」型配置）を考え、多方向外力に対して常にフェンス設置周辺の海底環境を改善する方法である。従来魚礁に用いられてきた十字礁やヒラメ礁に類似した平面形状であり、その実施例は多い。例えば「+」型配置は、愛知県²⁾、大分県³⁾で設置されている。設置の目的は、ハマグリ⁴⁾の増・養殖場あるいはヒラメ稚魚の餌場造成であり、いずれも海底地形

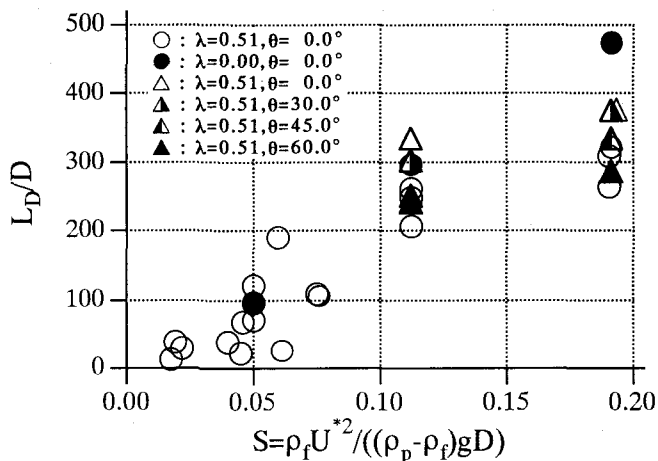


図-2 単体配置による最大洗掘深

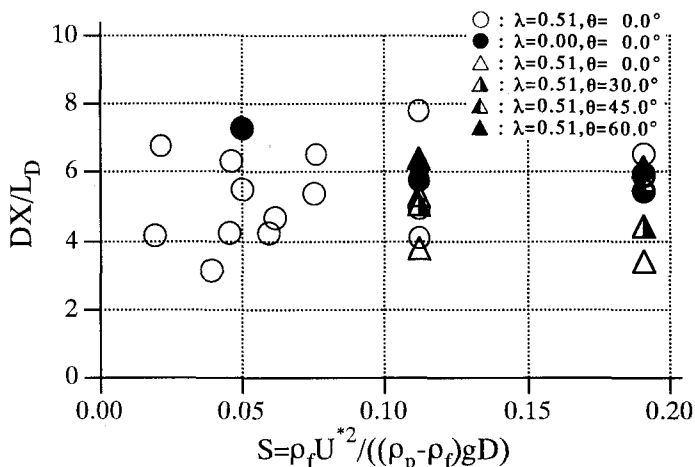


図-3 単体配置による影響範囲

3.3 平面的に配置することで複合的な効果考える（「ハ」の字型配置）

長良川・木曽川河口
河川流の流向
↓ ↓ ↓
洗掘促進工

(単位：m)

4. 平面的に配置された洗掘促進工による地形変化特性

対象とする流体場は往復流場であり、単体配置の場合に用いた同様の往復流水槽を用いた。底質砂の中央粒径 D が 0.012cm 、フェンス下端と海底とのクリアランス c は 0cm 、水深は 20cm 、作用させた流速は、 33.43cm/sec の2種類に変化させた。その他の実験条件は単体配置の場合と同様の条件で行った。地形変化の測定は、順流と逆流を作用させた後、ほぼ洗掘形状が定常状態に達したと判断し、抵抗式砂面計を用いて洗掘促進工周辺の地形変化を平面的に測定した。

洗掘促進工を複列配置した場合の地形変化特性は、既に報告⁷⁾されている。その報告によると複列配置による最大洗掘深は、単体配置の場合の実験結果とほぼ同程度かやや小さめの結果を示し、フェンスの間隔を最大洗掘深の6～8倍程度以上離すことでフェンス間に堆砂領域が生じ、凸凹地形を形成させることができる。この結果は、図-3で示す単体配置の影響範囲の結果とほぼ一致する（影響範囲が最大洗掘深の4～7倍程度）。

(a)「+」あるいは「×」型配置した場合に生じる一般的な地形変化

図-5は、「+」型配置の場合の平面的な地形変化の一例を示す。図より、縦に配置されたフェンスの影響を無視したため、その地形変化はほとんど単体で設置されたフェンスと同様の地形変化を示す。ただし、フェンス端部では、端部より離れるにしたがって洗掘深は小さくなり初期（周辺）水深に漸近し、端部を中心として円形の洗掘形状を示す。図-6は図-5中に示すA-A断面とD-D断面の断面図である。Bは洗掘促進工の長さで、rは洗掘促進工設置地点の中心からの距離である。問題となる端部の水深変化は、端部のやや内側までは洗掘深が変わらずほぼ一定であり、それから1:1.75程度の勾配で一定水深に漸近する。この斜面勾配

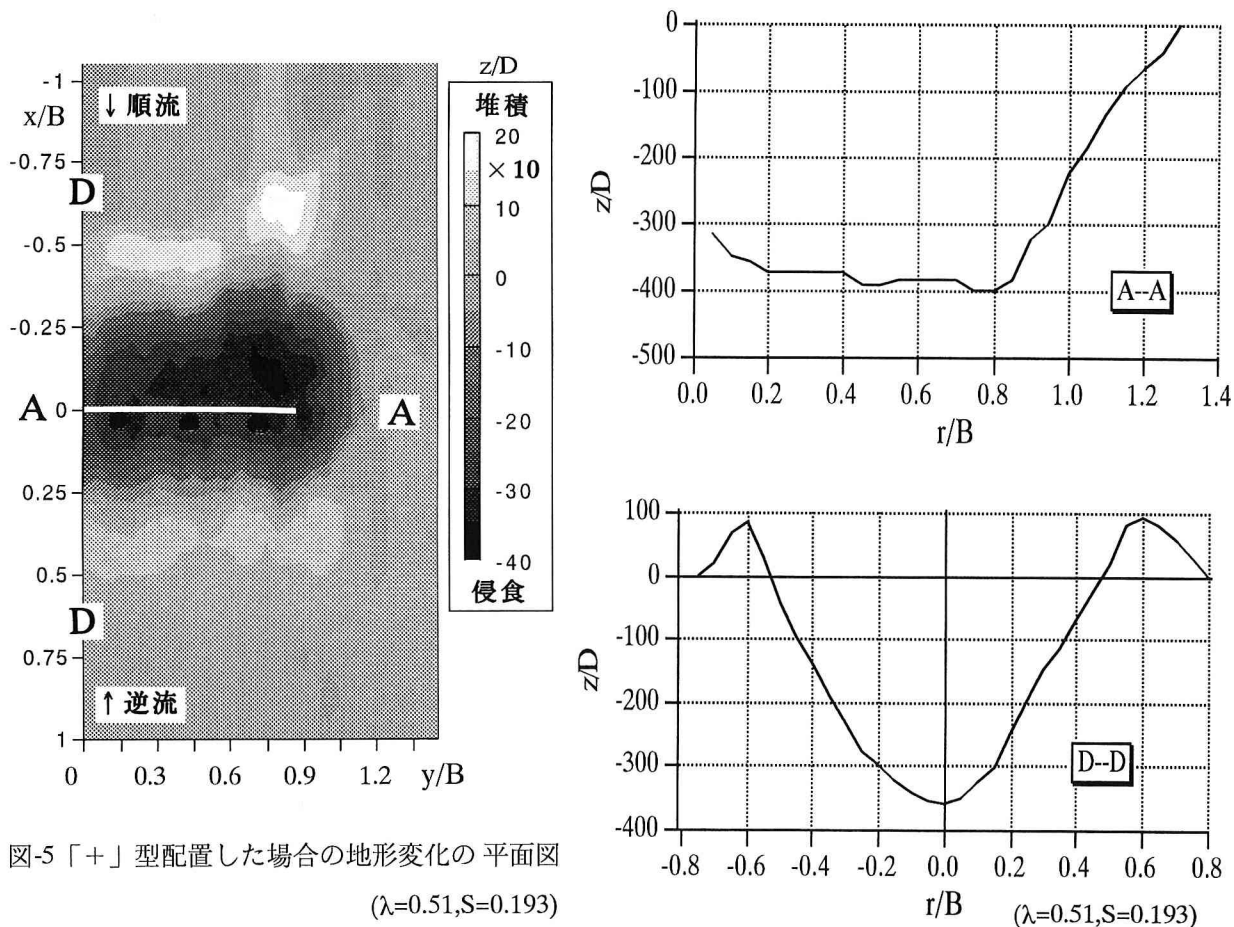


図-5「+」型配置した場合の地形変化の平面図
($\lambda=0.51, S=0.193$)

図-6「+」型配置した場合の地形変化の断面図

は、D-D断面のような流れ方向の斜面勾配 (1:2~3.5) と比較すると急勾配となっている。これは流れの影響が小さいため、静的な安息角程度の急勾配になっていると考えられる。

(ii)「×」型配置された洗掘促進工周辺で形成される地形

図-7は、「×」型配置の場合の平面的な地形変化の一例を示している。最終的に形成される平面地形は図に示すようにそれぞれの両フェンス下側で洗掘を生じ、フェンスとフェンスとの間に堆積領域が形成される。図は透過フェンスによる実験結果を示しているが、不透過フェンスを用いた場合フェンスによる底質砂の巻き上げが激しく、フェンス間で明確な碓砂領域は確認できなかった。図-8,9は、それぞれ透過と不透過のフェンスによる地形変化の断面図を示す。A-A,B-B,C-C断面は、平面図の図-7中に示している。透過フェンスの場合、A-A断面において顕著な堆積領域が現れる。また、洗掘促進工に沿ったB-B断面とC-C断面に着目すると、透過フェンスの場合では支持杭まわりの洗掘が卓越しており、フェンスによる洗掘があまり大きくないのに対して、不透過フェンスの場合は設置位置の中心で最大の洗掘深となっている。これは、フェンスが不透過で斜めになっていることによる平面的な縮流効果によってフェンス端部よりも×型配置の中心部分の方が洗掘深が大きくなっていると考えられる。

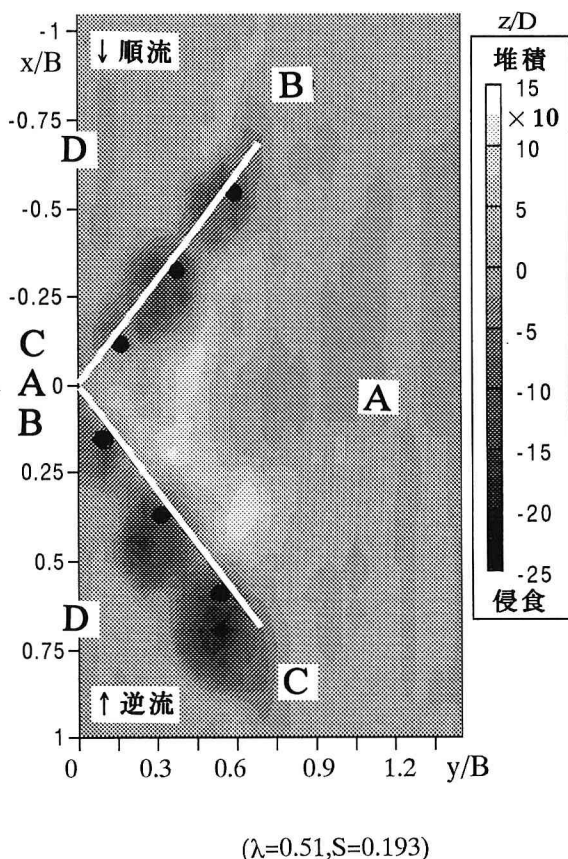
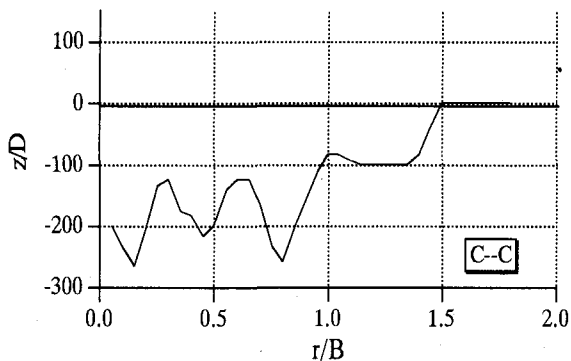
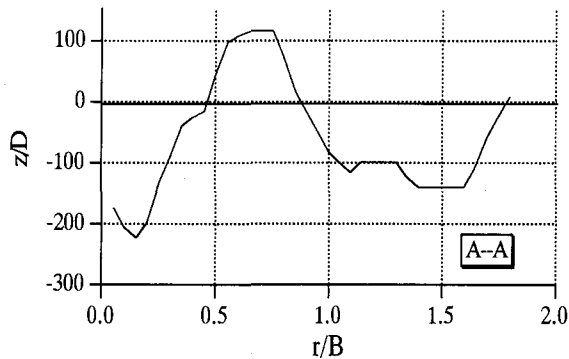
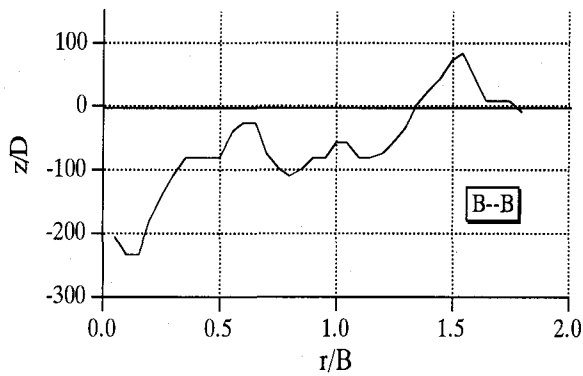
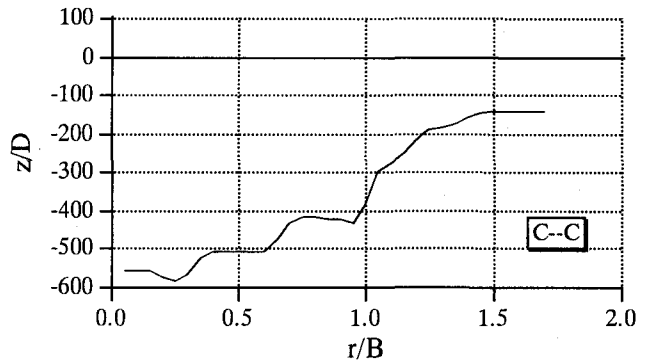
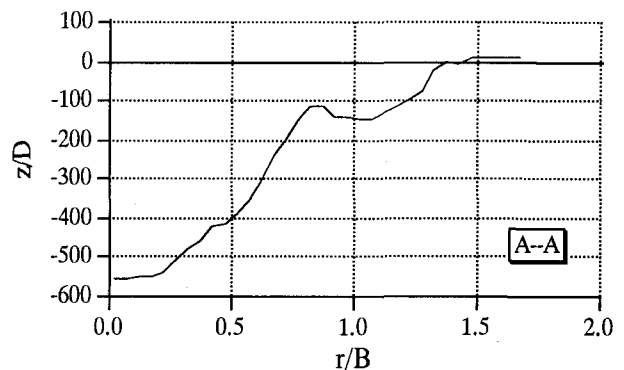
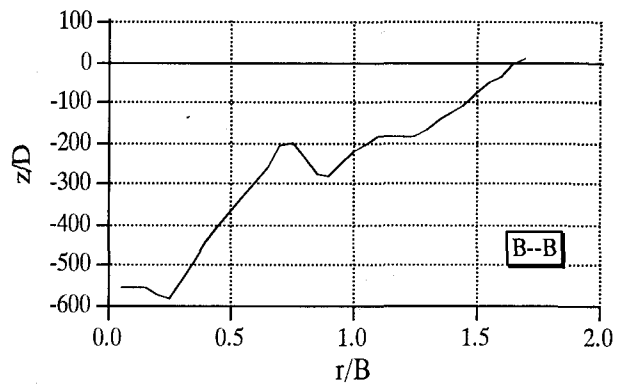


図-7「×」型配置した場合の地形変化の平面図
($\lambda=0.51, S=0.193$)



$\lambda=0.51, S=0.193$



$\lambda=0, S=0.193$

図-8「×」型配置した場合の地形変化の断面図
(b)「+・×」型配置した場合の最大洗掘深

「+」あるいは「×」型配置した時、顕著に洗掘が生じているのは、各フェンスの下側であり、最大洗掘深が生じる位置は、配置したときの中心である。従って最大洗掘深は、D-D断面に対する最大洗掘深について単体配置の場合と比較したものが図-10である。

「+」型配置の場合について着目してみると単体設置の場合の実験結果とほぼ同程度あるいは透過フェンスについては多少小さめの傾向を示し、「×」型配置の場合についても、不透過フェンスの場合は、単体設置の実験結果とほぼ同程度であるが、透過フェンスの場合は単体設置の場合の半分程度の洗掘深しか生じていないことがわかる。これは、往復流を洗掘促進工に斜めに作用させた

図-9「×」型配置した場合の地形変化の断面図

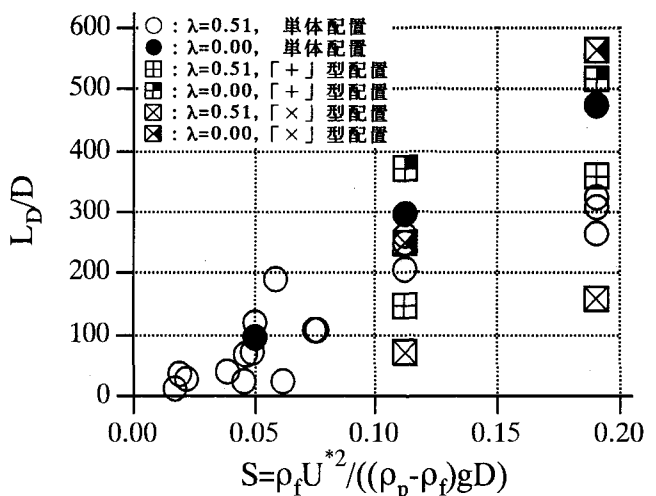


図-10「+・×」型配置した場合の最大洗掘深

場合よりも最大洗掘深が小さく、なぜ洗掘が発達しないのかはわからない。不透過フェンスについては、「×」型配置の場合洗掘促進工の流れに対して斜めに配置するため平面的な縮流効果により、設置領域の中央部分では大きな最大洗掘深を生じる。現地観測例でも示した洗掘促進工の設置位置を中心とする円形の洗掘形状は、多方向にかなり大きな外力を受けるか、洗掘促進工に付着生物が付着不透過な条件になり大きな洗掘を生じる場合に発生するものと考えられる。

(c)「+・×」型配置した場合と単体設置の場合との洗掘形状の比較

図-11は、「+・×」型配置したときの洗掘形状について、D-D断面における洗掘勾配（DX/LD）を単体設置の場合の実験結果と比較した図である。図よりほとんどのケースで「+・×」型配置しても単体設置の場合と同様の洗掘孔の勾配になっていることがわかる。

4.4 洗掘促進工の平面的な配置法

以上、洗掘促進工を平面的に配置した場合の地形変化特性について述べたが、最も少ない洗掘促進工で最も多くの砂を動かすことができる平面的な配置法は複列配置法であり、アサリなどの貝類が好む斜面地形を効率よく形成させることができる配置法であると考えられる。また、洗掘促進工の配置間隔が最大洗掘深の6～8倍とかなり大きくとれることから、大規模な増・養殖場造成に有効であると考えられる。一方、「+・×」型配置は外力がどの方向から作用してもある程度の平面的な地形変化が生じ、複列配置とは異なり単調な2次元的な起伏地形ではなく、配置法により複雑で平面的な起伏地形が形成できる。両者の配置法で最も異なるのは平面的な最終地形で、形成される平面地形が対象とする水産生物にとって好環境になり得るかどうかによって配置法が決定されることが望ましい。

5. 結語

a)複列配置した洗掘促進工による最終断面形状の最大洗掘深は、単体で設置された洗掘促進工による最終断面形状の最大洗掘深とほぼ同程度である。前後の洗掘促進工の間隔は、最終洗掘形状における最大洗掘深の6倍程度以上離すことで、フェンス間で堆砂領域が形成できる。

b)洗掘促進工を「+・×」型配置した場合、顕著な洗掘が生じる場所は、フェンスの下側のみであり、フェンス端部では特別な地形変化は生じず、流れ方向の洗掘勾配より急勾配で安息角程度（1:1.75程度）の勾配で初期水深に漸近する。

c)不透過フェンスの洗掘促進工を「+」あるいは「×」型配置した場合、最終形状の最大洗掘深、影響範囲などは単体配置の実験結果とほぼ一致する。

d)洗掘促進工を「×」型配置した場合に現地で観測された設置位置を中心とする円形の洗掘形状は、多方向外力を受けた場合あるいは、洗掘促進工に付着生物が付いて不透過な条件になったときに大きな洗掘が生じて形成されることが考えられる。

最後に本研究を行うに当たり、倉田奨励金の援助を受けたことを付記し、謝意を表します。

<参考文献>

- 1)小野正順・出口一郎・樺木 亨：浅海域の底生生物に対する環境改善を目的とした海底地形改善法,海洋開発論文集vol.9,1993,pp.379-384.
- 2)瀬古準之助ほか：ハマグリ資源増殖試験調査,平成2年度三重県水産技術センター事業報告,1991,pp.145-147.
- 3)金枝豊広ほか：ハマグリ之母貝集団形成に関する生物並びに環境特性の解明,大規模砂泥域開発調査昭和年度報告書,1988,pp.27-90.
- 4)久保 敏ほか：十字型培養礁の洗掘機構に関する研究,水産工学研究所技報,vol.12,1990,pp.23-33.
- 5)広域型増殖場造成事業調査報告書（ヒラメ）,山形県,1991.
- 6)瀬古準之助ほか：ハマグリ資源増殖試験調査,平成2年度三重県水産技術センター事業報告,1991,pp.145-147.
- 7)小野正順・出口一郎・樺木 亨：往復流場において複列配置された洗掘促進工周辺の地形変化について,第48回年次学術講演会講演概要集,1993,pp.934-935.

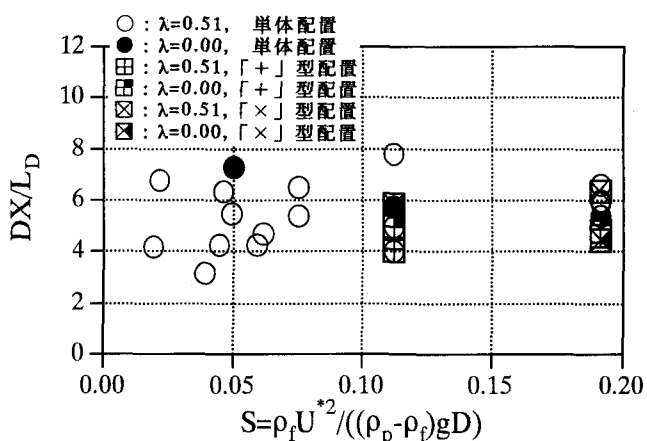


図-11 「+」・「×」型配置した場合の影響範囲