

- | | | | |
|---|-------|----|--------------------------|
| 1 | 正 会 員 | 工博 | 京都大学助教授 工学研究科都市環境工学専攻 |
| 2 | 学生会員 | 工修 | 京都大学大学院工学研究科都市環境工学専攻 |
| 3 | 正 会 員 | 工博 | 関西電力(株)電力技術研究所 シニアリサーチャー |
| 4 | 正 会 員 | | 関西電力(株)電力技術研究所 |
| 5 | 学生会員 | | 京都大学大学院修・課程都市環境工学専攻 |

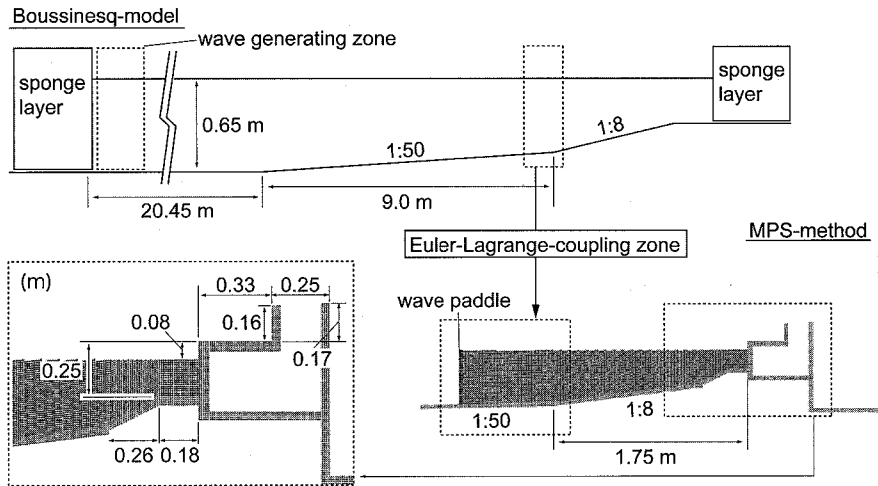


図-4 計算領域

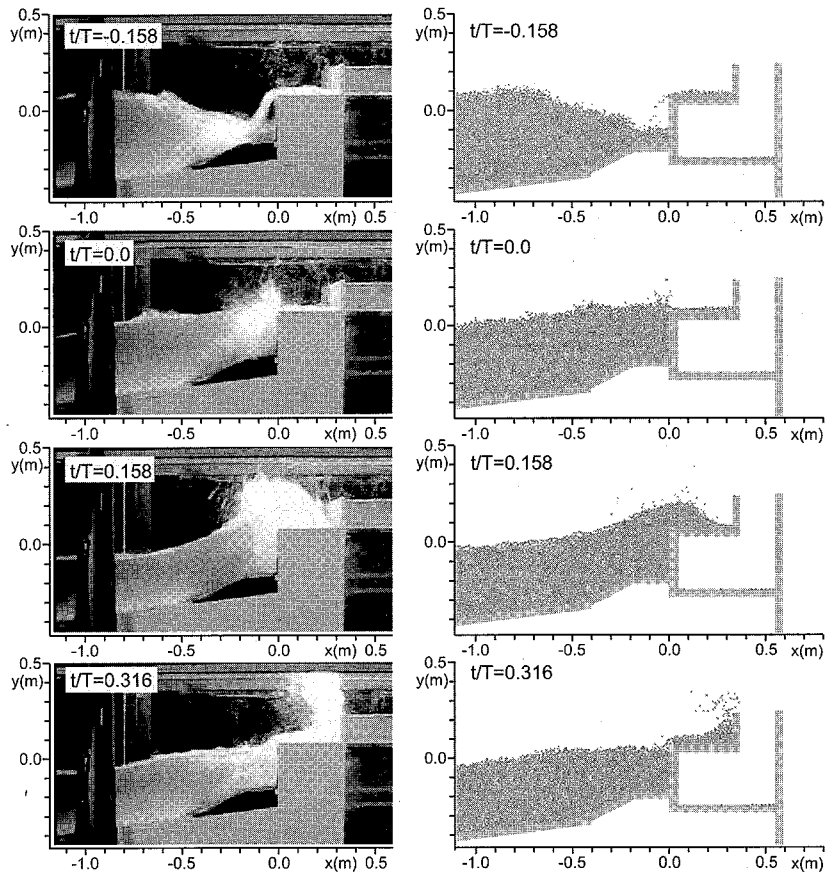


図-5 $H=18.0$ cm (左:実験, 右:計算)

ける格子幅は 0.1 m, MPS 計算に用いる粒子径は 0.01 m に設定した.

4. 低天端護岸上部の大型排水路への越波過程

(1) 沖波波高 $H=18.0$ cm の場合

図-5 に実験と計算の瞬間像を比較して示す. 時刻

$t/T = -0.158$ には、直前の来襲波による戻り流れがケーソン天端からケーソン前面に向かって落下するが、前面水深は後述のケースと比較すると深い。来襲波は、ケーソン前面に衝突し、小さく真上に飛沫を上げた後 ($t/T = 0.0$)、ケーソンに乗り上げ ($t/T = 0.158$)、排水路壁面に衝突して再び真上に飛沫を上げる ($t/T = 0.316$)。このケースでは排水路内への流入量は僅かで、ケーソン天端に乗り上げた水塊の大半が戻り流れ

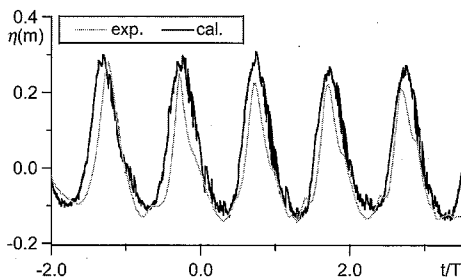


図-6 水位時系列 ($H=18.0$ cm)

となる。計算では飛沫の解像度が若干低い、実験と同様の戻り流れや越波形態が見られる。図-6に波高計 (H5-1) での水位時系列を示す。実験値と比較して、波の谷での計算値が若干高いが、概ね良好に対応している。

(2) 沖波波高 $H=27.0$ cm の場合

図-7に瞬間像を比較して示す。このケースでも、先程のケースと同様の戻り流れが見られるが、ケーソン前面水深は比較的浅く、戻り流れによる落下水脈がマウンドを直接叩く ($t/T = -0.211$)。来襲波は、ケーソンとの衝突前に生じる巻き波型碎波によって多量の気泡を巻き込む ($t/T = -0.053$, $x = -0.4 \sim 0.0$ m の白濁域)。ケーソン前面に達した来襲波の越波水脈はおおよそ斜め 45° 上方に向い ($t/T = 0.105$)、飛沫を生じつつ排水路壁面を越えて排水路内へと流入する ($t/T = 0.263$)。また、図示した画像の範囲外であるが、このケースでは越波水塊の一部は排水路を越えて背後地にまで到達する。計算においても、単相流計算のため気泡混入に関しては再現できないが、水面形や飛沫の飛散領域等、実験と同様の越波過程が再現できている。図-8に、先程のケースと

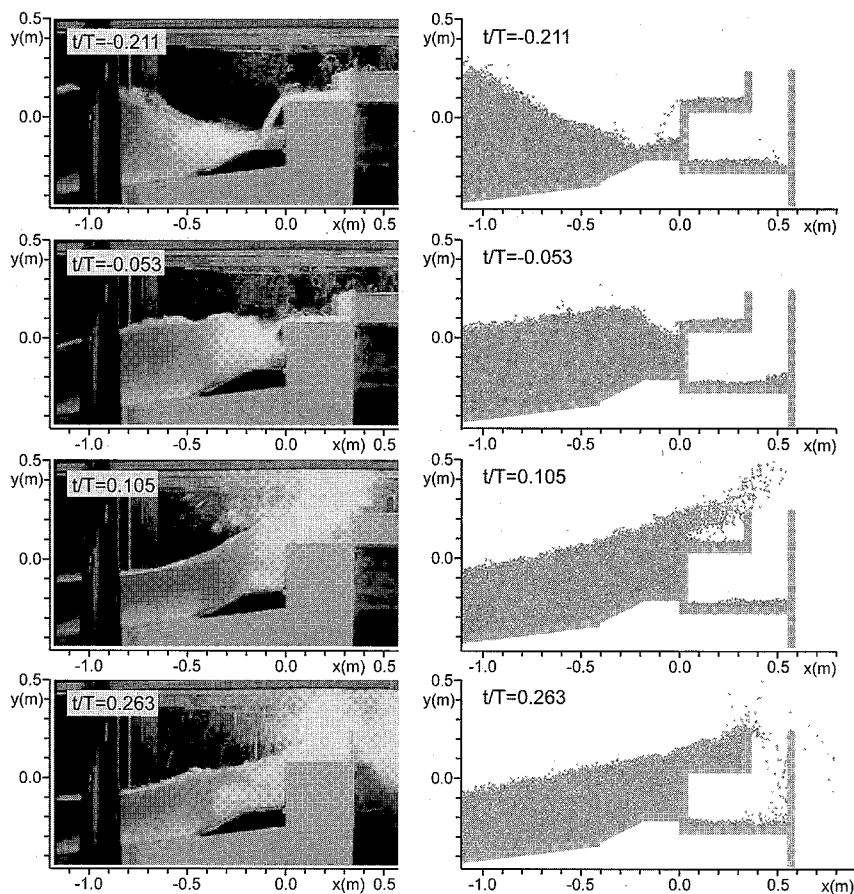


図-7 $H=27.0$ cm (左: 実験, 右: 計算)

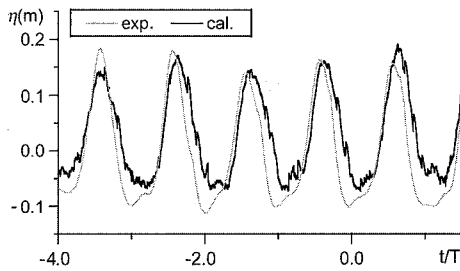
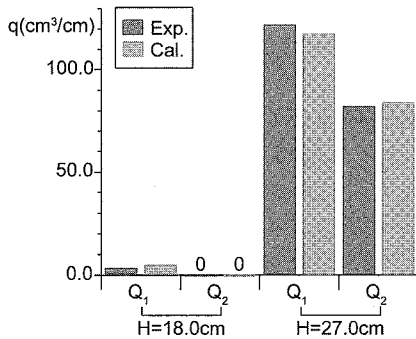
図-8 水位時系列 ($H=27.0$ cm)

図-9 越波量

同様の波高計における実験の計測値と計算の水位時系列を比較して示す。峰においては、若干計算値の方が大きいのが概ね良好に対応している。

(3) 越波量

図-9に一波あたりの越波量を示す。図中の Q_1 は越波排水路内への越波量であり、 Q_2 は越波排水路背後地への越波量を示す。 $H=18.0$ cmのケースでは、水塊は背後地まで届かず、この護岸断面が越波量低減に有効であることを示唆している。一方、 $H=27.0$ cmのケースでは、排水路への越波量が前者のケースと比較して2オーダー大きく、背後地への越波量も排水路内への量の2/3程度に達している。他の4ケースについてはここでは言及していないが、 $H=24.0$ cmのケースよりも沖波波高の小さいケースでは排水路背後地に達する水塊はほとんどなく ($H=24.0$ cmのケースで $Q_2=15.1$ cm³/cm程度)、 Q_1 についても $H=24.0$ cmを境に急増する結果となった。計算は先程の2ケースしか実施していないが、実験との対応は両ケースともに良好である。

5. おわりに

本研究では、低天端ケーソン上に大型越波排水路が設

置された比較的複雑な護岸断面を対象に水理実験を実施し、越波過程について水面形の詳細の把握および越波量の計測を行った。本研究で対象とした断面は、オフセットをかけて配置された2段の直立壁との衝突・越波が段階的に生じるので、物理過程が複雑となり、入射波高によって越波モードが異なることが確認された。比較の入射波高の小さいケースでは、ケーソン前面と主波峰が直接衝突し、越波水脈は排水路前面壁に跳ね返される。一方、入射波高が大きくなると、越波水脈の大半がケーソン前面をかすめて排水路前面壁を越え、一部は排水路背後地にまで届く。越波量についても顕著な差が見られ、入射波高が小さければ、有効な越波量低減効果が得られるが、ある程度大きくなると排水路背後地においても排水路内の2/3程度の越波量が確認された。

MPS法の計算結果は、このような越波水脈の挙動が複雑となる越波過程について、何れのモードに対しても水面形・越波量ともに良好な予測を与えており、この種の護岸断面に対する適用性が確認された。

今後は、MPS法による計算について、さらに多くのケースの水理実験との比較を行って、適用性をより詳細に検討するとともに、Euler型の自由表面流解析の代表的手法であるVOF法による予測と比較して、この種の問題における粒子法の役割を明確にしたい。

参 考 文 献

- 越塚誠一 (2005) : 粒子法, 丸善, 144 p.
- 後藤仁志・五十里洋行・酒井哲郎・奥田一弘 (2006) : 粒子法とBoussinesqモデルのハイブリッド化に関する基礎的研究, 水工学論文集, 第50巻, pp. 1453-1458.
- 平山克也 (2002) : 非線形不規則波浪を用いた数値計算の港湾設計への活用に関する研究, 港湾空港技術研究所資料, No. 1036, 162p.
- Gotoh, H., H. Ikari, T. Memita and T. Sakai (2005) : Lagrangian Particle Method for Simulation of Wave Overtopping on a Vertical Seawall, Coastal Eng. J., Vol. 47, Nos. 2-3, pp. 157-181.
- Koshizuka, S., H. Tamako and Y. Oka (1995) : A particle method for incompressible viscous flow with fluid fragmentation, Comp. Fluid Dyn. J., Vol. 4, pp. 29-46.
- Madsen, P. A. and O. R. Sørensen (1992) : A new form of the Boussinesq equations with improved linear dispersion characteristics, Part 2, A slowly-varying bathymetry, Coastal Eng., Vol. 18, pp. 183-204.
- Nomura, K., S. Koshizuka, Y. Oka and H. Obata (2001) : Numerical Analysis of Droplet Breakup Behavior using Particle Method, Jour. Nucl. Sci. and Tech., Vol. 38, No. 12, pp. 1057-1064.