津波の流れに対する
被覆ブロックのイスバッシュ数
（模型実験結果）

自然との共生研究部会　異形ブロック専門部会

三井　順（株式会社不動テトラ）

2021.2.18 （一社）漁港漁場新技術研究会

第５回技術報告会

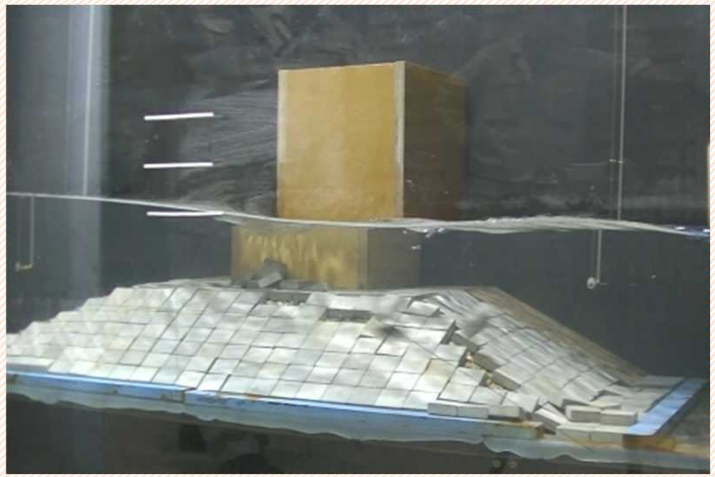
OutLine

（1）イスバッシュの式とその問題点

（2）基礎実験の実施、水理模型実験方法マニュアルの作成

（3）各種被覆ブロックでの実験実施

（4）イスバッシュ数のとりまとめ



異形ブロック専門部会　所属企業（順不同）

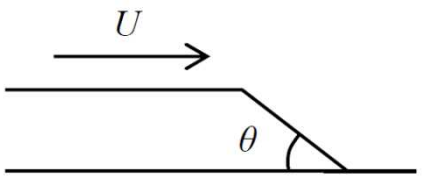
技研興業㈱、三省水工㈱、㈱三柱、㈱チスイ、東洋水研㈱、
日建工学㈱、日本コーケン㈱、㈱不動テトラ、菱和コンクリート㈱

（1）イスバッシュの式とその問題点

津波の流れに対する被覆ブロックの所要質量算定方法

イスバッシュの式（参考図書p.108）

$$M = \frac{\pi \rho_r U^6}{48 g^3 y^6 (S_r - 1)^3 (\cos\theta - \sin\theta)^3}$$

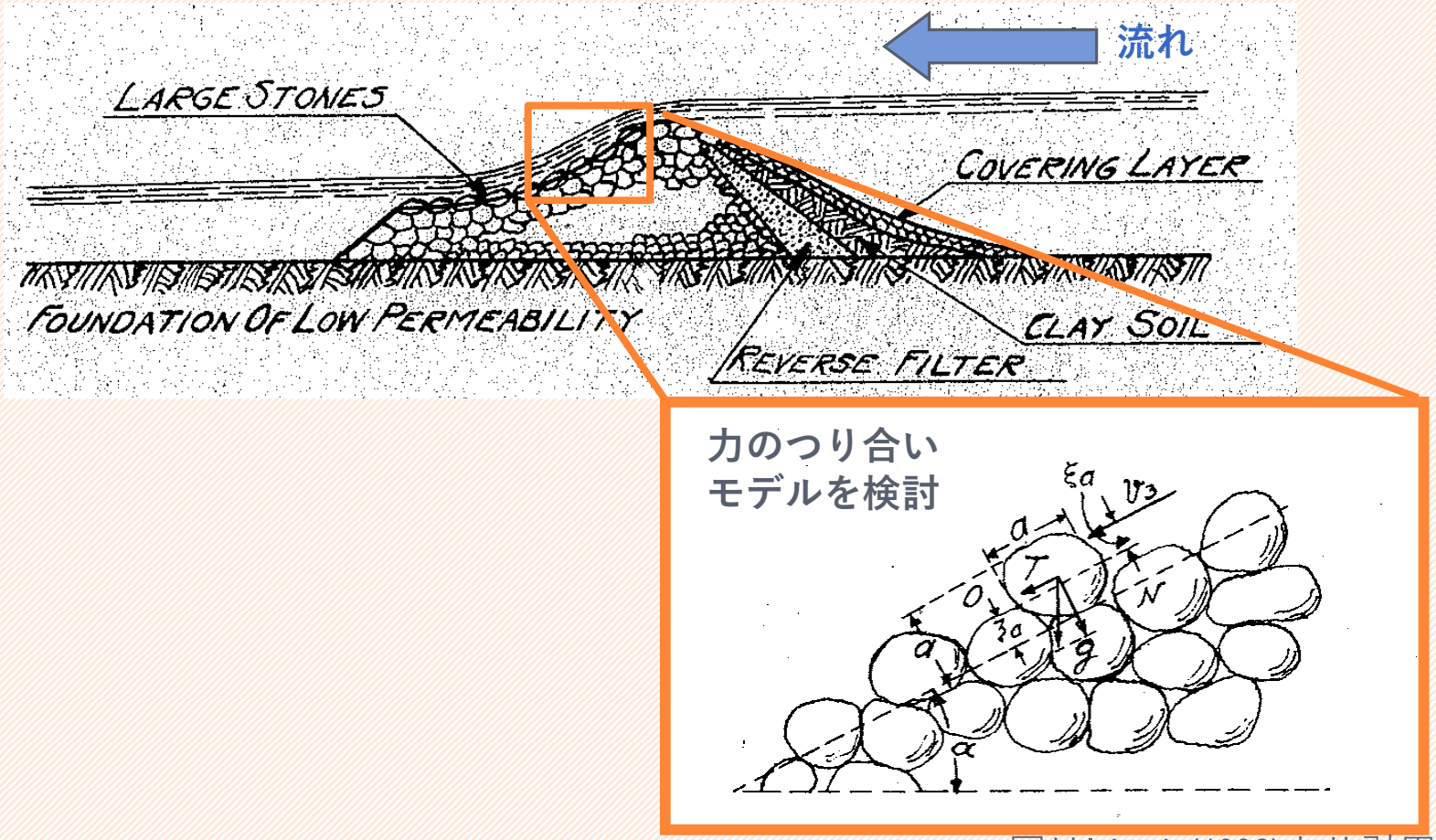


M：安定質量
U：捨石等の上面における水の流れの速度
ρ_r：捨石等の密度
g：重力加速度
y：イスバッシュの定数
S_r：捨石等の海水に対する比重
θ：流れ方向の捨石等の斜面の傾斜角

⇒流速 U とイスバッシュ数 y からブロックの所要質量が算定される

イスバッシュの式について

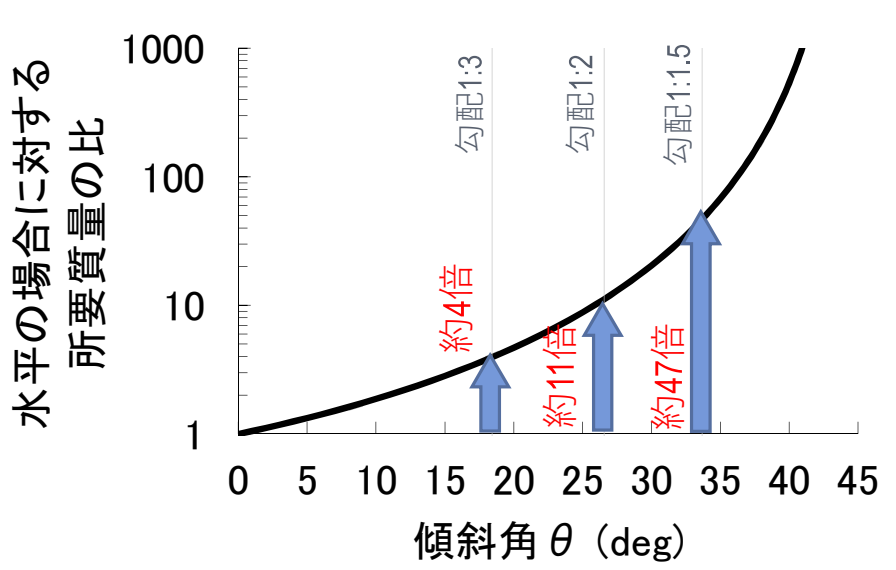
水面から石を投入して河川を締切り、ダムを建設する際の、石の質量と移動限界流速との関係について、1930年代にイスバッシュにより提案された式が基となっている



図はIsbash (1932)より引用

イスバッシュ式の問題点

イスバッシュ式を津波の流れに対する被覆ブロックの所要質量算定に適用すると、

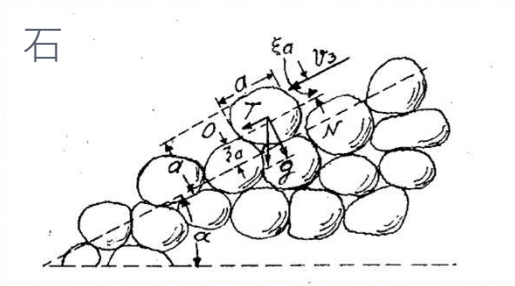


斜面勾配によって所要質量が著しく変化し、急勾配の場合は非現実的なブロック質量が算定されてしまう

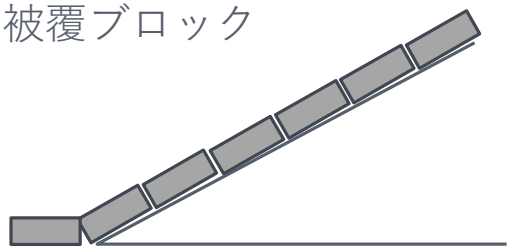
例えば、**水平部での所要質量が１ton**の場合、勾配１：１．５の箇所の所要質量は**４７ton**となる

$$M = \frac{\pi \rho_r U^6}{48 g^3 y^6 (S_r - 1)^3 (\cos\theta - \sin\theta)^3}$$

石

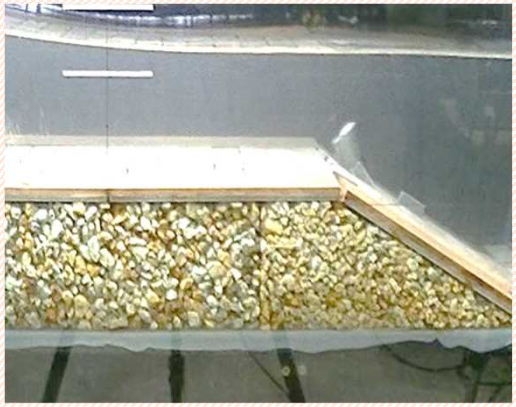


被覆ブロック



（2）基礎実験の実施、水理模型実験方法マニュアルの作成

・方塊ブロックを対象とした基礎実験を実施し、イスバッシュ数の特性を検討
・水産技術研究所との共同研究の一環として実施



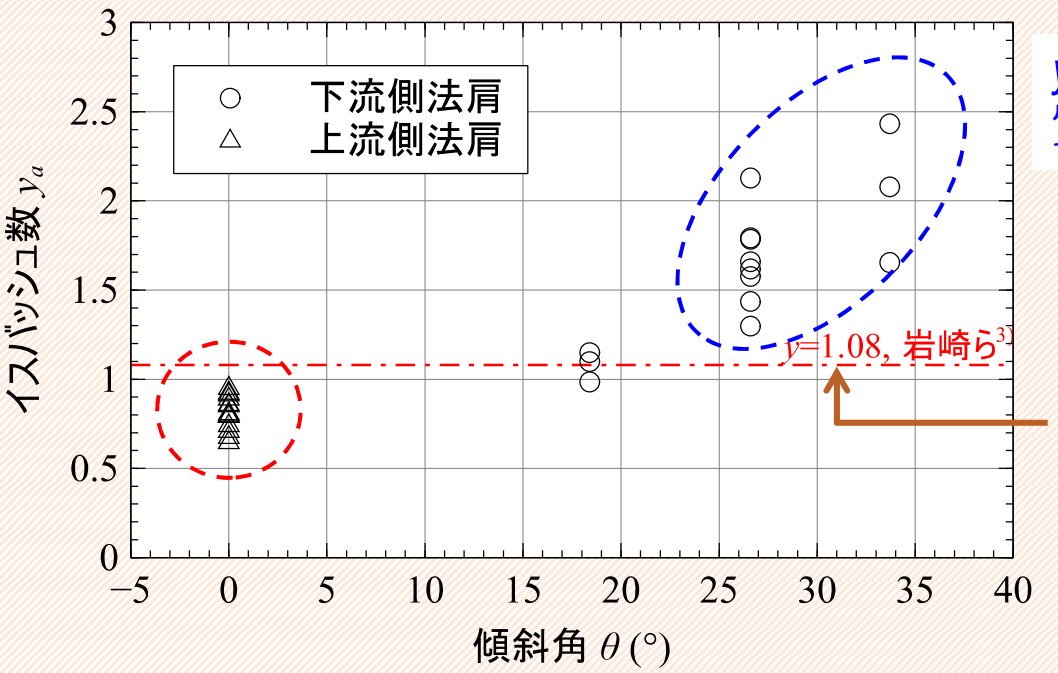
実験状況（被災の瞬間）

「**被覆ブロックのイスバッシュ数の特性に関する基礎実験報告書**」
の発行（平成30年6月）

⇒AITEFのHPに掲載

実験結果：傾斜角の影響

移動限界時のイスバッシュ数



y=1.08で設計すると、所要質量が過大に算定される

従来、イスバッシュ数は y=1.08（一定値）で設計

・θが大きくなるほどイスバッシュ数が大きくなる

⇒イスバッシュ式は傾斜角の影響を適切に取り込んでいない

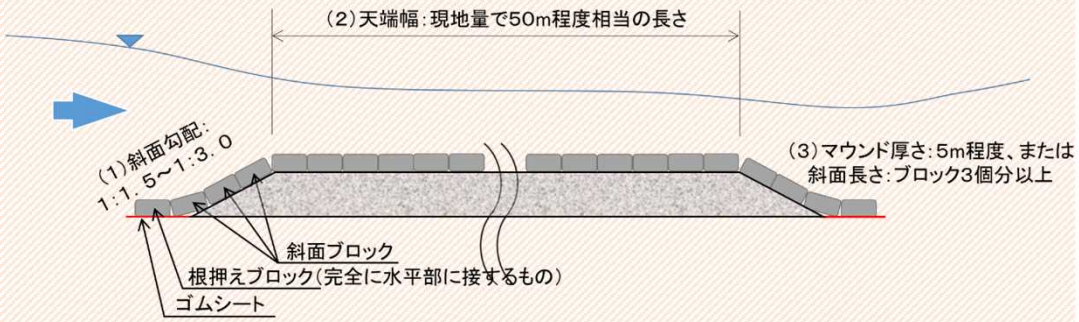
⇒イスバッシュ数を傾斜角の関数として定める必要がある

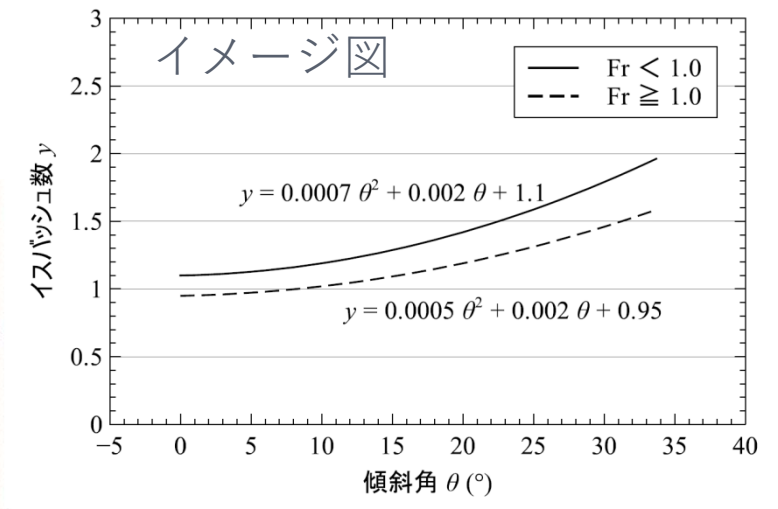
実験方法マニュアルの作成

「被覆ブロックのイスバッシュ数評価のための水理模型実験マニュアル」の発行（平成31年2月）

⇒AITEFのHPに掲載

- 基礎実験の結果を反映し、適切なイスバッシュ数を得るための標準的な実験方法を提案
- 従来一定値であったイスバッシュ数を傾斜角、フルード数によって決まる値として整理
- 実験のアウトプットとして右図のようなイスバッシュ数の算定図を作成





（３）各種被覆ブロックでの実験実施

実験方法マニュアルに則り、各種被覆ブロックの実験を実施
現在までに１２製品の実験が実施

【実験条件】

ブロック質量：　2種類以上

マウンド法面勾配：　3種類以上（1:1.5, 1:2, 1:3）

水深条件：　3種類程度（幅広いフルード数となるように選定）

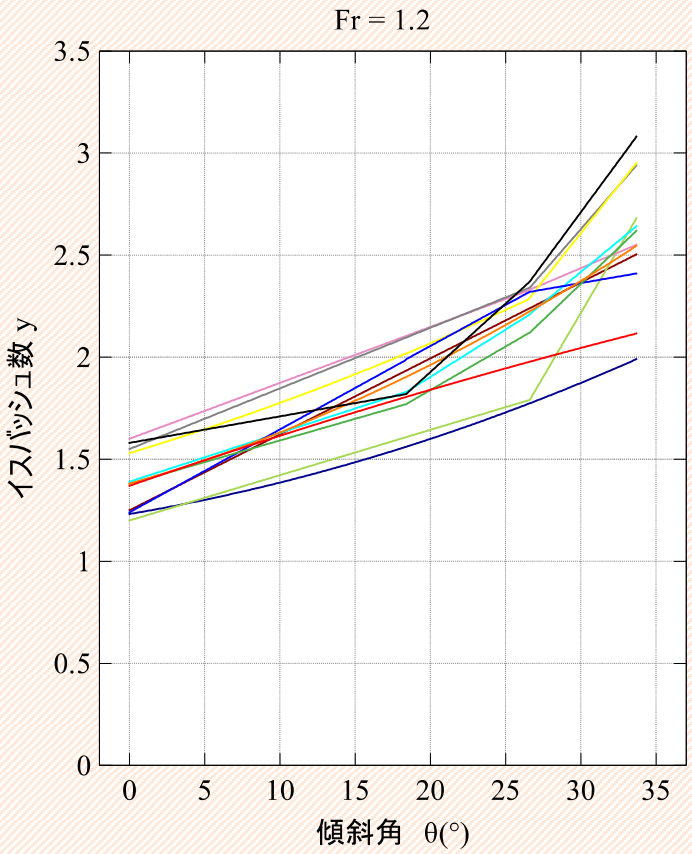
繰り返し：　各ケース2回以上

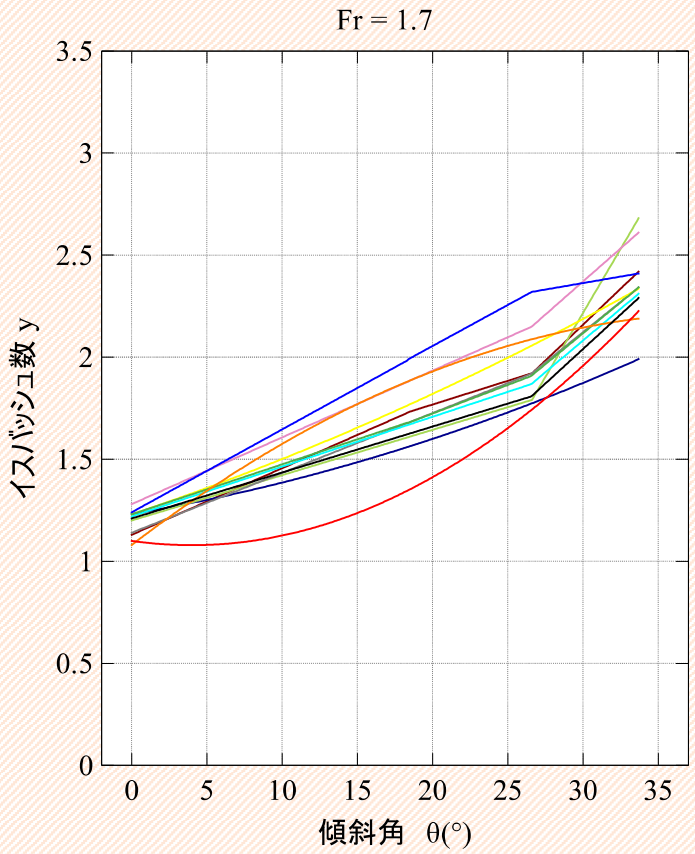
実験結果をとりまとめ、AITEFのHPに掲載

「**津波の流れに対する被覆ブロックのイスバッシュ数について（模型実験報告）**」（令和2年10月）

（4）イスバッシュ数のとりまとめ

・12製品のイスバッシュ数算定図をまとめて表示





・傾斜角 θ が大きくなるほどイスバッシュ数が大きくなる

・フルード数が大きい方がイスバッシュ数が小さい

所要質量の試算

【検討条件】 V =10.0m/s（天端部、斜面部とも）
Fr =1.7
斜面勾配=1:2（θ=26.6°）

（単位：ton）

		天端部（θ=0°）	斜面部（θ=26.6°）	大きい方
y=1.08（岩崎ら、参考図書）		53.8	604.4	604.4
各ブロックのy （AITEF実験マニュアルに沿って実施された実際のブロックの実験結果）	Aブロック	38.9	19.1	38.9
	Bブロック	19.4	9.7	19.4
	Cブロック	24.6	12.7	24.6
	Dブロック	48.2	34.2	48.2
	Eブロック	53.8	11.6	53.8
	Fブロック	24.4	30.8	30.8
	Gブロック	25.9	22.4	25.9
	Hブロック	24.6	19.7	24.6
	Iブロック	23.5	6.2	23.5
	Jブロック	27.2	27.3	27.3
	Kブロック	28.6	29.2	29.2
	Lブロック	41.0	19.2	41.0

・今回得られた実験結果を使えば、流速10m/s程度まで現実的な質量に収まる

まとめ

AITEF異形ブロック専門部会の取り組み

津波の流れに対する被覆ブロックの安定性に関する研究

「**被覆ブロックのイスバッシュ数の特性に関する基礎実験報告書**」
（平成30年6月）

「**被覆ブロックのイスバッシュ数評価のための水理模型実験マニュアル**」
（平成31年2月）

New 「**津波の流れに対する被覆ブロックのイスバッシュ数について（模型実験報告）**」
（令和2年10月）

New 「**津波の流れに対する被覆ブロックのイスバッシュ数について（模型実験報告）【参考資料】**」（令和2年10月）

今後の予定

・堤頭部の影響の検討（平面水槽での実験実施）などを予定

ご清聴ありがとうございました
Thank you for your attention.