### 3次元津波シミュレーションの技法 津波荷重シミュレーションの技法1

・基礎方程式:NS 方程式、連続の式、 VOF 移流方程式

·時間の離散化:SMAC 法

·空間の離散化:構造格子(不等間隔格子)

·移流項:ハイブリッド中心差分

·乱流の取り扱い:直接シミュレーショ(DNS)

·自由表面捕捉:VOF+密度関数法



自由表面捕捉法 (Free Surface Capturing Method)

- ・高さ関数( Height Function)法
- ·SMAC法
- ・VOF法
- ・LevelSet法・密度関数法



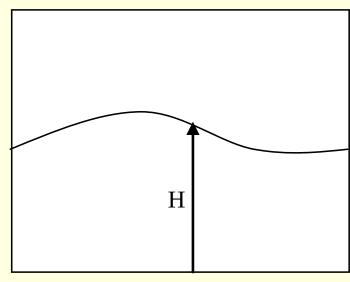
#### ・高さ関数(Height Function)法

表面位置を固定壁からの1価関数(高さ関数: Height Function)で表す。

$$y=H(x,t),$$
  
 $\partial H/\partial t+\partial H/\partial x=0$ 

利点:計算方法が単純で処理が早く必要 メモリーが少なくてすむ 多次元への拡張が容易

欠点:表面の勾配が格子対角線の傾きを 越えられない, 表面が巻き込まれる問題には適用出 来ない



高さ関数法の概念



#### ·SMAC法

#### (Simplified Marker And Cell Method)

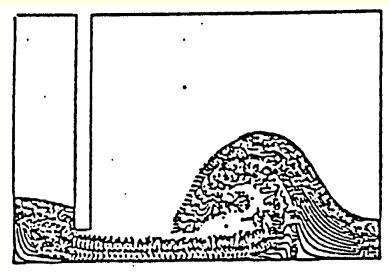
流体が占有する領域をマーカー粒子で表現するのが特徴。 表面はマーカー粒子を含み、かつ隣接するセルが粒子を含まない場所と定義格子点の流速を内挿してマーカー粒子を移動させる。

利点:表面形状に制約がなく複数の流体 領域が扱える

表面の合体/分離に適用できる 欠点:マーカー粒子の定義に多くのメモリーを必要とする

個々の粒子の移動・追跡に計算時間を要する

表面は視覚的にしか把握できない



SMAC法による計算結果



#### ·VOF法

#### (Volume Of Fluid Method)

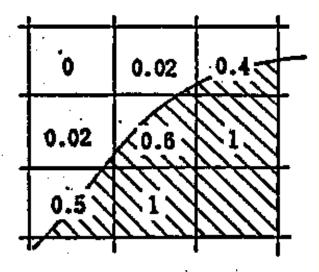
基本的な考え方は、セル体積に占める流体体 積の比率=流体占有率(VOF)である事を利用し流 体領域(従って自由表面)を表現

#### 利点:

- •SMAC法と同様に任意の表面形状が扱える
- ・表面が合体/分離する問題にも適用可能
- ・表面張力の評価で重要となる自由表面の位置 勾配・曲率などが数値的に求まる
- ・自由表面の追跡アルゴリズムが単純で計算が 速くかつメモリー消費が少ない
- ・3次元問題への拡張が容易

#### 欠点:

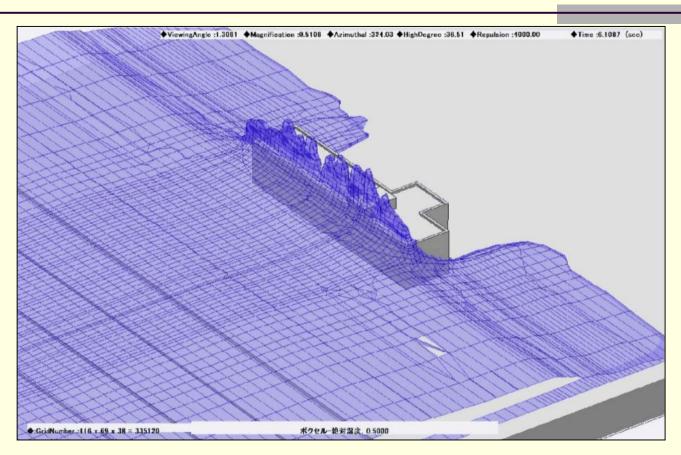
・多くの場合、界面がぼやけて元に戻らない



VOF法による流体セル判定



# 津波荷重シミュレーションの技法5 (続き)



津波解析でのVOF法による自由表面補足



#### ・LevelSet法・密度関数法

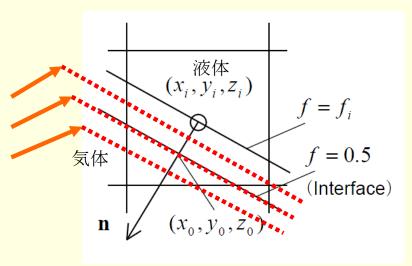
VOF関数や実際の密度の変わりに密度関数 を解く方法であり、密度関数(0< <1) の判別は

気相: =0,界面: =0.5,液相: の原則でセル毎に行われる。

各時間ステップ毎に過剰に移流した密度関 数(ひいてはVOF値)を補正する事が可能

Level Set関数値(界面からの距離を表す関 数)では、界面曲率 の算出は界面方向の 単位法線方向ベクトルn (nx ,ny , nx) を用 いて次式で計算  $\kappa = \nabla \cdot \mathbf{n}$ ,  $\mathbf{n} = \frac{\nabla f}{|\nabla f|} = \frac{\nabla \phi}{|\nabla \phi|}$ 

*f*: VOF 関数値, : レベルセット関数値



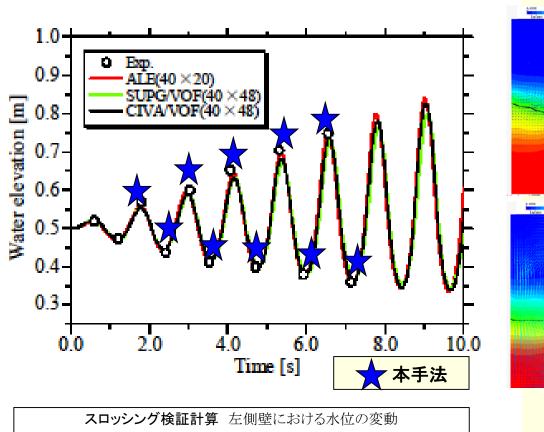
界面における VOF値と自由表面 の向きとLevel Set関数

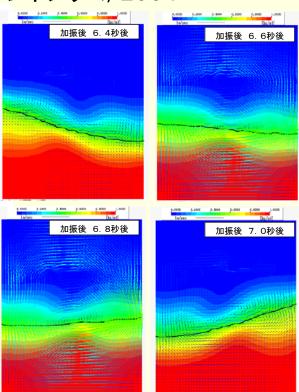


# 津波荷重シミュレーションの技法自由表面解析 文献値との比較

「CIVA/VOF法を用いた有限要素法による自由表面解析」

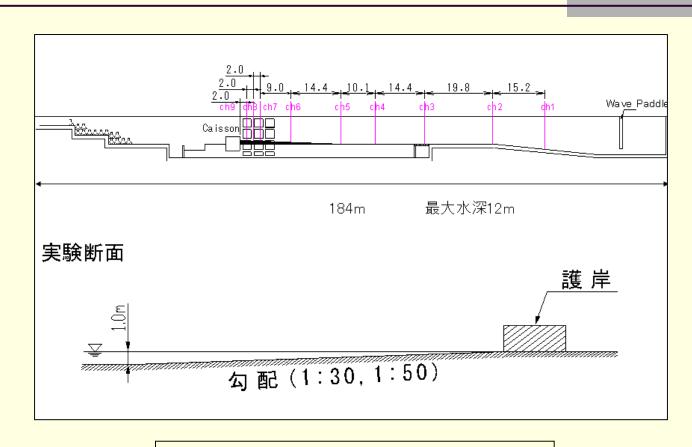
弘崎, 加藤, 桜庭, 樫山, D5-2, 第18回数値流体力学シンポジウム, 2004







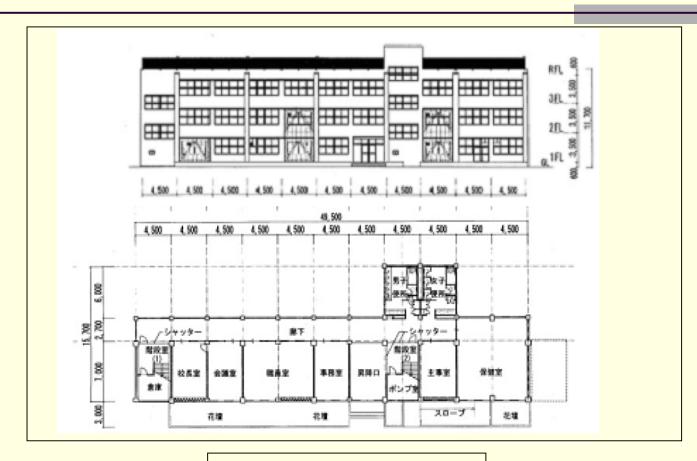
### 津波現象の再現 一実験との検証1ー



解析モデル 大規模波動地盤総合水路



# 津波避難ビルシミュレーション



高知県小学校建物



## 津波避難ビル 解析条件

解析領域:幅160m×長さ400m×高さ60m

初期条件:フルード数Fr(慣性力と重力の比): 1.5

波の速度 = (g•h)<sup>1/2</sup>, g:重力, h:浸水深

Fr = V/(g•h)<sup>1/2</sup>, V:浸水流速

対象建築物の手前80m の位置で波高2m(速度6.6m/s)と8m (速度13.3m/s)の津波を仮定.

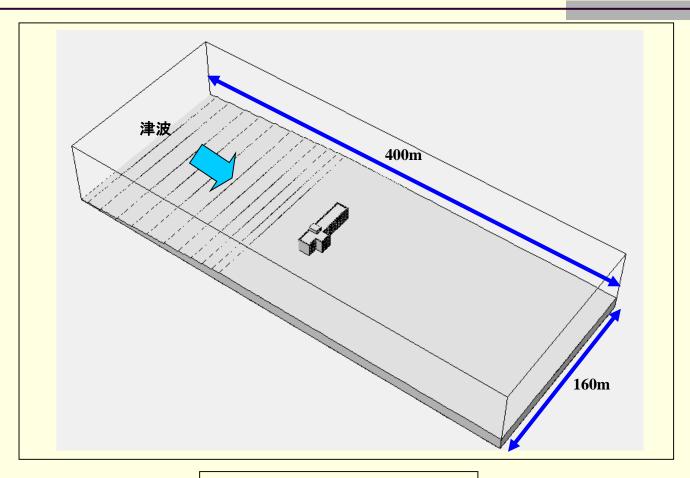
境界条件 : 沖合側·内陸側-速度既定条件,

海底·地表面-Non Slip,

側面·天空面-Free Slip



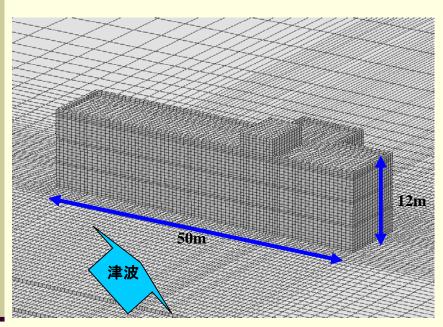
# 津波避難ビル 解析モデル(全体)

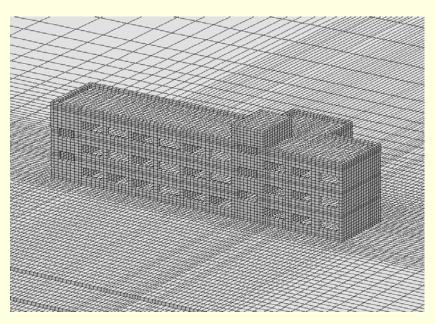


パース(陸側上方より俯瞰)



# 津波避難ビル 解析モデル(建物拡大)



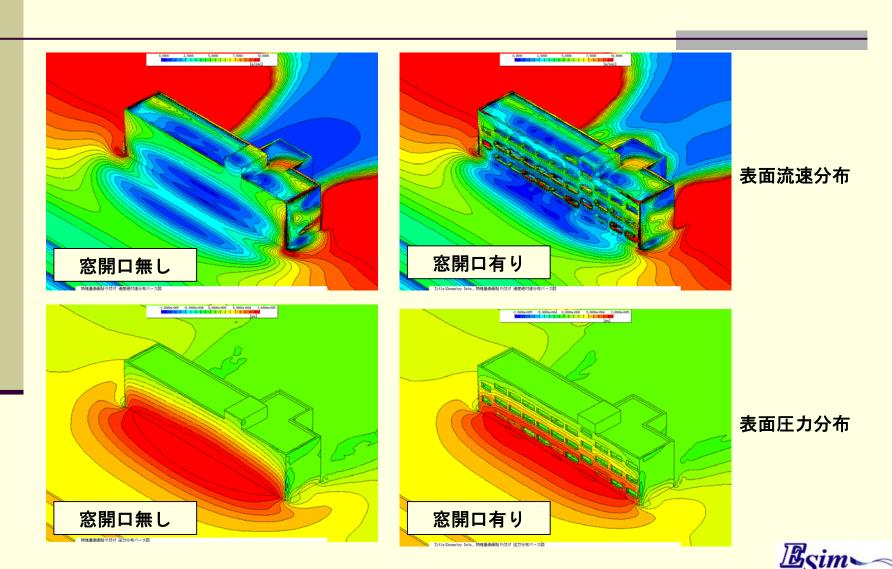


建物解析格子(窓開口無し)

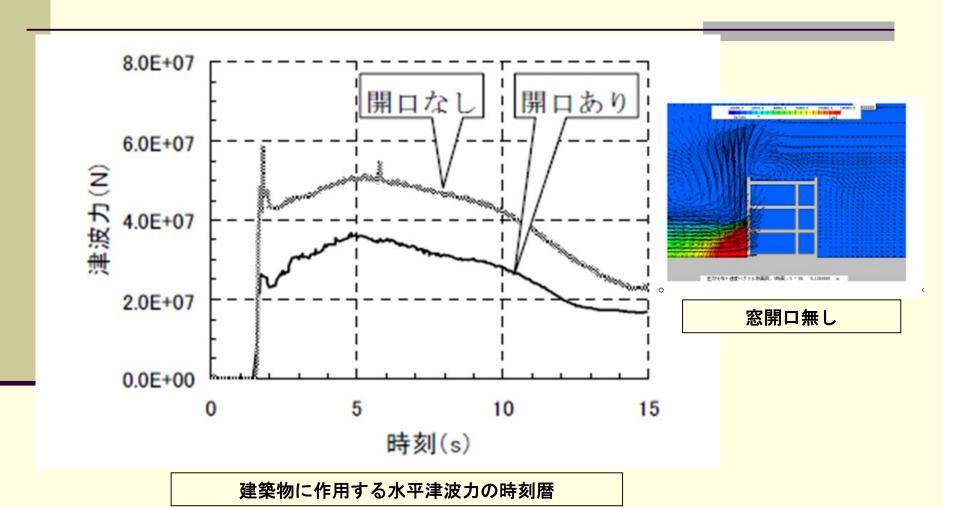
建物解析格子(窓開口有り)



# 津波避難ビル 解析結果2



## 計算した津波力の時刻暦変化

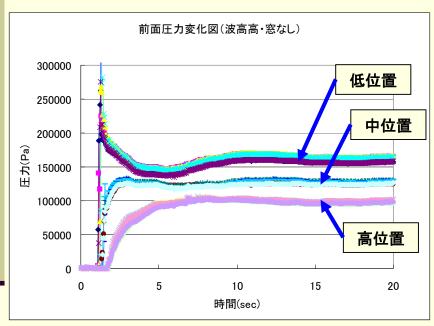


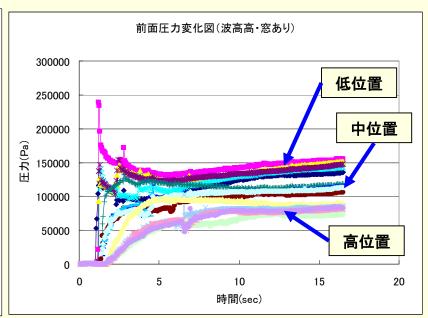


# 津波水平荷重の垂直分布と時刻暦1 - 高波高-

建物前面の荷重の変化

低位置:2.6m高さ,中位置:6.1m高さ,高位置:9.6m高さ





波高10m・窓無し

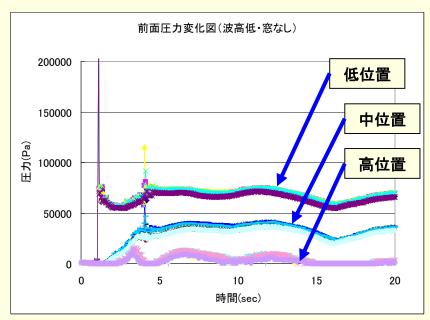
波高10m・窓有り



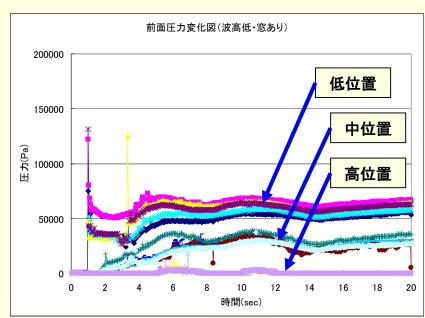
# 津波水平荷重の垂直分布と時刻暦2 - 低波高-

建物前面の荷重の変化

低位置:2.6m高さ,中位置:6.1m高さ,高位置:9.6m高さ



波高3m・窓無し



波高3m・窓有り



### シミュレーション結果の見方

窓の無い建物の場合、波の前面に大きな荷重

ピーク:160000pa以上 = 16 t w/m²

窓・ピロティのある建物では荷重を逃がす事が可能

その分、内部に大きな衝撃荷重が発生

内部に水が浸入した場合

2階・3階スラブを波が下から突き上げる

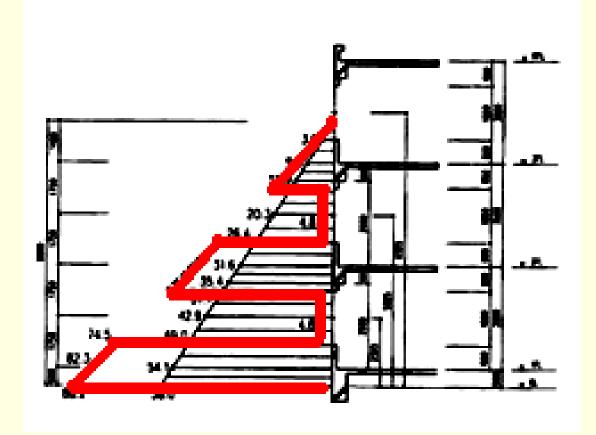
上からの荷重だけでなく下からの荷重にも対策要



### 建築物の開口部の影響

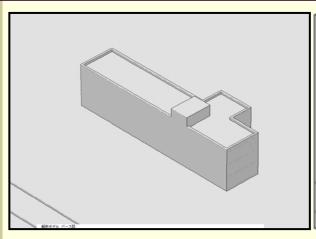
•津波避難ビルの津波圧の推定式

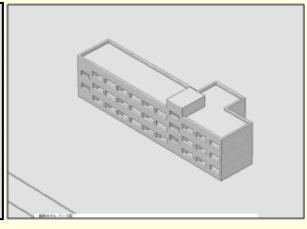
$$q(z) = \alpha \rho g (3\eta - z)$$
 α:開口部による低減係数

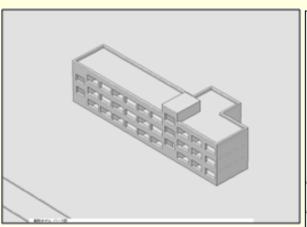


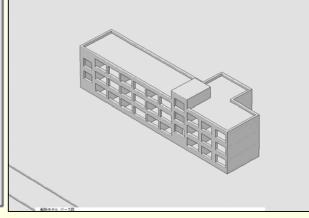


### 開口率を変化させた検討





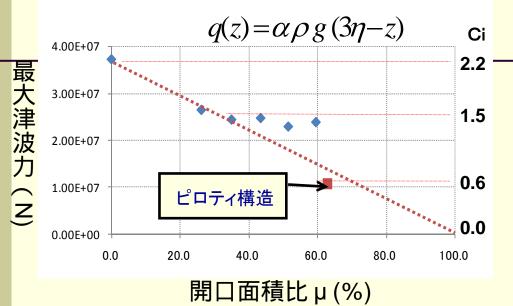


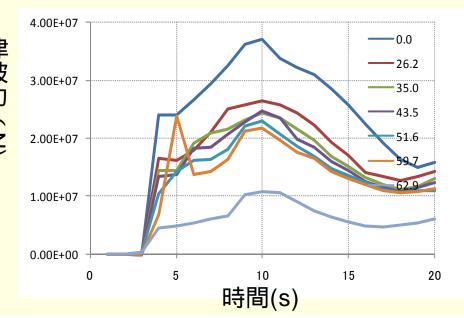


- ・建築物前面の開口面積比 μ=0.0~0.60
  - +1階部ピロティ構造
- ・建築物の内部(壁+床等)
- ・背面は同じ
- ・開口部の窓ガラスはない。 建築物内部の破壊はない
- ·波高5m、速度7.1m/s



### 開口面積比と津波力の関係





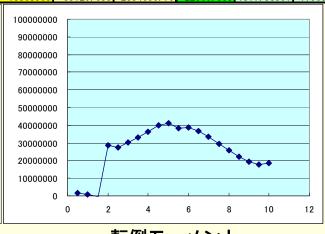
- ・建築物前面の開口面積比μが 0.4程度までは線形的に津波力 が低下するが、それ以上ではほ とんど低下しない。
- ・波高5mの場合、開口面積比 μ =0ではベースシアー係数 Ci ≒ 2. 2で、開口面積比が大き くなると、ベースシアー係数 Ci ≒ 1. 5まで低下した。
- ・1階部ピロティ構造では津波 力が約1/4に低下し、ベースシ アー係数Ci≒0.6になった。た だし、床面には上向きの浮力が 発生する場合がある。

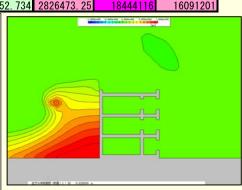


一波高:3m,建物前面開口率:0.0%-

ケースA			建物全体			前面壁のみ			前面壁を除く			ノト(建物後)	
	時間(秒)	波圧(X方向)	波圧 (Y方向)	波圧(Z方向)		波圧(Y方向)		波圧 (X方向)	波圧 (Y方向)	波圧(Z方向)	X軸周り	Y軸周り	Z軸周り
1	0. 5	46863. 82813	-402. 45554	-216122. 75	246172.8281	2. 201273	-22084. 7676	-199308.48	-404. 65622	-194037. 906	1565452. 63	1788778. 25	1242544. 5
2	1	14583. 04981	-146. 21454	-92398. 1563	113944. 9219	22. 511688	-10445. 3291	-99361.953	-168. 72577	-81952. 8203	796168. 75	903702. 125	623974.8125
3	1. 5	-205150. 766	-982. 38184	262397.875	<del>-182546.906</del>	-27. 652039	267283.0313	-22603.518	-954. 73023	-4884. 76758	-88725. 406	-264491.5	-63723. 0625
4	2	24026986	3001. 33716	-4424034	24031006	-3711. 373	-4481243.5	-4156. 1636	6712. 73242	57205. 52734	4093830.5	28501540	23684114
5	2. 5	23977160	-127569.8	-3539089	23978366	-73764. 461	-3459586. 25	-1337. 8394	-53805. 59	-79501. 3672	3412183. 25	27539232	23844486
6	3	26694022	-89437. 586	-3434029. 25	26685332	-90085.969	-3275727	8832.81836	648. 172913	-158303. 297	3379217. 5	30065894	26646404
7	3. 5	29493260	-60894.953	-3465330	29485794	-82821. 953	-3228619	7464. 56885	21926. 8809	-236710. 281	3584641.5	32910256	29615752
8	4	32634566	7183. 98584	-3548683	32633932	-85306.898	-3246602.25	715. 200134	92491. 0859	-302081.844	3904292.75	36180732	32992824
9	4. 5	36260428	19682. 2637	-3668863. 75	36249176	-81675. 836	-3326967.5	11090. 4033	101358.133	-341903.063	4115493	39857160	36712496
10	5	37149576	41750.6367	-3801939. 75	37154400	-78402. 117	-3383517.75	-4824. 9248	120152.828	-418413. 781	4493691	40988156	37845528
11	5. 5	33844124	113392.992	-4584086.5	33877460	-63512. 16	-3202627. 25	-33257.824	176904. 5	-1381454. 25	5212407	38383272	34595508
12	6	32273496	184532.313	-5637203	32587460	-16522. 643	-3310317. 25	-314097.28	201054.641	-2326888. 5	6657011	38557596	33917464
13	6. 5	30970950	95750. 5781	-5269950	31124724	-44307. 32	-3251088.75	-153869.22	140058.078	-2018854.63	6550811	36828388	32723760
14	7	28524388	70880. 8125	-4454708	28518998	-18711.846	-3076120	5410. 24365	89592. 4297	-1378582.88	5669427	33278426	29966088
15	7. 5	25781752	74845. 625	-3610367	25711132	5352. 50244	-2948267	70413. 3594	69493. 1172	-662097	4720814	29493312	26884958
16	8	22504748	36171. 5859	-3346957.5	22458592	-7551. 436	-2796052.75	46142. 2148	43723. 0391	-550905.813	4279801	25973310	23435132
17	8. 5	19245662	161941.844	-3004266.5	19217806	24005.6113	-2600490.5	27969. 0254	137936. 188	-403791.875	3565582	22259744	19831676
18	9	16433293	56207. 0742	-2695386.5	16436234	7185. 46484	-2406291	-2929. 3821	49021.625	-289102.656	3238128.5	19303870	16960606
19	9. 5	15009318	23686. 5684	-2495670	15020026	2155. 95923	-2297949	-10680.945	21530. 6426	-197723. 844	2855414. 5	17628886	15359439
20	10	15781561	-33803. 262	-2514330. 75	15803960	-35120.633	-2334686.75	-22360. 383	1317. 38501	-179652. 734	2826473. 25	18444116	16091201
				•			•	•	•			Sprint	1,000a-000







断面圧力分布図

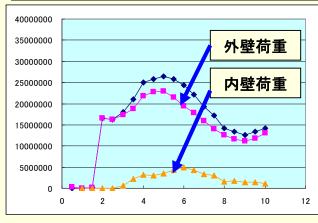


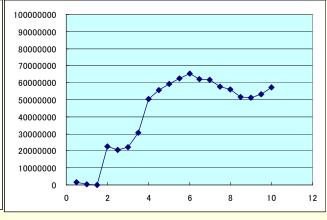
水平荷重

転倒モーメント

一波高:3m,建物前面開口率:26.2%一

ケースB		建物全体				前面壁のみ			前面壁を除く		モーメント(建物後方中心)		
	時間(秒)	波圧(X方向)	波圧(Y方向)	波圧(Z方向)	波圧(X方向)	波圧(Y方向)	波圧(Z方向)	波圧 (X方向)	波圧(Y方向)	波圧(Z方向)	X軸周り	Y軸周り	Z軸周り
1	0. 5	46864	-402	-216123	246173	2	-22085	-199308	-405	-194038	1565453	1788778	1242545
2	1	23293	-47	-45867	51249	5	-5259	-27956	-52	-40608	433046	463734	303135
3	1. 5	125917	-1177	-109655	108733	-225	-125475	17184	-952	15820	16333	142230	42474
4	2	16545347	-10115	-3609537	16532970	-4281	-3640286	12321	-5834	30748	6250465	22462906	16886160
5	2. 5	16221309	-1071	-2934572	16213385	-21899	-2819370	7917	20827	-115203	4782800	20670676	16584822
6	3	17956594	-23639	-2875995	17342718	612	-2357125	613874	-24251	-518864	5043354	22133938	18758034
7	3. 5	21075346	-419996	-7642118	18849052	-20576	-2418978	2226414	-399419	-5223136	13080755	30665620	24741280
8	4	25025412	-54428	-9426318	21780374	-63144	-2562877	3245001	8716	-6863396	34437136	50456664	40468940
9	4. 5		-31262	-10995989	22787992	-88311	-2426993	2979726	57050	-8568985	39741568	55533988	43596960
10	5	26459164	-1185895	-14329820	22981784	-39249	-2671791	3477358	-1146645	-11658032	44097816	59309268	45730880
11	5. 5	25840722	92129	-17058084	21468360	-26119	-2714252	4372389	118249	-14343817	48485036	62401472	47026396
12	·	24402100	542821	-19985308	19496934	-17845	-2794546	4905139	560666	-17190746	54803824	65473920	48148860
13			-335798	-18806014	17842282	733	-2859495	4370228	-336531	-15946468	51730060	62005400	45220256
14		19327312	-838259	-20878612	15914375	-8393	-2963341	3412875	-829866	-17915328	53261520	61861008	43878348
15			-307125	-19727970	14081652	-31257	-2799925	3057220	-275868	-16927980	50539116	57492672	41024236
16	_	14194070	-199405	-18650434	12533404	9847	-2688084	1660678	-209252	-15962391	48858116	56172836	39462128
17	8. 5		-323810	-18886708	11581091	-19424	-2557442	1816910	-304386	-16329320	46031412	51712992	36669600
18		12651740	-376015	-18495850	11164600	-18925	-2461917	1487148	-357090	-16033962	45518212	51175168	35792752
19			-60708	-18153148	11845826	-11054	-2465075	1504621	-49654	-15688146	47211224	53315932	37668000
20	10	14211713	-274559	-18541410	13143614	-14372	-2536246	1068108	-260186	-16005160	50001208	57211396	40157476







断面圧力分布図

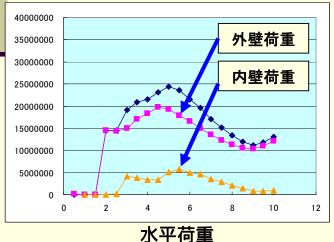


転倒モーメント

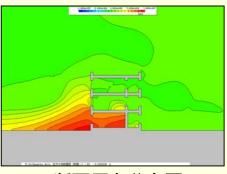


一波高:3m,建物前面開口率:35.0%一

L 30			ᆥᆔᄉᄼ			芸工時の 1			<u> </u>		<b>-</b> ./ .	/ 7 本 計価 4公・	++2.1
ケースC	n+88 (T.b.)	*** (***	建物全体	the (7+++)	*F (V++)	前面壁のみ	**		前面壁を除く		モーメン	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
	時間(秒)		波圧 (Y方向)							波圧(Z方向)	X軸周り	Y軸周り	Z軸周り
1	0. 5	31513	-79	-217362	154095	-3	-21608	-122583	-75	-195754	1738267	1760007	1160668
2	1	23388	-371	-96863	78605	-7	-10350	-55217	-365	-86513	870337	887251	581242
3	1. 5	50646	-131	-93234	48144	-25	-88584	2501	-106	-4651	156034	203791	83721
4	2	14514581	17346	-3128939	14559953	-903	-3254392	-45443	18249	125453	6371039	20497648	15229578
5	2. 5	14514943	36201	-2927257	14398680	-13718	-2810767	116289	49919	-116499	5098442	18966200	14888156
6	3	19118924	163823	-5143433	15010690	6228	-2308751	4108238	157595	-2834700	18754602	31616274	25142162
7	3. 5	20886562	-594093	-8891442	17086346	-72178	-2520953	3800174	-521915	-6370477	44328476	52783848	41041628
8	4	21560090	-15941	-9495321	18247960	-78625	-2445003	3312336	62684	-7050319	41188368	51524208	39608764
9	4. 5	23162650	-856096	-12629816	19746982	-97176	-2590857	3415625	-758920	-10038948	51486744	60511180	45606172
10	5	24417016	-691034	-15178591	19336762	-98863	-2708664	5080307	-592170	-12469916	57880008	66582916	49221384
11	5. 5	23583470	-931580	-18885010	17810584	-63784	-2770551	5772911	-867797	-16114381	65298428	71536808	51842148
12	6	21578832	-120143	-22530210	16565757	-71924	-2928698	5013105	-48219	-19601522	71425128	76957120	53189028
13	6. 5	19661796	-208168	-23032346	15047824	-59061	-3013302	4613999	-149106	-20019024	72089272	75951376	52915232
14	7	17008966	-107801	-23149976	13507540	-45746	-3006869	3501420	-62055	-20143118	69186240	72595856	49603296
15	7. 5	15167459	-80556	-22952118	12350066	-27296	-2964065	2817391	-53260	-19988042	66457516	69009296	47218816
16	8	13338511	-239593	-21960354	11290694	-38287	-2854134	2047816	-201306	-19106244	62319232	65153012	44435696
17	8. 5	11996592	-143191	-21364996	10580205	-16119	-2769807	1416388	-127071	-18595160	61399272	64416540	43740216
18	9	11191188	-376773	-20863404	10386894	-20566	-2693011	804291	-356208	-18170420	63439948	66094672	44650076
19	9. 5	11759815	-189882	-20225996	10971390	-26728	-2668005	788443	-163154	-17557956	62806224	65833260	44471264
20	10	13068078	-182586	-20620648	12161430	-36483	-2744959	906651	-146103	-17875682	68312512	71879608	48524332





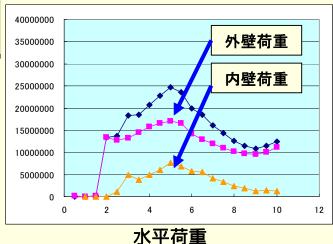


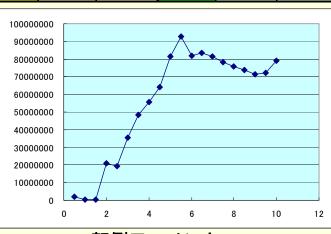
断面圧力分布図

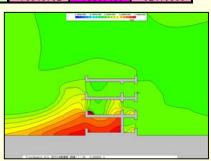


一波高:3m,建物前面開口率:43.5%-

ケースD			建物全体		前面壁のみ			前面壁を除く			モーメント(建物後方中心)		
クースリ	時間(秒)	波圧(X方向)	7-111	波圧 (Z方向)	波圧(X方向)		波圧(Z方向)	波圧(X方向)		波圧(Z方向)	エー <i>ス .</i> X軸周り	ノト(建物仮) Y軸周り	Z軸周り
	0. 5	02.70	362	-225377	137769	4	-22447	-105598	358	-202931	1851223	1826682	1189297
2	1	21774	-159	-48121	39226	-27	-5480	-17452	-132	-42641	462122	464347	294433
3	1. 5		-225	-242706	195992	231	-259035	15430	-456	16330	178666	391345	142094
4	2	13400447	-136345	-1579775	13367332	-61450	-3086004	33134	-74896	1506230	8941245	21123064	14660748
5	2. 5	13779819	335094	-1712743	12691438	-14346	-2607056	1088412	349440	894313	6681617	19426462	14893492
6	3	18285676	-554991	-3461843	13268248	-38317	-2148990	5017401	-516672	-1312846	25543792	35557992	27037526
7	3. 5	18428586	-273887	-7697874	14566883	-67648	-2388299	3861787	-206239	-5309573	41821676	48433732	36860720
8	4	20686382	-424373	-8572169	15824329	-89130	-2488448	4862123	-335243	-6083727	48328040	55552732	41798904
9	4. 5	22768788	-239361	-11190232	16634700	-93631	-2543125	6134115	-145730	-8647100	57784840	64082824	47302960
10	5	24725064	-590214	-16649432	17109134	-96152	-2781700	7615951	-494063	-13867676	77107144	81365752	56650520
11	5. 5	23511318	-133520	-20698874	16596069	-107944	-3094172	6915218	-25576	-17604694	88251368	92701160	61195508
12	6	19883382	-1906983	-20587236	14145713	-103799	-3135498	5737682	-1803185	-17451736	78870048	81811848	54441240
13	6. 5	18447602	79469	-24058998	12939965	-59760	-3076968	5507604	139229	-20982086	83609560	83588424	55599140
14	7	16049861	-168945	-24925504	11892137	-58834	-3090976	4157734	-110111	-21834528	81355288	81366456	53938332
15	7. 5	14402134	-662566	-24484124	11016958	-61954	-3087894	3385206	-600613	-21396204	78172880	78418056	51823436
16	8	12613645	-409072	-23558496	10193924	-51379	-3032103	2419722	-357693	-20526404	75391608	75637592	49892380
17	8. 5	11511038	-245552	-22727064	9655129	-43955	-2935491	1855927	-201597	-19791564	73079232	73936312	48447648
18	9	10795745	65770	-21889102	9493935	-47565	-2852258	1301832	113335	-19036808	70275960	71413024	47007232
19	9. 5	11518738	-41685	-21432160	10113323	-36358	-2842734	1405402	-5327	-18589404	71927104	72227976	47876780
20	10		-348626	-21722230	11104104	-42161	-2920425	1323481	-306465	-18801818	78848752	78867400	52413508







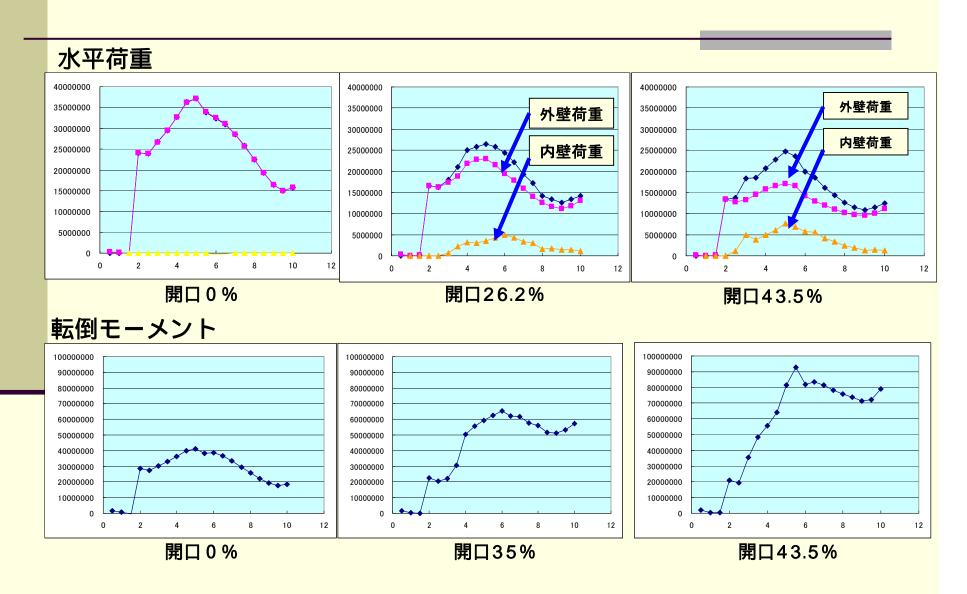
断面圧力分布図



転倒モーメント



#### 水平荷重と転倒モーメントの比較



### 広域の津波シミュレーション

- •Revit, Civil3Dによる3次元モデリング
- ・プログラムの64bit化による大規模計算
- ・既往の津波シミュレーションと接合性 のある波の設定条件
- 津波の進展状況,深水域・水平体力など 時系列変化を含む可視化
- ・護岸,防波堤,防潮堤,水門等の検討



## 津波の高さの設定1

資料2-1 国土交通省提出資料

#### 設計津波の水位の考え方(この水位を基に海岸堤防の高さを決定)

#### 東日本大震災復興構想会議「復興への提言~悲惨のなかの希望~」(6月25日)

第1章 新しい地域のかたち

- (4) 既存復興関係事業の改良・発展(抄)
- ・防波堤・防潮堤については、比較的頻度の高い津波、台風時の高潮・高波などから陸地を守る性能を持ったものとして再建する。

#### 中央防災会議専門調査会※「中間とりまとめ~今後の津波防災対策の基本的考え方について~」(6月26日)

《東北地方太平洋沖地震を教訓とした ・地震・津波対策に関する東門調査会

- 3. 津波対策を構築するにあたってのこれからの想定津波の考え方
- (3)頻度の高い津波に対する海岸保全施設等による津波対策
- ・海岸保全施設等の整備の対象とする津波高を大幅に高くすることは、施設整備に必要な費用、海岸の環境や利用に及ぼす 影響などの観点から現実的ではない。
- ・しかしながら、人命保護に加え、住民財産の保護、地域の経済活動の安定化、効率的な生産拠点の確保の観点から、 引き続き、比較的頻度の高い一定程度の津波高に対して海岸保全施設等の整備を進めていくことが求められる。

#### 海岸における津波対策検討委員会

【委員】

学識者: 磯部雅彦、今村文彦、佐藤愼司、高橋智幸、中野晋、平石哲也、藤間功司 (敬称略) 行 政: <u>岩手県、宮城県、福島県、東北農政局、東北地方整備局</u>、農研機構農村工学研究所、

水産総合研究センター水産工学研究所、国土技術政策総合研究所、港湾空港技術研究所 事務局・農林水産省(農村振興局、水産庁)、国土交通省(水管理・国土保全局、港湾局)

事務局 : 農林水産省(農村振興局、水産庁)、国土交通省(水管理·国土保全局、港湾局)

○ 海岸堤防の設計津波の水位の設定方法等について審議頂いた(4月28日、6月27日)

農林水産省及び国土交通省から海岸管理部局に対し、「設計津波の水位の設定方法等について」を通知(7月8日)

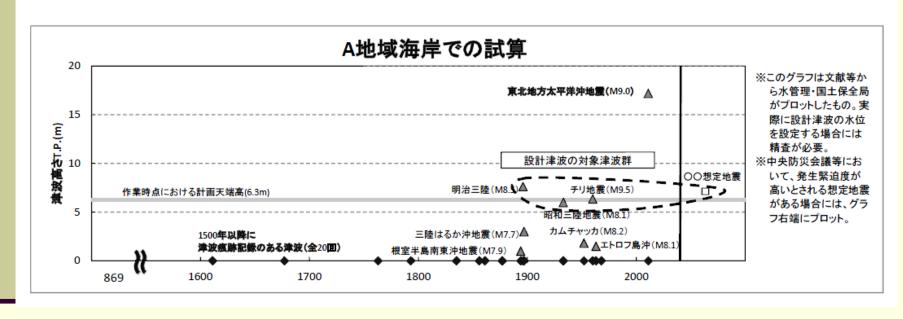
防災より減災 津波被害をすべて防ぐのは 困難・

構造物はある 程度は壊れる とみて設計耐 力や避難時間 を見積もる



## 津波の高さの設定2

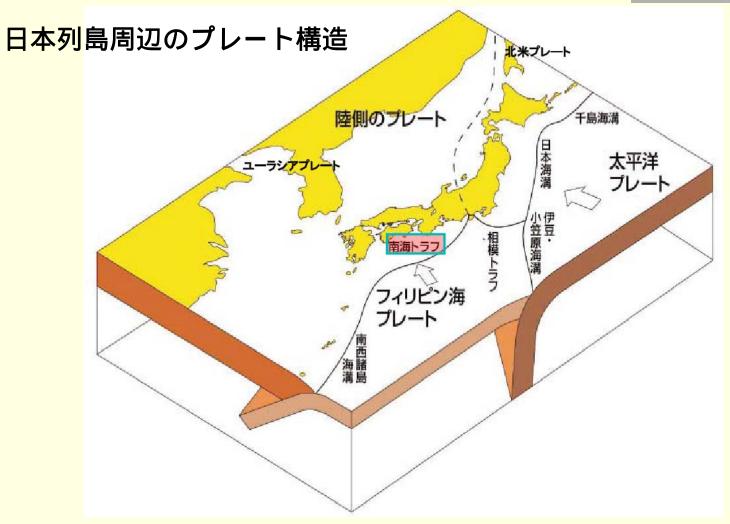
(参考資料)地域海岸における設計津波の対象津波群の選定について



どの対象津波群を設計対象にするかは、自治体・設計者が個々に決定.何をリスクと考えるか、どのような対策をとるかによっても設定津波高さは変わってくる.



# 津波の方向の設定1

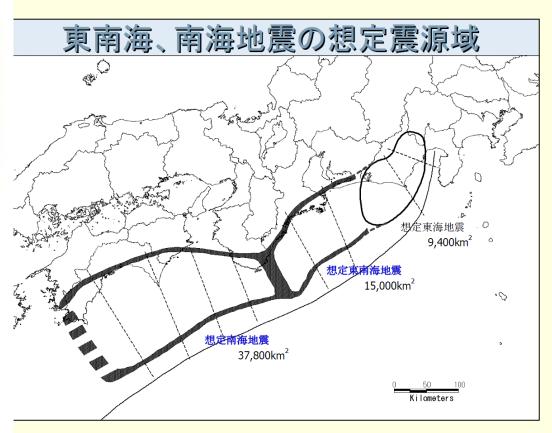




### 津波の方向の設定2

#### 東日本大震災の震源断層







### 建物・構造物被害の実際

建築研究所・東京大学生産技術研究所合同調査より



転倒した交番 (女川町、RC 造、2 階建)



残存したホテル (宮古市田老、S造、6階建)



層崩壊した建築物 (陸前高田市、RC 造、平屋)



崩壊した鉄道橋 (田野畑村、RC造)



崩壊・転倒した防潮堤 (山田町、RC 造)

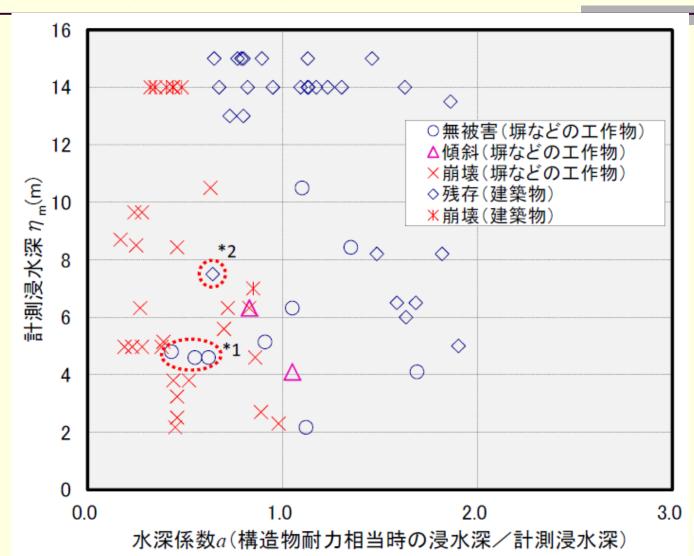


崩壊したブロック塀 (亘理町、CB造)



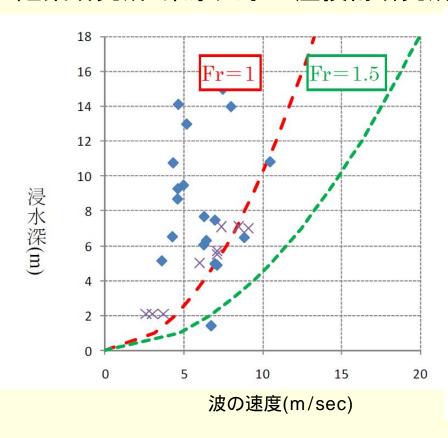
### 建物・構造物被害のまとめ

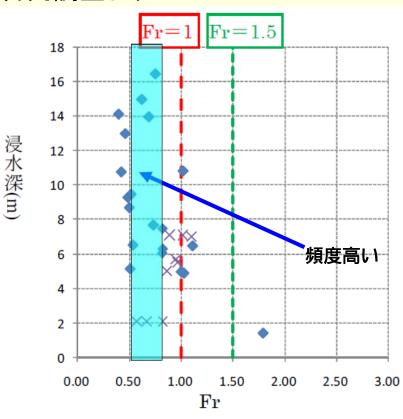
建築研究所・東京大学生産技術研究所合同調査より



## Fr数設定の根拠1

#### 建築研究所・東京大学生産技術研究所合同調査より







### Fr数設定の根拠2

#### 地震工学会 東京大学生産技術研究所中埜教授発表より

#### フルード数Fr のまとめ

#### ◆抗力による検討結果

	遮蔽物あり	遮蔽物なし
三陸地方	F <sub>r</sub> =0.65	F <sub>r</sub> =0.9以上
平野部	F <sub>r</sub> =0.8	F <sub>r</sub> =1.2以上

※海岸からの距離D>500mでFr=0.7程度を下限

#### 水深係数aのまとめ

#### ♦ 抗力式による検討結果 $(a = \sqrt{2}Fr)$ から算定)

	遮蔽物あり	遮蔽物なし
三陸地方	<i>F,</i> =0.65 ⇒ <u>a=0.92</u>	<i>F,</i> =0.9以上 ⇒ <u>a=1.27以上</u>
平野部	<i>F,</i> =0.8 ⇒ <u>a=1.13</u>	<i>F,</i> =1.2以上 ⇒ <u>a=1.70以上</u>

※海岸からの距離D≥500mでFr=0.7(⇒a=1.0) 程度を下限

#### ◆ 静水圧式による検討結果

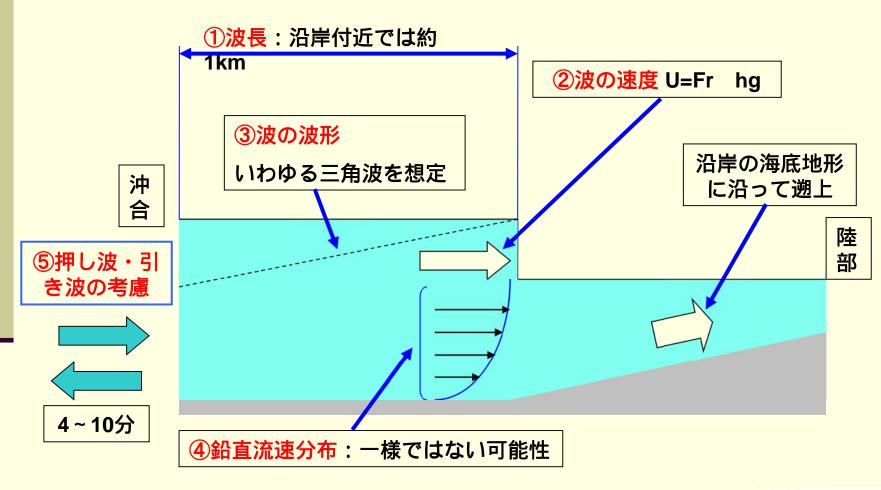
遮蔽物あり	遮蔽物なし
a=1.0	a=1.5以上

東日本大震災(津波) JAEE振幹 ppsx .. 34.

東日本大震災(津波)。JAEE接行 pptx -- 32 -



## 遡上に影響する波の設定条件





### 広域津波シミュレーションの実際1

断面流速ベクトル+

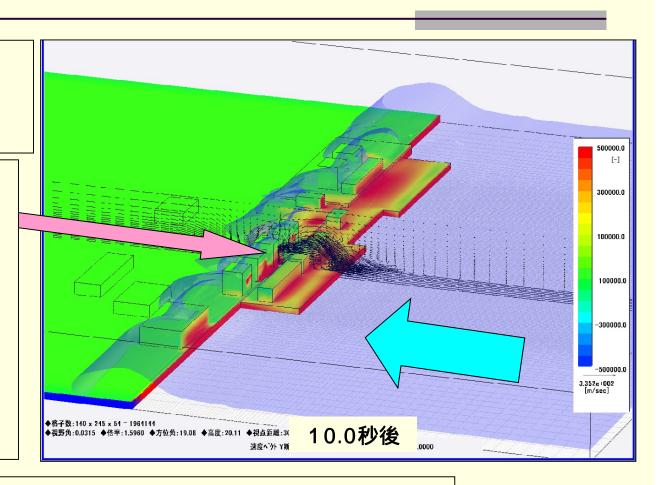
表面圧力+

VOF等值面

更に波は進み、後方の建屋に掛かる。

この時、前方建物で波の 荷重を支えているので、 後方建物の下部にしか荷 重が掛かっていない。 この事は後方建屋の転倒 モーメントが小さくなっ ていることを意味する。

また、後方建屋の更に後ろ側は津波荷重がかなり低減される。

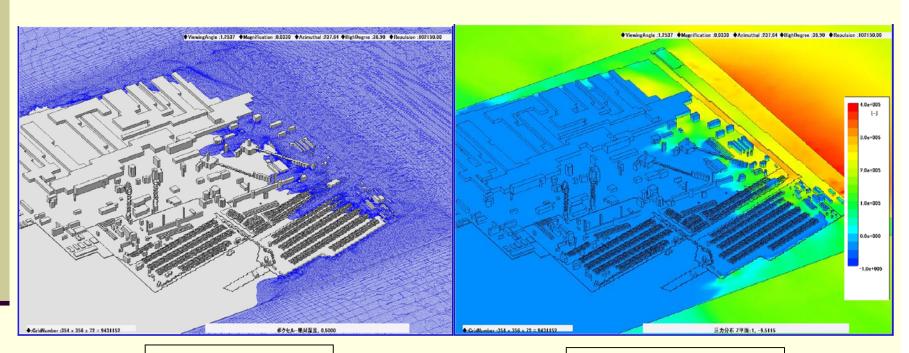


実在地形での高波高シミュレーション - 10.0秒後



## 広域津波シミュレーションの実際2

#### 某製鉄所 津波浸水シミュレーション



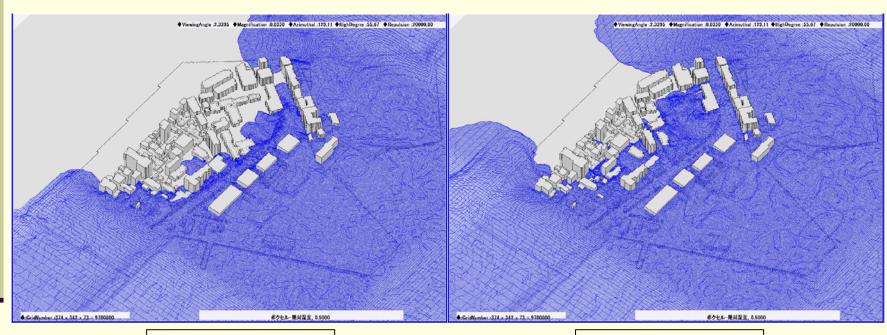
100秒後 浸水域

100秒後 荷重分布



## 広域津波シミュレーションの実際3

#### Y市街 津波浸水シミュレーション



55秒後 浸水域

80秒後 浸水域

