

LIQCA を用いた河川構造物と地盤の液状化解析

1. 解析概要

本構造物は一級河川に設置された農業用水の取水堰で、河川横断方向に設置された3連の樋門で構成される。設置地点は首都直下地震で震度6強が想定される地域であり、レベル1およびレベル2の地震動に対して動的解析を行った。レベル2地震時には地盤の液状化を考慮する必要があるため2次元解析ソフト「LIQCA」を用いて動的時刻歴非線形解析を行った。

2. 構造概要

堰の概要は写真1のような3連の樋門から成り、左岸側、中間、右岸側の堰柱は図1に示す。各堰柱とも流水方向および堰軸方向の地震動に対して解析を行うものとし、流水方向のモデルは図2のように地盤と杭基礎を含めている。



写真1 水門堰体の現況

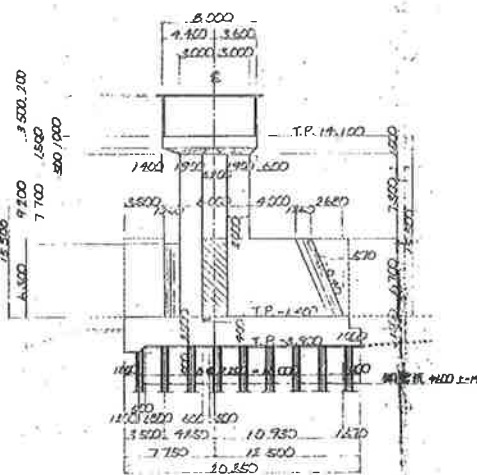


図1 堰柱の断面図

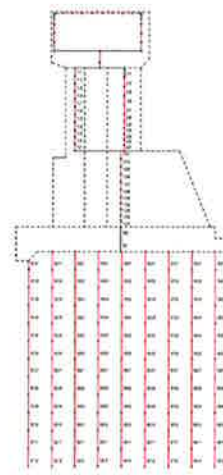


図2 流水方向モデル

3. 地盤の物性値設定

図3は右岸側の柱状図であり、この他付近の柱状図から河川横断方向の地層想定断面図を作成して各層の物性値を設定した。表1、表2および図4は設定した地盤物性値の例である。

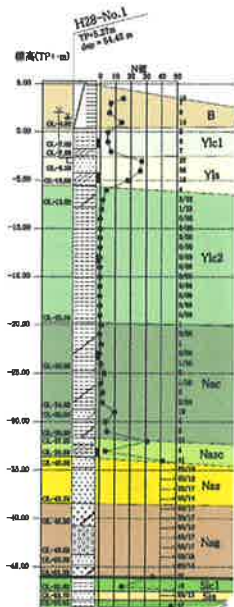


図3 右岸側柱状図

地層 記号	初期 せん断弾性 係数 G_0 (kN/m ²)	初期平 均有効 応力 σ'_v (kN/m ²)	粘着力 c (kN/m ²)	内部 摩擦角 ϕ (°)	せん断 強度 τ_f (kN/m ²)	$\gamma_{0.5}$ (%)	$b_{0.5}$ (%)	α	β
B (水位上)	56204	21.533	34	0	65	0.1	20	2.16	1.92
B (水位下)	56204	45.633	34	0	65	0.1	20	2.16	1.92
Ylc1	36735	54.200	34	0	34	0.1799	17.43	1.04	1.73
Ylc2	22041	93.333	34	0	34	0.2246	16.17	1.24	1.68
Nac	49592	142.933	36	0	36	0.2911	16.64	0.626	1.71
Nasc	76500	167.333	68	0	68	0.1355	15.04	1.18	1.62
Nas	149776	188.000	0	35	108	0.1355	15.04	1.04	1.62

表1 R0モデルのパラメータ

パラメータ名	設定値
単位体積重量 γ (kN/m ³)	18
透水係数 k (m/sec)	7×10^{-4}
初期剪断比 γ_0	0.05
せん断速度 V_s (m/sec)	200
初期平均有効応力 σ'_v (kN/m ²)	44.233
圧縮係数 λ	0.127
膨張係数 κ	0.015
繰返しせん断比 OCR	1.0
繰返しせん断せん断係数 G_s/σ'_v	1601
変位応力比 M_v	0.900
破壊応力比 M_v	1.27
繰返し弾性中のパラメータ B_1	2500
繰返し弾性中のパラメータ B_2	30
繰返し弾性中のパラメータ C_1	1
基準のすべり (弾塑性) γ_{pl}	0.001
基準のすべり (弾性) γ_{el}	0.01
ダイレイタンス係数 D_v	2.5
ダイレイタンス係数 α	11.5
異方向性係数のパラメータ β	2000

表2 繰返し弾塑性モデルの物性値

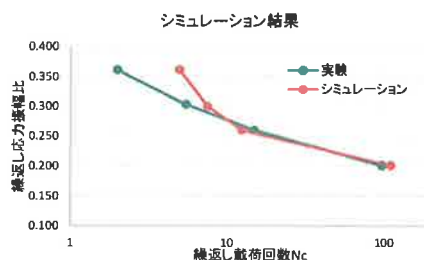


図4 シミュレーション結果

4. 全体解析モデル

図5は流水方向の全体解析モデルである。境界条件として地盤面から約43mの位置を底面粘性境界とし、上流側、下流側ともに約110mの幅をとって繰返し境界を設定した。



日中コンサルタント株式会社
 中文名: 日中設計諮詢株式会社
 JAPAN-CHINA CONSULTANT CO., LTD.

〒134-0086 東京都江戸川区臨海町 3-6-3

TEL: 03-3687-8801 FAX: 03-3687-8803

2017年8月作成

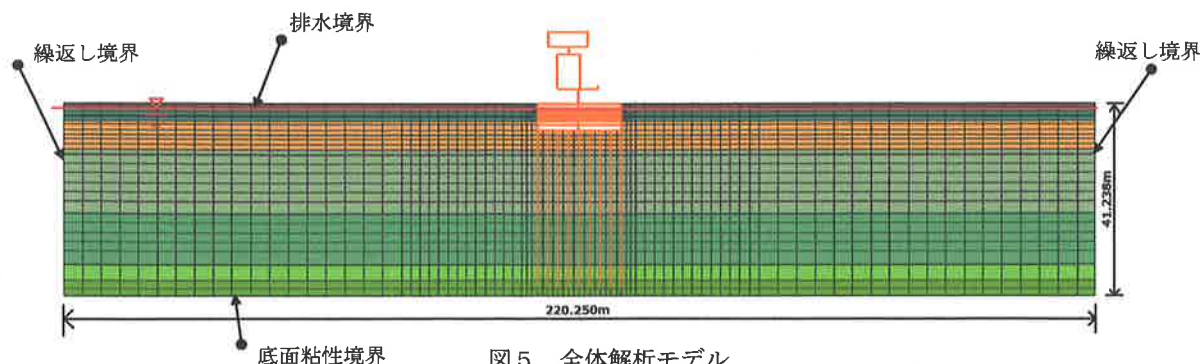


図5 全体解析モデル

5. 地盤解析結果

図6～9に流水方向の地盤解析結果の例を示す。



図6 変形図

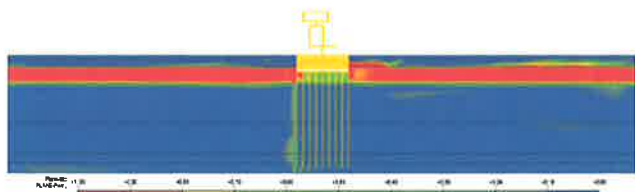


図8 過剰間隙水圧比のコンター図

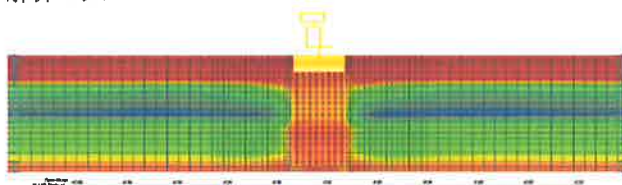


図7 せん断ひずみのコンター図

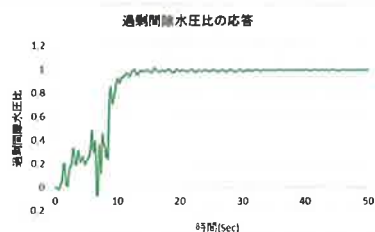


図9 過剰間隙水圧比の応答

6. 構造物の照査結果

図10～11に堰柱の流水方向断面力および残留変位の照査結果を示す。

表7-2-41 曲げ照査結果

照査部位	要素番号	曲げ曲率照査<Z-11-11-1>				曲げ曲率照査<Z-11-11-2>				曲げ曲率照査<Z-11-11-3>			
		終局曲げ Mu (kN)	曲げ M (kN)	M/μ (kN)	判定	終局曲げ Mu (kN)	曲げ M (kN)	M/μ (kN)	判定	終局曲げ Mu (kN)	曲げ M (kN)	M/μ (kN)	判定
堰柱	1301	40755	43240	0.903	OK	43930	0.937	OK	42755	0.903	OK		
堰柱	1302	45919	40480	0.883	OK	41820	0.908	OK	40010	0.872	OK		
堰柱	1303	45122	39020	0.865	OK	39940	0.885	OK	38400	0.853	OK		
堰柱	1304	44434	37910	0.853	OK	38550	0.868	OK	37250	0.839	OK		
堰柱	1305	43000	36970	0.843	OK	37200	0.855	OK	36030	0.829	OK		
堰柱	1306	27552	24550	0.901	OK	24810	0.910	OK	23830	0.874	OK		
堰柱	1307	28078	27240	0.937	OK	27240	0.904	OK	27590	0.924	OK		
堰柱	1308	25882	22780	0.881	OK	22300	0.883	OK	22770	0.879	OK		
堰柱	1309	25058	21800	0.868	OK	21820	0.871	OK	21000	0.862	OK		

表7-2-40 せん断力照査結果

照査部位	要素番号	せん断力照査<Z-11-11-1>				せん断力照査<Z-11-11-2>				せん断力照査<Z-11-11-3>			
		せん断力 S (kN)	せん断力 Pa (kN)	S/Pa 比率	判定	せん断力 S (kN)	せん断力 Pa (kN)	S/Pa 比率	判定	せん断力 S (kN)	せん断力 Pa (kN)	S/Pa 比率	判定
堰柱	1301	17900	8095	1.875	OK	17900	8095	1.875	OK	18300	8095	1.888	OK
堰柱	1302	18410	8054	1.794	OK	17820	8054	1.874	OK	18170	8054	1.882	OK
堰柱	1303	18910	8050	1.791	OK	17810	8050	1.874	OK	18170	8050	1.882	OK
堰柱	1304	19100	8054	1.888	OK	17810	8054	1.874	OK	18170	8054	1.882	OK
堰柱	1305	19100	8054	1.888	OK	17810	8054	1.874	OK	18170	8054	1.882	OK
堰柱	1306	10210	8054	0.852	OK	8054	8054	0.852	OK	8054	8054	0.852	OK
堰柱	1307	10210	8054	0.852	OK	8054	8054	0.852	OK	8054	8054	0.852	OK
堰柱	1308	10210	8054	0.852	OK	8054	8054	0.852	OK	8054	8054	0.852	OK
堰柱	1309	10210	8054	0.852	OK	8054	8054	0.852	OK	8054	8054	0.852	OK
堰柱	1310	10210	8054	0.852	OK	8054	8054	0.852	OK	8054	8054	0.852	OK

表7-3-1 堰柱残留変位照査

No	地盤深	ケース	時間 (sec)	水平変位 (mm)				堰柱頂部1012の残留変位 (mm)				堰柱頂部1012の残留変位 (mm)				堰柱頂部1012の残留変位 (mm)			
				原点:501	原点:1012	原点:1012	原点:1012	原点:501	原点:1012	原点:1012	原点:1012	原点:501	原点:1012	原点:1012	原点:1012	原点:501	原点:1012	原点:1012	原点:1012
1	L1	ゲート開	50	5.1E-02	2.1E-02	4.1E-02	-2.1E-02	8.1E-02	5.1E-02	5.1E-02	5.1E-02	8.1E-02	5.1E-02	5.1E-02	5.1E-02	8.1E-02	5.1E-02	5.1E-02	5.1E-02
2	L1	ゲート開	100	5.1E-02	2.1E-02	4.1E-02	-2.1E-02	8.1E-02	5.1E-02	5.1E-02	5.1E-02	8.1E-02	5.1E-02	5.1E-02	5.1E-02	8.1E-02	5.1E-02	5.1E-02	5.1E-02
3	L1-L11-1	ゲート開	150	1.1E-01	3.1E-01	1.1E-01	-1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01
4	L1-L11-1	ゲート開	200	1.1E-01	3.1E-01	1.1E-01	-1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01
5	L1-L11-1	ゲート開	250	1.1E-01	3.1E-01	1.1E-01	-1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01
6	L1-L11-1	ゲート開	300	1.1E-01	3.1E-01	1.1E-01	-1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01
7	L1-L11-1	ゲート開	350	1.1E-01	3.1E-01	1.1E-01	-1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01
8	L1-L11-1	ゲート開	400	1.1E-01	3.1E-01	1.1E-01	-1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01
9	L1-L11-1	ゲート開	450	1.1E-01	3.1E-01	1.1E-01	-1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01
10	L1-L11-1	ゲート開	500	1.1E-01	3.1E-01	1.1E-01	-1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01
11	L1-L11-1	ゲート開	550	1.1E-01	3.1E-01	1.1E-01	-1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01
12	L1-L11-1	ゲート開	600	1.1E-01	3.1E-01	1.1E-01	-1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01
13	L1-L11-1	ゲート開	650	1.1E-01	3.1E-01	1.1E-01	-1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01
14	L1-L11-1	ゲート開	700	1.1E-01	3.1E-01	1.1E-01	-1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01	1.1E-01

図10 断面力と残留変位の照査結果

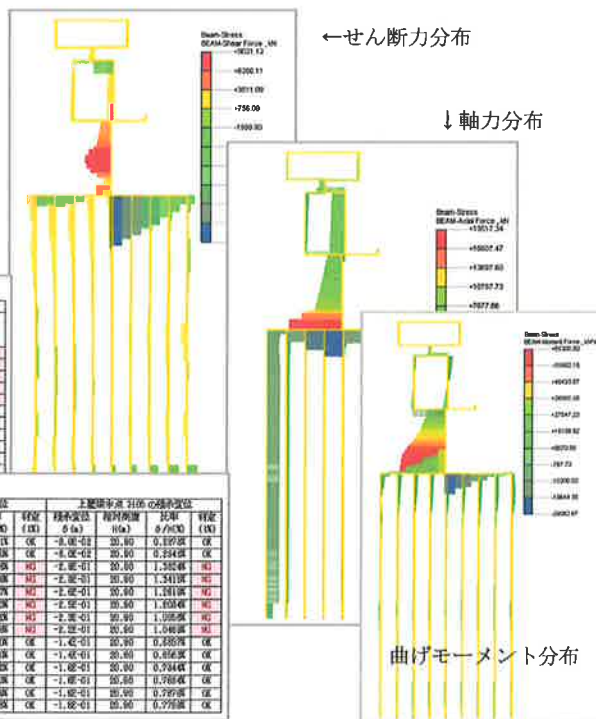


図11 断面力の分布図



日中コンサルタント株式会社

中文名: 日中設計諮詢株式会社

JAPAN-CHINA CONSULTANT CO., LTD.

〒134-0086 東京都江戸川区臨海町 3-6-3

TEL: 03-3687-8801 FAX: 03-3687-8803