

平澤地區 農業綜合開發事業 牙山防潮堤工事竣工을 앞두고(I)

Actual Experiences on Asan Sea Dike Construction works for Pyong-Taeck multi-purpose Agricultural Development Project

林 迎 春*
Yung Choon Lim

I. 서 론

우리나라에서 최대규모로 또 처음으로 세계은행 차관에 의한 농업종합개발사업을 벌리고있는 금강평택지구의 제일 중요한 구조물인 아산방조제가 착공 3년만에 성공적인 완공이 수주일내로 박두한 이 시기에 이 공사에 관한 계획, 설계, 입찰, 및 공사 시공(특히 물막이 공사)에 깊숙히 관여한 필자로서 본 아산방조제 공사에 관하여 경험하고 또 느낀바를 독자여리분께 소개하고자 하며 이는 앞으로 우리나라의 대 규모 방조제공사나 하구언의 설계 및 공사에 조금이라도 도움이 되었으면 하는 마음에서 이다

II. 아산방조제 공사가 지니고 있는 의의

1. 아산방조제 공사는 우리나라에서는 처음으로 세계은행의 차관을 얻어 실시하는 농업종합개발사업의 하나로 금강및 평택에 걸쳐 약 2만여정보를 관개할 중요한 방조제이다.

2. 공사는 세계은행의 입찰지침에 따라 국제입찰에 붙여 업자를 선정하였다.

3. 따라서 입찰서 계약서를 비롯하여 공사 기성고 처리 등 그 양식을 재래 국내에서 쓰던 방식과 다른 새로운 방법으로 입찰및시행 도서를 만들었으며 그 일체를 우리나라 말 대신 영어를 사용하였다.

세계은행의 돈을 빌릴 때는 국제입찰을 해야 함이 세계의 어느나라에도 공통적으로 사용되는 조건이다.

4. 공사여건이 가장 어려웠다. 즉 방조제 공사에

서 그 난이를 판단하는 척도가 되는 대조시 조석량이 180백만 m^3 이라는 방대한 양이었고 또한 최대조차가 10.4m로 세계에서 간척으로 이름난 화란, 독일, 일본 등의 5m 이내인데 비하여 2배가 넘는다는 점이다. 조차가 크고 조석량이 많으면 방조제공사중 유속이 커지게 되며 이는 공사의 난이에 지배적인 인자가 되는 것이다. 본 아산방조제의 최종물막이 시초당 5~7m/sec 라는 놀라운 유속하에서 그 난관을 극복하였다.

5. 본 방조제의 설계와 물막이 공사계획은 국제적인 최신기술을 적용하였을 뿐만아니라 이것이 우리 기술진에 의하여 구상 되었으며 국제적인 저명한 간척기술자들의 검토를 거쳐 이루어 졌다는 점이다. 검토에 참여한 외국기술자들로는 용역단의 일원으로써 독일및 화란의 전문가를 비롯하여 IBRD의 전문가로서 불란서 및 미국 기술자들이 었다.

이러한 가운데 잊지못할 한 예는 기술용역단으로서 독일기술자들 (대학교수, 정부기관의 고급기술자 및 용역회사의 전문가)이 참여하여 우리의 세부설계를 검토하고 우리의 안보다 방조제 횡단면의 중요한 부분이 상당히 다른 안을 제시하여온바 있었으나 그 네들의 잘못된 점을 지적하여 그들을 납득시키고 우리안대로 설계를 채택한바가 있으며 이 사실이 IBRD 에도 알려지게되어 우리의 간척기술 수준을 과시한 바 있었음은 흐뭇한 일이라 할 수 있겠다.

6. 방조제 안전도가 높다. 방조제는 불시의 태풍을 만났을때 피해를 입어 무너지기 시작하면 일순에 모두 터져 버릴 수 있는 위험한 구조물이다. 한번 터지기만하면 모든 간척지는 바다로 화하고 2만1천정보의 관개지는 4~5년간 다시 방조제를 만들기 까지는 관개용수를 못주게 된다. 한번 터지면 본 아산방조제같이 큰규모의 것은 현재 만든것의 몇배 더

※農業振興公社 錦平事業擔當理事

법이 들어야 하고 따라서 공사비도 더 많이 들고 공사기간도 더 길게 들게됨이 상례이며 따라서 안전하지 못한 방조제를 만들었다가 터지는 경우가 생긴다 그러면 그 자리에 다시 만들지 못하고 새로 다른 자리를 택하여 만들어야 된다. 방조제 안전도에 있어서는 간척기술의 발달과도 밀접한 관계가 있는 것으로 간척기술이 가장 발달하였다는 화란에 있어서도 1932년 저 유명한 “자이달지” 방조제가 완공되기 전까지는 수백년동안을 한쪽에서 방조제를 막고 수리하고 한편에서는 태풍에 터져 농토가 다시 바다가 되어버리는 악순환 속에서 악전고투를 계속해온 형편으로 이 원인은 1930년대 이전에는 간척기술이 발달되지 못하여 기술적으로 안전한 방조제를 만들지 못하고 고생을 해왔던것이나 오랜동안의 고생끝에 간척기술을 발달시켜 “자이달지” 외각방조제를 설계 시공함을 계기로 간척기술의 비약적인 발전을 가져왔다 일본의 예를 보더라도 1960년대 이전은 안전도가 낮은 방조제를 만들어었고 따라서 방조제의 터지는 예도 드물지 않은 것으로 알며 “아끼다현”의 “하찌로가다” 간척을 전후하여 화란에서 최신 간척기술을 도입, 간척기술의 비약적 발전의 계기를 만들었다. 다음에 우리나라의 간척기술의 발달사를 회고컨대 우리나라도 일본과 비슷한 시기(1960년대)에 간척기술이 발달하였다고 할 수 있다. 1962년, 목포 간척지구의 조사설계를 UN 특별기금에 의해 FAO가 화란의 NEDOCO를 용역하므로써 시작되었다. 필자 자신이 1962년 2월부터 화란의 전문가들과 만 3년간을 간척설계에 종사하며 간척기술개발에 기여할수 있었던 기회를 가졌음은 유익한 일이라 생각한다. 특히 이 3년간의 마지막 7개월을 화란에 가서 저명한 화란 간척 기술자들과 접할 기회를 가져 많은것을 배우고 많은 것을 보고 무엇을 우리나라에 돌아가서 할것이냐를 깨닫고 왔다. 이 귀중한 경험이 토대가 되어 귀국후도 계속 1960년대 이후의 우리나라 주요 간척사업에 기술면에 있어서 주역의 한사람으로 오늘날까지 참여하고 있다. 아산방조제는 우리의 기술진으로 충분하며 선진국의 현대 방조제 못지 않게 안전도가 높은 것으로 설계됐고 시공됐다는 것을 말할 수 있다. 화란의 “자이달지” 지구나 “델타워크” 지구는 1만년 빈도의 태풍에 대비 설계했으나 우리는 그렇게까지는 못하고 100년 빈도를 채택하였으니 100년 만에 한번오는 태풍에도 터져나가지 않을정도의 안전율은 가지고 있는 셈이다.

참고로 우리나라 방조제의 안전도에 대해 필자의 견해를 좀 더 언급한다면 우리나라에서 1960년대에 단든 많은 방조제 중에서 동진강 제 2호 방조제와

금강평택 지구의 남양방조제 및 본 아산방조제 (73.12. 준공예정) 3개를 제외하고는 모두 화란의 1930년대 이전에 만든방조제와 비슷한 안전도가 낮은 위험한 방조제들이라고 보고 있다. 언젠가 적용한 대책이 필요하다고 보는바이다.

이에 관하여 필자가 절실히 실감한바는 1962년 2월에서 3월에 걸쳐 우리나라 서남해안의 해면간척 가능지 조사를 화란기술자들과 같이 한일이 있는데 그때 몇개의 기설방조제를 보고 화란기술자들이 이구동성으로 위험천만하게 본다든 말을하여 필자의 지식으로 실감있는 공감이 없었는데 그후 3년간을 그들과 같이 일을하고 영산강하구언 마산만하구언 금호만 하구언등의 설계를 하고 좀 새로운 지식을 익히고 귀국하여 1964년 10월에 그당시 토련이 하던 방조제공사 지구 전체를 돌며 기설방조제 들을 보니 1962년도에 화란기술자들이 말하든 위험 천만이라는 말이 정말 공감이 갔다. 어느정도 방조제에 대하여 알게되니 자세한 계산을 하기전에 불안한 것이나 안전도가 높은 것이나 하는문제는 표준다면 또는 한번 현장을 보므로써 판단이간다. 그런면에서도 아산방조제는 필자의 판단에 충분히 안전하다는 감을 주는 것이다.

7. 방조제의 기초조건이 좋지않으므로 새로운 공법을 썼고 가장 공사비가 적게드는 공법을 택했다. 그림 1 방조제 지점 지질주상도에 표시한바와 같이 방조제 길이 2,564m 중 약 400m 가량이 암반 또는 경질기초이고 나머지구간은 모두 적은 유속에도 유실침식이 일어날수있는 공학적으로 아주 연약한 기초이다. 그리고 방조제축조 재료로는 여러모로 비고 검토해본 바방조제 위치양안에 용이하게 구할수있는 돌과 흙으로 만드는 것이 가장 경제적으로 이러한 설계방향일설마 이 불량한 연약지반을 어떻게 보호 하느냐 하는 것이 가장 중요한 요소임으로 기초지반 보호공으로 1960년대 경험한 동진강 방조제를 위시 대천방조제 미면방조제 진도방조제 무안 새우양식장 방조제 등 산 경험을 살려 본 아산방조제에서 처음으로 가마니 3겹을 겹쳐 그밑에 포리에스텔 천을 깔아 흙기초지반에 깔고 돌로 눌러 놓은 메트레스공(사진 1.2)은 우리나라에서는 물론 처음이며 선진국에서도 적용한 예가 없는것으로 안다. 이 새로운 공법이 요약하여 표현 하기는 간단한것 같으나 기술적으로 상당한 검토가 필요했으며 실지, 시공에도 많은 애로와 어려움이 있었 것도 사실이였다. 결과적으로 연약한 기초지반을 이 새로운 공법으로 보호하고 가장 공사비가 적게드는 공법으로 들 1백만m³ 흙 2백만 m³를 주재료로하여 공사를 끝마치기에 이르렀다.

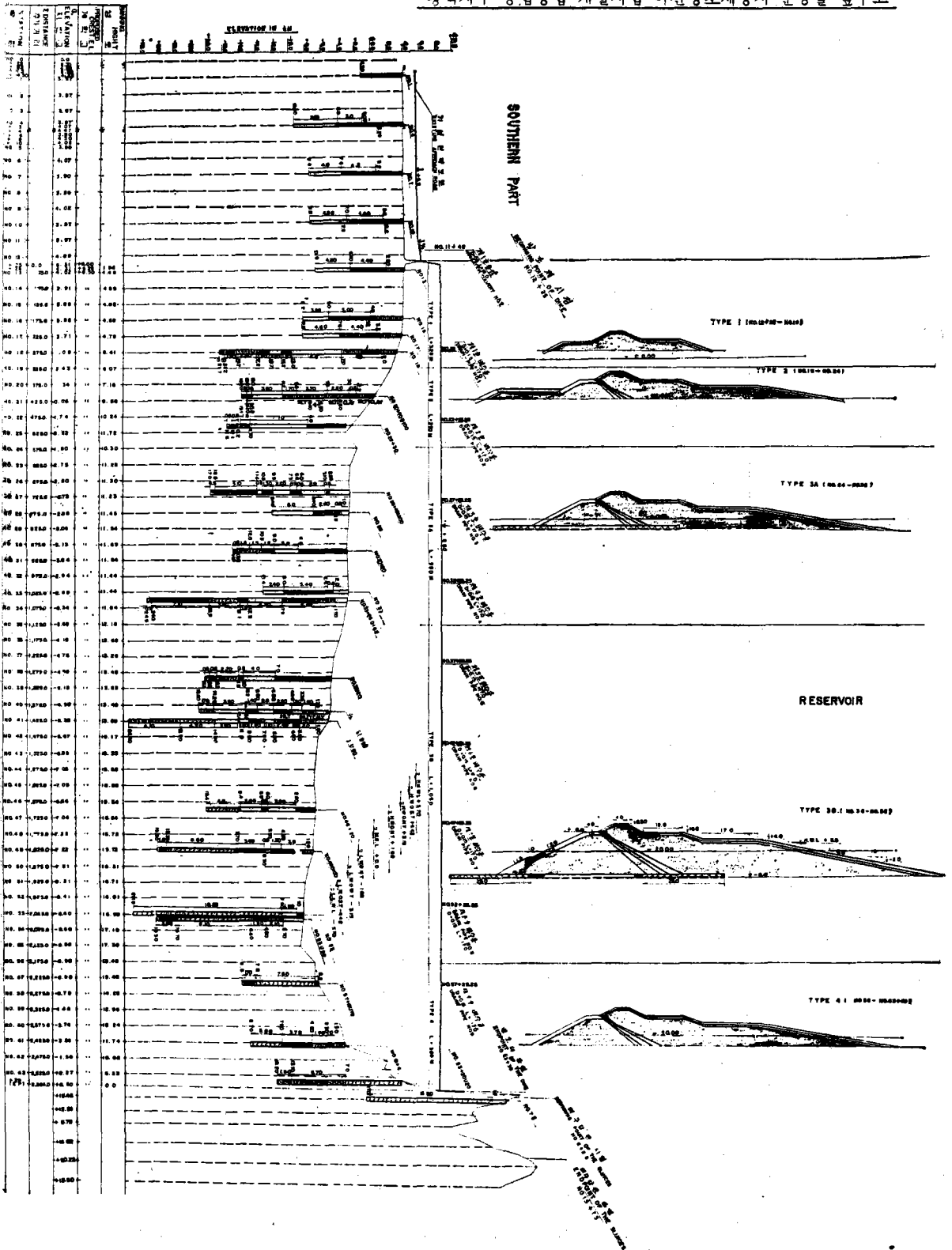


그림 1. 방조제지점 지질추상도

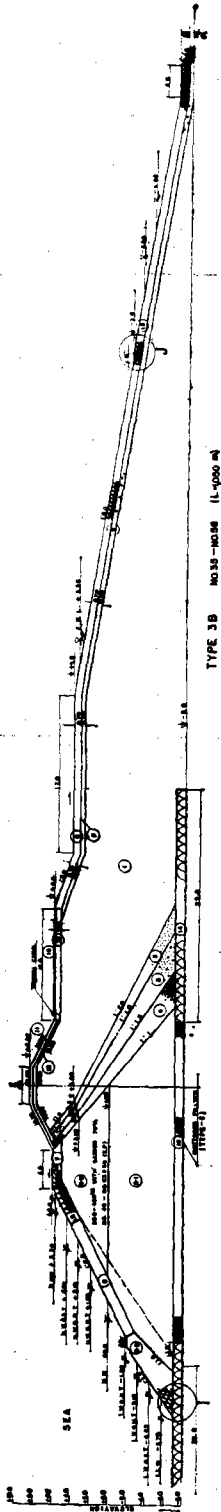
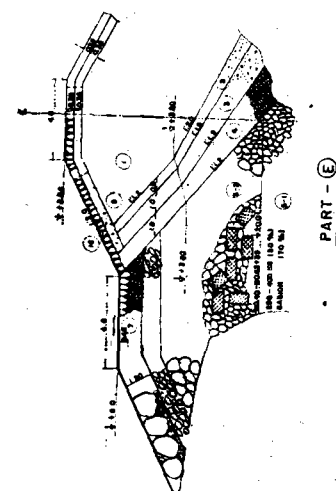


그림 2. 방조제 표준 단면도

LEGEND

NO	기호	NAME OF MATERIAL	기호	NAME OF MATERIAL
1	○	EMERALD FILL	1	EMERALD FILL
2	○	COARSE SAND	2	COARSE SAND
3	○	SAND & GRAVEL	3	SAND & GRAVEL
4	○	GRAVEL	4	GRAVEL
5	○	GRAVEL	5	GRAVEL
6	○	GRAVEL	6	GRAVEL
7	○	GRAVEL	7	GRAVEL
8	○	GRAVEL	8	GRAVEL
9	○	GRAVEL	9	GRAVEL
10	○	GRAVEL	10	GRAVEL
11	○	GRAVEL	11	GRAVEL
12	○	GRAVEL	12	GRAVEL
13	○	GRAVEL	13	GRAVEL
14	○	GRAVEL	14	GRAVEL
15	○	GRAVEL	15	GRAVEL
16	○	GRAVEL	16	GRAVEL
17	○	GRAVEL	17	GRAVEL
18	○	GRAVEL	18	GRAVEL
19	○	GRAVEL	19	GRAVEL
20	○	GRAVEL	20	GRAVEL
21	○	GRAVEL	21	GRAVEL
22	○	GRAVEL	22	GRAVEL
23	○	GRAVEL	23	GRAVEL
24	○	GRAVEL	24	GRAVEL
25	○	GRAVEL	25	GRAVEL
26	○	GRAVEL	26	GRAVEL
27	○	GRAVEL	27	GRAVEL
28	○	GRAVEL	28	GRAVEL
29	○	GRAVEL	29	GRAVEL
30	○	GRAVEL	30	GRAVEL
31	○	GRAVEL	31	GRAVEL
32	○	GRAVEL	32	GRAVEL
33	○	GRAVEL	33	GRAVEL
34	○	GRAVEL	34	GRAVEL
35	○	GRAVEL	35	GRAVEL
36	○	GRAVEL	36	GRAVEL
37	○	GRAVEL	37	GRAVEL
38	○	GRAVEL	38	GRAVEL
39	○	GRAVEL	39	GRAVEL
40	○	GRAVEL	40	GRAVEL
41	○	GRAVEL	41	GRAVEL
42	○	GRAVEL	42	GRAVEL
43	○	GRAVEL	43	GRAVEL
44	○	GRAVEL	44	GRAVEL
45	○	GRAVEL	45	GRAVEL
46	○	GRAVEL	46	GRAVEL
47	○	GRAVEL	47	GRAVEL
48	○	GRAVEL	48	GRAVEL
49	○	GRAVEL	49	GRAVEL
50	○	GRAVEL	50	GRAVEL
51	○	GRAVEL	51	GRAVEL
52	○	GRAVEL	52	GRAVEL
53	○	GRAVEL	53	GRAVEL
54	○	GRAVEL	54	GRAVEL
55	○	GRAVEL	55	GRAVEL
56	○	GRAVEL	56	GRAVEL
57	○	GRAVEL	57	GRAVEL
58	○	GRAVEL	58	GRAVEL
59	○	GRAVEL	59	GRAVEL
60	○	GRAVEL	60	GRAVEL
61	○	GRAVEL	61	GRAVEL
62	○	GRAVEL	62	GRAVEL
63	○	GRAVEL	63	GRAVEL
64	○	GRAVEL	64	GRAVEL
65	○	GRAVEL	65	GRAVEL
66	○	GRAVEL	66	GRAVEL
67	○	GRAVEL	67	GRAVEL
68	○	GRAVEL	68	GRAVEL
69	○	GRAVEL	69	GRAVEL
70	○	GRAVEL	70	GRAVEL
71	○	GRAVEL	71	GRAVEL
72	○	GRAVEL	72	GRAVEL
73	○	GRAVEL	73	GRAVEL
74	○	GRAVEL	74	GRAVEL
75	○	GRAVEL	75	GRAVEL
76	○	GRAVEL	76	GRAVEL
77	○	GRAVEL	77	GRAVEL
78	○	GRAVEL	78	GRAVEL
79	○	GRAVEL	79	GRAVEL
80	○	GRAVEL	80	GRAVEL
81	○	GRAVEL	81	GRAVEL
82	○	GRAVEL	82	GRAVEL
83	○	GRAVEL	83	GRAVEL
84	○	GRAVEL	84	GRAVEL
85	○	GRAVEL	85	GRAVEL
86	○	GRAVEL	86	GRAVEL
87	○	GRAVEL	87	GRAVEL
88	○	GRAVEL	88	GRAVEL
89	○	GRAVEL	89	GRAVEL
90	○	GRAVEL	90	GRAVEL
91	○	GRAVEL	91	GRAVEL
92	○	GRAVEL	92	GRAVEL
93	○	GRAVEL	93	GRAVEL
94	○	GRAVEL	94	GRAVEL
95	○	GRAVEL	95	GRAVEL
96	○	GRAVEL	96	GRAVEL
97	○	GRAVEL	97	GRAVEL
98	○	GRAVEL	98	GRAVEL
99	○	GRAVEL	99	GRAVEL
100	○	GRAVEL	100	GRAVEL

SCALE: 1:100



影部断面圖

사진 2. 삼고공(매트레스 CD형)포장관경



사진 1. 삼고공(매트레스 AB형)까늘관경

8. 최종 물막이공사 계획은 여러가지 비교안을 가지고 많은 검토를 하였다. 설계시 최종으로 채택한 방법이 방조제 1,800m 구간을 최종 물막이 구간으로 정하고 들로 밀다짐한 기초에서 부피 수평으로 점차로 쌓아올리는 소위 "점고식"이라는 방법을 채택하였다. 이방법을 채택한 주요 이유는 그림 2 방조제 표준단면도에 표시한 바와같이 기초지반을 전술한 새로운 밀다짐공법으로 보호한후 돌땀을 1차적으로 쌓은것으로 공사중 수위차를 필수록 줄이고 유속을 가능한 줄여 위험도를 줄이는 결과가 되므로 이 계획은 최대유속 5m/sec 이하로 할수있기 때문이다. 공사도중 많은 비교 계획이 있었다. 그림-3은 최종 물막이 구간을 1,800m, 1,000m 및 450m의 경우 대조시 최대유속 계산을 비교한 것이다. 1,800m 구간으로 최종물막이를 할경우에도 큰 유속이 날 경우

있다. 남쪽에서 북쪽대안으로 점점대조위 이상으로 돌땀을 쌓아 온 것이다. 이방법을 쓰게된 이유는 북쪽대안에 약 500m 가량 연암층이 노출되어 있어 유속에 대한 지반유실에 안전하다는점, 점고식으로 할려면 배, 바지등 많은 해상장비가 필요한데 건설업자가 구하기 어려운점, 이 반면에 담프트릭은 시공업자 자체가 보유하고 있을 뿐만 아니라 많은수를 빌리기 용이한점, 점축식 공법 일 경우에는 최고수위이상 즉 표고+500선에서 작업하니 작업이 용이하고 작업시간에 제한이 없으며 능률이 좋을 수 있는 점등 업자의 능력에 즉결되는 여러가지 요소들이 점축식을 쓰게 된 주요 요인이라 볼수있으며 이를성공시킨 결과로 볼때는 위험율을 많이 안고 한일이나 현명한 방법이였다고 할수있을지 모르겠다. 그러나 전통적인 공학적 공정 운영 이라는 점에서 정도를 벗어난 점을 부인할수없다. 가장어려운 여건하에 단순한 시공조건에 의하여 최고유속 7.0m/sec을 내게했으며 이는 세계에 전례없는 엄청난 어려움을 극복하여 성공으로 이끈것으로서 다행한 일이며 큰일을 한셈이다.

9. 도급계약에 있어 업자가 위험부담을 한점, 종래의 방조제공사에 있어서는 공사중 지반세굴 및 예기치 못했던 기성부분의 유실등은 기업주가 책임을 지는 계도를 담습해왔으며 선진국가에서도 이러한 방법을 쓰는 예가 있으나 본방조제의 도급계약에 있어서는 지반세굴 및 공사중 유실량 일체를 업자가 부담토록 한점이 주목할만한 새로운 기도였다. 이 크나큰 위험을 업자에게 부담시킨 관계로 전항에서 언급한바와 같이 기본설계에 변경이 없었던 최종물막이 방법의 변경, 공사 순서의 변경을 인정함바도 바로 이 큰 위험부담을 업자에게 부여한때 있었다. 또 공경도 3년간에 30억원의 일을 해내는 어려운 일이였으나 이를 예정대로 1973년중에 담수화가 시작했으며 즉 1974년부터는 아산호의 물로 5,000정보 이상이 관계의 혜택을 볼것이다. 수리사업에 있어 계획대로 막대한 집중투자를 예정공기내에 해내는 좋은 선택을 만들었다는 점이 이 또한 의의 있는 점이라할수 있다.

10. 필자의 특별한 느낌

어렵고 여러가지 많은 의의있는 아산방조제의 완공에 즈음하여 이에 깊숙히 관여한 한사람인 필자의 입장에서볼때 필자를 예술가라한다면 힘드려 출품한 작품이 명예스러운 특선작으로 당선된 기쁨을 느낀다고나 할까 또 어떤 중앙잡지에서 벗어난 홀가분 또는 큰책임을 다했을 때의 경쾌감등등 여러가지로 느껴진다. 본방조제의 설계와 원래의 최종물막이 방안

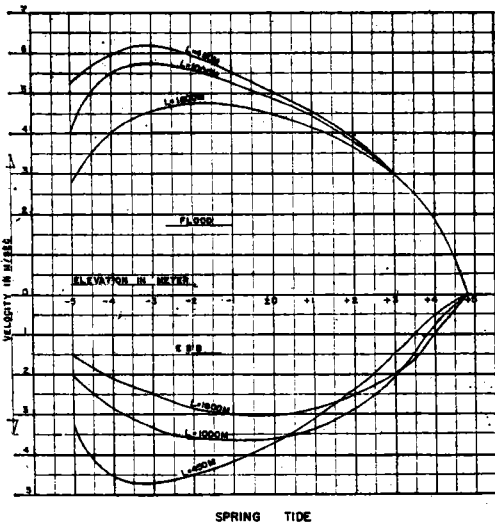


그림 3. 대조시 최대유속 비교도

는 개당증량이 무거운 돌을 사용해야만 시공재료가 유속에 유실되지 않기때문에 공사조건을 감안하여 돌당량 사석을 적당량 사용토록 계획되었고 사석의 많은량을 선박운반으로 계획되어 있었다. 그러나 실제 최종 물막이 공사의 시행은 공사가 끝난 후의 공사형태는 계획하였던 1,800m 구간을 점고식으로 축조한것과 대등소이 하게 되었으나 최종물막이 공사 순서와 방법은 많이 변질되고 말았다. 이것도 한 방법이였으며 현실적으로 채택한 최종 물막이 방법이 되고 말았다. 공사도중 여러차례 부분적인 유실이 있었으나 최종 물막이에 성공을 하였다. 이공법의 공학적 뒷받침도 수많은 검토와 계산이 이루어졌다. 실제로 채택하여 성공한 방법은 "점축식"이라 할수

을 필자 자신이 주로 구상하였을 뿐만아니라 기업 주축의 방방조제에 관계한 기술자들 중에서는 최고 지위를 차지하고 있는 책임등이 방방조제공사란 원래가 많은 위험도를 내포하고 있어 실패를 절대로 막을 수 없는 확률을 지니고 있는 점에서 안전하게 준공하기까지는 안심할수가 없었다. 또한가지 이점에 있어 생각나는 점은 방방조제를 우리나라에서 최초로 토목공사의 국제입찰을 실시하고 매우 어렵게 업자 선정에 관한 평가를 끝마치고 IBRD의 동의를 얻고 저 당시 농지국장이었던 김승업씨와 필자가 동도 "와신통디시"에 갔을때 이야기인데 최저 낙찰자인 극동건설이 방방조제공사의 경험이 없는데 일을 실패없이 이 어려운공사를 해낼수 있겠냐고 IBRD의 관계 기술 책임자가 따지고들어 땀을 뻘뻘이 있었다 그네들을 설득시킨 것은 우리가 추천하는 건설업자의 경험 부족은 솔직히 시인하고 이경험부족을 농진의 충분한 경험과 기술능력으로 보충하여 나가면 성공시킬수 있다고 설명하였다. 즉 필자 자신을 위시하여 농진공기술자들이 많은경험과 기술능력있어 업자를 지도해 나가면 실수없이 성공적인 준공을 할수있다고 설명하였다. 그랬더니 필자보고 당신이 이일의 담당이사이며 기술최고 책임자이자 방방조제의 전문가니 믿고 낙찰을 동의한다고 승인서에 싸인 하였다. 승인서를 수교하며 책임지고 틀림없이 잘하시요 하고 재차 필자에게 다짐을 하던 광경이 눈에 환하게 3년전의 IBRD 사무실에서 있었던 일이 역역히 생각난다. 완전준공을 수주일앞둔 이마당에 IBRD 사람들과의 약속도 지키게 됐음을 다행으로 생각한다. 그당시 IBRD 사람들에게 사실그대로의 우리의 경험과 능력을 이야기 했지만 사실에 있어 1960년대의 간척기술의 귀중한 경험과 발전을 팔록한바가 있었다. 1970년대 초반기에 들어 아산방방조제와 남양방방조제 2개의 설계에서 시공에이르는 일관된 기술경험을 쌓았는데 이는 즉 60년대의 귀중한 경험과 기술발전의 꽃을 피웠다해도 과언이 아니다. 아산방방조제에 관계한 필자를 포함한 주역기술자들의 주요경험을 요약하면 타당성조사및 세부설계를한 것은 다음과 같다.

간척 면적 1,000정보 이상

(1)	영산강 하구언(타당성 설계)
(2)	마산만 하구언(")
(3)	금호만 하구언(")
(4)	부창 방방조제 (세부설계)

(5)	서산 B지구방방조제(세부설계)
(6)	동진강 방방조제(세부설계및시공)
(7)	남양 방방조제(세부설계및시공)
(8)	아산 방방조제(")
(9)	진도소포 방방조제(세부설계)
1,000정보 이하	
(10)	대천 방방조제(세부설계및시공)
(11)	미면 방방조제(")
(12)	진도 의신 방방조제(")
(13)	진도 지산 방방조제(")
(14)	무안새우양식장방방조제(")
(15)	제 2 순천방방조제(세부설계)

이상 제 15개 지구이며 최종물막이를 포함한 공사를 끝낸방방조제는 6~14번(9번제외)까지의 8개로서 대규모 방방조제가 동진, 남양, 아산, 3개이고 나머지 3개가 중소규모에 속하는것이다. 간척기술의 획기적인 발전을 기한것이 1962년 부터 3년간 화란기술자들과 같이 영산강하구언 마산만 하구 및 금호만 하구언 타당성 설계를 할시기에 국제적 안목의 현재 간척기술의 토대를 구축하였고 그이후 구축한 기술 토대를 심분 전술한 4번~14번에 이르는 11개방방조제의 설계 또는 시공에 심분이용 국제적으로 내놓아도 손색없을정도의 간척기술을 발전시킬것이다. 실증으로서 동진, 남양 및 아산방방조제 등의 성공적인 완공을 자랑스럽게 내놓을수있다.

II. 아산방방조제의 기술적 사항

1. 일반사항

아산방방조제는 서울 남방 약 75km 되는 평택 서해안에 위치한 진위천및 안성천하류(유역면적 163,000ha)아산만에 2.564m의 방방조제를 축조하여 2,800ha의 담수호를 조성하여 평택지구 일원 21,700ha의 농업용수 공급뿐만 아니라 배후지역일대의 배수개선과 홍수조절등 특수성을 지니고있다.

종래 우리나라 토지개량 사업은 하천상류부에 저수지를 축조하거나 취입보 양수장등을 설치하여 용수원을 확보하고 지하수를 개발하여 사용하는것이 상례이나 수자원 이용의 최후 수단으로서 하구언의 축조가 요구되며 우리나라에서는 본지구가 처음으로 시도하는 하구개발임을 감안할때 이 사업의 성공여부가 우리나라 장래 수자원개발 방향의 중대한 사명을 가지고 출발한 사업이다.

2. 조석 현황

우리나라 서해안 일대의 조석은 세계적으로 간만의 차가 큰 지역으로 알려져 있으며 본지구를 조사한 결과 인천만의 조차보다 약 1할 정도 큰 지구로 최대 간만의차는 10.4m에 달하여 방조제 위치에 유출하는 조석량은 대조시 189백만 m^3 소조시 103백만 m^3 에 달하는 지역이다.

조 석 표

- +5.70 H. H. W. L 고극 조위
- +4.46 H. W. O. S. T 대조 평균 고조위
- +3.15 M. H. W 평균 고조위
- +1.90 H. W. O. N. T 소조 평균 고조위
- ±0.00 M. S. L 평균 해수면
- 1.90 L. W. O. N. T 소조 평균 저조위
- 3.13 M. L. W 평균 저조위
- 4.46 L. W. O. S. T 대조 평균 저조위

3. 방조제 위치의 지질조건

방조제 공사에 가장 어려운 문제점을 발생케 하는 기초지반의 처리를 위하여 지반조사는 42개소의 시험, 21개소의 지향력조사, 7개소의 표준관입시험을 방조제 중심선에서 상하측으로 각 100m 범위내에서 조사 분석한 결과 다음과 같다.

가. 방조제 기점부터 500m 구간 표층은 미립점질 이토로 방조제 전체의 침하가 우려되며 깊이 4.0~6.0m 사이는 이토, 모래, 혹은 모래와 자갈층으로 되어있고 이하는 진사토로 확인되었다.

나. 기점에서 500m 지점부터 1,600m 구간은 두께 1.0~1.5m의 표층모래층이 두께 5.0~7.0m의 이토 및 모래층으로 지지되어 있으며 그 이하층은 자갈, 진사, 연암층으로 되어있다.

다. 기타 잔여구간

깊이 7m까지 진사층밀 연암층으로 되어있다.

라. 토취장 및 채석장

주요 공사 재료인 성토재는 방조제양안 야산에 충분한 양이 매장되어 있으며 채석장도 인근야산에 충분한 양질의 석재매장량이 있어 육해상으로 운반할 수있다.

3. 공사 내용

가. 방조제 공사 개요

방조제 및 담수의 저수를 위하여 축조되는 본방조제는 100년 빈도의 기상조건(채택 풍속 1959. 4. 16. 33.4m/sec, 설계 파고 1.67m)에도 안전토류 제고(+8.50m)와 외측표면석(개당중량 550kg 이상)을 결정하였으며 방조제 안전 체계를 위하여 동양에서는 처음으로 기초 연약지반 보호방법인 메트레스 공법을 채택하고 방조제 안전에 주안점을 두어 체체내

에 3층의 쉘타층과 내외장석 하층에 쉘타층을 시공토록하여 물리적 안전도를 제고시켰다.



사진 3. 쉘타 시공 광경

방조제연장은 2,564m, 최대높이 17m, 윗나비 4m(독마루표고+8.50) 밑나비 150m이며 소요되는 토석재량은 다음과 같다.

방조제지반 보호공(메트레스)	183 km^2
석재	1,000 km^3
성토	2,000 km^3
아스팔트 그라우팅	40 km^2

나. 방조제 설계 내용

(1) 파고 결정

- 대안거리 15km
- 채택풍속 NW 33.3m/sec (1959. 4. 16)
- 취송시간 2시간
- 수심 8.0m

공식명	공 식	파고 (m)
Molitor	$H=0.762+0.0612\sqrt{VF}-0.27\sqrt{F}$	1.60
S-M-B		1.67
고조편차	$H=Z_1+Z_2+Z_3$	1.05
바람	$Z_1=4.8\times 10^4 \frac{FV^2}{h} \cos^2\theta$	0.40
기압강하	$Z_2=0.991\times \Delta 9$	0.30
저기압이동	$Z_3=\frac{Z_2}{1-\left(\frac{V}{C}\right)^2}$	0.35
충돌파고	$\frac{R}{H}=2.7\left(\cos\beta-\frac{B}{L}\right)\left(\frac{\pi}{2\alpha}\right)^{1/2} \sin\alpha$	2.47

(2) 제고 결정

제고=기왕의 최고고조위+충돌파고+여유고=5.20+2.47+0.83=+8.50m
 제고=상망평균만조위+최대조위고저편차+충돌파고+여유고=4.42+1.05+2.47+0.56=+8.50m
 위의 계산결과 독마루 표고를 8.50m로 결정함.

다. 외장석 및 내장석 중량결정
 외측설계 파고 1.67m
 내측 설계 파고 1.00m

사용공식	공식	외장석 (kg)	내장석 (kg)
HUDSON	$W = \frac{r_r H^3}{KV(S_r - 1)^3 \cot \alpha}$	540	56
IRIBARR EN	$W = \frac{CK'_r W^3 \mu^2 H^3}{(r_r - W)^3 (\mu \cos \alpha - \sin \alpha)^3}$	550 "	89 "

라. 관공작용 검토와 성토단면 결정

사용 공식 $C_c = \frac{l}{h_c}$

C_c : 크리프의 비 (6.5채택)

l : 침투로장의 길이 (m)

h_c : 최대 수두차 (m) (7.5m채택)

저수지 만수위 +3.50m

간조위 -4.0m

유로장 $l = 54.0m$ 이상

$C_c = \frac{l}{h_c} = \frac{54}{7.5} = 7.2 > 6.5$

마. 침윤선에 의한 제체의 안전검토

① 대조평균만조위 (+4.46m)에서 저수지 사수위 (-2.0m) 경우

② 저수지 만수위 (+3.50m)에서 외제 대조평균만조위 (-4.46m) 경우

③ 저수지 만수위 (+3.50m)에서 외제 평균해수면 (± 0.00) 경우

상기 3종으로 나누워 검토한 결과 세 경우 공히

하류측 비탈면이 모래사석 및 사석으로 되어있어 침윤선에 따라 침출되는 하류상태가 양호함.

사. 사면 안정도 검토

사면 안정도에 대한 검토는 별첨설계도면에 대하여 전자계산기에 의하여 검토한 결과 (Coulumb 공식) 연약 지반에서도 1.2의 허용안전율 이상의 결과를 얻었다.

아. 침하량 계산

영 구간은 기초지반이 사질토로 이루어 졌음으로 양호한 것으로 보았으며 경사진 연약지반 구간과 일반구간에서만 검토했다.

구 간	최종 침하량 (m)	침하년수 (년) 부기	
No18-No23	1.30	29	90%침하
No 0-No18	0.82	15	

자. 단면 결정

평택지구 21,700ha의 주 수원공이라는 점을 고려 100년이상의 어떠한 재해에도 안전한 방조제가 될수 있도록 하기 위하여 위의 검토결과를 기초로 하고 그 이외에도 표고 +6.0이상의 내외측 장석은 아스팔트 그라우팅 장석을 시행하여 어떤파고에 의하여도 파괴되지 않도록 최대의 안전도를 취하였으며 또한 시공단계에 따라 변경되는 여건(유속 및 수두차)에 대처할수 있는 시공재를 계산하여 선택하였으며 본 아산 방조제가 충남 경기를 연결하는 주요 서해안 간선도로임을 고려하여 12m의 아스팔트 포장도로를 결합수 있게 본 방조제를 설계하였다. (다음호에 계속)