

(2002 / 1423) 80 -29

2 14

:

:

.

.

.

.

.

:

()

-1

()
[1]

[1]

[1]

[6 5]

[4 3 2]

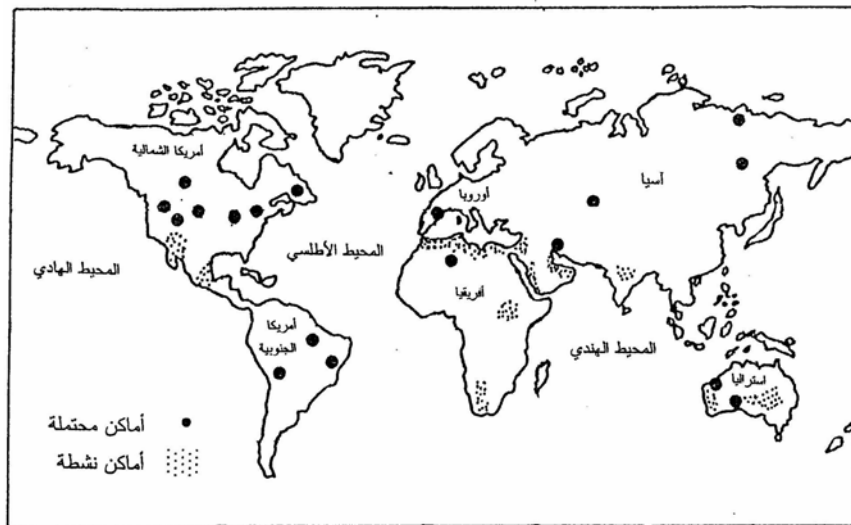
[9 8] [7] [1]
%30
(1) [1]

(1) :

(2)

(3)

(4)



شكل (1): توزيع مناطق تواجد التربة السبخة في العالم [1]

[10]

[2]

[11]

2

[12]

-2 Sabkha

-1 :

[13]

Salina

-4 Salt Playa

-3 Playa

(2)

(2)

:

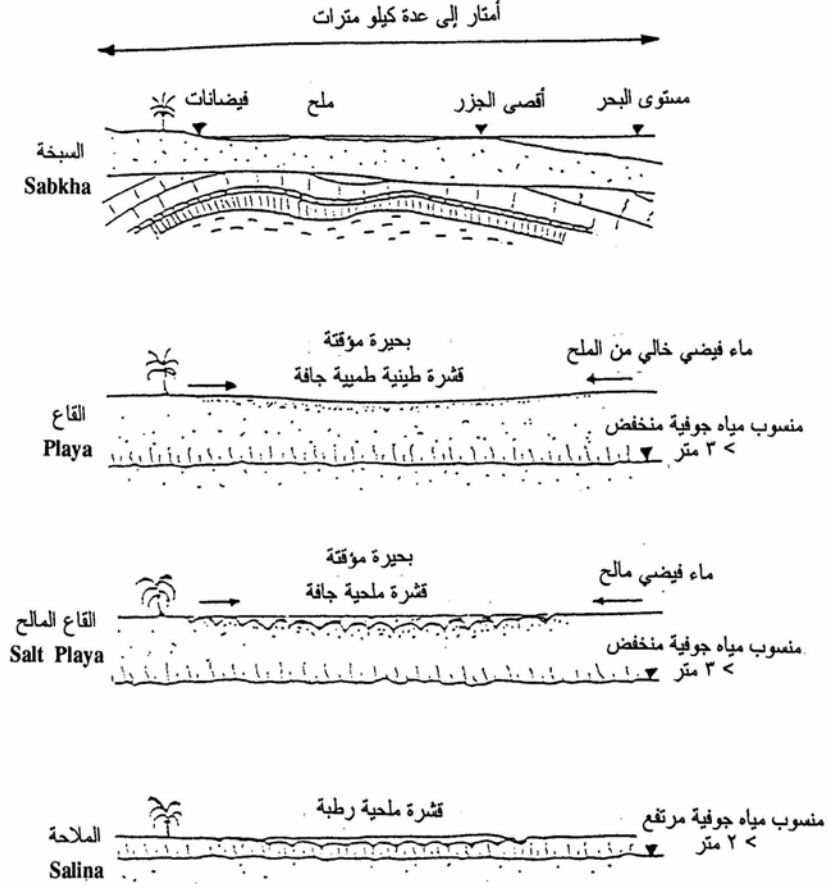
: (Coastal Sabkha)

1 2

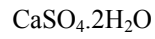
....

.

.



شكل (٢): مقطع عرضي لكل من السبخة، والقاع، والقاع الملح، والملاحه^[١٧]



(3)

(4)

....

[14]

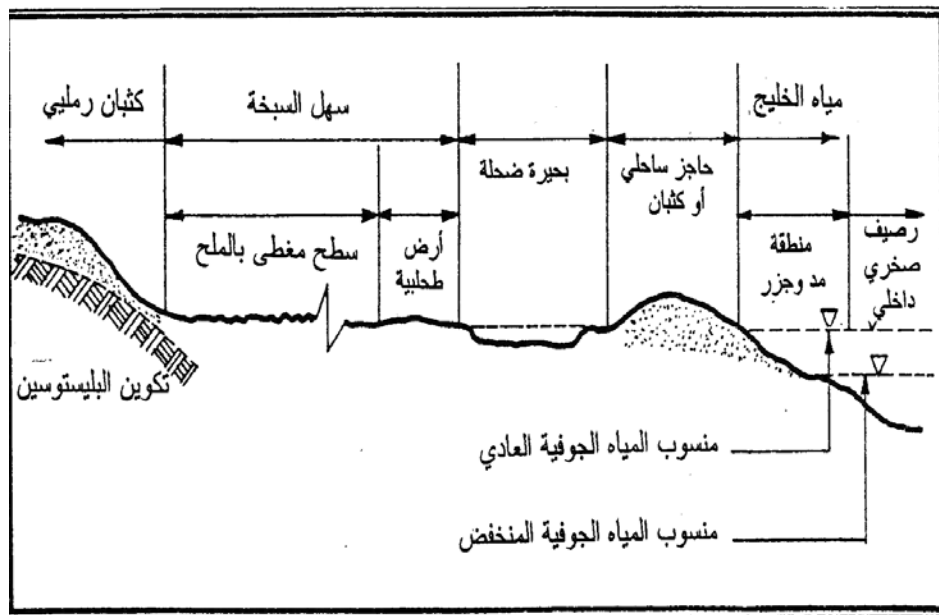
-1 :

-2

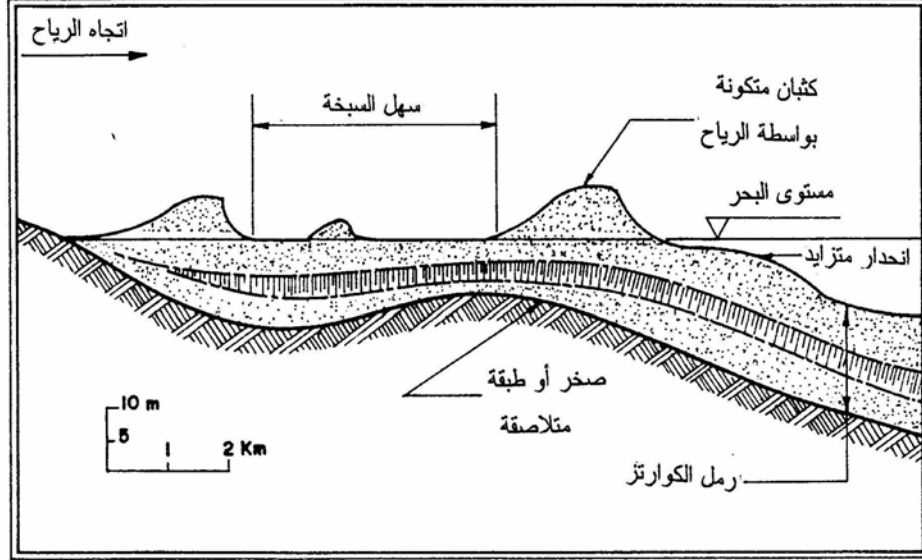
-3

[2]

1.5



شكل (٣): مقطع عرضي نموذجي للسبخة الساحلية^[١٤]



شكل (4): مقطع عرضي لسبخة رمل الكوارتز الساحلية^[14]

: (Continental or Inland Sabkha)

2 2

[15]

(playa)

[1]

[1]

....

(gravel sediments)

NaCl

CaCO₃

[1]

SiO₂

CaSO₄.2H₂O

3

[2]

: (Climatic Factors)

1 3

38

%76

- %67

[8] %67

%95 -

.%76

: (Chemical Composition)

2 3

%4 %3

%37

[2]

%60

[2]

[16]

[1]

:

(CaCO₃)

:

(1)

(CaSO₄·2H₂O)

(CaSO₄)

(NaCl)

....

(SrSO₄)

:

(2)

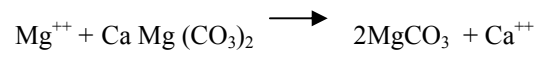
(Ca Mg (CO₃)₂)

[2]

10

(MgCO₃)

:



:(Geomorphological Factors)

3 3

()

[17]

:(Hydrological Factors)

4 3

()

/ 6

[1]

/ 124

[15] / $6^{-10} \times 1$

[18]

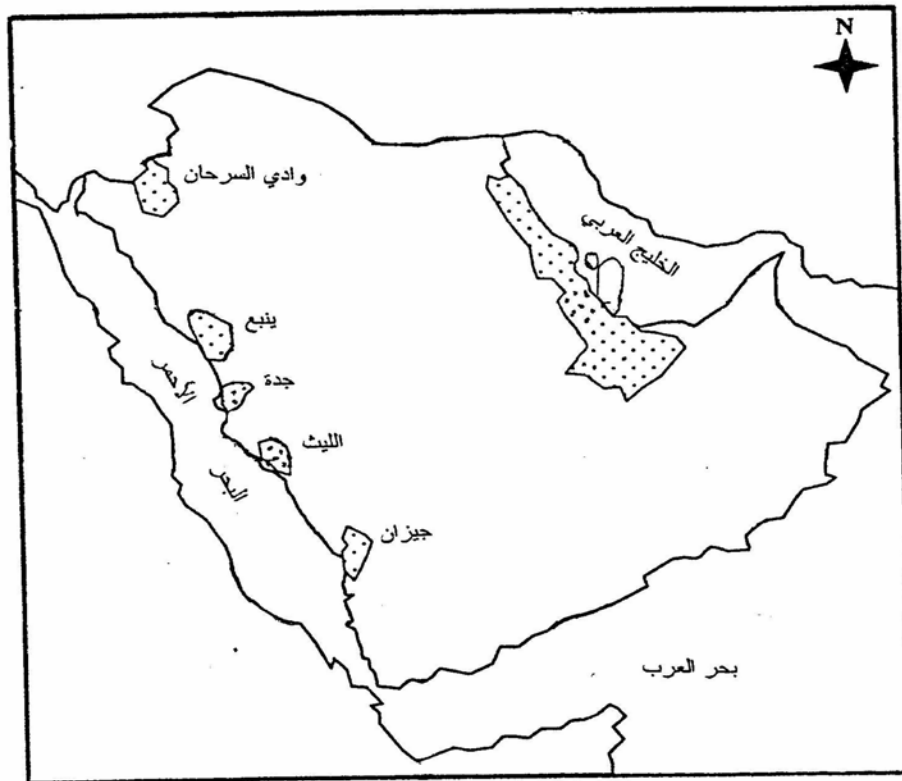
/ $5^{-10} \times 6$

: (**Biological Factors**)

5 3

[2]

(5)



شكل (٥): توزيع مناطق التربة السبخة في المملكة العربية السعودية [٧]

[10·11·14·18·26 2 1]

: 1 4

%15

350
(6)

40

[14]

2.9 2.7

4000

[1]

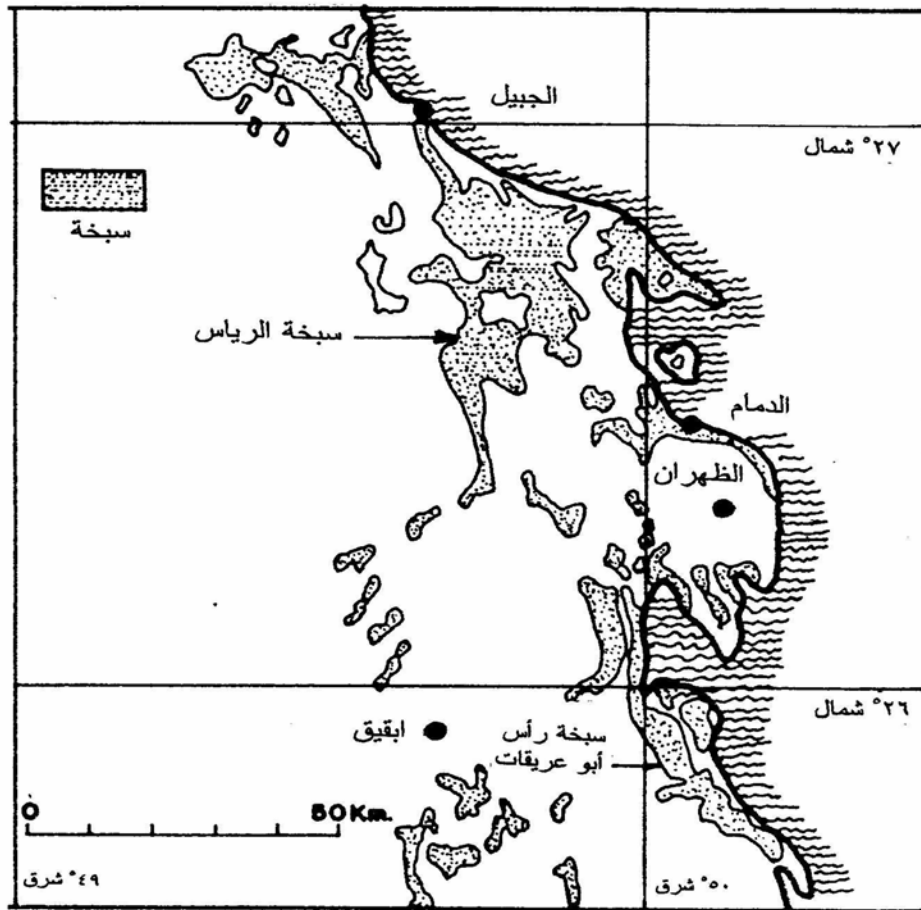
(1)

()

[20]

()
200 (%18 - %97)

5 22 2 / 6 (SPT) 0.54



شكل (٦): توزيع مناطق التربة السيخة في المنطقة الشرقية [١٤]

[20] (55) : (1)

18	97	% 200
10	84.6	%
30	84	%
	39	%
1.34	1.89	³ /
2.51	2.82	
0	6	300/ (SPT)
0	0.54	C (kN/m ²)
0	22	φ (degrees)
1.08	2.16	
0.39	0.95	(Cc)

(2)

[21]

(2)

[(/)]	[(/)]	
20.7	78.8	(Na ⁺)
2.30	10.32	(Mg ⁺⁺)
0.73	3.06	(K ⁺)
0.76	1.45	(Ca ⁺⁺)
		(Fe ⁺⁺)
0.013	0.029	(Sr ⁺⁺)
36.9	157.2	(Cl ⁻)
0.121	0.49	(Br ⁻)
5.12	5.45	(So ₄) ⁻
0.128	0.078	(HCO ₃) ⁻
8.3	6.9	(pH)
46200	208000	(Conductivity)

: 1 1 4

70

30

[19] 12

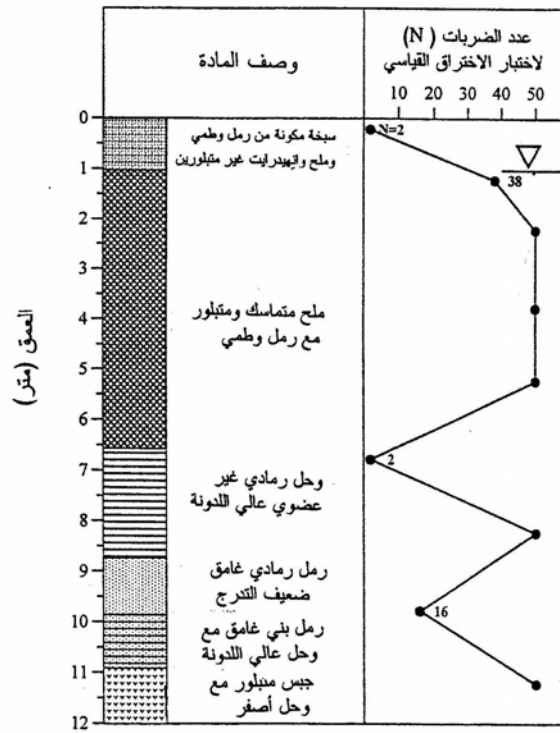
[19]

1.15 30

[2]

(7)

[2]



شكل (٧): مقطع جانبي في سبخة الرياس [١]

....

(3)

. 21.2 17.6

34.5 24.8

[2]

76

108 32

: 2 1 4

[2] 1995

()

[2]

: (3)

AASHTO	Unified	W _{opt} at CBR max (%)	CBR max	W _{opt} (%)	γ _d max (g/cm ³)				# 200	
A-4	ML	6	66	10.8	1.91		-	-	65	1
A-2-4	SM	6.4	84	7.7	2.03		-	-	34	2
A-2-4	SM	9.4	89	11.2	1.94		-	-	21	3
A-3	SP	8.6	32	10.5	1.85		-	-	1.8	4
A-2-4	SM	8.7	90	10.8	2.02		-	-	17.3	5
A-2-4	SM	6.2	73	8.3	2.02		-	-	14.6	6
A-4	SM	7.2	78	11.5	1.89		-	-	43	7
A-2-4	SM	6.5	80	9.1	2.00		-	-	34	8
A-6	CL	14	56	16.5	1.73	13.4	21.1	34.5	76	9
A-4	ML	11.3	65	17.4	1.75		-	-	78	10
A-3	SP- SM	9.8	93	11.9	1.84		-	-	7.5	11
A-3	SP- SM	5.8	88	8	2.03		-	-	9	12
A-2-4	SM	9.8	108	11.8	1.97		-	-	19	13
A-4	ML -CL	9	70	16.2	1.76	7.2	17.6	24.8	81	14

....

3 / 1.57 48 31
 3 / 1.15

 3 / 1.85 3 / 1.31

 (4) .% 16.1 % 13.8

100

52

[2]

: (4)

AASHTO	Unified	W _{opt} at CBR max (%)	CBR max	W _{opt} (%)	γ _{d max} (g/cm ³)				200 #	
A-2-4	SM	9.6	124	12.6	1.91		-	-	28	1
A-4	ML	10.8	52	15	1.85		-	-	55	2
A-4	SM	10.9	108	15.3	1.83		-	-	39	3

: 3 1 4

2

3 / 1.76

.%8.4

[2]

3 / 1.91

72

%4.40

SP

200

[2]

A-3

%6.5

3 /

2.05

[2]

%6.5

46

(8)

14 6

(SPT)

: 4 1 4

15

(9)

[22]

3.5

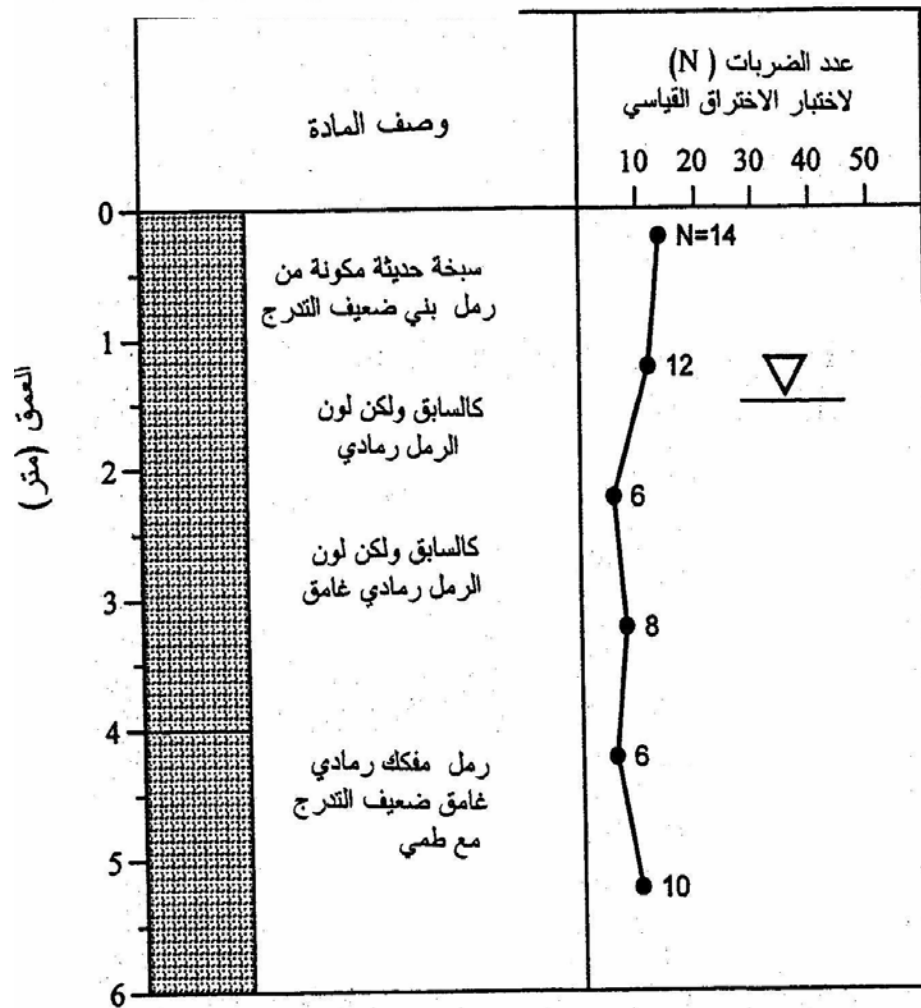
()

1.5

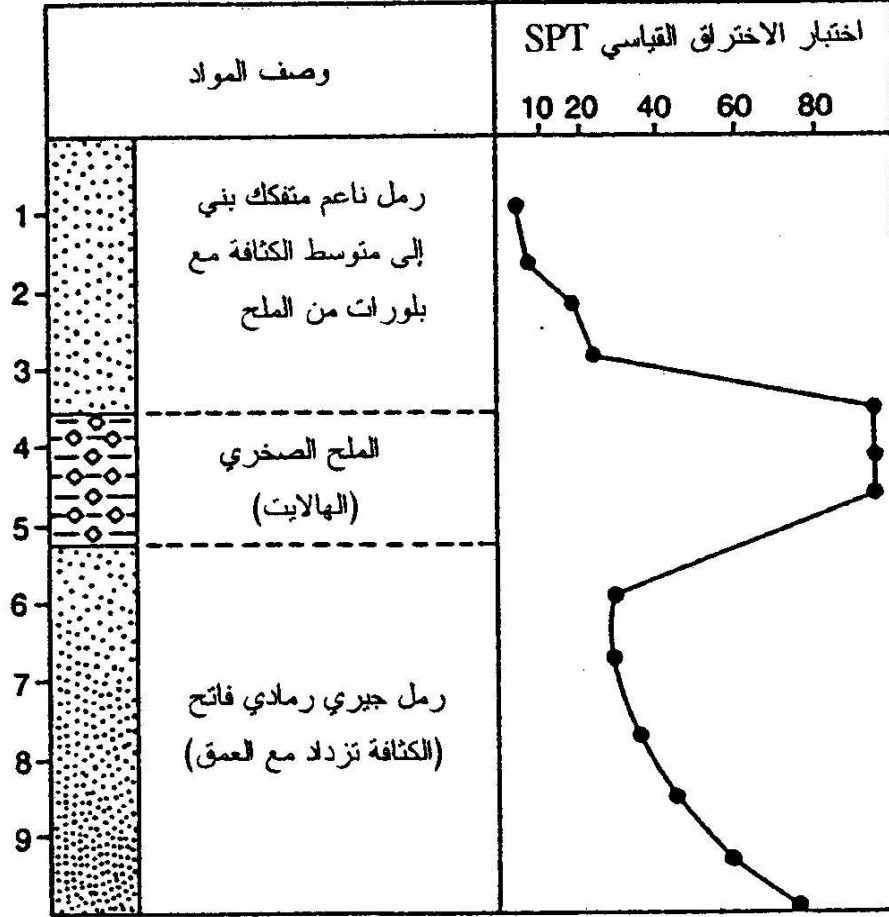
80

10

[22]



شكل (٨): مقطع جانبي في سبحة العزيرية [٢]



شكل (٩) : مقطع جانبي في سبخة رأس الغار [٢٢]

(5)

[22]

[22]

: (5)

13	% 200
1.60	(3 /)
17	(%)
49	(%)
23	(%)
21	(%)
6	(%)
1	(%)
0.2	(Cc)
0.018	(Cs)
4.2	(CBR)
18.3	(3 /) (Subgrade Modulus)
SW-SP	(Unified)

:

2 4

(Salt Dome)

[11]

[11]

(10)

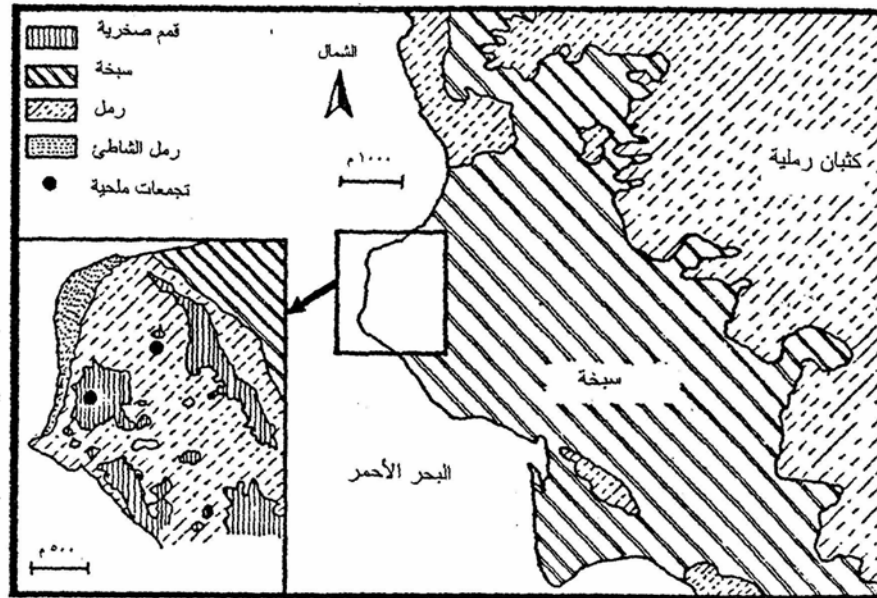
(11)

[11]

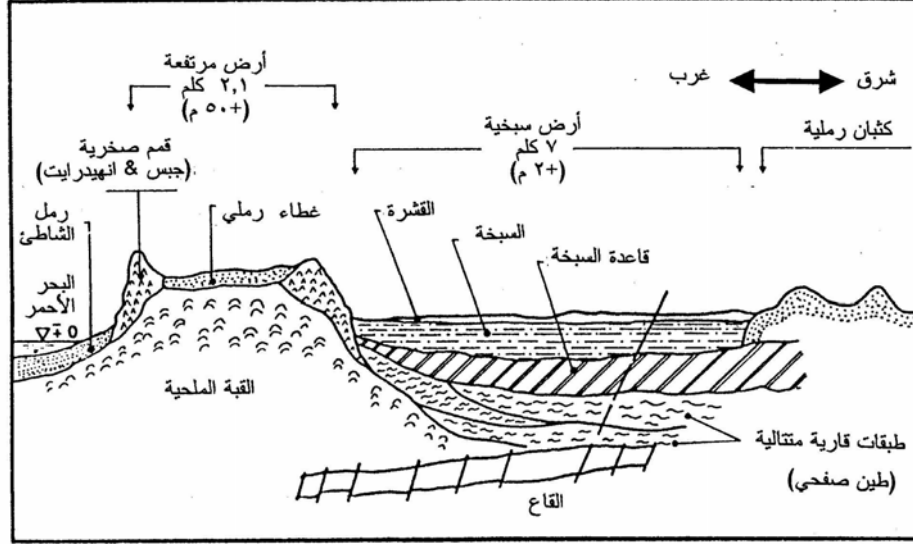
(Secondary Compression)

%8 %2

[11]



شكل (١٠) : الخريطة الجيولوجية لسطح الجزء الساحلي لمنطقة جيزان^{١١}



شكل (١١) : مقطع جانبي للتربة السبخة الساحلية في منطقة جيزان^[١١]

(12)

(6)

15

[11]

العمق (متر)	الطبقة	الرمز	وصف المواد	رمز المجموعة	السك (متر)	SPT, N	الترنم				
							LL %	PI	Wn %		
1	طبقة السبخة للتربة اللينة		طيني غير لين مع رمل ناعم مع وجود كبريتات وكوريد	ML-SM	٢.٢-٠.٧	١٦-٩	غير لين	غير لين	٥.٨ - ٢٤.٤		
2			طين عضوي عالي اللدونة مع طيني	OH, MH	١.٥ - ٢.١	٦-١	١٤ - ٥٧	٨ - ٢٥	١٤.٢ - ٤٩.٣		
3			طين متوسط إلى منخفض اللدونة مع طين	CL, ML	١.٩ - ٢.٥٥	٦-١	٨ - ٢٢	٤ - ١١	٧.١ - ٢٢.٣		
4			رمل ناعم طيني غير لين	SM, SC	١.٨٥ - ٢.٦٥	٨-٢	غير لين	غير لين	٨.٨ - ٢٥.٥		
5			كاحدة السبخة		رمل ناعم متوسط الكثافة إلى كثيف			متغير (من متوسط كثافة إلى كثيف جداً)	-	-	-
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											

LL : حد السيولة ، PI : معيار اللدونة، Wn : المحتوى المائي الطبيعي، SPT : اختبار الاختراق القياسي، N : عدد الضربات

شكل (١٢) : خصائص طبقات التربة السبخة في منطقة جيزان [١١]

[11]

: (6)

()	()	
1.94-1.88	1.97	(/ 3)
12	29.8-13.1	(%)
40-27	-	% (LL)

36-21	-	% (PL)
6-4		% (PI)
80-10	95-55	(%)
80-17	26-6	(%)
25-3	7-0	(%)
2.84-2.72	2.81	(G _s)
35-25	20	C (kN/m ²)
33-24.7	35	φ (degrees)

:

3 4

[23]

(Lagoons)

[23]

....

59

:

1 3 4

()

:

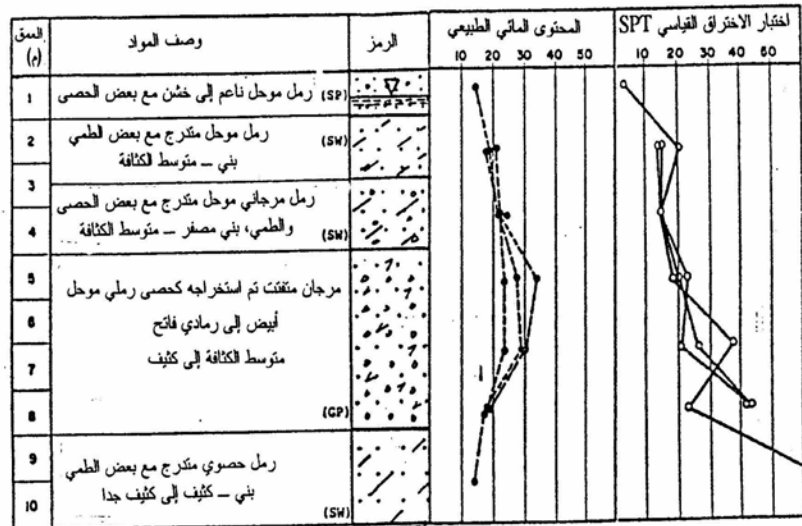
SM SP SW
1.5 20

(15) (14) (13)

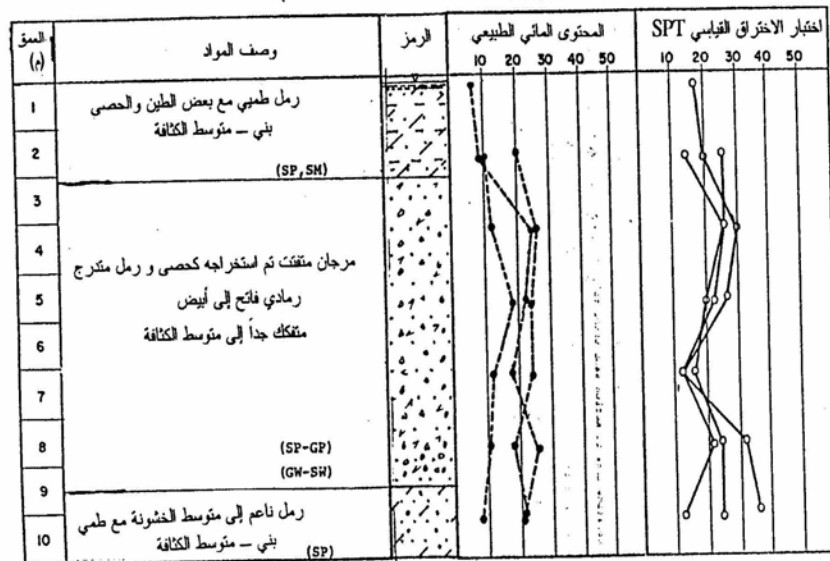
.^[23]

(7)

سبحة الخالدية (البيانات هي متوسط ثلاث جسات)

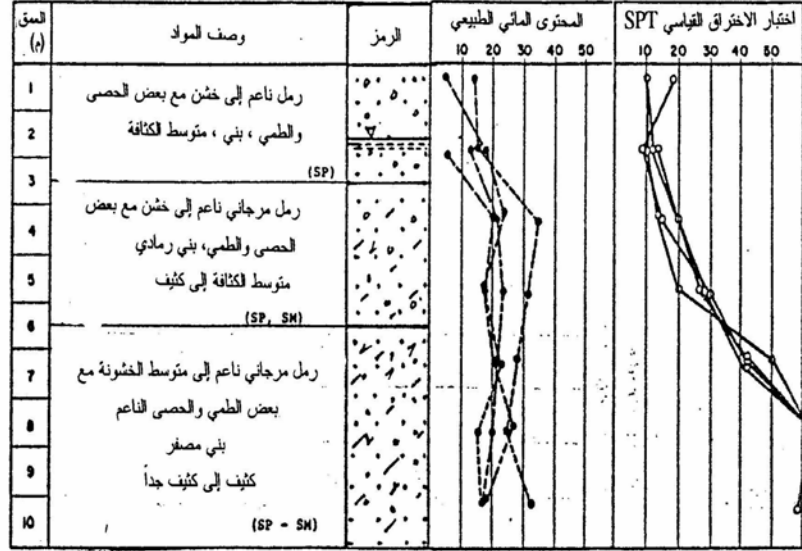


سبحة السلامة (البيانات هي متوسط ثلاث جسات)

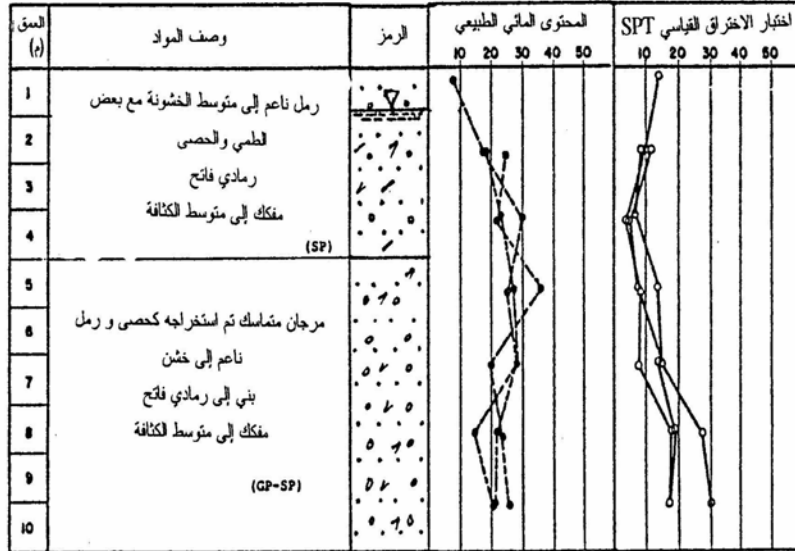


شكل (١٣) : مقطع جانبي لسبحة الخالدية وسبحة السلامة [١٣]

سبخة الحمراء (البيانات هي متوسط أربع جسات)



سبخة الرويس (البيانات هي متوسط ثلاث جسات)



شكل (١٤) : مقطع جانبي لسبخة الحمراء وسبخة الرويس [٢٢]

سبخة الكورنيش (البيانات هي متوسط سبع جسات)

العمق (م)	وصف المواد	الرمز	المحتوى المائي الطبيعي					اختيار الاختراق القياسي SPT						
			10	20	30	40	50	10	20	30	40	50		
1	حصى و رمل مرجاني ناعم إلى خشن الحبيبات مع بعض الطمي بني ورمادي متفكك جداً إلى متوسط الكثافة (GP-SP, SP)													
2			3	4	5	6	7	8	9	10				
5			رمل مرجاني ناعم إلى متوسط الخشونة مع حصى ناعم يوجد طبقات من الطمي لارمل لونه رمادي متفكك جداً إلى كثيف (SP)											
6					7	8	9	10						
8	9	10												
9	10													
10														

سبخة ميناء جدة (البيانات هي متوسط خمس جسات)

العمق (م)	وصف المواد	الرمز	المحتوى المائي الطبيعي					اختيار الاختراق القياسي SPT				
			10	20	30	40	50	10	20	30	40	50
1	رمل ناعم إلى متوسط الخشونة مع حصى ناعم رمادي فاتح ، متفكك متوسط الكثافة إلى كثيف (SP)											
2			3	4	5	6	7	8	9	10		
3	رمل عضوي ناعم إلى متوسط الخشونة مع بعض الحصى والطيني رمادي، متفكك جداً (SP)											
4			5	6	7	8	9	10				
6	رمل مرجاني ناعم إلى خشن مع حصى رمادي فاتح، متفكك (SP-GP)											
7			8	9	10							
8			9	10								
9			10									
10	رمل مرجاني ناعم إلى خشن مع حصى رمادي بني ، متفكك جداً إلى متفكك											

شكل (١٥) : مقطع جانبي لسبخة الكورنيش وسبخة ميناء جدة [٢٣]

(8)

: 2 3 4

.(16)

500

[25]

[23]

: (8)

8.7 - 7.4	8.7 - 7.8	8.4	9 - 5.6	8.3	8 - 7.6	
* 2920 ** 3900	* 2880 ** 1400	* 1848	* 3108 ** 400	* 4939	- 2800 * 2925) (
* 30910 ** 9200	* 24400 ** 4800	* 2664	* 5673 ** %0.01	* 8599	- 14750 * 24080) (

**

*

[25]

1.2

السيخة الطليئية

العمق (م)	وصف المواد	الرمز	قيمة N
1	رمل طميي متفكك بني فاتح		1
2	طين طميي رملي لين رمادي		10
3	طين طميي رملي كاسي بني		14
4			25
5			28
6	حصى رملي طميي كربوني متوسط الكثافة أبيض طباشيري		25
7	19		
8	17		
9	رمل حصوي طيني كربوني متوسط الكثافة بني فاتح		13
10	11		
12	طين طميي رملي حصوي كاسي بني محمر		78
13			92
14			
15			

السيخة الرملية

العمق (م)	وصف المواد	الرمز	قيمة N
1	قشرة رملية متناسكة باهية اللون		3
2	رمل طميي كربوني متفكك جداً أبيض طباشيري		8
3	رمل طميي حصوي كربوني متفكك رمادي فاتح		22
4	رمل طميي حصوي كربوني متوسط الكثافة رمادي فاتح		23
5	31		
6	حصى رملي طميي كربوني كثيف جداً رمادي غامق		80
7	8		
8	حجر جيري خشن الحبيبات صنموف نسبياً لونه أبيض مصفر		
9			

....

(9)

0.8 - 0.6

1.5

.(16)

.()

[24]

: (9)

31-25	78-40	40-15	(%)
56-50	60-36	50-20	% (LL)
33-25	30-18	40-16	% (PL)
30-24	32-20	20-5	% (PI)
24-9	1	2	(SPT) 300/
50 <	45-12	60-20	() 2 /
60-15	5-3	12-7	(CPT) 2 / (qc)
0.31-0.17	0.88-0.40	0.42-0.37	(Cc)

)

(

(10)

(Type V)

[24]

: (10)

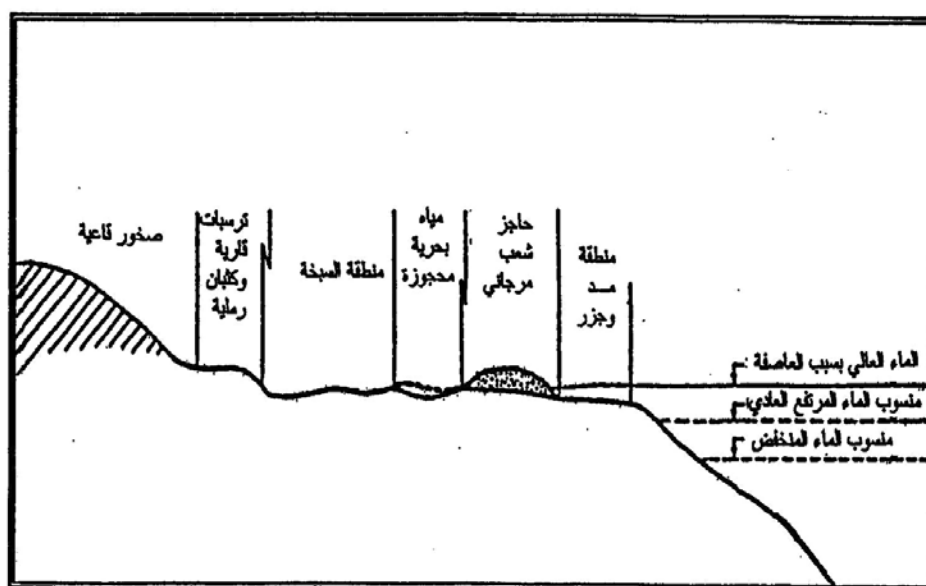
(/)	
95-20	(Na ⁺)
3.33-1.83	(Mg ⁺⁺)
1.9-0.5	(K ⁺)
1.8-0.44	(Ca ⁺⁺)
49.6-27.5	(Cl)
4.35-3.21	(So ₄) ⁻
0.25-0.21	(HCO ₃) ⁻
7.6-7.05	(pH)
155-50	(Salinity)

: 3 3 4

250

(18)

[26]



شكل (١٨) : مقطع جانبي لسبخة الليث [٢٦]

:

[26]

2 0.5

(11)

5

: [1]

[26]

: (11)

48-15	40-22	% (LL)
35-0	16-15	% (PL)
13-0	24-7	% (PI)
0.05	0.41-0.052	² /
40	33-22	φ
12.8-2.20	22.8-2.20	(² /)
0.14-0.038	0.186-0.05	(Cc)
0.063-0.016	0.065-0.016	(Cs)

72

-1

[11]

()^[2]

-2

-3

-4

-5

-6

....

73

6

:

-1

.

.

-2

.

(Preloading)

-3

.

.

-4

(Geotextiles)

-5

: Chemical Stabilization

1 6

%10 %7 %5 %3

(CBR)

[2] (Unconfined Compressive Strength)

(A - 2 - 4)

(A - 6)

[2]

(A - 3)

%3

()

%10

(%10 % 3)

[2]

(12)

CBR
%10 %3

(Exposed

)
(Sealed)

:

[2]

7

%10

(12)

(%89)

CBR

.(%417 %353)

.() %102

[2]

CBR (%) : (12)

()			()			CBR			
31	41	144	53	114	51	47	61	107	3
35	108	279	51	202	67	41	182	184	5
69	454	331	75	303	93	78	228	336	7
98	476	451	128	380	102	89	353	417	10

$$100 \times \left[\frac{\text{CBR}}{\text{CBR}_{\text{ref}}} - 1 \right] = (\%)$$

.%10

:Preloading

2 6

....

77

12

[11]

200

: Geotextiles

3 6

%266

[2]

245

67

.%38

1600

1160

78

[27]

7

[28]

)

....

)

(

. (

.(1.5)

المراجع

- " [1]
- .(1413) 62-56 :(2)6 " [2]
- Aiban, S.A. , Al-Abdul Wahhab, H. I. And Al-Amoudi, O. S. B.** "Identification, Evaluation and Improvement of Eastern Saudi Soils For Constructional Purposes", *Final Report Project No. AR-14-61*, King Abdulaziz City for Science and Technology, Riyadh, Saudi Arabia (1999). [2]
- Tomilson, M. J.** " Middle East - Highway and Airfield Pavements" *The Quarterly Journal of Engineering Geology*, **11** : 65-73 (1978). [3]
- Shin, E. A.** " Sedimentary Accretion along the Leeward, SE Coast of Qatar Peninsula, Persian Gulf" *The Persian Gulf*, Ed. By B.H. Purser, Springer-Verlag, 109-209 (1970). [4]
- Newbery, J. and Subramaniam, A. S.** " Middle East - Sewerage Projects for Coastal Towns of the Libyan Arab Republic" *The Quarterly Journal of Engineering Geology*, **11** : 101-112 (1978). [5]
- Horta, J. C.** " Characterization of Calcrete and Gypcrete as Pavement Materials" *Proceedings of the International Conference on Roads and Road Transport Problems, ICORT-88*, New Delhi, India, 781-788 (1988). [6]
- Akpokodje, E. G.** " The Stabilization of Some Arid Zones Soils with Cement and Lime" *The Quarterly Journal of Engineering Geology*, **18** : 173-180 (1985). [7]
- Kinsman. D.J.J** " Modes of Formation, Sedimentary Associations, And Diagenostic Features of Shallow-Water and Supratidal Evaporites" *The American association of petroleum Geologist Bulletin*, **53(4)** : 830-840 (1969). [8]
- Lund, O. L. and Ramsey, W. J.** "Experimental Lime Stabilization in Nebraska" *Highway Research Board, HRB*, **231** : 24-59 (1983). [9]
- Farwana, T. A. and Majidzadeh, K.** " An Investigation into the Use of Emulsified Asphalt in the Stabilization of Sandy Sabkha" , *Proceedings of the 3rd IRF Middle East Regional Meeting*, **3**: 3.355-3.379 (1988). [10]
- Dhowian , A.W and Erol, A.O** " Ground Conditions and Associated Structural Problems In Tabuk and Jazan Regions" *Final Report Project No. AR-8-106*, King Abdul Aziz City for Science and Technology, Riyadh, Saudi Arabia (1993). [11]
- Ellis, C.I.** "Arabian Salt-Bearing Soil (Sabkha) as an Engineering Material", *Transport and Road Research Laboratory, TRRL Report LR 523*, UK, (1973). [12]
- Fookes, P. G. and Collis, L.**" Problems in the Middle East" *Concrete*, **9(7)**: 12-17 (1975). [13]
- Akili, W.** " On Sabkha Sands of Eastern Saudi Arabia " *Proceedings, Symposium on Geotechnical Problems in Saudi Arabia*, Riyadh, Saudi Arabia, **2** : 775-796 (1981). [14]
- Fookes, P.G., French, W.J. and Price, S.M.** " The Influence of Ground and Groundwater Geochemistry on Construction in the Middle East" *The Quarterly Journal of Engineering Geology*, **18** : 101-128 (1985). [15]
- Bush, P.** " Some Aspects of the Diagenetic History of the Sabkha in Abu Dhabi, Persian Gulf" in: Purser, B.H., *The Persian Gulf*, Springer-Verlag, Austria, 395-407 (1973). [16]

-
- Levy, Y.** " The Origin and Evolution of Brine in Coastal Sabkhas, Northern Sin" [17]
Journal of Sedimentary Petrology, **47(1)** : 451-462 (1977).
- James, A.N. and Little, A. L.** " Geotechnical Aspects of Sabkha at Jubail, Saudi [18]
Arabia" *The Quarterly Journal of Engineering Geology*, **27**: 83-121 (1994).
- Johnson,H.S., Kamil ,M.R, Pierson , G.O. and Ramsay , J.B."** Sabkhas of [19]
Eastern Saudi Arabia" in Al-Sayyari, S.S. and Zolt, J.G. (Ed.), *Quarterly period
in Saudi Arabia*, Springer, Berlin, 84-93 (1978).
- Abu-Taleb, M.G. and Egeli, I.** " Some Geotechnical Problems in the Eastern [20]
Province of Saudi Arabia", *Proceedings,Symposium on Geotechnical Problems in
Saudi Arabia*, Riyadh, Saudi Arabia, **2** : 799-811 (1981).
- Al-Amoudi, O.S.B., Abduljauwad, S.N., El-Naggar, Z.R. and [21]
Rasheeduzzafar** " Response of Sabkha to Laboratory Tests: A Case Study"
Engineering Geology, **33**:111-125 (1992).
- Abduljauwad, S.N. and Al-Amoudi, O.S.B.** " Geotechnical Behaviour of [22]
Saline Sabkha Soils" *Geotechnique*, **45(3)**: 425-445 (1995).
- Ghazali, F.M, Fatani , M.N. and Khan , A.M.** " Geotechnical Properties Of [23]
Sabkha Soils of Jeddah , Saudi Arabia" , *Proceedings of the Second Saudi
Engineers conference* , Dhahran, Saudi Arabia, **1**:286-307 (1985).
- Hossain, D. and Ali, K. M.** " Geotechnical and Geochemical Characteristics of [24]
Obhor Subsoil", *Faculty of Earth Science Bulletin No.7* , King Abdul Aziz
University (1987) .
- Hossain, D. and Ali, K. M."** Shear Strength and Consolidation Characteristics of [25]
Obhor Sabkha, Saudi Arabia ", *Quarterly Journal of Engineering Geology*, **21**:
347-359 (1988).
- Abou Al Heija, M. K. and Shehata, W.M.** " Engineering Properties of Al-Lith [26]
sabkha, Saudi Arabia " *5 th. International IAEG Congress* ,Buenos Aires, 935-
941(1986).
- Abduljauwad, S. N. , Bayomy, F., Al-Shaikh, A. M. and Al-Amoudi, O.S.B.** " [27]
Influence of Geotextiles on Performance of Saline Sebkhha Soils" , *Journal of
Geotechnical Engineering*, ASCE, **120(11)** : 1939-1960 (1994).
- Al-Amoudi, O.S.B and Abduljauwad, S. N.** " Suggested modifications to [28]
ASTM Standard Methods When Testing Arid, Saline Soils" , ASTM
Geotechnical Testing Journal, **17(2)** : 243-253 (1994).

Sabkha Soil in the Kingdom of Saudi Arabia : Characteristics and Treatment

ABDULLAH I. AL-MHAIDIB
*Departement of Civil Engineering,
College of Engineering, King Saud University,
Riyadh, Saudi Arabia*

ABSTRACT. Sabkha soil is found along the Arabian Gulf and Red Sea coasts of Saudi Arabia and in small areas inside the Kingdom. It exists at many locations of the coastal plains of the Eastern Province and along the western shores at Jizan, Jeddah, Obhor and Al-Lith. Sabkha soil is also reported to exist in Wadi As Sirhan in the north and in small areas in Al-Qassim region and the Empty Quarter. The distinguishing features of sabkha soil are the presence of shallow and highly concentrated brines and the variability of its geotechnical characteristics in both the horizontal and vertical directions. These features cause several engineering problems in roads and buildings constructed on the sabkha. There are primarily two types of sabkha soils: coastal and continental. Coastal sabkhas exist in Eastern Province along the Arabian Gulf and in the western shores along the Red Sea. Continental sabkhas are formed inside the land away from the sea and found in Wadi As Sirhan in the north and in small areas in Al-Qassim region and the Empty Quarter. This paper presents a brief description of sabkha soil, its occurrence around the world, its types as well as the main factors affecting it. It also presents the distribution of sabkha soil in Saudi Arabia and the geotechnical and chemical characteristics of sabkha soil in the Eastern Province and in Jizan, Jeddah, Obhor as well as Al-Lith in the western regions. The paper is concluded by mentioning several techniques for treating sabkha soil and presents the results of some of these techniques which were used to treat sabkha soil in some regions.