

佑君镇安宁河区域砂土液化研究

余栋成, 蒋权翔

(四川省冶勘设计集团有限公司, 成都 610051)

摘要:为查明佑君镇图幅范围内安宁河谷第四系物质结构特征、砂土液化等级、砂土液化分布范围以及对液化区域内的建筑和场地的影响;根据以上目的,依照相关规范要求对安宁河谷分布砂土、粉土层进行液化判断,主要研究手段有收集区域内相关工程资料、河谷两侧布置勘探孔、水文地质调查等,并结合原位测试、室内实验对区域分析得出区域内液化土的分布范围、砂土液化等级,并绘制砂土液化等值线图。结果表明区域内表层砂土分布大多以透镜体、夹层出现,大部分砂土埋深大于 10m,且砂土层分布呈南北区域性分布;北侧砂土较少大部区域无砂土层,南侧砂土层分布明显集中,大部埋深大;并查明液化区域及液化等级严重区主要集中在河谷南部区域(杨家河坝—李所一带),呈椭圆形沿安宁河谷分布,其余区域液化等级为轻微~中等;通过该区域砂土液化研究,为后续该区域工程建设规划提供理论依据。

关键词:砂土液化;液化等级;液化等级等值线图;工程建设

DOI:10.48014/cesr.20230310001

引用格式:余栋成,蒋权翔. 佑君镇安宁河区域砂土液化研究[J]. 中国地球科学评论, 2023, 2(1): 1-7.

1 工程概况

该项目位于西昌市西南侧佑君镇附近安宁河谷区域,纵向沿安宁河走向,长约 18km,横向宽约 11km,场地距西昌市最近 10km,最远 25km,场地交通较为方便。通过地质调查、地质钻探查明该区域第四系物质结构特征、砂土液化等级以及砂土液化在该区域的分布情况,对建筑和场地的影响;沿该安宁河段两岸布置 9 个钻孔分别为 ZK01~ZK09 间距为 3~5km;并收集附近 11 个地质勘探孔资料,并进行专项分析,以此确定该区域液化砂土分布范围以及液化砂土强度分区(图 1)。

2 地层岩性

根据现场调查、资料收集及钻探揭露;该区域



图 1 工程地质平面图

Fig. 1 The engineering geological plan

主要地层为第四系全新统琼海群坡洪积层(Q_4^{pl})砾碎石、岩屑、黏土层组成韵律层,第四系全新统安宁河群七段地层(Q_4^{a12})卵砾石层、砂层,第四系全新统安宁河群六段地层(Q_4^{a11})的粉质黏土、粉土、粉砂、细砂、粗砂、卵石土、圆砾土等地层,该地层为安宁河的主要地层。

* 通讯作者 Corresponding author: 余栋成, 823316325@qq.com

收稿日期: 2023-03-10; 录用日期: 2023-03-14; 发表日期: 2023-03-28

3 原位测试及物理测试实验

3.1 原位测试

现场标准贯入实验包括 16 个勘探孔 46 次。勘探对场地内的粉砂、细砂、中砂、粗砂、粉土的标准贯入测试,测试成果见表 1。

在场地勘察范围收集到其余项目原位测试,可以进行对比参照。详见表 2、表 3。

收集项目资料与勘察范围内资料对比,大部分

未见,揭露粉砂、粉土地层及少量细砂地层,经过对比收集地层标贯击数相对数值偏小,经过分析认为主要原因为沉积原因不同,场地内安宁河两岸主要为阶地且相对较密实,而收集项目为湖相沉积,局部含黏粒较重密实度较差。因此本次砂土标准贯入实验主要以该项目现场实测为准。

3.2 室内颗分试验成果

本次共取扰动样 24 组,其中砂土 18 组、粉土 6 组,实验成果见表 4。

表 1 标准贯入试验成果统计表

Table 1 The statistical table of standard penetration test results

岩土名称	频数(次)	范围值(击)	平均值(击)	标准差(σ)	变异系数(δ)	修正系数	标准值(击)
粉土	8	10~29	18.75	7.086	0.378	0.745	13.96
粉砂	5	19~21	19.800	0.837	0.042	0.960	19.006
中砂	7	17~23	20.14	2.193	0.109	0.919	18.52
细砂	10	15~39	22.300	9.250	0.415	0.757	16.88
粗砂	10	12~36	22.35	8.590	0.384	0.775	17.32

表 2 标准贯入试验成果统计表

Table 2 The statistical table of standard penetration test results

岩土名称	频数(次)	范围值(击)	平均值(击)	标准差(σ)	变异系数(δ)	修正系数	标准值(击)
粉土	39	8.6~12.2	10.631	0.805	0.076	0.979	10.409
粉砂	13	14.6~17.7	16.354	0.936	0.057	0.971	15.886

表 3 标准贯入试验成果统计表

Table 3 The statistical table of standard penetration test results

岩土名称	频数(次)	范围值(击)	平均值(击)	标准差(σ)	变异系数(δ)	修正系数	标准值(击)
粉土	46	6.8~14.7	11.1	1.837	0.168	0.957	10.7
粉砂	16	5.8~12.4	8.6	1.835	0.189	0.916	7.7

各土层的颗分曲线见图 2~图 5。

(1) 粉砂

粉砂不均匀系数平均为 14.902,曲率系数平均为 4.429,根据颗粒级配曲线该层属不连续级配土。

(2) 细砂

细砂不均匀系数平均为 3.933,曲率系数平均为 0.843,根据颗粒级配曲线该层属不连续级配土。

(3) 粗砂

细砂不均匀系数平均为 4.287,曲率系数平均为 1.260,根据颗粒级配曲线该层属不连续级配土。

(4) 粉土

粉土不均匀系数平均为 24.600,曲率系数平均

为 8.657,根据颗粒级配曲线该层属不连续级配土。

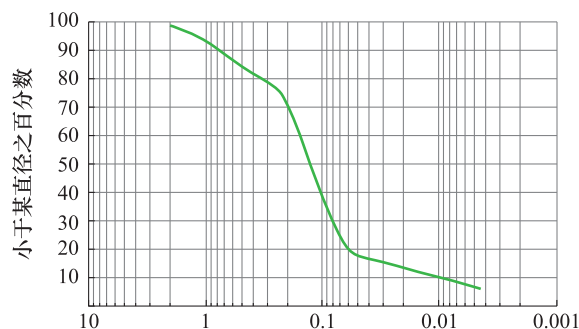


图 2 粉砂典型颗分曲线

Fig. 2 The typical gradation curve of silty sand

表 4 砂土室内试验成果表
Table 4 The table of sandy soil indoor experiment results

颗分试验结果报告																	
检测编号	来样 编号	取土深度 (m)	土样 名称	土样 状态	颗粒组成百分比(%)												
					砾石	砂粒			细粒								
						粗		中	细	粉粒			黏粒				
					颗粒直径(mm)												
					5~2	2~1	1~0.5	0.5~ 0.25	0.25~ 0.075	0.075~ 0.05	0.05~ 0.01	0.01~ 0.005	<0.005				
T1807042001	ZK01-T1	3.7~3.9	粉土	原状	—	—	0.2	0.4	17.7	50.4	15.6	7.0	8.7				
T1807042002	ZK03-T1	2.0~2.2	细砂	扰动	1.7	15.4	13.2	15.9	43.2	2.2	1.6	1.4	5.4				
T1807042003	ZK03-T2	3.4~3.6	细砂	扰动	0.5	10.2	19.7	17.0	37.9	5.0	3.6	2.5	3.6				
T1807042004	ZK03-T3	5.0~5.2	细砂	扰动	0.6	0.1	20.1	20.1	46.8	7.1	2.0	1.3	1.9				
T1807042005	ZK03-T4	18.7~18.9	粗砂	扰动	0.5	0.9	56.2	28.7	12.0	0.2	0.3	0.4	0.8				
T1807042006	ZK03-T5	20.2~20.4	粗砂	扰动	6.9	13.2	35.2	32.7	9.7	1.1	0.7	0.3	0.2				
T1807042007	ZK04-T1	11.0~11.2	粗砂	扰动	7.3	17.1	38.9	29.5	6.2	0.6	0.2	0.1	0.1				
T1807042008	ZK04-T2	12.5~12.7	粗砂	扰动	3.3	8.7	41.1	17.5	22.9	4.1	1.3	0.7	0.4				
T1807042009	ZK04-T3	14.0~14.2	粗砂	扰动	1.8	4.5	53.2	13.5	25.2	1.0	0.5	0.1	0.2				
T1807042010	ZK04-T4	14.8~15.0	粗砂	扰动	4.9	14.1	56.1	8.2	15.7	0.4	0.3	0.2	0.1				
T1807042011	ZK04-T5	17.0~17.2	粉土	原状	—	—	0.5	0.3	18.4	45.9	10.8	4.9	19.2				
T1807042012	ZK04-T6	19.2~19.4	粉土	原状	—	—	0.5	1.5	13.6	47.3	15.6	4.7	16.8				
T1807042013	ZK05-T1	2.6~2.8	细砂	扰动	—	0.4	11.2	15.5	67.0	3.2	2	0.5	0.2				
T1807042014	ZK05-T2	13.5~13.7	细砂	扰动	—	16.4	7.5	12.2	53.5	7.7	1.6	0.7	0.4				
T1807042015	ZK05-T3	15.1~15.3	粗砂	扰动	23.6	15.3	38.5	10.2	5.9	4.2	1.1	0.9	0.3				
T1807042016	ZK05-T4	16.7~16.9	粗砂	扰动	21.6	22.4	30.3	16.0	8.1	0.9	0.4	0.1	0.2				
T1807042017	ZK05-T5	18.2~18.4	粗砂	扰动	17.3	18.9	43.2	14.9	4.6	0.6	0.1	0.3	0.1				
T1807042018	ZK05-T6	19.4~19.6	粉土	原状	—	—	0.5	0.5	6.8	74.6	2.1	1.6	13.9				
T1807042019	ZK06-T1	4.1~4.3	粉土	原状	—	—	1.0	1.0	39.3	16.9	13.2	6.7	21.9				
T1807042020	ZK06-T2	12.4~12.6	粉砂	扰动	0.1	21.7	18.2	9.7	29.8	11.5	1.2	1.4	6.4				
T1807042021	ZK06-T3	15.4~15.6	粉砂	扰动	—	—	4.3	7.0	60.5	6.5	7.3	3.6	10.8				
T1807042022	ZK06-T4	17.3~17.5	粉砂	扰动	0.1	5.2	3.9	12.0	49.2	17.8	2.2	2.1	7.5				
T1807042023	ZK07-T1	2.1~2.3	粉砂	扰动	1.6	5.2	8.8	7.8	50.2	8.8	7.8	3.2	6.6				
T1807042024	ZK07-T2	19.1~19.3	粉土	原状	—	—	1.3	1.7	30.7	41.0	11.7	5.5	8.1				

注:1. 试验依据:《土工试验方法标准》(GB/T50123—1999);2. 分类依据:《岩土工程勘察规范(2009 年版)》(GB 50021—2001);3. 试验仅对来样负责。

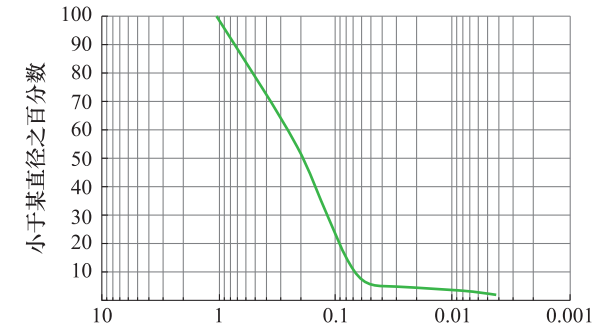


图 3 细砂典型颗分曲线
Fig. 3 The typical gradation curve of fine sand

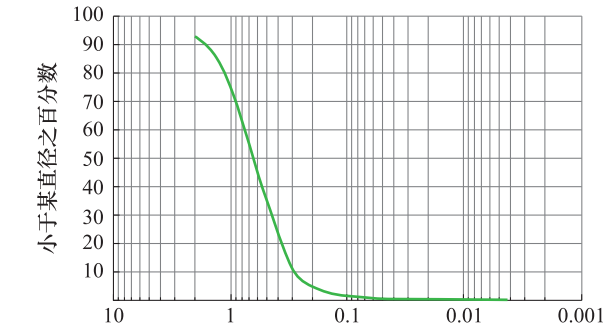


图 4 粗砂典型颗分曲线
Fig. 4 The typical gradation curve of coarse sand

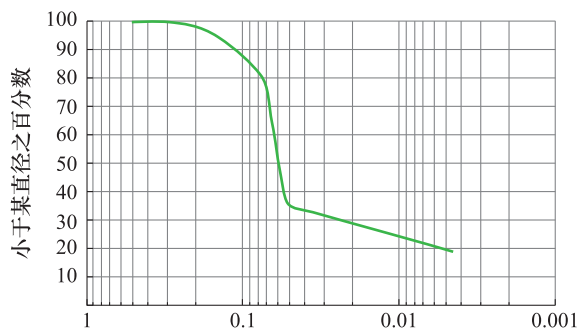


图 5 粉土典型颗分曲线

Fig. 5 The typical gradation curve of floury soil

4 场地液化土液化判定与评价

4.1 液化土的分布与类型

根据钻探揭露,场地内砂土、粉土整体分布较少,表层砂土分布大多以透镜体、夹层出现,大部分砂土层埋深大于 10m,砂土分布范围呈南北区域性分布。北侧砂土揭露较少大部分区域基本无砂土层揭露,局部区域以透镜体及夹层出现,透镜体最大厚度约 1.1m;南侧砂土层分布较集中,在 ZK03、ZK04、ZK05、ZK06 号孔附近区域砂土、粉土分布明显增多且揭露较厚,大部分揭露埋深在 10.0~18.0m,揭露厚度大于 5m,大部分勘探孔砂土层未揭穿;南侧表层砂土层分布较少,埋深在 1.1~5.6m,揭露厚度 2.5~4.2m。

4.2 液化土判别

(1)初步判断

根据砂土颗分室内实验可知,区域中砂土黏粒含量较少一般在 0.1%~8.1%,局部段含量大于 16%。现场场地抗震设防烈度为 9 度,设计地震分组属第三组;另根据《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)相关规定,对该场地进行液化土初步判定。见表 5。

表 5 砂土液化初步判断成果表

Table 5 Preliminary judgment results
table of sandy liquefaction

孔号	液化土名称	粘粒含量 (%)	判别结果
ZK02	无	/	不液化

续表

孔号	液化土名称	粘粒含量 (%)	判别结果
ZK04④	粉土	19.2	不液化
	粉土	19.2	
	粉土	16.8	
ZK06④-1	粉土	21.9	不液化
	粉土	21.9	
BDZ-45-YJ-16-4	粉土	16.8	不液化

(2)液化土液化复判断

对场地内砂土平面按钻孔、垂向按深度、地层分别进行砂土液化判定;最后综合判定钻孔砂土液化等级,根据各钻孔液化等级绘制砂土液化等值线图。

另外砂土液化不仅和砂土中含量有关系,影响砂土液化的另一个重要因素就是水。据现场调查该区域历史平均水位为 1.0~4.5m;现场勘察期间为 6—8 月,为丰水期,地下水位埋深较浅,水位 1.2~8.7m 不等,水位变幅波动较大,个别孔水位差异较大,不具有代表性;因此本次砂土液化判别水位取值根据多年平均水位、现场实测及野外调查等综合取值。

液化判别公式为:

$$N_{cr} = N_0 \beta [\ln(0.6d_s + 1.5) - 0.1d_w] \sqrt{3/\rho_c}$$

液化指数公式为:

$$I_{LE} = \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{N_i}{N_{cri}}\right) d_i W_i$$

钻孔中各砂土层,液化判断结果及液化等级见表 6。

表 6 砂土液化计算成果表

Table 6 The table of calculation results of
sandy soil liquefaction

孔号	d_s (m)	判别结果	I_{LEi}	液化等级
ZK01④粉土	3.35	液化	0.06	轻微
ZK03⑥细砂	1.65	液化	30.73	严重
	3.75	液化		
	5.35	液化		
ZK03 粗砂	18.35	液化		
	19.85	液化		
ZK04⑦粗砂	10.65	液化	11.18	中等
	12.15	液化		
	13.65	液化		
	15.15	液化		

续表

孔号	d_s (m)	判别结果	I_{LEI}	液化等级
ZK05⑥细砂	2.55	液化	6.13	中等
	13.15	不液化		
ZK05⑦粗砂	14.75	液化		
	16.35	液化		
	17.85	液化		
ZK05④粉土	19.75	不液化		
ZK06⑤-1 粉砂	12.05	液化	6.43	中等
	15.05	液化		
	16.15	液化		
	17.65	液化		
	19.15	液化		
ZK07⑤粉砂	1.75	液化	5.03	轻微
BDZ-45-48 中砂	20	液化	5.09	轻微
	26.9	液化		
BDZ-45-49 中砂	15.2	液化	2.56	轻微
	23.4	液化		
BDZ-45- YJ-09 中砂	15.2	液化	0.21	轻微
BDZ-45- YJ- 14-2 细砂	15	液化	3.65	轻微
	19	液化		
BDZ-45- YJ-16-2 细砂	7.5	液化	9.01	中等
	16.5	液化		
BDZ-45- YJ- 16-4 细砂	12.3	液化	6.60	中等
	19.2	液化		
BDZ-45- YJQ-02 细砂	16.3	液化	0.11	轻微
BDZ-45- YJQ-07 中砂	11.4	液化	7.84	中等
BDZ-45- YJQ-08 粗砂	11.8	液化	7.36	中等
BDZ-45- YJQ-08 中砂	24.6	液化		
BDZ-45- YJQ-21 细砂	14.25	液化	3.79	轻微
	18	不液化		
BDZ-45- YJQ-22 细砂	13	不液化	0.00	轻微

根据计算成果表,场地液化等级轻微孔 9 个分别为 ZK01、ZK07、BDZ-45-48、BDZ-45-49、BDZ-45-YJ-09、BDZ-45-YJ-14-2、BDZ-45-YJQ-02、BDZ-45-YJQ-21、BDZ-45-YJQ-21;液化等级中等孔 7 个分别为 ZK04、ZK05、ZK06、BDZ-45-YJ-16-2、BDZ-45-YJ-16-4、BDZ-45-YJQ-07、BDZ-45-YJQ-08,液化等级严重孔 1 个为 ZK03。

(3)等值线分区图

根据液化等级复判断确定各孔位的液化指数

及液化等级,根据各勘探孔代表的液化区域和液化指数绘制液化等值线图(图 6)。

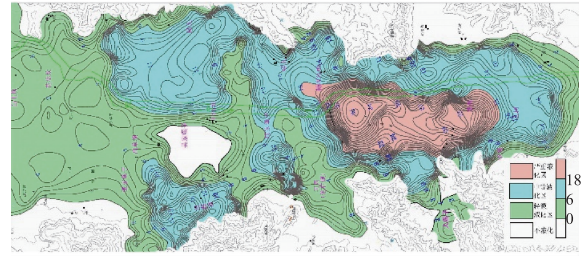


图 6 佑君镇安宁河砂土液化等级等值线图

Fig. 6 A contour map of liquefaction grade of sandy soil in the Anning River area in Youjun Town

根据液化等值线图可知佑君镇安宁河砂土液化主要沿安宁河谷阶地呈南北延伸。河谷阶地区域以外的斜坡地带和吴家堡子一带为不液化区域,分布面积为 114.2km²;场区液化等级轻微区域主要集中在河谷北侧、中部区域(白土坎-高草、佑君镇一带),两侧零星分布,南侧分布相对较少,分布面积约 46km²;液化等级中等区域主要集中河谷南侧及中部除杨家河坝-李所一带大片区域(经久至大树一带及山边、红绍坝一带区域),分布面积为 41.5km²;液化等级严重区域相对较小,主要集中在河谷南部区域(杨家河坝-李所一带),呈椭圆形沿安宁河谷分布,分布面积约 11km²。

5 结论及建议

(1)佑君镇图幅范围内安宁河谷场地砂土分布整体较少,呈南北区域性分布,大部分砂土层埋深大于 10m,且表层分布大多以透镜体、夹层出现;其次区域北侧砂土分布较少大部区域无砂土层,局部区域以透镜体及夹层出现;区域南侧砂土层分布明显集中,大部埋深大于 10.0m,且厚度大于 5m,大部未揭穿。

(2)佑君镇安宁河砂土液化主要沿安宁河谷阶地呈南北延伸;其次场地液化等级轻微区域主要集中在河谷北侧、中部区域,两侧零星分布,南侧分布相对较少;液化等级中~严重区域主要分布在南侧,且液化等级严重区域较小在南侧沿安宁河呈椭圆形分布。

(3)本次研究勘探孔间距较大且可收集的相关勘探孔也有限,导致研究中确定砂层分布范围不够

精确,是本次研究的一大不足之处;其次各勘探孔水位变化幅度较大也是影响液化等级判断的一个因素,后期研究中增加水位测量的精度并与水文地质调查结合综合使用。

(4)饱和松散的砂土、粉土在地震强震作用下会产生急剧状态改变和强度丧失,引起地基承载力降低甚至丧失,导致地面和建筑物的破坏,引起地面大面积变形、冒水喷砂造成严重后果,因此对区域后期规划建设工程应做好相应抗液化措施。

利益冲突:作者声明无利益冲突。

参考文献(References)

- [1] 化建新,郑建国.工程地质手册[M].第五版.北京:中国建筑工业出版社,2018.
- [2] 汪闻韶.土的动强度和液化特性[M].北京:中国电力出版社,1997.
- [3] 陈国兴.岩土工程地质学报[M].北京:科学出版社,2007:301-311.
- [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部,建筑抗震设计规范(GB 50011—2010(2016年版))[S].
- [5] 林宗元.简明岩土工程勘察设计手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2003.
- [6] 管星宇.某市政道路路基砂土液化与软土震陷的判别及处理[J].地基处理,2023,5(01):76-81.
<https://doi.org/10.3785/j.issn.2096-7195.2023.01.011>
- [7] 王维铭,陈龙伟,郭婷婷,等.基于中国砂土液化数据库的标准贯入试验液化判别方法研究[J].岩土力学,2023,44(01):279-288.
<https://doi.org/10.16285/j.rsm.2022.0229>
- [8] 高清材,张国超.砂土液化综合判别法的研究与应用[J].土工基础,2021,35(02):222-227.
- [9] 于仕达,张延军,李云峰.安庆市某地区液化场地判别研究[J].世界地质,2021,40(01):169-174.
<https://doi.org/10.3969/j.issn.1004-5589.2021.01.019>
- [10] 王景禄.某公路场地砂土液化判别及预测分析[D].北京:中国地质大学(北京),2020.
<https://doi.org/10.27493/d.cnki.gzdz.2020.000297>

Study on Sand Liquefaction in the Anning River Area of Youjun Town

SHE Dongcheng, JIANG Quangxiang

(Sichuan Metallurgical Geological Survey and Design Group Co., Ltd, Chengdu 610051, China)

Abstract: In order to find out the structural characteristics of the substance of the Quaternary, the liquefaction grade of sandy soil, the distribution of sandy soil liquefaction and the influence on the buildings and fields in the liquefaction area in the Anning River valley within the map area of Youjun Town, the liquefaction of sandy soil and pulverized soil layers distributed in the Anning River Valley is judged according to the requirements of relevant specifications. The main research means include collecting relevant engineering data in the region, arranging exploration holes on both sides of the river valley, hydrogeological investigation, etc., obtaining the regional distribution and grade of sand and soil liquefaction through in-situ tests, indoor experiments and analysis, and drawing the sandy soil liquefaction contour sheet. The results show that the distribution of surface sandy soil in the region is mostly lenticular and interbedded, most of the sandy soil is buried deeper than 10m, and the distribution of sandy soil layers is regional from north to south. It is also ascertained that there is less sandy soil on the north side and no sandy soil layer in most of the area, the distribution of sandy soil layer on the south side is obviously concentrated, most of them are buried deeper; and the liquefaction area and the area with serious liquefaction grade are mainly concentrated in the southern part of the river valley (Yangjiaheba-Lisuo area), which is oval-shaped and distributed along the Anning River Valley, while the liquefaction grade in the rest of the area is in the range from slight to moderate. The study of sand and soil liquefaction in this area will provide the theoretical basis for the subsequent engineering construction planning in this area.

Keywords: Sand liquefaction; liquefaction grade; liquefaction grade contour map; engineering construction

DOI: 10.48014/cesr.20230310001

Citation: SHE Dongcheng, JIANG Quangxiang. Study on sand liquefaction in the Anning River area of Youjun Town [J]. Chinese Earth Sciences Review, 2023, 2(1): 1-7.

Copyright © 2023 by author(s) and Science Footprint Press Co., Limited. This article is open accessed under the CC-BY License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

