

〈二〉 编制说明的内容框架

《超重力离心地震模拟地基土体制备技术规程》

编制说明

一、编制的必要性

当前离心模型试验已广泛应用于岩土工程和地震工程的多个研究领域和工程实践，因其在缩尺条件下能够还原原型的应力状态及变形全过程，在解决大尺度模型的动、静力问题拥有明显的优势，得到了工程界和科学界的普遍认可和关注。制作合理、完善的离心模型是离心机模型试验成功的关键，模型制备是否科学、合理，直接关系到研究结果的可靠性和合理性。目前国内尚没有关于超重力离心模拟地基模型制备原理、方法及流程的操作规程或技术规范，大多数研究人员在制备离心模型时还都是依靠前人经验和自我认知，忽视了规范模型制作的重要性，由于超重力离心试验是缩尺试验，模型的细微偏差都会导致试验结果产生偏离放大、失真甚至错误。鉴于此，本项技术规程旨在提出两类常规土类（黏性土和无黏性土）的地震动力离心模型详细制备方法的基本原理、制备方法及操作过程，为今后地基土超重力离心地震模拟试验的模型制备提供统一的操作规程、科学依据和技术支撑。

此外，由于离心模型试验在岩土工程和地震工程领域的广泛应用，目前国内从事离心模型试验的科研队伍和工程技术人员日益壮大，因此也亟需一部可供科研人员和试验人员参考使用的离心模型制备技术规程，未来的应用前景和指导参考价值定有巨大的空间。

二、国内外概况

目前国内关于土工离心模型试验方面的规范标准仅有两部，其一是国家能源局在 2014 年发布的中华人民共和国电力行业标准《土工离心模型试验技术规程》(DL/T 5102-2013)，适用于水利水电工程中各类岩土工程的离心模型试验。这部行业标准从离心机试验设备、相似率、模型材料、设计和试验模拟过程做了简要介绍，合计 10 个条文，共计 23 页。虽对模型制作做了介绍，但寥寥几笔，难以在实际模型制备中发挥其指导和规范作用。其二是交通运输部在 2014 年发布的行业标准《港口工程离心模型试验技术规程》(JTS/T 231-7-2013)，该规程适用于港口工程离心模型试验，同上一部规程类似，对地基土离心模型制作的条款也是惜字如金，也没有区分黏性土和无黏性土地基制备方法上的差别，事实上对于试验制模的参考和指导意义非常有限。

上述技术规程和行业标准，在适用范围上存在局限性，同时对于模型制备方面阐述过于简略，难以在实际离心模型试验中发挥其指导和规范作用。在前人研究成果的基础上，本次提出的团体标准拟通过给出黏性土和无黏性土地基详细的离心模型制备方法及步骤流程，将适用于各类岩土工程离心模型试验的地基土制备，对科学研究和工程应用提供重要的技术支撑。

三、 编制主要过程

1 任务来源

本规范编制任务来源于国家自然科学基金资助的多项基础研究

项目，主要包括“基于动态离心模型试验和数值模拟的软土地震地震动特征研究，项目编号 51408559”、“土工离心机振动台解耦控制策略与试验可靠性分析方法，项目编号 51609218”、“基于动态离心模型和数值模拟的河谷场地放大效应研究，项目编号 51508096”、“海域饱和土层地震动场地效应及非线性响应规律研究，项目编号 52168067”、“序列地震作用下软土震陷机制与群桩基础动力响应的研究，项目编号 52368068”。上述项目均以大型土工离心机振动台试验为核心研究手段，旨在深入揭示地震作用下场地土体动力响应规律与灾变机理。

在上述项目研究过程中，研究团队系统开展了大量软土地基模型的制备与振动台试验工作。然而，现有研究和工程实践表明，针对地震模拟条件下地基土体动力响应研究，目前尚缺乏公认、统一且可重复的土体模型制备方法与技术要求。模型制备工艺的差异——包括土料选取、含水率控制、密实度成型、分层夯实以及饱和处理等关键环节——直接影响试验结果的可靠性与可比性，已成为制约离心机振动台试验标准化发展和研究成果工程应用的重要瓶颈。

因此，为统一软土及砂土等地基土体模型的制备技术标准，规范试验操作流程，提升土工离心机振动台试验的重复性与数据可靠性，支撑地震工程领域基础研究与工程实践，特制定本规范。

2 起草单位和主要起草人

工作组的组成单位：燕山大学、中国地震局工程力学研究所、应急管理大学、北京工业大学、河北科技大学、交通运输部天津水运工程科学研究所、中交天津港湾工程研究院有限公司、中交四航工程研

究院有限公司。

主要起草人：兰景岩、王永志、李平、陈苏、刘晓强、王体强、汤兆光、曹海莹、王丕光、李巧燕、王苏阳、沈超、李建东、刘娟、咸甘玲、朱耀庭、刘志军、王雪奎、梁小丛、朱明星。

3 主要工作过程

（1）成立编制小组

燕山大学、中国地震局工程力学研究所、应急管理大学等相关技术人员成立了标准起草小组，组织标准编制与协调工作。工作组制定了标准编制工作计划和工作大纲，明确了任务分工，严格按照标准的修订程序各个环节的要求开展工作。

（2）调研阶段

2024 年 9 月 27 日-2024 年 10 月 8 日，标准编制组成立及大纲写。收集了关于超重力离心地震模拟地基土体制备的相关文献，调研了相关的技术标准和规范，收集整理了 GB/T50123—2019《土工试验方法标准》、(DLIT5102-2013)《土工离心模型试验技术规程》及 (JTS/T231-7-2013)《港口工程离心模型试验技术规程》等相关资料，对现有的地基土地震动力离心模型制备技术进行了广泛调研和分析，按照 GB/T1.1-2020《标准化工作导则第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定初步制定了《超重力离心地震模拟地基土体制备技术规程》标准大纲，就相关术语和定义、设备技术指标要求、制备黏性土与无黏性土的地震动力离心模型等内容进行了初步规定。

（3）立项阶段

2024 年 10 月 9 日-2024 年 10 月 11 日，编制组在完成初稿的咨询论证后，于 2024 年 10 月 11 日由主编单位向中国地震学会提出了《超重力离心地震模拟地基土体制备技术规程》立项申请书，2024 年 11 月 12 日经中国地震学会审批，2024 年 11 月 12 日-11 月 26 日在中国地震学会官网及全国标准信息平台进行公示，公示结束无异议并正式立项。

（4）起草阶段

① 规范编制启动会

经过前期的充分筹备与广泛征集，本规范编制团队正式组建完成。团队由来自高等院校、科研院所及行业重点单位的 7 家参编单位、20 位业内资深专家共同组成，涵盖了土工离心机试验、岩土工程抗震、土动力学及工程地质等多个相关领域的学术带头人与技术骨干，确保了编制工作的专业性、权威性与代表性。

2025 年 5 月 8 日，编制组以线上会议形式召开了第一次规范编制启动会，会议由燕山大学兰景岩教授主持。会议首先明确了本规范编制的总体目标与技术定位，强调应立足于当前土工离心机振动台试验技术的发展现状，兼顾科学性与工程适用性，确保规范内容具有先进性和可操作性。随后，与会专家围绕工作大纲、章节框架、核心技术内容及编制工作流程展开了深入交流与探讨。会议重点讨论了规范的适用范围界定、关键技术术语统一、试验模型制备与质量控制要求、振动台试验操作程序及数据处理方法等核心议题，并就各章节的技术路线与编写深度达成了初步共识。

在编制流程方面，会议明确了“统一协调、分工负责、集中研讨、逐条审定”的工作原则，建立了定期沟通与稿件统稿机制，对编制进度节点、内部审查程序及征求意见安排进行了统一部署。最终，结合各参编单位的专业优势与研究特长，会议确定了规范各具体章节的初步分工方案，落实了主笔人与协作单位的编写责任。



本次启动会的顺利召开，统一了编制思想，明确了技术路线与任务分工，为后续规范草案的撰写、研讨与完善奠定了坚实的组织基础和技术基础。

② 规范编制推进讨论会

2025 年 12 月 6 日，编制组召开线上讨论会，会议由燕山大学兰景岩教授主持。中国地震局工程力学研究所王永志研究员、防灾科技学院李平教授作为特邀专家代表出席会议。会议首先就本规范的起草背景、适用范围及编制原则进行了咨询论证，与会专家结合各自在土工离心机振动台试验领域的研究积累与工程实践经验，对规范起草方

案的科学与可行性进行了充分研讨。随后，会议重点针对软黏土离心模型制备方案展开深入分析，系统梳理了现有制备技术在土料选取、含水率调控、分层压实、饱和度控制及模型均一性检测等方面的经验与不足，并就关键工艺参数的确定原则达成共识。经充分讨论，会议归纳形成了标准草案大纲，初步明确了规范的整体框架、章节设置及核心技术内容，为后续编制工作的有序推进奠定了基础。

2025 年 12 月 27 日，编制组再次召开线上讨论会，会议由燕山大学兰景岩教授主持，全体参编人员出席会议。会议在首次讨论会形成的草案大纲基础上，对标准各章节的逻辑结构、技术条款及表述规范进行了逐条探讨与细化完善。与会人员围绕软黏土离心模型制备的核心技术环节，深入讨论了土体预处理、模型装填工艺、密实度控制方法、饱和流程及质量检验标准等关键内容，结合前期试验数据与工程案例，对制备方案中的技术参数、操作步骤及质量控制要求进行了补充和优化。会议进一步明确了各参编单位的分工安排与后续工作计划，形成了更加系统、完善的标准草案文本，为规范征求意见稿的编制提供了坚实的技术支撑。

2026 年 5 月 25 日，编制组召开线上讨论会（如下图），并与现场试验验证工作协同推进。会议期间，编制组成员赴 XX（地名）开展软黏土离心模型制备的专项试验验证，通过现场实际操作与测试，对软黏土离心模型制备方案进行了全面检验与优化。试验重点围绕模型制备过程中的关键技术指标与性能要求展开系统测试，涵盖土料基本物理力学参数控制、含水率及密实度均匀性检测、模型成型几何精度、

饱和工艺可靠性以及动力响应测试一致性等核心内容，切实验证了制备方案的技术可行性与指标合理性，为规范相关技术条款的量化确定和限值取值提供了翔实的实测数据支撑。

线上讨论会阶段，会议主要通报了规范编制的下一步整体工作计划。根据中国地震学会团体标准管理工作的相关要求，编制组需向地震学会提交约 30 名相关领域专家的推荐名单，用于后续规范线上咨询会的专家邀请与组织工作。会议明确，在正式召开线上评审咨询会之前，各参编单位应自行联系相关领域专家，对规范初稿进行预先评阅和书面意见征集，提前梳理并汇总专家修改建议，以便在线上咨询会中进行集中研讨和针对性修改完善，确保咨询会议的高效性、专业性和成果质量。

③ 征求意见稿的起草与交流

2026 年 6 月 9 日，本技术规程的征求意见稿 1.0 版本完稿，随即进入全社会、各行业的征求意见，征求了国内高校、科研院所、企事业单位共计 30 位专家的意见，并进行了详细汇总。

4 条文说明

范围：标准规定了适用于土工地震动力离心模型制备的设备要求、功能要求、性能要求、试验方法和操作规范。标准适用于各类场地土的地震动力离心模型制备。

规范性引用文件：标准中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件，凡

是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

术语、定义、符号和缩略语：参考现行的标准规范及相关学术文献、术语与定义，给出了本标准中涉及的专有名词及解释

5 其他需要说明的问题

无。