

小樽港北防波堤

在旧手宫高架栈桥附近，有一道横跨石狩湾的混凝土防波堤，它是日本第一座外海防波堤，全长 1289 米。小樽曾是北海道的航运枢纽港，北面的海岬为这座深水港提供了部分天然防护。然而，到了 19 世纪末期，大量船只频繁出入港口，冬季的风暴和恶劣的海况令船只及其装载的货物蒙受到越来越多的损失。1897 年，为加强港口防护，被誉为“日本土木工程学之父”的广井勇(1862-1928)开始兴建防波堤。

驯服海浪

为了设计这道防波堤，广井勇推导出了一个全新的波浪力学公式，用来计算堤坝的最佳高度和角度。防波堤由单体重量介于 14~24 吨之间的混凝土组件构成。广井勇认为，按照一定的角度堆叠组件筑成斜面，可以最大程度地消解海浪冲击的力量。最终建成的防波堤，单看露出海面的部分，仿佛只是一条宽 7.3 米的狭窄混凝土长堤。然而在水面下，堤坝朝向外海一侧呈阶梯状逐渐向下加宽，将海浪牢牢挡在了海湾之外。

在 19 世纪的日本，人们通常采用类似修筑城墙壁垒的方式建造防波堤，将未经切割的大石块直接堆砌起来，不使用砂浆。广井勇引入混凝土，设计出可以严密锁合的建筑组件，足以抵御巨浪冲击。当时日本国内的混凝土制造业刚刚起步，长崎县佐世保市和神奈

川县横滨市此前都曾使用混凝土修建防波堤，但短短几年后便开始出现裂痕。广井勇提出在混凝土中加入火山灰以增加耐久性的设想，并试验制作了总计大约 6 万件不同成分配比的样品。

现代土木工程学之父

广井勇出生于土佐藩（今高知县）的一个武士家庭，然而，随着 1867 年德川幕府退出历史舞台，武士阶层被废除，他的家庭也失去了曾经的地位与收入。广井勇 10 岁时到东京求学，借住在叔父家里。15 岁前往刚刚起步开发的北海道，入读札幌农学校。21 岁远渡美国，先后参与了密西西比河的改造工程和多项铁路桥梁设计。

在留美四年、留德两年后，广井勇回到日本，进入札幌农学校担任了两年教授，后赴东京帝国大学（今东京大学）出任教授。他的学生参与的工程遍布全球各地，其中包括巴拿马运河的建设。在长达 20 年的执教生涯中，广井勇以顾问的身份在日本各地的建设项目中投注了大量心血与时间，包括大桥、堤坝乃至水利发电站的设计建设。小樽港北防波堤建成已逾百年，至今依然保护着港口免受巨浪侵袭。同样，广井勇的波浪力学公式直到 20 世纪 80 年代还被广泛应用于全球各地的港口设计中。