

既存擁壁背面地盤の補強工法の開発に向けた補強効果の検証実験 (その 1. 実験概要)

正会員 ○川崎 淳志*1 同 佐々木修平*2 同 小川 正宏*3
同 高田 徹 *4 同 真島 正人*4 同 平出 務 *5

宅地擁壁

耐震補強

模型土槽実験

1. はじめに

2016 年 4 月の熊本地震などでは、高さ 3m 以下の擁壁被害¹⁾と同時に擁壁背面に位置する住宅に顕著な被害が見られた。本研究は高さ 3m 以下の L 型や逆 T 擁壁、石積擁壁に対応し、擁壁背面地盤のすべり抵抗力を増強することにより、地震時における擁壁背面に位置する建物の被害を防止すると共に擁壁の倒壊を防止することが可能な既存擁壁背面地盤の補強工法の開発を目的としている。

その 1 では模型土槽実験の実験概要を、その 2 では実験結果、その 3 では画像解析、その 4 では FEM 解析について報告する。

2. 補強工法の概要 (考え方)

開発中の補強工法は地すべり抑止杭の考え方を応用したもので、補強材として $\phi 48.6$ mm の細径鋼管 (通称、単管パイプ) を用い、これを擁壁背面地盤に II 型あるいは A 型に所定の間隔で打設し、土塊の中抜けを防止し、補強材の強度とすべり線より下部にある地盤の受働抵抗によって地すべりに対する必要安全率を確保するもので、建物の安息角対応も兼ねるものとする (図 1)。

3. 土槽実験の概要

(1) 実験装置

図 2 に実験に用いた模型土槽の寸法を、写真 1 に外観を示す。実験は、幅 1,500mm×深さ 1,000mm×幅 200mm の土槽内に、擁壁を有する宅地を模した 1/10 スケールの模型地盤を作成し、すべり面を発生させるため鉛直荷重 (図 2 C) および水平荷重 (図 2 D) を載荷し、レーザー変位計 (図 2 A: ± 100 mm, 精度 2μ m) と土圧計 (図 2 B: 土圧[kPa]=測定値 $[\times 10^{-6}]$ ×校正係数 $[0.31\text{kPa} / 1 \times 10^{-6}]$) を用いて、擁壁の上段、下段 2 カ所の変位と擁壁上段、中段、下段 3 カ所の土圧を計測した。表 1 に使用した機器・機材を示す。

盛土地盤材には気乾状態の豊浦砂 ($\rho_{\text{dmax}}=1.652\text{g/cm}^3$, $\rho_{\text{dmin}}=1.369\text{g/cm}^3$) を用い、上部は相対密度 $D_r=30\%$ 、下部は $D_r=50\%$ で、空中落下法により二層の地盤を作成した。豊浦砂の粒径加積曲線を図 3 に示す。

擁壁は既存不適格擁壁である空石積擁壁を模し、高さを 300mm とし、アルミニウムブロック (比重 2.24) で作成した。土槽側面のアクリル板と盛土地盤との摩擦は、画像解析が可能になるように、テフロンシートの代替と

してアクリル板にシリコンを塗布し低減した。また、補強材としてアルミパイプ ($\phi 5\text{mm}$, $t 0.5\text{mm}$, 比重 2.7, 引張強さ 185N/mm^2) を用いた。アルミパイプの周面は両面テープを巻き、砂粒子を付着させ粗面の状態とした。

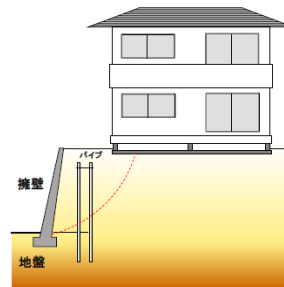


図 1 補強工法の概要 (考え方)

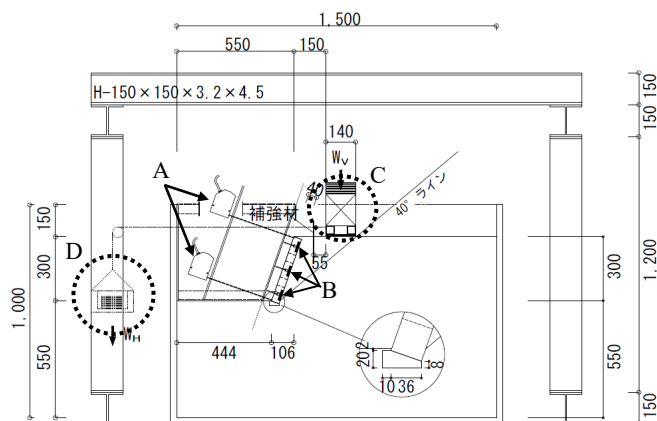


図 2 模型土槽実験装置の寸法

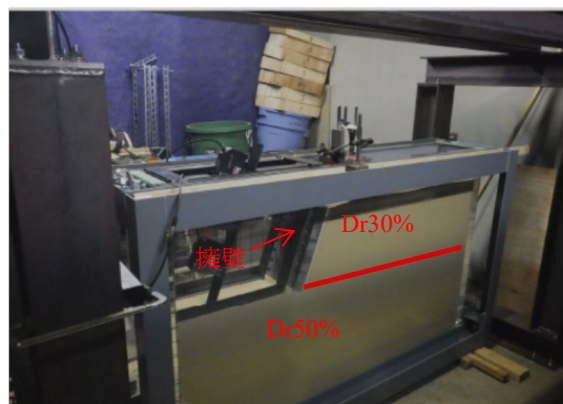


写真 1 土槽模型の外観

Experiments to verify effect of reinforcement for the development of a reinforcement method for soil behind existing retaining walls (Part 1: Outline of experiments)

KAWASAKI Atsushi, SASAKI Shuhei, OGAWA Masahiro, TAKATA Toru, MAJIMA Masato, HIRADE Tsutomu

表 1 使用機器・機材一覧

記号	機器・機材名	型番（形状）	数量	目的
A	レーザー変位計	LK-G405	2	擁壁変位測定
B	土圧計	KDF-200KPA	3	土圧測定
C	錘①	PL-150×150		鉛直载荷
D	錘②	PL-100×100		水平载荷

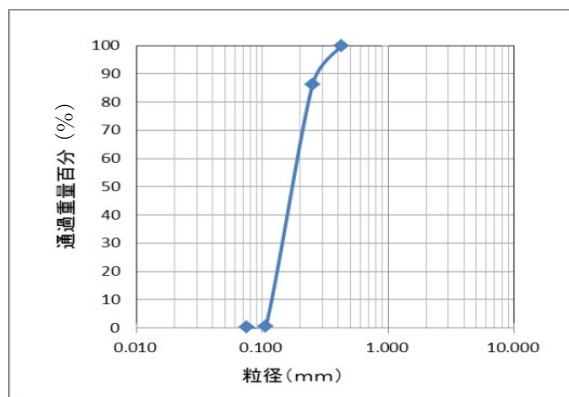


図 3 豊浦砂の粒径加積曲線

(2)補強仕様

前述した「2.補強工法の概要（考え方）」に基づき、図 4 に示す補強仕様とした。実験におけるアルミパイプ（補強材）の長さは 600 mm とし、下部地盤（ $D_f=50\%$ ）へのアルミパイプの根入れ深さは上部地盤（ $D_f=30\%$ ）と同程度の長さとした。

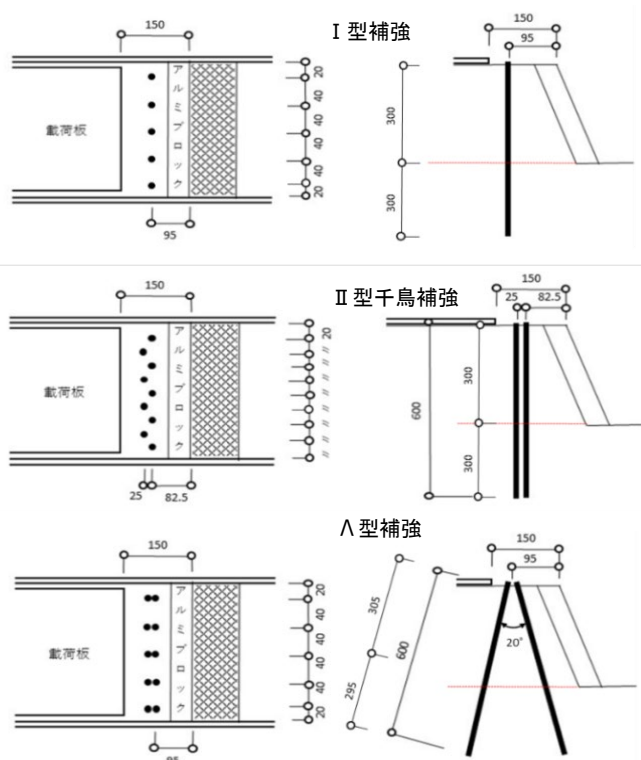


図 4 補強仕様

(3)実験ケース

実験は 4 ケースで実施した。実験ケース 1 は土圧測定を目的とし、実験ケース 2~4 は擁壁背面地盤と擁壁の挙動確認を目的としている。表 2 に示すように、実験は、実験ケース 1~4 の载荷方法で補強仕様それぞれについて実施した（合計 16 パターン）。

表 2 実験ケース

実験ケース	载荷方法等	補強仕様
1	土圧測定: M_v+M_h , $M_h=0.2M_v$	-1 無補強
2	M_v+M_h , $M_h=0.2M_v$	-2 I 型補強
3	M_v+M_h , $M_h=0.3M_v$	-3 II 型千鳥補強
4	錘高さを調整: M_v+M_h , $M_h=0.2M_v$	-4 A 型補強

(4)载荷方法

载荷は、擁壁背面地盤に载荷板を設置し錘を重ねる方法で段階的に鉛直方向に与え、同時にすべり面を発生させ易くするために水平方向にも与えた。段階载荷の一例を表 3 に示す。また、擁壁下端から角度 40° のラインをすべり線と想定し、すべり線の擁壁側で擁壁から 150 mm 離れた位置を载荷位置とした。

実験ケース 2 と実験ケース 4 では鉛直荷重の 0.2 倍を、実験ケース 3 では鉛直荷重の 0.3 倍を水平に载荷した。また、実験ケース 4 は、水平载荷による回転モーメントの影響を極力小さくするため実験ケース 2 より鉛直と水平の载荷位置（錘の高さ）を低く抑えた。

表 3 段階载荷（実験ケース 4）

段階	M_v		M_h		段階	M_v		M_h	
	(N)	累計	(N)	累計		(N)	累計	(N)	累計
0	25.8	25.8	7.4	7.4	20	21.3	469.4	4.7	99.6
1	23.2	49	4.6	12	21	21.3	490.7	4.6	104.2
2	23	72	4.6	16.6	22	21.4	512.1	4.6	108.8
3	22.8	94.8	4.6	21.2	23	21.3	533.4	4.8	113.6
4	22.7	117.5	4.6	25.8	24	21.3	554.7	4.7	118.3
5	23	140.5	4.6	30.4	25	21.4	576.1	4.7	123
6	23	163.5	4.6	35	26	21.3	597.4	4.8	127.8
7	23.1	186.6	4.6	39.6	27	21.3	618.7	4.8	132.6
8	22.6	209.2	4.6	44.2	28	21.3	640	4.8	137.4
9	22.7	231.9	4.6	48.8	29	21.4	661.4	4.8	142.2
10	22.7	254.6	4.6	53.4	30	21.4	682.8	4.8	147
11	22.4	277	4.6	58	31	21.3	704.1	4.8	151.8
12	21.3	298.3	4.6	62.6	32	21.4	725.5	4.8	156.6
13	21.4	319.7	4.6	67.2	33	21.3	746.8	4.8	161.4
14	21.4	341.1	4.6	71.8	34	21.4	768.2	4.9	166.3
15	21.4	362.5	4.6	76.4	35	21.4	789.6	4.9	171.2
16	21.4	383.9	4.6	81	36	21.3	810.9	4.7	175.9
17	21.4	405.3	4.6	85.6	37	21.4	832.3	4.7	180.6
18	21.3	426.6	4.6	90.2	38	21.4	853.7	4.6	185.2
19	21.5	448.1	4.7	94.9	39	21.3	875	—	—

<謝辞>

本稿含む一連の報告は、建築研究開発コンソーシアムの研究会「宅地耐震化技術（既存擁壁背面地盤の補強工法）の開発に向けた研究」における 2019~2020 年度の成果です。山口大学 兵動正幸名誉教授、中田幸男教授、国土技術政策総合研究所 柏尚稔様及び研究会メンバーの方々に多大なご協力を頂きました。感謝の意を表します。

参考文献

- 橋本隆雄：2016 年熊本地震による被災宅地擁壁の被害分析, 国土館大学理工学部紀要第 11 号, pp.7~105, 2017.1

*¹ ミサワホーム

*² 住友林業

*¹ Misawa Homes

*² Sumitomo Forestry

*³ 報国エンジニアリング

*⁴ 設計室ソイル

*³ Hokoku Engineering

*⁴ Soil Design

*⁵ 建築研究所

*⁵ Building Research Institute