

1. 材料・施工実験

- 1 これまでの経過

平成 24 年 3 月 文献調査報告



平成 24 年 8 月 推定宮内省築地復原実験における版築塼の劣化状況調査報告

昭和 59 年（1984 年）～平成 15 年（2003 年）にかけて、施工した版築土の劣化状況に関して、目視観察および土壌硬度計を用いた表面強度測定を行った。



劣化著しい版築



健全な石灰入り版築



山中式土壌硬度計側永

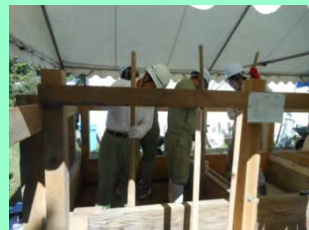


平成 24 年 9 月 材料予備実験報告（5 種類の調合にて締固め試験、土粒子の密度試験）

版築施工に使用する福住産調合土の締固め試験による最適含水比の推定を行った。



平成 24 年 11 月～ 材料・施工試験報告（3 種類の調合にて実施工を実施し、材料試験体を切り出す）



版築搗き棒搗き作業状況



ダイヤモンドチェンソーによる切断



一軸引張試験の状況

K-5、K-6、K-7 3 水準の石灰量の違いによる材料試験の結果、K-6 配合（土 1 m³ 当り石灰 80 kg）を選定一軸圧縮試験、三軸圧縮試験、一軸引張試験、割裂引張試験、曲げ試験、せん断試験を実施した。



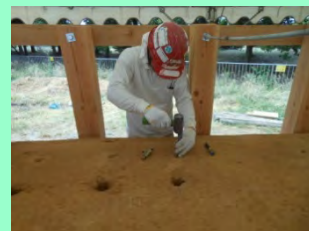
平成 25 年 5 月～7 月 施工試験（Part 2） 1.5m×3.0m×0.9m（12 段）施工試験



版築施工用型枠

機械化施工試験
（小型ランマー）

弾性波試験



アンカー比較試験

W1.5m×L3.0m×H0.9mの実施工を模擬した試験体により、施工手順・効率確認、機械化施工検討、現地強度試験方法検討、含水率測定法検討、アンカー強度試験、漆喰塗り施工試験を実施した。

版築に関する構造実験結果および復原整備案への提案

- 2 実験結果の概要および復原整備案への提案

■版築材料

・平城宮内推定宮内省での施工試験結果を参考に耐久性を考慮し、石灰を用いた配合とする。

配 合 築土（天理市福住産）1 m³、消石灰 90 kg、塩化マグネシウム 30 % 水溶液適量

配合管理 含水率による水分管理 土壌含水計を用いた簡易管理と電子レンジ法による詳細管理の併用
（最適含水比約 16 % と適正管理範囲の設定）



土壌硬度計を用いた含水率管理



電子レンジ法による含水率管理

施工高さ 15 cm 高さの土を 7.5 cm に搗き固め、7.5 cm 高さに仕上げ

強度管理 搗き固め施工中都度「山中式土壌硬度計」を用いた強度管理（目盛 28～30 を目標値）

搗き固め施工後は簡易支持力試験（CASPOL）やコア採取によるサンプル一軸圧縮試験



山中式土壌硬度計による強度管理



簡易支持力試験による強度管理

■版築施工法

施工手順 壁表面近くを搗き棒により入念に施工、中央部はタコおよび搗き棒を併用し合理的に施工する。

機械化法 手持ち圧縮空気ランマーを用いて、人力の搗き固めを補助する。



手持ち式サンドランマー（3.8 kg）



手持ち式サンドランマー施工状況

型 枠 型枠板面に焼き目をつけ表面に目あらしを行った材料を用いる。

施工時間 1 日に 2 層の施工が可能、施工量が少なくなる上部では 3 層も可能か。

2. 振動台実験

－1 これまでの経過

平成 24 年 3 月 文献調査報告



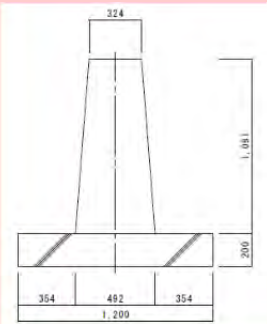
平成 24 年 6 月～ 東京大学生産研究所 腰原教授・古関教授に版築に関する振動台実験手法相談

- ・構造補強の必要性の検討
- ・構造補強方法の検討
- ・振動台実験方法の検討：1/3 縮小試験体、BCJ 波、Kobe 原波、Kobe 時間軸 1/2 波

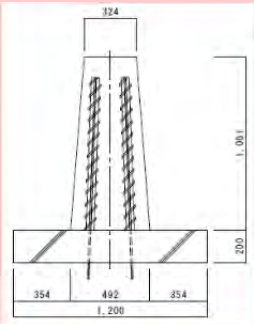
材料・施工実験結果に基づき、試験体を製作



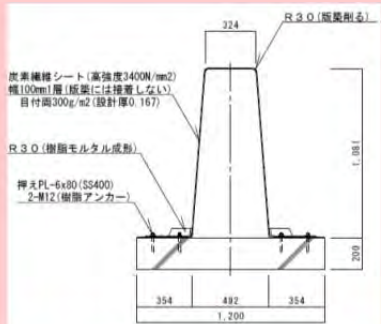
平成 25 年 2 月～ 東京大学生産研究所 千葉実験場にて PART1 試験体製作
平成 25 年 5 月～ 同上 PART2 試験体製作



A-N 試験体：補強無し



A-A1 試験体：鉄筋+竹



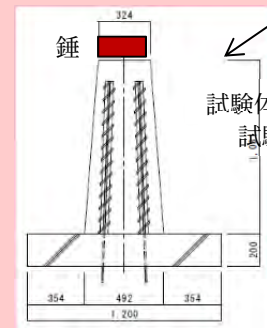
A-A2 試験体：炭素繊維（緩み有）



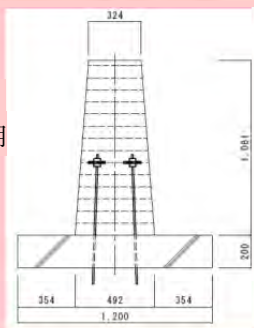
A-A1 試験体



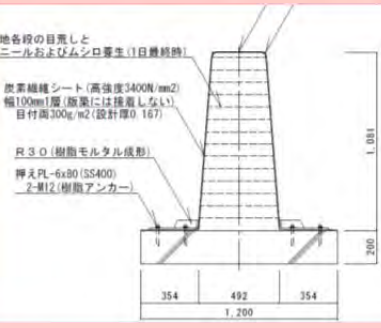
A-A2 試験体



試験体転用
試験体転用



A-P1 試験体：鉄筋+定着板



A-A3 試験体：炭素繊維（緩み無）



A-A1 試験体 錘



A-P1 試験体

A-A1 試験体：鉄筋+竹（錘付） A-P1 試験体：鉄筋+定着板 A-A3 試験体：炭素繊維（緩み無）

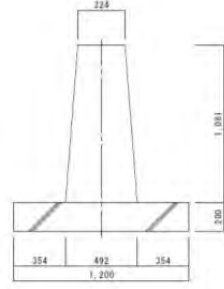


平成 25 年 3/19 日 3/25 日 3/27 日 東京大学生産研究所 千葉実験場にて Part1 振動台実験
平成 25 年 6/18 日 6/26 日 7/2 日 東京大学生産研究所 千葉実験場にて Part2 振動台実験

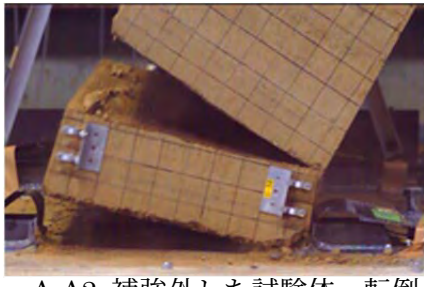


－2 実験結果の概要および復原整備案への提案

× A-N：補強なし

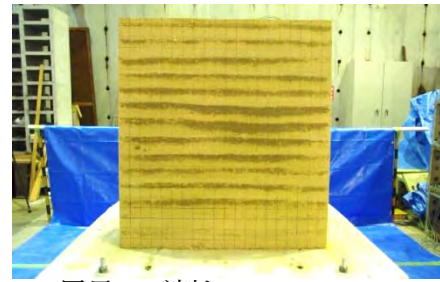
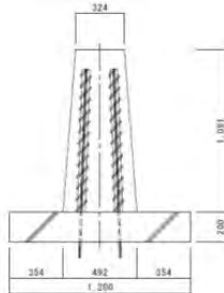


補強無しの試験体の浮上り破壊形式
(kobe818gal)



A-A2 補強外した試験体 転倒
(kobe818gal)

◎ A-A1：内部鉄筋+竹補強（全補強）

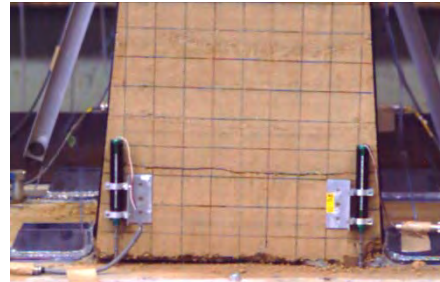
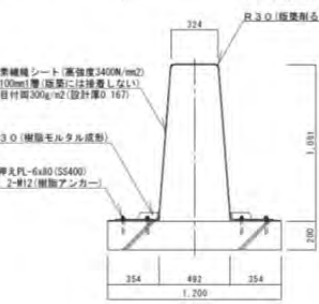


9 層目ひび割れのみ
(kobe1950gal)

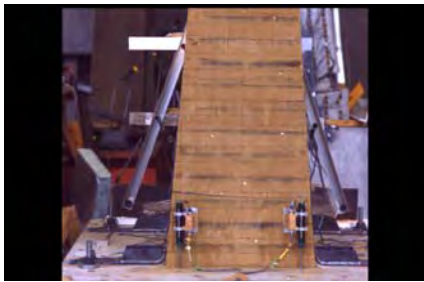


錘追加試験体 頂部圧壊
(kobe818gal)

◎ A-A2、A3：外部炭素繊維シート補強（全補強）

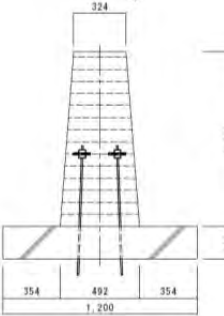


A-A2 足元および 2 層目浮上り
(kobe1950gal)



A-A3 4 層目浮上り
(kobe1950gal)

× A-P1：内部部分鉄筋補強



補強鉄筋の無い 7 層目で浮き上がる
(kobe1000gal)

- ・補強の無い A-N 試験体は Kobe 原波 818gal 加力の際に途中打継部と脚部にて浮き上がり破壊
- ・鉄筋+竹の A-A1 試験体は補強効果があり、Kobe1/2 サイズ 1950gal でもひび割れ程度の被害
- ・炭素繊維緩み有りの A-A2 試験体は、Kobe1/2 サイズ 1950gal で転倒しなかったが、炭素繊維の中で版築がガタガタ移動した。その後炭素繊維を切断し、Kobe 原波 818gal 加力で、転倒倒壊した。
- ・柱脚部鉄筋補強の A-P1 試験体は、Kobe1/2 サイズ 1000gal 鉄筋定着板直上で、浮き上がり破壊
- ・A-A1 試験体に錘を付けたものは、Kobe818gal にて、壁頂部で圧縮+剪断破壊
- ・炭素繊維緩み無しの A-A3 試験体は、Kobe1/2 サイズ 1950gal で転倒しなかった。補強効果あり

提案：補強を行わない版築は小さな地震においても転倒し、危険である。

したがって、外部炭素繊維補強、または内部鉄筋補強が不可欠である。