

直接基礎の地震時残留変位に関する繰返し水平載荷実験

(独)土木研究所 基礎チーム 正会員 浅井 隆一
 同 上 正会員 白戸 真大
 同 上 正会員 野々村佳哲
 同 上 正会員 福井 次郎

1. はじめに

現在，道路橋示方書¹⁾における直接基礎の耐震設計は，レベル2地震動に対しては照査を省略している．これは，直接基礎を良質な支持層の上に設置すること，レベル1地震動に対して浮上りを小さい範囲で抑制する設計を行っていることから，レベル2地震動によって過度な残留変位は生じにくいと考えられるためである．しかし，より合理的な基礎の設計を追求するためには，地震時残留変位を直接的に考慮した耐震設計法の確立が必要である．そこで，本研究では直接基礎の地震時残留変位に関する挙動を把握する目的で，繰返し水平載荷実験を行った．

2. 実験概要

図-1 に実験の概略図を示す．平面寸法 3 m×4 m の土槽内に厚さ 2m の模型地盤を作成し，その地盤上に直接基礎模型を設置し水平載荷を行なった．直接基礎模型は，いずれも剛である基礎，柱，上載重量部からなる鋼製模型である．基礎平面寸法は実構造物の約 1/10 の 0.5 m×0.5 m とし 模型全重量は 8.715 kN である．地盤には乾燥させた豊浦標準砂を用いた．地盤は 25 cm の層厚ごとに相対密度 $D_r=80\%$ になるよう振動プレートで締め固めて作成した．地盤を $\phi=45^\circ$ と仮定した時の鉛直死荷重に対する鉛直支持力の安全率 F_s は 16 程度である．載荷は基礎模型天端（底面から 900mm）を載荷ジャッキにより変位制御で行った．載荷速度は約 1 mm/sec である．また，載荷点には鉛直変位および回転が拘束されない構造の治具を使用している．計測項目は載荷点における水平変位および水平荷重，基礎の水平，鉛直，回転変位，そして基礎底面に設置した 11 個の 2 方向ロードセルによる鉛直力とせん断力である．実験ケースは表-1 に示す 3 ケースとした．繰返し水平載荷実験では，単調水平載荷試験(Case 1)において載荷荷重が最大と

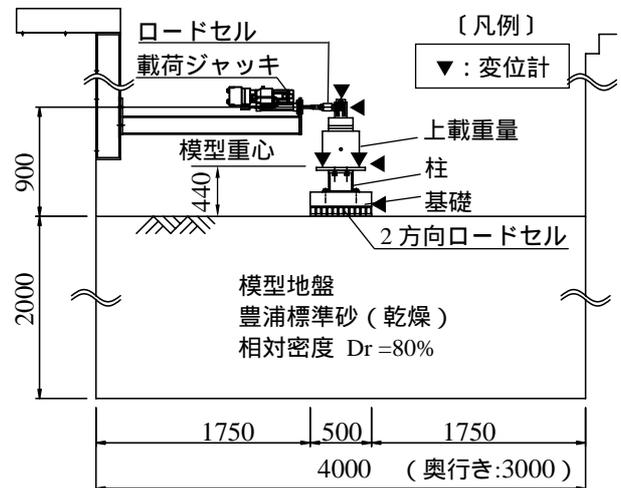
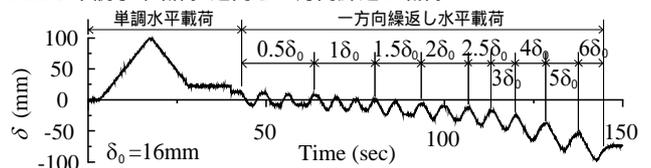


図-1 実験概要図

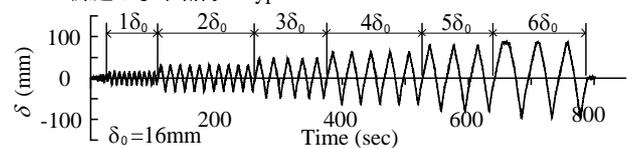
表-1 実験ケース

Case	載荷パターン	D_r (%)
Case 1	単調水平載荷 + 逆向き一方繰返し載荷(Type II)	80
Case 2	繰返し Type I	80
Case 3	水平載荷 Type II	80

Case 1: 単調水平載荷+逆向き一方繰返し載荷



Case 2: 繰返し水平載荷 Type I



Case 3: 繰返し水平載荷 Type II

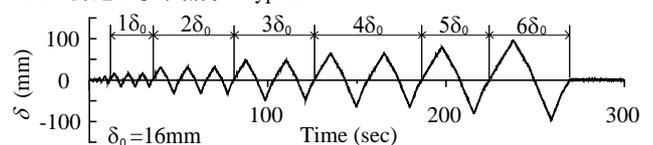


図-2 繰返し水平載荷実験載荷パターン

なった時の水平変位 $\delta_0=16\text{mm}$ を基準とし，図-2 に示すような変位量の繰返し回数の多い Type I と，繰返し回数の少ない Type II の載荷パターンによる載荷

キーワード 直接基礎，耐震設計，繰返し載荷実験，残留変位

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1 番地 6 独立行政法人土木研究所 TEL 029-879-6795 FAX 029-879-6739

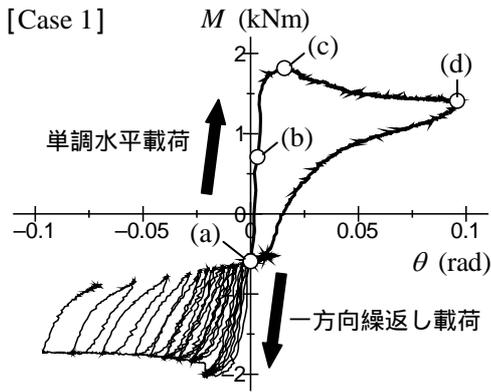


図-3 抵抗モーメント M - 回転角 θ 関係

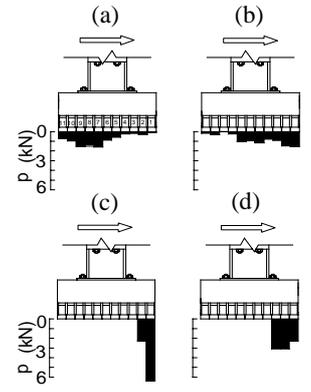
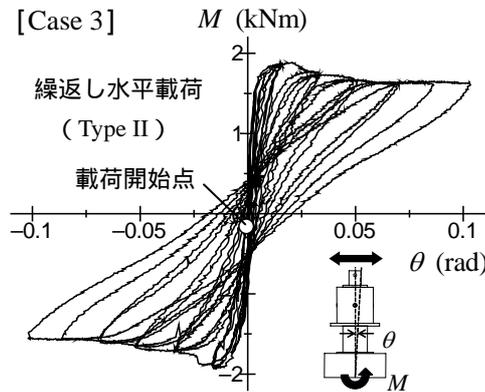


図-4 地盤反力分布 (Case 1)

を行った²⁾。Case 1における一方向繰返し水平載荷実験は単調水平載荷を行った後の状態から逆方向に載荷を行なったもので、目標の変位まで載荷し荷重ゼロとなるまで除荷を行う載荷パターンとした。

3. 実験結果

3.1 抵抗モーメント～基礎回転角関係

図-3に Case 1 と Case 3 の基礎中央での抵抗モーメント M と基礎回転角 θ の関係を示す。ここで、 M は基礎底面に設置した各ロードセルの鉛直地盤反力、それぞれ基礎中央までの距離を乗じたものの総和であり、 θ は基礎両端の鉛直変位より算出したものである。また、図-4に、図-3中の記号(a)～(d)位置における Case 1 の地盤反力分布を示す。図-3の Case 1 において載荷直前の M が原点でないのは、模型を設置した状態で(a)のような地盤反力分布であったためである。(b)で地盤反力は三角形分布となり、その後、回転角の増加とともに基礎端部は浮上りを生じる。 M が最大値に達する(c)では、模型重量のほとんどを基礎端部のみで負担する状態となる。その後、極限支持力に達した基礎端部の地盤は塑性化するため、(d)にかけて θ の増加とともに基礎接地幅はわずかに増加する。その結果、基礎接地幅内で荷重分配が行なわれ、図-3示されるように M は一定値に収束する。

3.2 基礎の残留変位

繰返し偏心外力を与えるため、載荷とともに残留回転角が増加する(図-3 at $M = 0$)。一方、鉛直荷重が一定であっても繰返し偏心外力が作用することで鉛直方向の残留変位も増加する。図-5に載荷変位 δ_0 (変位に対応する基礎回転角 θ) と残留鉛直変位 v (マイナス変位が沈下変位) の関係を示す。残留鉛直変位とは載荷荷重がゼロとなる時の基礎中央における鉛直変位である。図は各 δ_0 での繰返し載荷終了時の

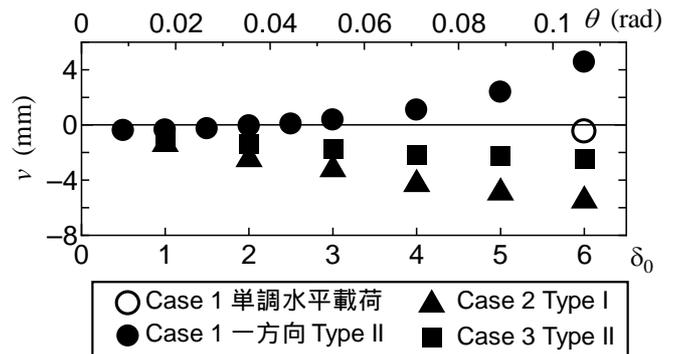


図-5 載荷変位 δ_0 - 残留鉛直変位 v 関係

値を示す。繰返し水平載荷パターンによる v を比較すると、同じ載荷変位に対して載荷の繰返し回数が多い Type I 載荷パターンの方が、繰返し回数の少ない Type II 載荷パターンよりも大きな残留鉛直変位が生じることが分かる。一方、一方向載荷のパターンでは、載荷による押し込み側の基礎端部のみが塑性化するため、 θ の増加とともに基礎は押し込み側へ傾斜し基礎中央位置では浮上りが生じた。

4. まとめ

本研究では、直接基礎の地震時残留変位に関する挙動を把握する目的で直接基礎模型を用いた水平載荷実験を行った。その結果、地震力による基礎の回転挙動とともに、回転変位だけではなく鉛直変位も残留する。また、残留値は載荷パターンに依存することが分かった。今後、直接基礎の地震時残留変位を定量的に予測できる数値解析法の検討を行い、直接基礎の合理的な耐震設計法の提案に向け研究を進めていきたい。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 下部構造編，2003
- 2) (社)土木学会 地震工学委員会：第5回橋梁構造等の耐震設計法に関する講習会，pp.104-109，2002