

### 3) 科学研究費補助金

#### 3) - 1 基礎地盤系の非線形周波数応答依存性に関する実験的研究

#### Experimental Study on nonlinear frequency dependence for lateral resistance of reinforced concrete base foundations

(研究期間 平成 21~22 年度)

構造研究グループ  
Dept. of Structural Engineering

壁谷澤寿一  
Toshikazu Kabeyasawa

Lateral loading tests on the spread foundation of an existing school building was conducted in April 2010 to identify the lateral stiffness of the foundation. A part of the building was separated through the foundation to the roof level, to which static and impact loads were applied horizontally at the base foundation level. The objective, plan, testing method and the detailed test results are reported in this paper. The test results were compared with an analytical model based on boring investigation into the soil.

#### 【研究目的】

近年の地震被害調査では、低層鉄筋コンクリート構造物の近傍表層地盤で観測された加速度を入力とした地震応答解析における最大応答変形と比較すると、軽微な損傷に留まっている例が多い。この原因の一つとして表層地盤と構造物に入力される加速度が異なっていることが考えられる。この現象は表層地盤と建物内観測加速度の比較によって検証可能であるが、(1)増幅された表層地盤の応答加速度と建物に入力される加速度が異なる現象、(2)上部構造から伝達される慣性力によって基礎近傍の軟弱地盤が非線形変形する現象を独立して評価することはできない。

そこで筆者らは低層鉄筋コンクリート構造物が被災するレベルの応答せん断力が基礎に作用する時の地盤の非線形変形性状を検証することを目的として、2004 年新潟県中越余震において建物近傍地盤と基礎位置で異なるレベルの加速度記録が観測された既存鉄筋コンクリート造学校校舎の直接基礎に対して、水平載荷実験を計画実施した。本稿では同実験の実験方法および実験結果について報告する。

#### 【研究内容】

実験対象区画の拡大平面図および立面図をそれぞれ図 1 および図 2 に示す。本校舎は 1970 年から 1974 年にかけて第 4 期にわたって建設されたコ型一体構造の鉄筋コンクリート造 3 階建て建物である。基礎形式は直接基礎である。基礎載荷実験は南棟と東棟が交差する階段室と教室に挟まれた連層耐震壁を含む 1×1 スパンの区画で行った。教室側は 3 階、階段室を含む区画はペントハウスを含む 4 階建てとなっている。実験対象

区画は既存校舎からウォールソーを用いて、交差する各階床スラブ、梁(基礎梁を含む)、腰壁部分を全て切断し、実験対象区画以外から切り離すように計画した。実験対象区画の桁行方向スパン長さは 4.25(m)、梁間方向スパン長さは 7.25(m)である。各階の階高は 1F 4.25(m)、2F 3.6 (m)、3F 3.7(m)、PF 2.7(m)である。(1 階床は階段室南側部分でのみ 0.45(m)下がっている)。実験対象区画の基礎については幅 4200 (mm)、せい 9200 (mm)と非常に水平面積の大きな直接基礎となっている。基礎を含めた試験体総重量は 2215(kN)であった (仕上げ重量を除く)。

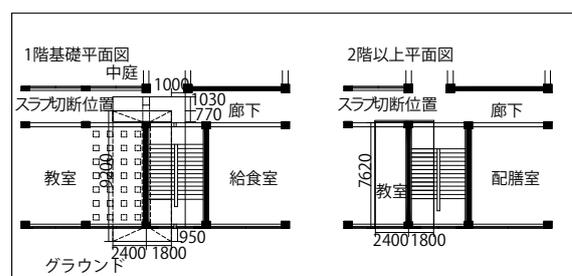


図 1 実験対象区画の拡大平面図

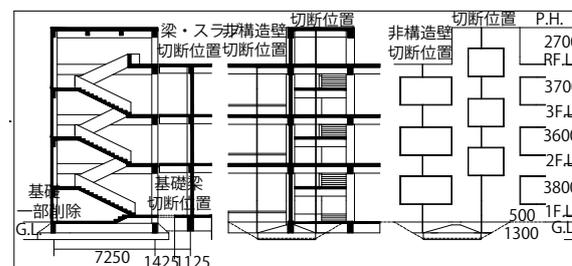


図 2 実験対象区画の立面図

衝突載荷実験は最大 10 (m)程度の高さから鋼製錘を振り子上に落下させることで梁間方向の直接基礎側面に衝突させた。基礎載荷高さは 1 階床より-0.75(m)に位置とした。載荷実験方法を図 3 に示す。錘を支持する鉄骨フレームは衝突時の反力が試験体に作用しないように、実験対象区画から切り離された校舎屋上床、梁側面、袖壁位置で支持されている。鋼製錘は鉄骨フレームからシャックル、ワイヤー、クレビスを介して 4 点吊りしており、錘吊り上げ時には錘側面から載荷発射装置を介して 500(kN)トラッククレーンを用いて吊り上げた。錘は 1(m)×1(m)×0.04(m)の錘板を 50 枚重ねて作製し、総質量は 17(ton)である。

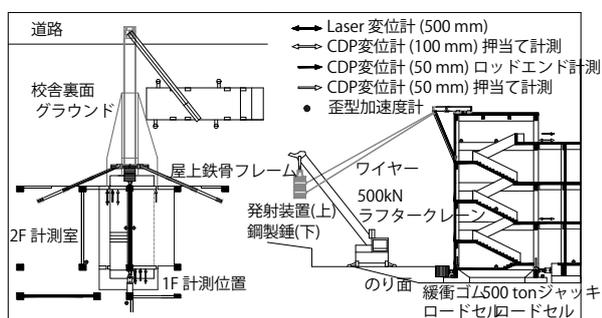


図3 衝突載荷および静的漸増載荷実験方法

本実験ではコンクリート基礎に鋼製錘を衝突させるため、衝突力は地震時に基礎に作用する慣性力に比べて非常に周期が短くなる。そこで、衝突作用力を地盤-建物連成系の固有振動数に対応させるため、衝撃力を緩衝させる天然ゴム(1(m)×1(m)×0.1(m)、数枚)を導入した。最大落下高さ(10(m)程度)および錘重量から衝突エネルギーを計算し、ゴムの最大変形時までの作用時間が建物周期(5(Hz))の 1/4 程度に対応するようにゴムの硬度(65)および総厚さ(1.2m)を決定した。

静的水平載荷実験では実験対象区画の錘衝突位置の裏側(北側)から切り離れた校舎基礎を反力として梁間方向に片側単調載荷を行った。実験対象区画の北側基礎梁をスパン中央で 1.2(m)切出し、5(MN)の油圧ジャッキおよびロードセルを挿入してその間隙部から梁端間の相対変形を拡大させて構造物基礎に静的外力を作用させた。載荷高さは錘衝突高さとも一致させている。

#### 【研究結果】

本実験は 4 月 3 日から 21 日までに載荷実験の準備作業を行い、4 月 22 日から 25 日の期間に基礎載荷実験を行った。各加力実験における基礎最大応答変形、荷重およびせん断力係数を表 1 に示す。衝突載荷実験(1 回目)では最大変形 0.69(mm)、最大荷重 1794(kN)であった。基礎を含めた重量で除したせん断力係数は 0.81 であつ

た。一方、静的載荷実験(1 回目)では、最大変形 0.56(mm)、最大荷重は 1132(kN)であった。その後の衝突実験(3 回目, 4 回目)では基礎せん断力係数が 1.49, 2.23 を記録し、地震時に上部構造から伝達されることが想定される慣性力よりも大きな値を示した。

表 1 載荷実験における最大応答値

衝突載荷実験 最大計測値				静的載荷実験 最大計測値			
加振	変形(mm)	荷重(kN)	せん断力係数	加振	変形(mm)	荷重(kN)	せん断力係数
No.1	0.69	1794	0.81	No.1	0.56	1132	0.51
No.2	1.28	2045	0.92	No.2	2.86	3430	1.55
No.3	1.79	3299	1.49	No.3	300	4645	2.10
No.4	5.78	4931	2.23	耐力低下後		3180	1.44

基礎載荷実験における水平力と水平変形の関係を図 4 に示す。これらの復元力特性においては荷重-変形関係に非線形性が見られたものの、基礎の水平変形は 1.79(mm)、5.78(mm)と上部構造の応答変形レベルと比較すると非常に小さかった。衝突実験終了後に行った基礎の静的押し切り載荷実験では 10(mm)程度変形した時点で最大基礎せん断力係数 2.10 を記録し、後に緩やかに耐力が低下した。除荷後に再載荷した水平耐力(基礎底面静摩擦係数)は 1.44 であった。衝突載荷実験における地盤ばね剛性は非常に大きく、非線形変形性状を含む割線剛性であっても静的漸増載荷実験時の初期剛性よりも明らかに高い剛性が計測された。

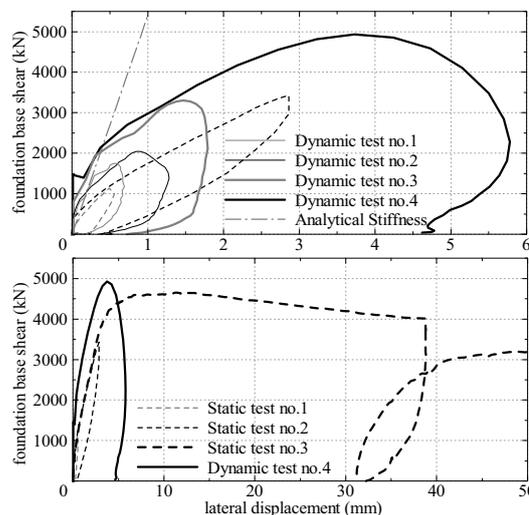


図4 基礎載荷実験における荷重-変形関係

#### 【学会等発表論文】

- 1) 壁谷澤 寿一ほか：既存鉄筋コンクリート建物直接基礎の衝突水平載荷実験，コンクリート工学年次論文集 Vol.33，日本コンクリート工学会，2011.7.