

# 一体橋梁橋台背面の地震時土圧に関するアルミ棒積層体模型傾斜実験

中央大学 学生会員○久保田 祐紀 正会員 西岡 英俊  
中央大学大学院 学生会員 牧野 聖 学生会員 瀬賀 達夫

## 1. はじめに

一体橋梁は橋台と橋桁を一体化させて、経済的および構造的な弱点となる支承部を省略した橋梁形式である。一体橋梁は橋台と橋桁の一体化により、地震時の左右橋台の独立な動きが解消され、耐震性が向上する<sup>1)</sup>と言われているが、同一スパンのボックスカルバート等に比べれば門型構造となる一体橋梁の方が固定度は低く、特に長スパンの一体橋梁では桁長の増加によって桁の軸部圧縮変形量等も加味されるため固定度は更に低下する。すなわち、一体橋梁の橋台背面の地震時土圧挙動は、地震時主働土圧を考慮する一般の（一体橋梁ではない）橋梁と、主働状態に至るほどの変形は考慮しないボックスカルバートとの中間的な挙動となる可能性がある。既往の研究で、壁体固定度を弾性体（ウレタン）で変化させた模型振動実験が実施され、地震時土圧は壁体の安定度の影響を大きく受けることが指摘されている<sup>2)</sup>が、実施事例はまだ少なく、特に一体橋梁のような中間的な固定度での地震時土圧に関する研究は少ないのが現状である。そこで本研究では傾斜擁壁土槽実験装置を用いて土槽を傾斜させる実験を行い、壁体固定度の違いが橋台背面地盤の地震時土圧挙動に及ぼす影響について検討した。

## 2. 実験概要

実験に用いた傾斜擁壁土槽実験装置を図-1に示す。実験装置は、模型擁壁下端をピン固定し、その上部に水平載荷装置（本実験では原則として変位を固定した状態で使用）を取り付けた土槽を傾斜装置で傾斜させて地震時慣性力を模擬する構造である。擁壁の剛な受圧板に取り付けた2つの2方向ロードセルで壁面に作用する壁面垂直方向土圧合力（以下、水平土圧合力）とせん断方向土圧合力（以下、鉛直土圧合力）を計測できる。また、擁壁と載荷装置の間にばねを設置し、壁体固定度の違いを模擬した。なお、本実験では、基礎的な検討として、これらの差異が明確に表れるよう実験精度が確保できる範囲で広範に設定した。模型地盤材料にはアルミ棒積層体を採用し、先行研究<sup>3)</sup>と同様の方法で、単位体積重量 $\gamma_t=21.3\text{ kN/m}^3$ 程度、高さ $H_g=200\text{ mm}$ 、幅 $444\text{ mm}$ 、奥行き $B=150\text{ mm}$ （=アルミ棒長さ）で作成した。土圧の計測については、アルミ棒を設置する前の時点をゼロとし、模型地盤作成中も連続して計測した。模型地盤作成中の土圧が過度に大きくなることを避けるためにアルミ棒の過度の突き固めは行っていない。

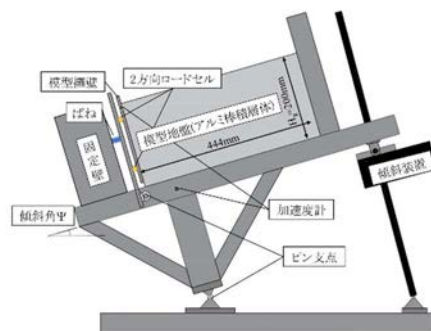


図-1 傾斜擁壁土槽実験装置



写真-1 実験の様子

表-1 実験ケース

ケース名	ばね定数k	初期水平土圧係数	初期壁体傾斜角
k2	2.26 N/mm	0.423	0.0310
k6	5.58 N/mm	0.448	0.0143
k13	12.53 N/mm	0.478	0.0070
k33	32.7 N/mm	0.519	0.0027
k∞	-	0.538	-

本実験では、表-1に示す5ケースで実験を行った。表-1には初期状態での壁体傾斜角と初期水平土圧係数を併記しているが、固定壁のケース $k_{\infty}$ における初期水平土圧係数は静止土圧係数に相当する。

## 3. 実験結果

キーワード 一体橋梁, 固定度, アルミ棒, 地震時土圧, 傾斜実験

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部都市環境学科 基礎・地下構造研究室 TEL : 03-3817-1804

## 1) 固定壁での地震時土圧挙動

図-2 に固定壁のケース  $k_{\infty}$  における水平震度  $k_h$  と水平土圧係数  $K_h$  の関係を示す。図には、地震時主働土圧の理論式である物部岡部式も示した。同式算定に用いる内部摩擦角  $\phi$  はケース  $k_{\infty}$  の実験で得られた斜面崩壊角  $27^\circ$  とし、壁面摩擦角  $\delta$  はケース  $k_{\infty}$  の水平成分と垂直成分の比率の最大値 ( $13.5^\circ$ ) とした。また、ケース  $k_{\infty}$  は主働側への変形を生じないため「地震時静止土圧」の状態と解釈できる。そこで比較対象として「柔構造樋門設計の手引き」<sup>4)</sup> の考え方を参考とし、物部岡部式における地震時主働土圧係数に、別途実施した単調主働載荷試験によって得られた主働土圧係数  $K_a=0.36$  と静止土圧係数(表-1の初期土圧係数)との差を加算し、それを地震時静止土圧係数として図に示している。

図-2 より、固定壁の水平土圧係数は、概ね  $k_h=0.05$  の範囲までは地震時静止土圧係数とほぼ同じ値であるが、 $k_h=0.05$  以降からは地震時静止土圧係数より若干大きな値になっていく傾向が見られた。この要因を検討するため、追加実験として  $k_{\infty}$  の諸元で  $k_h=0.1, 0.2$  になるまで傾斜した時点から単調主働載荷(橋台背面地盤が主働状態に至るまで水平載荷装置で主働側変位を与える載荷)を行うケースを実施し、これらを図-2 に併記した。単調主働載荷によって水平土圧係数が減少して物部岡部式に近づいているが、 $k_h=0.2$  の方が若干、実験値が大きくなっている。このことから、前述の地震時静止土圧係数と実験値との差異は、主に物部岡部式での地震時主働土圧の実験結果の再現精度の差異に起因しているものと考えられる。よって、固定壁に作用する地震時静止土圧は、静止土圧を起点とし、地震時の土圧増分として地震時主働土圧の増加分を考慮するという考え方で概ね評価可能であることが確認できた。

## 2) 弾性壁での地震時土圧挙動

図-3 に固定度の異なる全ケースの  $k_h$ - $K_h$  関係を  $k_h=0.2$  での壁体傾斜角  $\theta$  と共に示す。全体的にばね定数  $k$  が小さくなるにつれ、 $K_h$  が小さくなっており、初期土圧と同様の傾向となっている。これは、地震時の壁体傾斜角が大きくなり、主働状態に至りやすくなるためと考えられる。また、水平震度  $k_h=0.05$  程度までの範囲では、ばねを用いた弾性壁の全 4 ケースとも水平震度が増加しても土圧係数は増加しておらず、固定壁のケース  $k_{\infty}$  とは異なる挙動を示した。一方、それ以降のグラフの傾き(すなわち、水平震度に対する地震時土圧の増分の傾向)は、物部岡部式と同程度となった。これらのことから、一体橋梁の地震時土圧は、地震時主働土圧よりも大きくなるが、固定度に応じて地震時静止土圧との間で連続的に増加していくものと考えられる。

## 4. おわりに

本実験では、傾斜擁壁土槽実験装置を用いて、固定度を考慮した一体橋梁橋台背面地盤の地震時における土圧増加挙動を検討するため、傾斜試験を行った。結果として、今回の実験においては、水平震度  $k_h=0.2$  程度までは、実験の妥当性があると考えられ、固定度(ばね定数)の上昇に伴って土圧が増加するという既往研究の知見を支持する結果が得られた。

## 参考文献

- 1) 平川大貴, 野尻峰広, 相澤宏幸, 綿織大樹, 笹田泰雄, 龍岡文夫, 渡辺健治, 館山勝: 新形式補強土橋梁の耐震性能に対する壁面工と補強材の定着の影響, ジオシンセティックス論文集, Vol. 21, pp.167-174, 2006.
- 2) 渡辺健治, 館山勝: 地震時土圧の大きさに及ぼす擁壁の地震時安定性の影響について, 土木学会年次学術講演会講演概要集第3部, 3-135, 2005.
- 3) 瀬賀達夫, 牧野聖, 久保田祐紀, 西岡英俊, 平川大貴: 繰返し水平載荷を受ける一体橋梁および GRS 一体橋梁のアルミ棒積層体を用いた模型実験, ジオシンセティックス論文集, Vol. 37, pp.47-54, 2022.
- 4) (財)国土技術研究所センター: 柔構造樋門設計の手引き, pp.296-300, 1998.

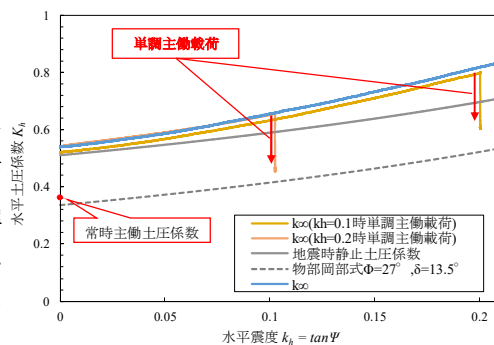


図-2 ケース  $k_{\infty}$  の  $k_h$ - $K_h$  関係

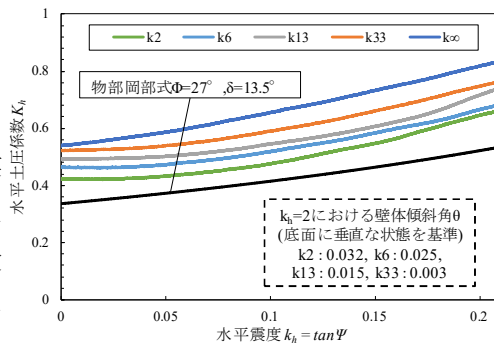


図-3 全ケースの  $k_h$ - $K_h$  関係