

(142) ノックオフ機能付橋台の模型実験結果について

㈱大林組技術研究所 菊地 敏男, 後藤 洋三,
 ㈱大林組 土木技術第2部 黒岩 正夫

1. まえがき

免震橋の桁と橋台の遊間をあまり大きくしないための工夫のひとつとして、ニュージーランドではノックオフ機能付橋台が実用化されている¹⁾。これは大地震時に桁が橋台と衝突した場合、橋台のノックオフ部が裏込め土の方に適当に移動できるようにしておき、その後の衝突による影響を緩和するものである。

わが国の場合、この装置についてはまだ設置された例はなく設計法も確立されていない。そこで、この実験は、大地震時に橋台のノックオフ部が滑動した際における裏込め地盤の破壊状況と滑動抵抗力を確認し、かつ修復性を検討することを目的に実施したものである。

2. 実験の装置および模型の概要

装置の概要は、図-1に示すように橋台と裏込めの地盤側が振動台の上に載せられ、桁側が反力壁に固定されたものである。振動台を静的あるいは動的に動かすことにより、ノックオフ部をロードセルが付けられた桁端部に衝突させるものである。

模型の大きさは実物のおよそ1/2スケールとし、材料は鉄筋コンクリート製とした。橋台とノックオフ構造の接合部は図-1に示すようにアンカー筋がある場合とない場合の2種類とし、ノックオフ部におけるコンクリートの縁切りにはビニールシートを用いた。アンカー筋としては $\phi 10$ を450mm ピッチで配している。

橋台裏込め部を舗装した場合は、アスファルト舗装要綱に準じて図-2に示すようにアスファルト、碎石、ソイルセメントとし、各層の厚さは実際の厚さの1/2とした。また、地盤のみで舗装を考えない場合の実験は、図-3のように物性値のはっきりしている乾燥砂を用いた。

3. 実験方法

実験は表-1に示すように裏込め地盤のあり、なし、舗装部のあり、なし、アンカー筋のあり、なし等をパラメーターにして計12ケースを実施した。

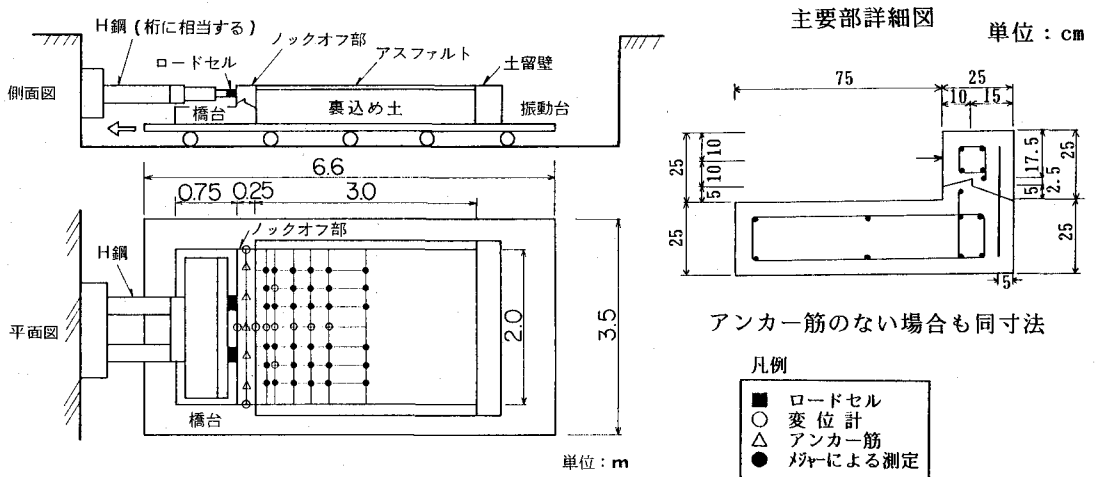


図-1 ノックオフ装置の模型の概略と計測点

桁からの力を静的に作用させる時は荷重をモニターしながら段階的に载荷し、動的に作用させる時は桁の応答速度を想定した10, 15, 20cm/secの3段階の速度で载荷させた。ロックオフ部、裏込め地盤および舗装部の破壊した部分は、各試験ごとに取り除きあらたに作成した。

計器の配置を図-1に示す。ロードセルはロックオフ装置が滑動する時の荷重を測定し、変位計はロックオフ部の側面と上部および裏込め地盤上に取り付け、滑動する時の水平、上下変位および裏込め地盤の破壊状態を測定した。また、地盤の破壊形状を詳細に観察するため、静的载荷の場合は裏込め地盤上にメッシュを切っておき、メジャーにより水平、上下の変位を測定した。

各センサーからの出力は、専用アンプ、AD変換器を通してミニコンピュータのディスクへ入力し、実験終了後、レーザープロッター、プリンターを用いてデータの図化をはかった。

4. 実験結果

i) 抵抗荷重～変位曲線

裏込め部がアスファルト舗装および乾燥砂の場合における静的・動的载荷の抵抗荷重～変位曲線を図-4から図-6に示す。図-4は静的载荷におけるアンカー筋のあり・なしの場合であり、図-5はアンカー筋なしにおける3段階の動的载荷の場合であり、図-6は乾燥砂の場合における静的载荷と動的载荷の場合である。

これらの図より、抵抗力は変位が0.5～3cm程度になった段階で最大値に達し、その後は減少していること、静的载荷でアンカー筋がある場合の最大抵抗力は、ない場合に比較して約3.5倍大きいこと、動的载荷における最大抵抗力は静的に比較して3.4～4.4倍大きいこと、アスファルト舗装がある動的载荷では速度が10～20cm/secに変化すると30%程大きくなり、急速な载荷に対してはアスファルト部の抵抗力が増大すること、がわかる。また、乾燥砂の場合における動的载荷の最大抵抗力は、静的载荷に比較して20%程大きい、速度が10～20cm/secに変化しても変わらないことがわかる。

ii) 裏込め部の破壊状況

裏込め部の破壊状況を写真-1から写真-3に示す。写真-1はアンカー筋なしで静的载荷の場合である。ロックオフ部は下部が前へ出る方向に回転するが、舗装部はロックオフ部から約50cm付近で折れ曲がって破壊する。写真-2はアンカー筋なしで動的载荷(20cm/sec)の場合である。ロックオフ部は静的载荷の場合と同様、下部が前へ出る方向に回転するが、舗装がめくれ上りロックオフ部は舗装の下に潜り込んでいく。舗装部には静的载荷で見られたような破壊はなかった。

写真-3はアンカー筋なしで乾燥砂の場合である。乾燥砂のすべり線はロックオフ部の位置から75～100cmの間に現われ、すべり線からロックオフ側が盛り上がっている。すべり線の位置は中央部付近が遠く、両端部はやや近い。この傾向は静的・動的载荷の場合において、まったく同様であった。

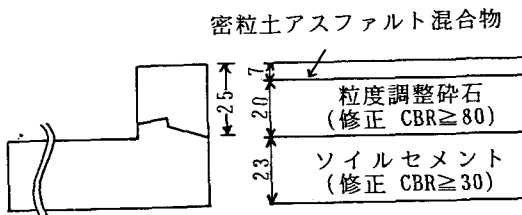


図-2 アスファルト舗装

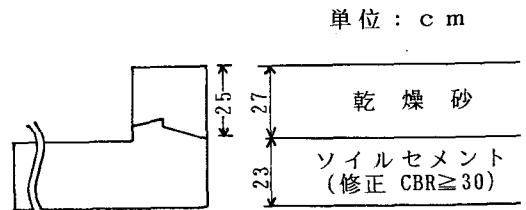


図-3 乾燥砂

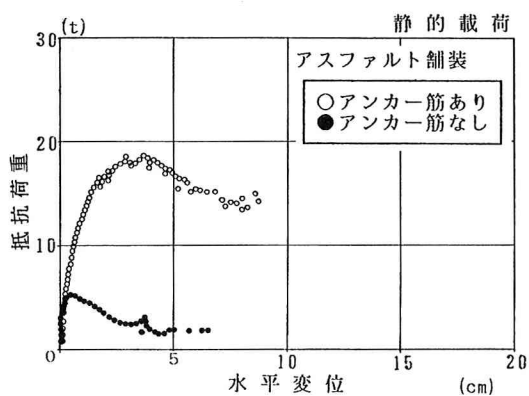


図-4 抵抗荷重～変位曲線 (アスファルト舗装)

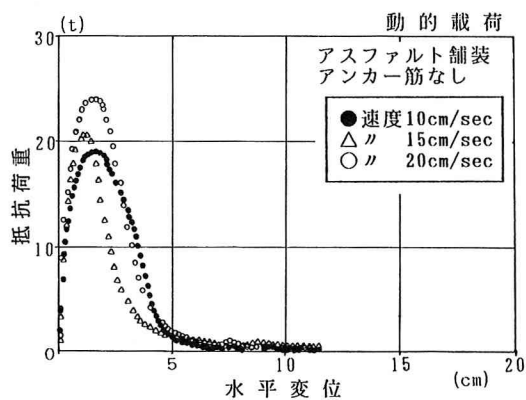


図-5 抵抗荷重～変位曲線 (アスファルト舗装)

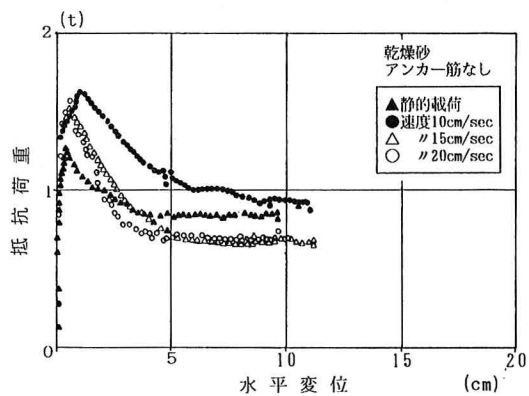


図-6 抵抗荷重～変位曲線 (乾燥砂)

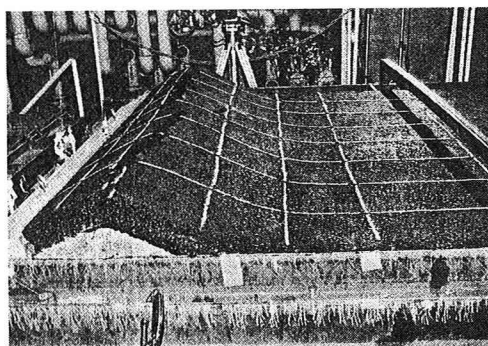


写真-1

静的載荷における舗装の破損

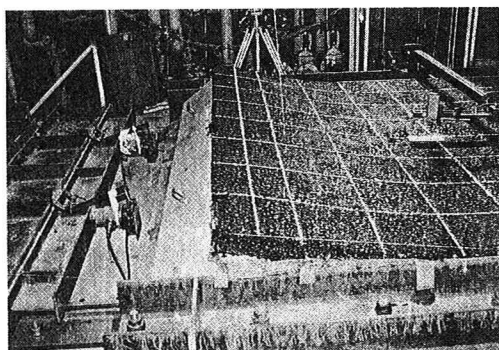


写真-2

動的載荷による舗装の破損
動的な場合はすべてこの様になった。

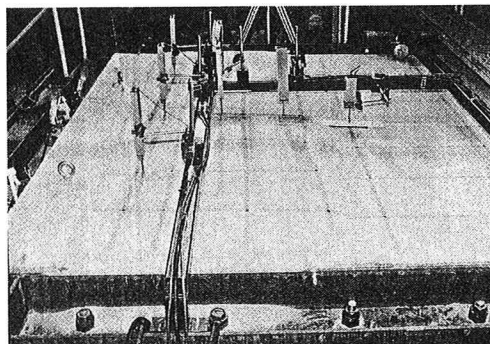


写真-3

乾燥砂によるすべり線の発生状況
すべり線は動的・静的によらずほぼ
同じ位置にある。

表-1 ノックオフ装置模型の抵抗荷重

模 型 の 条 件		載荷速度	最 大 荷 重	
			実 験 値	解 析 値
アンカー筋なし	地 盤 な し	静 的	120Kg	120Kg
アンカー筋あり	地 盤 な し	静 的	4730	5060
アンカー筋なし	裏 込 め 乾 燥 砂	静 的	1270	1310
	裏 込 め 乾 燥 砂	10cm/sec	1630	—
	裏 込 め 乾 燥 砂	15cm/sec	1550	—
	裏 込 め 乾 燥 砂	20cm/sec	1580	—
アンカー筋なし	アスファルト舗装	静 的	5570	5550
	アスファルト舗装	10cm/sec	19100	—
	アスファルト舗装	15cm/sec	21100	—
	アスファルト舗装	20cm/sec	24400	—
アンカー筋あり	アスファルト舗装	静 的	19000	10500
	アスファルト舗装	10cm/sec	38600	—

5. まとめと考察

i) ノックオフ装置および裏込め地盤の修復性

アンカー筋がない場合のノックオフ装置は、橋台本体には被害を及ぼさないため修復が容易である。アンカー筋がある場合、今回の模型ではアンカー筋の引き抜き力によりかぶりの薄いコンクリートの1部が破損した。これでは、修復に余分な手間を要することになるので、アンカー筋の設計法および施工法の改善が必要になると思われる。

裏込め地盤は受働破壊面で滑るため、この範囲の地盤、アスファルトを掘り起し、再度突固め、アスファルトを再転圧することにより復旧できるものと考えられる。

ii) 抵抗荷重

実験から得られた最大抵抗荷重を解析値と比較して示したものが表-1である。解析値はノックオフ部と橋台間のコンクリート面の摩擦係数を0.2と仮定し、ノックオフ背面の裏込めと舗装の抵抗力は、受動土圧によるものとして求めたものである。裏込め材の土質定数は、土質試験結果に基づいて乾燥砂では $\phi = 42^\circ$ 、粒土調整碎石では $\phi = 40^\circ$ とし、アスファルト舗装部は $C = 15 \text{ tf/m}^2$ と仮定した。

解析値は静的載荷における実験値をほぼ説明できる結果であり、すべり摩擦抵抗ならびに受動土圧抵抗を考えることによって、ノックオフ部の静的な抵抗力が求められることがわかる。一方、アスファルト舗装された場合の動的な実験値は、静的載荷の場合に比較して大きな値を示しており、急速な載荷に対してはアスファルト部の抵抗力が増大する傾向が見られる。ノックオフ装置が受け持つ抵抗力を正しく設計できる様にするためには、アスファルトの剛性の速度依存性を明らかにする必要がある。

なお、本研究は建設省土木研究所と民間28社との官民連帯共同研究「道路橋の免震構造システムの開発」の一環として行われたものであり、関係各位に深謝致します。

《参考文献》

- 1) (財) 国土開発技術センター：ニュージーランドにおける橋梁の免震装置調査報告書 1989年12月
- 2) 土木研究所他29社：「道路橋の免震構造システムの開発に関する共同研究報告書（その1）」、土木研究所共同研究報告書第44号、平成2年3月