

支承部品の落下防止ネットに求める性能の実験的検討

今倉 優樹¹・諸角 治¹・正木 健太¹・篠原 聖二²・石川 祐介³

¹正会員 阪神高速技研(株) 技術部 設計課（〒550-0011大阪府大阪市西区阿波座1丁目3番15号）

²正会員 阪神高速道路(株) 技術部 技術推進室（〒541-0056大阪府大阪市中央区久太郎町4-1-3）

³非会員 ナカダ産業株式会社 営業部 技術開発課（〒428-0019静岡県島田市志戸呂880-3）

1. はじめに

兵庫県南部地震や東北地方太平洋沖地震において、支承部が損傷することにより、その部品や破片等が飛散する事例が多くみられた。なかでも、台座の欠損や上沓の割れ・破断、サイドブロックの損傷など比較的大きな部材の損傷であった。兵庫県南部地震における支承板支承の損傷事例を写真-1、写真-2、写真-3に示す。

これらの被害から今後到来する可能性のある南海トラフ地震などの大規模地震により支承部が損傷した場合においても、その部品や破片等の落下物による第三者被害を未然に防止するための対策の検討が必要である。

そこで本報告は、支承部品の落下防止対策として、施工が比較的容易であり、現行の阪神高速道路でコンクリート片及び高力ボルト等、また、鳥類の糞等による第三者被害を防止するために用いられている落下防止ネットに着目し、地震時に橋座面からの支承部品の落下を保持できるネットに求める性能を、重錘落下試験（以後、落下試験という）により確認した。

また、検討の結果得られた落下防止ネットおよび支持ロープの構造細目を阪神高速道路における支承部品の落下防止ネットの設計・施工手引き（案）および取り付け要領として検討した。



写真-1 支承板支承上沓の破断



写真-2 支承板支承サイドブロックの損傷



写真-3 支承板支承ベアリングプレートの逸脱

2. 検討条件

(1) 支承形式及び落下部材の選定

阪神高速道路ではゴム支承、積層ゴム支承、支承板支承が多く用いられている。（保全情報管理システム データベース・図面検索システム2016年11月29日時点より）そのうち、ゴム支承はコンクリート桁に用いられる鋼製部材を有しないパット沓が主であり、積層ゴム支承においてはタイプB支承が大半である。一方で支承板支承はタイプA支承が大半を占めている。上のことから部材の落下を想定する支承形式として、支承板支承を選定した。

また、兵庫県南部地震や東北地方太平洋沖地震では、上沓の破断やサイドブロックの損傷が多くみられたことから、支承板支承の落下部材としては、比較的部材が大きな上沓（写真-1）やサイドブロック（写真-2）、ベアリングプレート（写真-3）に着目して検討する

(2) 落下試験に用いる試験片の設定

阪神高速道路で用いられている支承板支承では500ton以下のものが全資産数の90%を占めている。また、各落下想定部材の最大重量を阪神高速の標準図¹⁾より集計したところ、設計タイプ500ton以下の支承板支承では、サイドブロック1個当たり30kg、ベアリングプレートは50kg、上沓（1/2）は150kgとなった。以上の集計から、地震時に落下の恐れがある部材としては最大で150kg程度と想定できるため、落下想定部材の設定重量を最大150kgとして50kg、100kg、150kgの3ケースで落下試験を行った。

また、地震時に落下の恐れがある部材として、支承板支承のベアリングプレートは円盤状であり、サイドブロック等は突起を有する四方体である。そのため、この円盤状および四方体についての試験片を各々作成せず、ネット材への接触面圧力をひとつの試験片で与えられることが合理的であると考え、想定する部品重量を有する体積を考慮した形状のものを用いた。

落下試験は50kg、100kg、150kg相当のサイドブロックを模擬した形状の試験片を写真-4に示すようにそれぞれ製作し、最もネット材への接地面積が小さく、衝突時の圧力が大きいと予測される面（写真-4の左側面）がネットに接するように落下させた。



写真-4 試験片の形状

表-1 ネット材の諸元

引張強さ N/本	素材	目合い	ネットの繊度	備考
		mm	dtex	
330	難燃ポリエステル	10	11,000	設計基準(第4部)対応品
450	難燃ポリエステル	10	16,700	他機関等実績品
700	難燃ポリエステル	10	25,000	土木材料として使用実績あり

また、落下高さについては、ネット材に接触させた状態での0mmからの落下（落下高さ0mm）と橋座面からの飛散を想定した、高さ500mmからの落下を基本とし、最大2000mmからの落下高さまでの落下試験を行った。

(3) ネット材

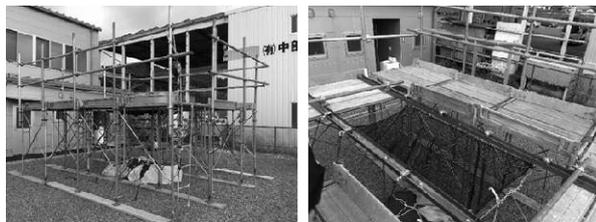
落下試験に用いるネット材については、コンクリート片の剥落防止対策や高力ボルトの落下防止対策での実績を考慮し、表-1に示す諸元を選定した。

なお、ネット材の種類は繊度等で区別されるが、繊度（dtex）とはその繊度の網糸の10km時の重量（g）であり、主に網糸の太さ指標として使用される。引張強さ330N/本（繊度11,000dtex）のものは現行の阪神高速道路設計基準²⁾の落下防止ネットに用いられているものである。引張強さ450N/本（繊度16,700dtex）のものは、他機関で落下防止ネット等に用いられているものである。また、引張強さ700N/本（繊度25,000dtex）のものは土木材料（根固め工法用の袋材など）としての使用実績があり、比較的強度が高いものとなっている。

3. 重錘落下試験

(1) 実験概要

落下試験は写真-5に示すように、幅1m長さ2mの開口部を設けた足場を設置し、長辺の支持ロープに対し、50cm間隔でJIS B 1169 アイボルト (M16) で取り付けられたネット材 (図-3) にサイドブロックを落下させた。



(a) 全体状況 (b) ネット設置状況
写真-5 足場外観

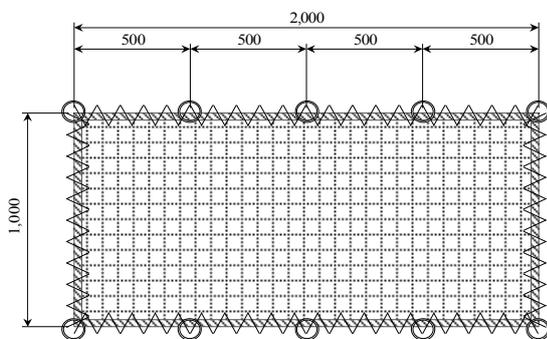


図-3 落下防止ネット実験概要図

(2) 試験方法

試験方法は図-4に示すように、落下物をクレーンにて試験体の中心まで移動させ、所定の高さに落下高さを調整した後、オートリリースフックを用いて自由落下させた。試験後、網の状況、破網の有無、貫通の有無を確認した。

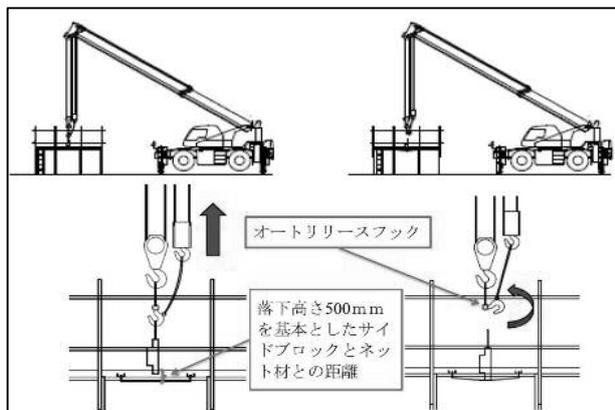


図-4 試験方法イメージ

表-2 試験結果

◎		○		×		
網材の破網無し		破網は有るが貫通無し		貫通		
引張強さ (織度)	落下高さ (mm)	試験片重量(kg)	評価			合否
330N/本 (11,000dtex)	0	100	○	×	○	不適合
	0	50	◎	◎	○	適合
450N/本 (16,700dtex)	300	150	×	-	-	不適合
	0	150	○	○	○	適合
700N/本 (25,000dtex)	2000	150	×	-	-	不適合
	500	150	○	○	○	適合

(3) 試験結果

表-2に本試験結果を示す。ネット材に接触させた状態 (落下高さ0mm) での落下試験において、引張強さ330N/本 (織度11,000dtex) のネット材は、50kgの試験片を保持する結果となった。また、引張強さ450N/本 (16,700dtex) のネット材は150kgまでの試験片の落下を保持することを確認できた。なお、引張強さ700N/本 (25,000dtex) のネット材は、150kgの試験片の橋座面からの飛散を想定した500mmからの落下を保持することを確認できた。

以上により、ネット材に接触させた状態で落下する試験片を防護するのに必要なネット材の引張強さは、450N/本以上であることが確認できた。

4. 設計・施工手引き (案) の策定

本試験結果より、落下防止ネット及び支持ロープの構造細目を従来の落下防止ネットの構造細目に加え、下記の通り規定を検討した。

(1) 落下防止ネット

a) 強度

一般的に阪神高速で用いられている落下防止ネットは、330N/本のネット材であるが、今回行った重錘落下試験において、150kgの試験片を保持する強度を有さなかった。450N/本のネット材は、ネットに接触させた状態で落下する150kgの試験片を保持する強度を有した。ただし、経年劣化による影響を考慮する必要があり、ネットの耐用年数を20年程度として、サンシャインカーボンアーク灯式試験機により5000時間の促進試験後の引張強さが35%程度劣化する (保持率65%) と仮定すると、初期引張強さは $450 \times 100 / 65 = 692 \approx 700$ N以上必要である。ここで、700N/本のネット材は、150kgの試験片を高

さ50cm程度（橋座面からの飛散を想定）からの重錘落下試験において試験片を保持する強度を有したことから、これを標準として規定することとした。

b) 材質

落下防止ネットの素材は、「繊維ハンドブック」（日本化学繊維協会）に示される主な繊維のうち、強度特性に優れ、酸及びアルカリに不溶であるポリエステルを標準とした。また、落下防止ネットの色は、紫外線劣化に対し有効であるカーボンブラック等含有の顔料を用いた黒色を標準とした。

(2) 支持ロープ及び固定金具

今回行った落下試験において、支持ロープ（ワイヤーロープ（φ6mm））や固定金具（アイボルト（M16））に破断や曲がり等の損傷はみられなかったため、落下防止ネットを2.0m×1.0m程度の間隔で設置の上、長辺の支持ロープに対し50cm間隔で固定することを標準とした。

5. 取り付け方法の検討

前述の落下防止ネット及び支持ロープの構造細目を考慮の上、下記の通り取り付け方法案を作成した。

a) コンクリート部材面に取り付ける場合

コンクリート部材面には、打ち込み式アンカーとアイボルトで取り付けることとした。（図-5）

これは現行の落下防止ネットのコンクリート部材面への取り付け方と同様の工法であり、施工も比較的容易であると考えられることから、これをコンクリート部材面への取り付け方法として規定することとした。

b) 鋼部材面に取り付ける場合

鋼部材面には、アイボルトの取り付けに際し、既設の鋼部材への削孔を避けるため、図-6に示すようにL形鋼（65×65×8mm）にナット溶接した固定金具を、鋼材面に現場溶接で強固に取り付けることとした。また、重量物を受け持たない箇所では、図-7に示す支持クランプで鋼部材コバ面に取り付けてもよいこととした。

c) 取付け外観イメージ

端支点上に落下防止ネットを取り付ける場合の外観イメージを図-8に示す。

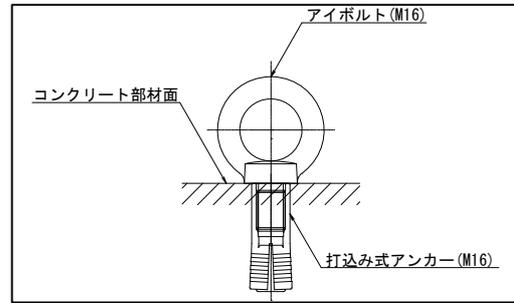


図-5 コンクリート部材面に取り付ける場合

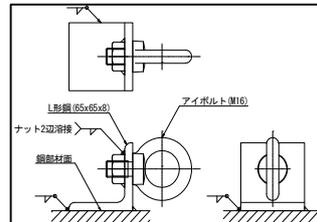


図-6 鋼部材面に取り付ける場合

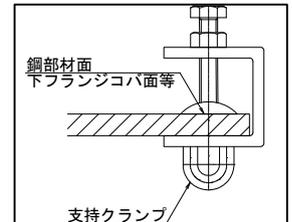


図-7 鋼部材コバ面の重量物受け持たない箇所に取り付ける場合

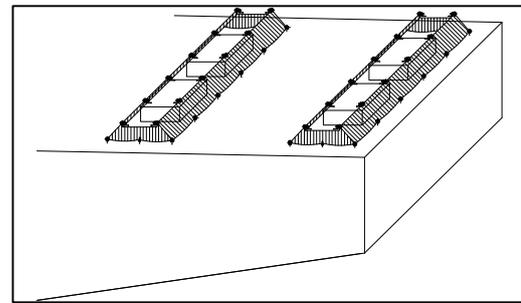


図-8 端支点上の落下防止ネット取り付け外観イメージ

6. まとめ

本稿では、支承部品の落下防止対策として落下防止ネットに着目し、重錘落下試験によりそのネットに求める性能を検討した。試験結果より、ネット材に接触させた状態で落下する支承部品を防護するのに必要なネット材の引張強さは、450N/本であり、劣化による影響を考慮すると、700N/本以上が必要となることを示した。落下試験により得られた構造細目を、阪神高速道路における支承部品の落下防止ネットの設計・施工手引き（案）および取り付け要領として検討した。

参考文献

- 1) 阪神高速道路公団（当時）：鋼桁用支承標準設計図集，1989
- 2) 阪神高速道路株式会社：設計基準第4部 構造物設計基準（付属構造物編），2011.11