

断層など基礎地盤変状が長大杭式栈橋に与える影響

早稲田大学 ○学生会員 清水 有人

早稲田大学 フェロー 清宮 理

1.はじめに 海上及び沿岸部に岸壁、橋梁、海上空港等大規模構造物を建設する場合、代表的な構造形式の一つとして鋼管杭式がある。この構造形式では、多数の鋼管杭とその上に設置されるコンクリート製の床版より構成される。沿岸部では軟弱な地盤にこれらの構造物が建設される機会が多い。この構造形式において懸念すべき問題は、洪積層地盤の断層や圧密などの不等沈下現象である。構造物の施工後も基礎洪積層の圧密沈下が進行し、構造物への力学的影響が問題になる場合がある。地震の発生が予想される地域では、断層変位による影響も想定される。東京湾、伊勢湾など軟弱な表層地盤が存在する場合、一般的に基礎地盤での断層の状況を把握する事が困難である。また洪積層の沈下現象は関西国際空港での沈下事例、大阪港での港湾施設の建設事例で報告されており、問題点が指摘されているにもかかわらず、構造物に及ぼす具体的な検討が進んでいないのが現状である。本研究では、基礎洪積層とその上の軟弱地盤層からなる地盤に施工された長大杭式栈橋に対して、基礎地盤の不等沈下を正断層、逆断層変位あるいは洪積層に強制変位として与え、それらが鋼管杭と鉄筋コンクリート床版に与える影響について、材料非線形性を考慮した静的な有限要素法で構造物に計算される断面力の状況を把握すると共に、トラス補強などの対策の有用性について検討を行った。

2.解析手法の概要 解析モデルとして、非線形性を考慮した表層地盤、鋼管杭、鉄筋コンクリート床版を作成し、地盤最下層の中央から右側に下向きの一様な強制変位で、荷重ステップ解析を用いて与えることで解析を行った。有限要素法汎用プログラムには TDAPⅢを用い、水の存在は考慮していない。なお地盤の静的非線形、杭の曲げ非線形、床版のせん断非線形、杭と地盤を結合する鉛直および水平方向ばねについてはバイリニアモデルを用い、床版の曲げ非線形については、 M_c 、 M_y 、 M_u の3点をそれぞれ考慮した非線形モデルを用いた。また、床版に

ヒンジを導入したケース、杭にトラス補強を施したケース（2 ケース）についても解析し、計 4 ケースについて比較検討した。

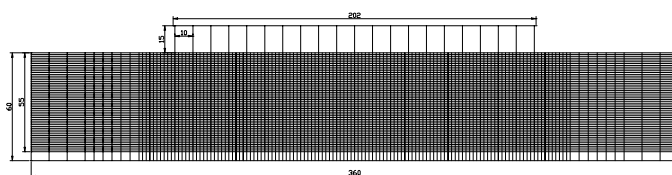


図-1 解析モデル

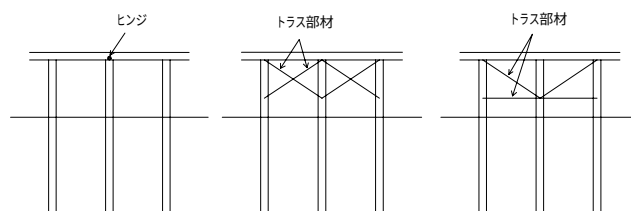


図-2 対策方法図（ヒンジ、トラス1、トラス2）

表-1 鋼管杭の諸元

杭径D (mm)	鋼厚t (mm)	M_y (kN・m)	Φ_y (1/m)	M_p (kN・m)	Φ_p (1/m)
700	12	1051	3.42×10^{-3}	1391.77	4.53×10^{-3}

表-2 正曲げ時 M～Φ関係

	ひび割れ発生時	鉄筋降伏時	終局破壊時
曲げモーメントM (kN・m)	521	1189.1	1227.5
曲率Φ (1/m)	8.87×10^{-5}	1.41×10^{-3}	1.68×10^{-1}

表-3 負曲げ時 M～Φ関係

	ひび割れ発生時	鉄筋降伏時	終局破壊時
曲げモーメントM (kN・m)	1100.9	4587.7	4820.7
曲率Φ (1/m)	1.87×10^{-4}	2.75×10^{-3}	8.65×10^{-3}

3.解析結果と考察

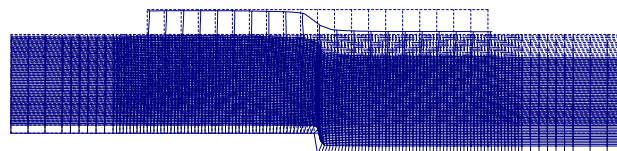


図-3 正断層変形図（対策なしケース 1.0m変位）

キーワード 基礎地盤変状、杭式栈橋、不等沈下、強制変位

16-01 清宮研究室 TEL：03-5286-3852

連絡先 〒160-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 51 号館

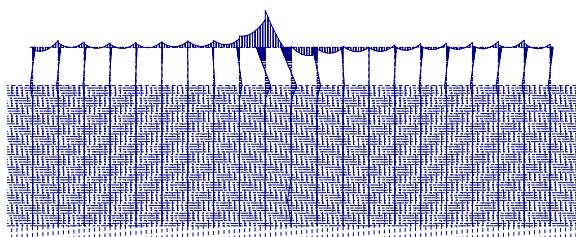


図-4 曲げモーメント分布

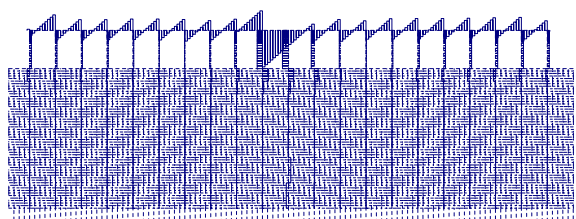


図-5 せん断力分布

解析モデル中央の基礎地盤に荷重ステップ数 100 として、最終的に 1.0mの断層変位を与えた。表層地盤の沈下は考慮していない。曲げモーメント、せん断力ともに、構造中央に応力が集中する結果となった（図-4、図-5）対策なしケースでは、変位量 60cm程度で床版の負曲げモーメントが終局曲げモーメントに達した（図-6）一方、床版のせん断力は、1.0m変位時でもせん断耐力には達していなかった（図-8）鋼管杭の曲げモーメントに着目すると、対策なしケースでは、中央杭の杭頭部において、変位量 45cm程度で、全塑性モーメントに達する結果となった（図-7）以上から、対策なしケースでの破壊形式は、鋼管杭頭部の曲げ破壊→床版の曲げ破壊、の順に進んだことが分かる。ヒンジ導入ケースでは、床版のせん断力、鋼管杭の曲げモーメントについては対策なしケースと比較して、低減することが出来た（1.0m変位時で無被害）が、床版の曲げモーメントが対策なしケースよりも早い段階で終局値に達してしまい、有効な対策とはならなかった。トラス 1 ケース（図-2、X字型）では、床版の曲げモーメント、せん断力は大幅な低減が出来た一

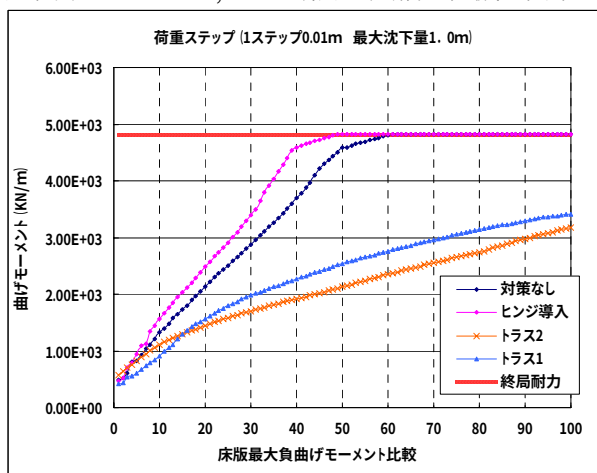


図-6 床版曲げモーメント最大値比較

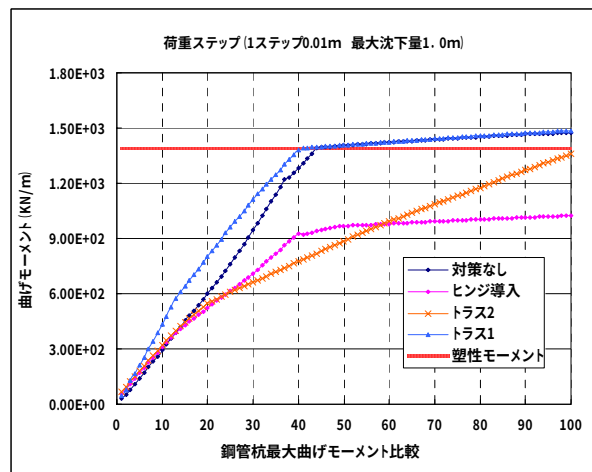


図-7 鋼管杭曲げモーメント最大値比較

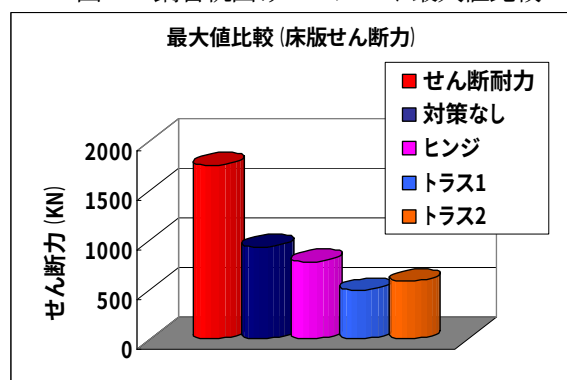


図-8 床版せん断力最大値比較

方で、鋼管杭とトラスの接合部に応力が集中し、早い段階で鋼管杭が曲げ破壊する結果となった（図-7）トラス 2 ケース（図-2、V字型）では、床版の正、負曲げモーメント、せん断力、鋼管杭の杭頭、地盤境界の曲げモーメントともに対策なしケースより低減することが出来、トラスと鋼管杭の接合部での応力もトラス 1 ケースと比較して、全塑性モーメント以下に抑えることが出来、この断層型の変位を与えた比較 4 ケースの中では、最も有効な対策としての結果を得られた。

4.まとめ ヒンジ導入モデルは、大幅な応力の低減には至らず、トラス 1 ケース（X字型）も応力がトラスと鋼管杭の接合部に集中して、曲げ破壊に到る結果となった。今回の解析ケースではトラス 2 ケース（V字型）で、各部材が終局値に到らず、有効な対策であることは確認出来た。これ以外の変位や沈下を受ける際の破壊過程と対策工について、今後の課題として検討していきたいと思う。

参考文献 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅰ 共通編 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅴ 耐震設計編（2002） 3) 日本道路協会：杭基礎設計便覧