

既設基礎の耐震補強に関する検討（その２）

- 高耐力マイクロパイル工法の試設計 -

極東工業	正会員	○中田	順憲
フジタ	正会員	相良	昌男
建設省土木研究所	正会員	大下	武志
建設省土木研究所	正会員	福井	次郎

１．はじめに

既設基礎の耐震補強は、空頭制限や近接構造物等による施工上の制約を受け、従来工法では対応できない場合も多い。近年、狭小なスペースで施工可能なマイクロパイルが注目されているが、既設基礎の耐震性能を保有水平耐力法レベルまで引き上げることを目的とした補強設計事例は少なく、実効的な取り組みは端緒についたばかりである。本検討では、高強度鋼管を主部材とする高耐力マイクロパイルの耐震補強効果を定量的に把握するとともに、増杭補強の設計的課題を抽出することを目的として、既設橋脚の杭基礎を対象とした地震時保有水平耐力照査法によるケーススタディを行った。本文は、その概要を述べるものである。

２．検討概要

検討対象とした既設橋脚は、参考文献 1) から引用したものであり、基礎の諸元や地盤構成等の設計条件も当文献に準拠した。基礎の耐震補強は、図 - 1 に示すとおり、既設 P C 杭を取り囲むように増杭しフーチングを両側 1.25m づつ打ち足すことを想定した。増杭は $\phi 178$ mm のマイクロパイルである。検討にあたっては、マイクロパイルの打設傾斜角 θ をパラメータ ($0 \sim 15^\circ$) とし、 θ を変えた各ケースにおいて地震時保有水平耐力照査法に基づく耐震性能を満足するよう増杭本数を決定した。なお、マイクロパイルの構造諸元や増杭補強に関する設計条件については、参考文献 2) に詳述されているので参照されたい。

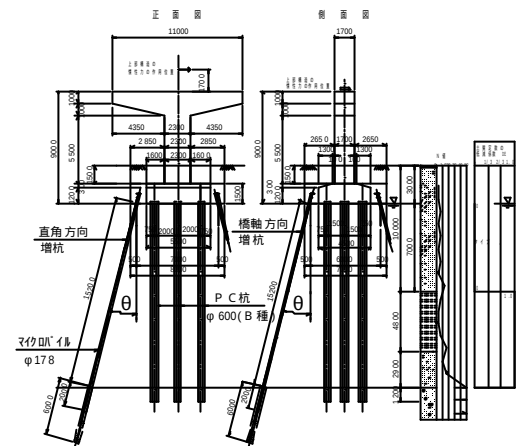


図 - 1 高耐力マイクロパイルによる耐震補強

３．検討結果と考察

3.1 増杭の打設傾斜角と耐震補強効果

表 - 1 は、地盤の液状化を想定しない場合の検討結果を示したものである。増杭された基礎は、全既設杭体降伏後も水平力～変位関係に明確な降伏点は現れないが、既設杭の剛性低下とともにその非線形性が漸進する傾向がみられたため、非液状化時の検討では、すべての既設杭が降伏した時点を増杭基礎の降伏と判定するものとした。一方、保有水平耐力法レベルの地震力に対して杭の支持力が不足する既設基礎は、未補強の段階ではロッキングの影響が卓越するが、増杭により鉛直支持抵抗が付与されると、サイドスウェーによる杭本体のせん断耐力不足が顕在化する。このような場合、曲げ剛性が既設 P C 杭に比べ非常に小さい(約 1/38)マイクロパイルを $\theta = 0^\circ$ すなわち直杭として用い

表 - 1 非液状化時検討結果

打設傾斜角 θ		未補強	0°	5°	10°	15°
増杭本数	橋軸方向	0	4	12	8	6
	直角方向	0	6	14	12	8
	計	0	10	26	20	14
水平力の分担 (直角方向)	既設 P C 杭	38%	60%	46%	43%	42%
	マイクロパイル	----	17%	34%	37%	38%
	フーチング 前面	17%	23%	20%	20%	21%
基礎の降伏耐力		55%	114%	140%	144%	145%
耐力の有無の判定		耐力不足	耐力有り			
耐力不足あるいは基礎降伏の要因		既設 押込支持	既設 せん断	全既設杭体の降伏		

表中の％は設計荷重 $k_{10} = 0.91$ に対する比率を示す

キーワード：耐震補強、既設基礎、高耐力マイクロパイル、斜杭、地震時保有水平耐力照査法

東京都新宿区山吹町 347 番地 T E L 03-3269-4621 F A X 03-3269-4626

ると既設杭が負担する水平力をせん断耐力以下に抑制するために多本数の増杭を要することになる。これに対しマイクロパイルを斜杭として用いると、その軸剛性が水平抵抗に寄与することにより補強効果が増し、所定の耐震性能を与えるために必要な増杭本数を減少できる。図 - 2 ~ 4 は、増杭の打設傾斜角と基礎照査時 ($k_{hp}=0.91$) において杭体に作用する断面力の関係を示したものである。これらの図から、打設傾斜角が大きくなるにつれて、杭体に作用する曲げおよびせん断の影響が低減され、基礎全体の降伏耐力を支配する要因が、既設杭の部材性能から増杭あるいは既設杭の支持能力へと移行していく傾向にあることがわかる。

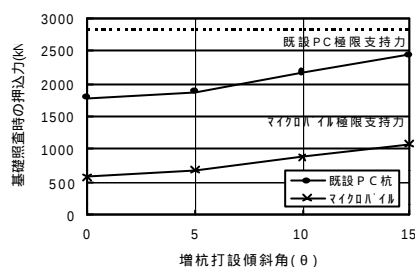


図 - 2 杭頭押込力

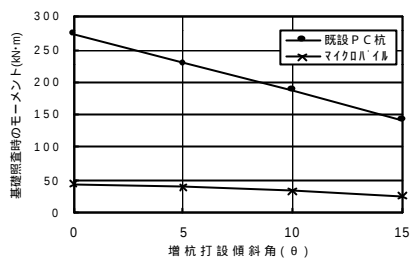


図 - 3 杭頭モーメント

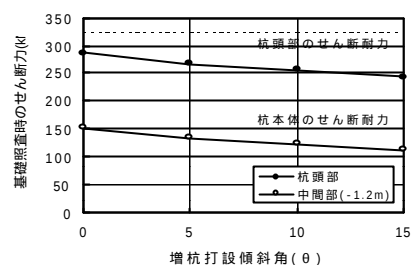


図 - 4 既設杭の作用せん断力

3.2 増杭補強後の応答塑性率

図 - 5 は、液状化を想定し同一の打設傾斜角 (15°) で増杭本数を変えた場合の検討結果を対比したものである。左図は、水平変位が応答変位に達する前にすべての既設杭頭が終局に至るため増杭後も基礎の耐力が不足していると判定されたケースである。これに対し右図は、所定の耐震性能を有しているケースである。いずれのケースも増杭が押込支持の上限に達した段階で水平変位が急増し始め、大きな変位を伴わないまま既設杭が終局に至る過程をたどっている。

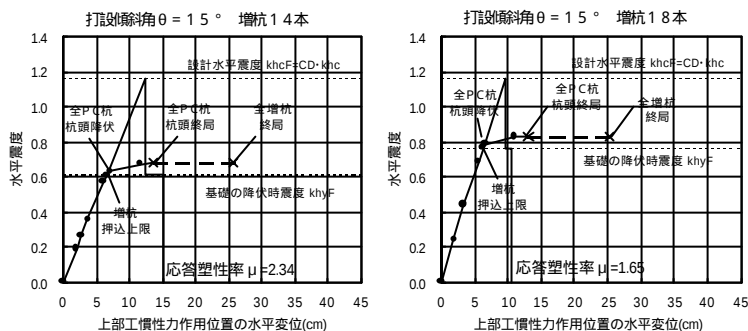


図 - 5 液状化時検討結果(橋軸方向)

- 水平震度 ~ 変位関係 -

る。これは、増杭を斜杭とすることにより、基礎の耐力が増杭の支持力に依存する傾向が強まり、増杭の押込上限以後において既設杭の負担する水平力が急増するためである。このような場合、既設杭の変形性能により塑性率の制限値が決定され、示したケースでは応答塑性率を 2 程度以下とすることが必要であると推察される。

4 . おわりに

保有水平耐力法レベルの地震力が作用したときの橋脚の挙動と既設杭基礎の耐力不足要因の関係は、図 - 6 のとおり整理される。一般に、サイドスウェーが卓越し、杭体のせん断耐力不足が要因の一つとして関係する場合には、杭体が負担する水平力を積極的に低減することが必要とされる。検討対象とした杭基礎は、図中の あるいは の領域に属するため、マイクロパイルを斜杭として用いた方が耐力を向上させる上で効果的となる結果が得られた。今後は、斜杭を含めた異種増杭に関する補強効果の実証と設計法の確立が急務であると思われる。なお、本検討は、建設省土木研究所共同研究「既設基礎の耐震補強技術の開発」の平成 11 年度における活動の一環として行われたものである。

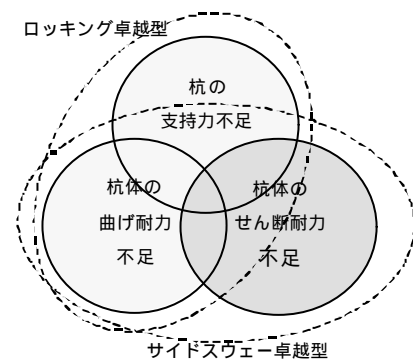


図 - 6 既設杭基礎の耐力不足要因

【参考文献】

- 1) 日本道路協会：既設道路橋基礎の補強に関する参考資料、平成 12 年 2 月
- 2) 建設省土木研究所他：既設基礎の耐震補強技術の開発に関する共同研究報告書(その 1)、平成 12 年 5 月