

第2章 鋼製橋脚隅角部の疲労損傷の実態

2.1 概要

国土交通省では、都市高速道路の鋼製橋脚の隅角部に重大な亀裂損傷が発見されたのを機に、平成 14 年に直轄国道の鋼製橋脚のうち隅角部を有する 334 基に対して緊急点検を行った。その点検の結果、125 基の鋼製橋脚の隅角部で表面に開口した亀裂損傷が発見された。これらの損傷の原因には、施工段階からの溶接割れや著しい溶接欠陥なども考えられるため、一概に疲労であるとは断定できない。しかし、近年の厳しい重車両の交通実態や隅角部の構造的特徴を考慮すると、この部位に亀裂状の損傷や未溶着部分が存在している事実は、何らかの原因で疲労耐久性に重大な悪影響を及ぼす可能性が高いものと考えられる。

ここでは、上記の直轄国道に対して実施した鋼製橋脚隅角部に対する緊急点検結果とその分析結果についてレビューする。なお、多くは既に「道路橋の鋼製橋脚隅角部構造に関する資料 平成 17 年 1 月 国総研資料 第 229 号」（以下、「文献 4」という）としてとりまとめられたものからの抜粋である。

2.2 損傷と各種条件との関係

2.2.1 橋脚断面形状との関係

図-2.2.1 に橋脚断面形状と損傷の関係を示す。すべての亀裂を対象とした損傷発生率は角柱で 49%、円柱で 36%であるが、亀裂長さ 30mm 以上のみでは損傷発生率は角柱で 7%、円柱で 15%となっており、疲労によって進展しているような深刻な損傷の発生率は円柱断面の方が高い可能性がある。

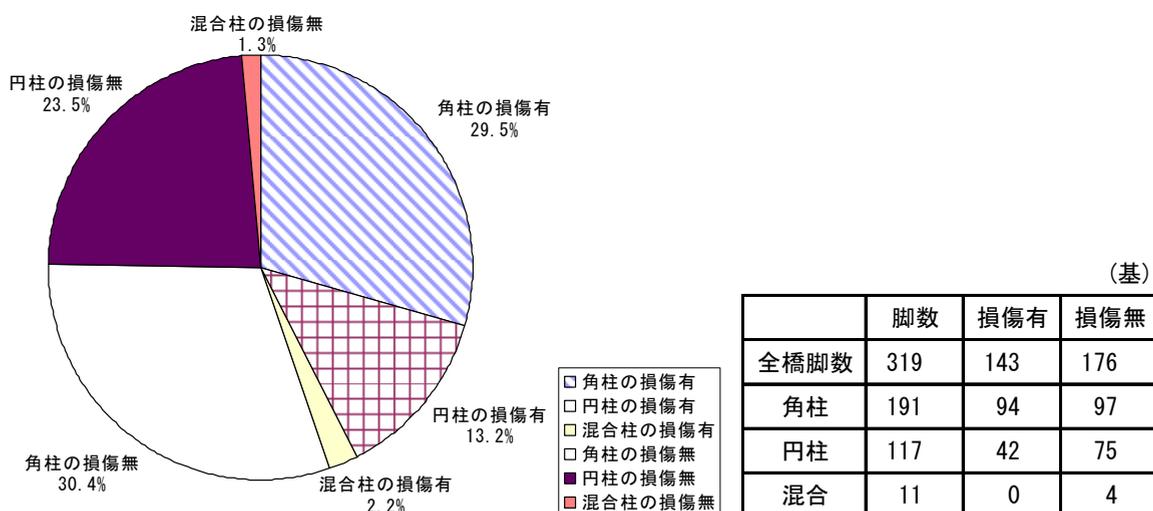


図-2.2.1 橋脚橋形状と損傷

2.2.2 完成年との関係

図-2.2.2 に完成年と損傷の関係を示す。昭和 40 年代中盤、昭和 50 年代後半および平成初期に大きな建設ピークが現れているが、それらの時期に損傷発生率がやや高いものがある。ただし、全般的には完成年と損傷発生率に顕著な傾向はみられない。

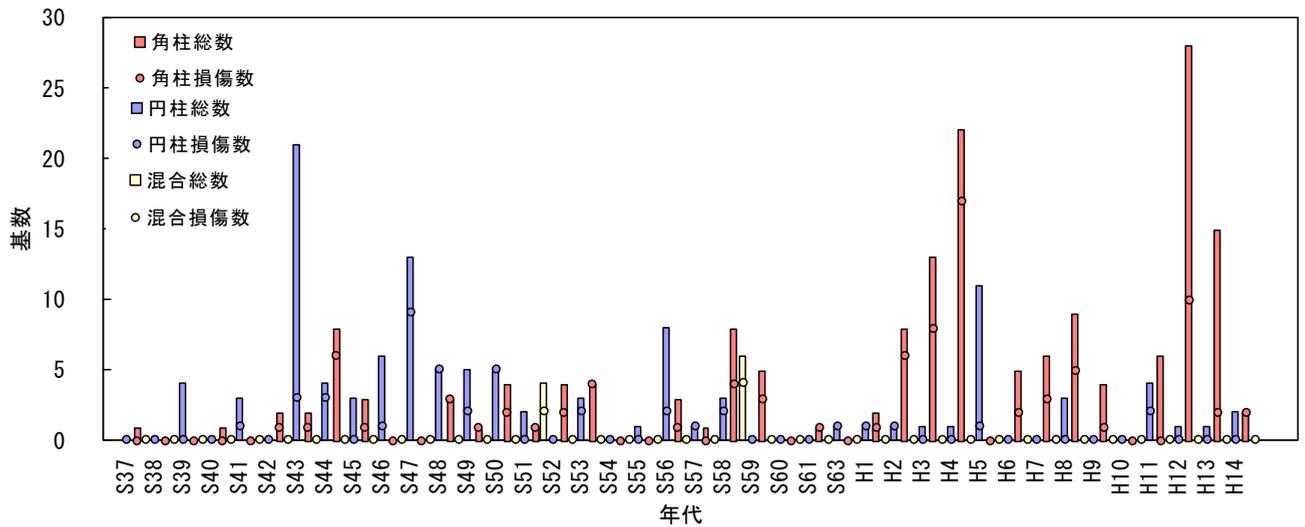


図-2.2.2 完成年度と損傷

2.2.3 大型車交通量との関係

図-2.2.3 に大型交通量と損傷の関係を示す。大型車交通量と損傷の間に有為な関係は見受けられない。

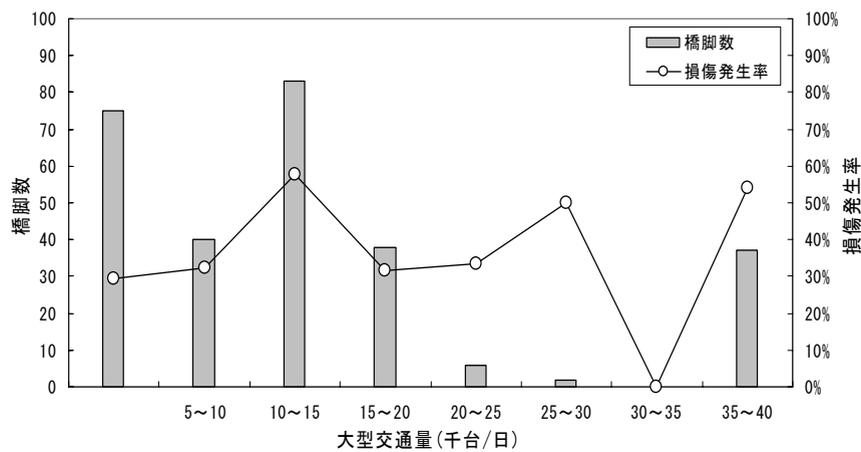


図-2.2.3 大型車交通量と損傷

2.2.4 支承条件との関係

図-2.2.4 に支持条件と損傷の関係を示す。支持条件の違いによる有為な差は認められない。

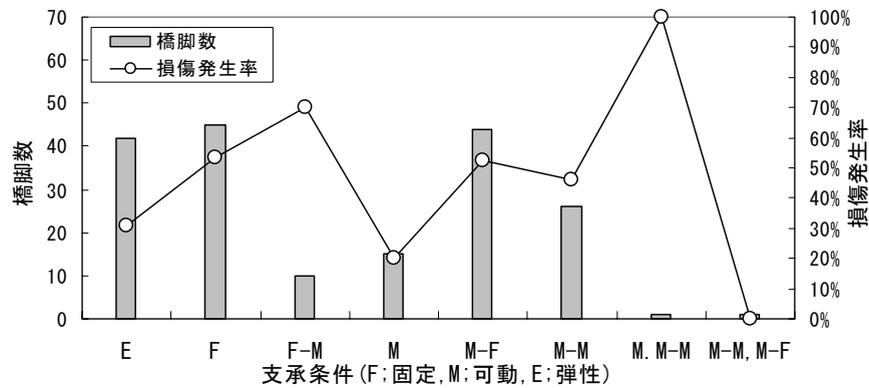


図-2.2.4 支承条件と損傷

2.2.5 橋脚張出し長との関係

図-2.2.5 に橋脚張出しはり長と損傷の関係を示す。はり長が長いほど損傷発生率が大きくなる傾向がある。一般に、はり長が長いほど隅角部に生じる活荷重による応力変動が大きくなるためと考えられる。

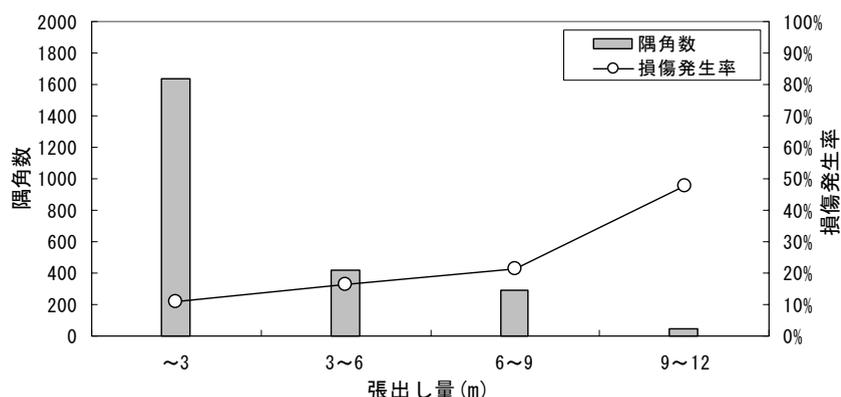


図-2.2.5 張出しはり長さと損傷

2.2.6 板組構造との関係

鋼製橋脚隅角部は、はり部材と柱部材が交差するためそれぞれのウェブ板、フランジ板、それぞれの補剛材、さらにはダイヤフラムが輻輳しあるいは内部で兼用されるものもあるなど、外観上同じ形状であっても溶接線の配置・構成については非常に多くの形式が考えられる。疲労耐久性には継手形式と溶接品質が支配的影響を及ぼすことから、文献4では、板組構造と損傷の関係についても分析が行われた。以下に、主な分析結果を示す。

(1) フィレット構造の有無との関係

角柱の隅角部には従来よりコーナー部にフィレット構造が設けられる場合がある。フィレット構造の設置は、隅角部コーナー部での応力の流れの急変を緩和するとともにそのピークを低減することにある程度効果があることが確認されており、現在新設される隅角部の設計においてもその設置が基本とされている。分析では、角柱の隅角部で採用実績が最も多い板組構造（はり・柱ともウェブ勝ちの板組で隅角部圧縮側）についてフィレット構造の有無による比較を行っている。損傷発生率は、フィレット構造が無い場合は27.1%、フィレット構造がある場合は12.7%となっており、フィレット構造の設置による応力性状の改善が疲労耐久性向上に効果のあることが伺える。（図-2.2.6）

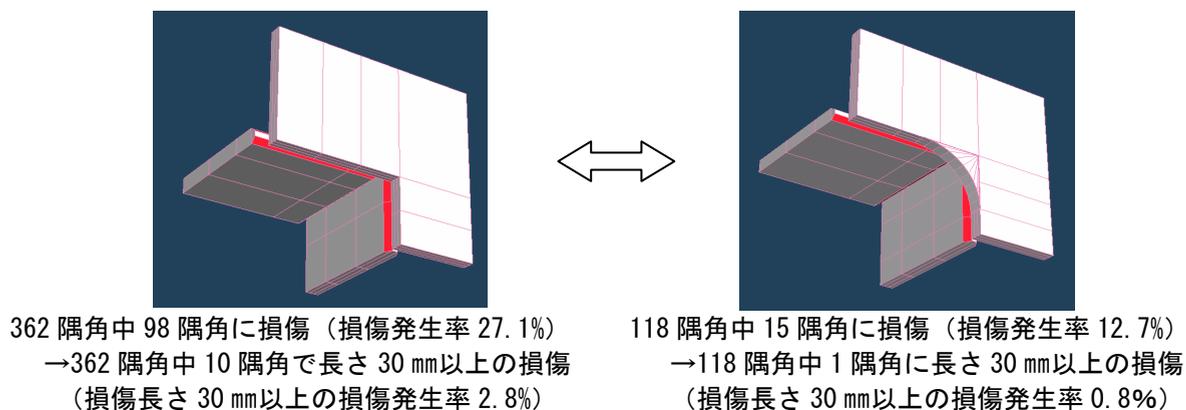


図-2.2.6 フィレット構造と損傷発生率

(2) 板組構造との関係

文献4では、板組構造を165組に細分類しているが、そのうち直轄国道の調査の中で採用が確認されたのは42組であった。調査対象隅角部をこの分類にしたがって区分するとそれぞれに該当する実例数は少なく統計的に顕著な差はあまりみられなかったが、採用数が少ないにもかかわらず損傷発生率が高い板組構造がいくつか抽出された。これらの板組は溶接線が多く完全な溶け込みが困難な溶接部が多いなど溶接品質が確保されにくいという特徴で共通している。図-2.2.7に角柱の場合、図-2.2.8に円柱の場合についてそれぞれ示す。

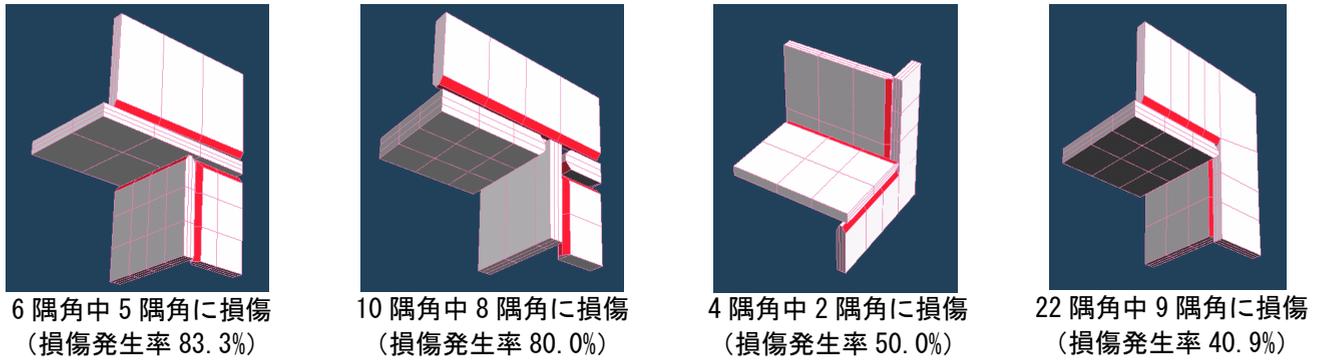


図-2.2.7 損傷発生率が高い板組構造 (角柱)

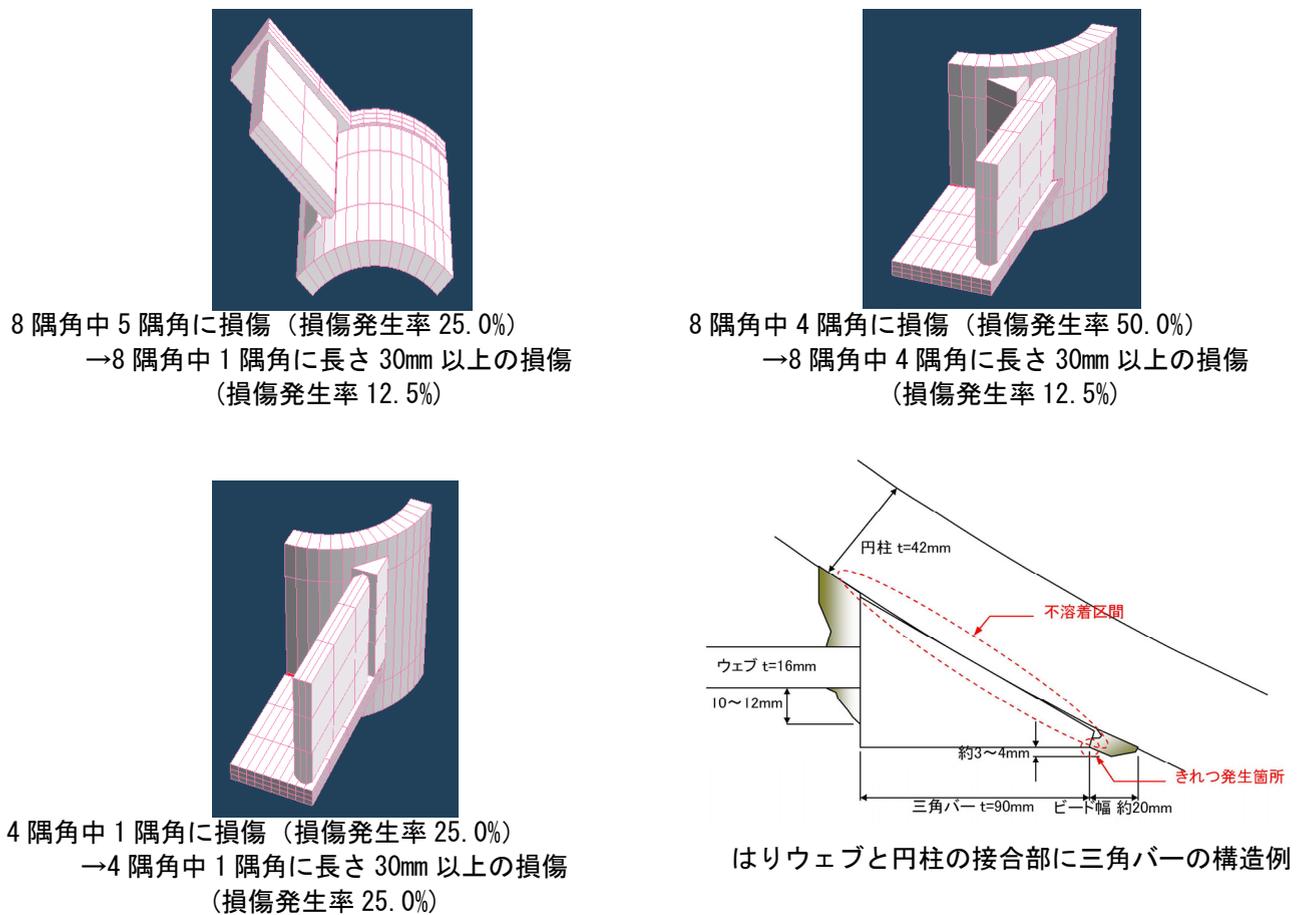


図-2.2.8 損傷発生率が高い板組構造 (円柱)

2.2.7 橋脚構造との関係

橋脚では骨組み構造形式の相違によって隅角部の変動応力の状態が相違すると考えられるため、T型橋脚、逆L型橋脚、ラーメン橋脚など橋脚構造形式と損傷発生率の関係について分析したが、損傷発生率や損傷があった場合の位置(X, Y, Zのどの方向の溶接線で損傷が多いか)ともに傾向は見られなかった。

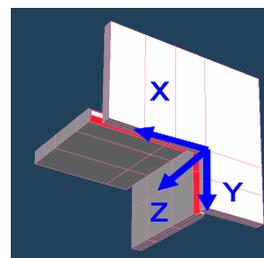


図-2.2.9 溶接線方向

2.2.8 隅角部形状パラメータとの関係

鋼製橋脚隅角部の設計では、従来よりせん断遅れを考慮した奥村・石沢による方法が一般に用いられてきた。この方法はせん断遅れの現象の程度を示すせん断遅れパラメータという指標が用いられるが、隅角部の疲労耐久性についてはコーナー部でせん断遅れの影響によって大きな応力が発生することが影響をもつことが疑われている。そのため、文献4では隅角部のコーナー部の発生応力の大きさに影響があると考えられる各種形状パラメータと損傷の関係について分析している。分析結果を図-2.2.10～図-2.2.18に示す。

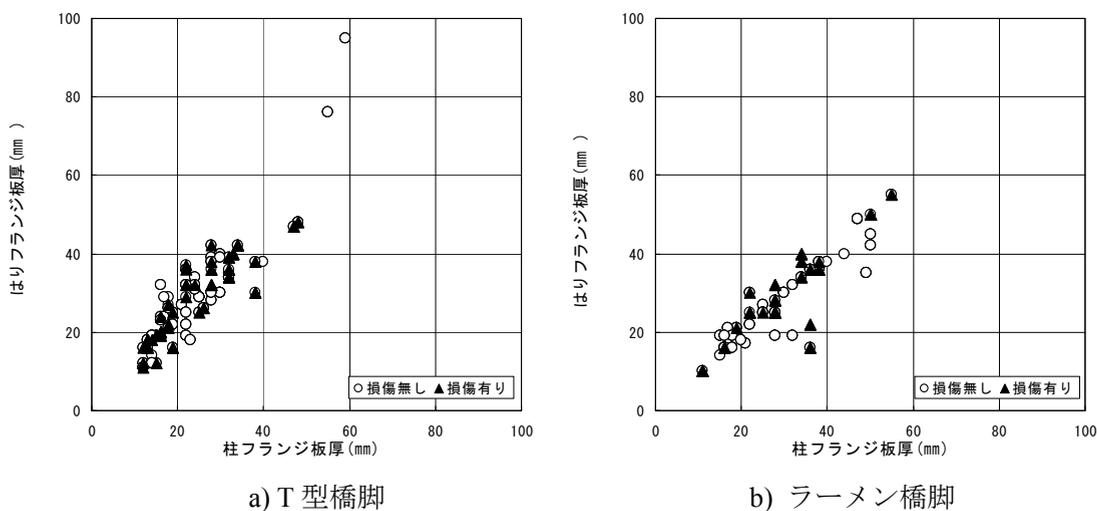


図-2.2.10 柱フランジ厚とはりフランジ厚の関係

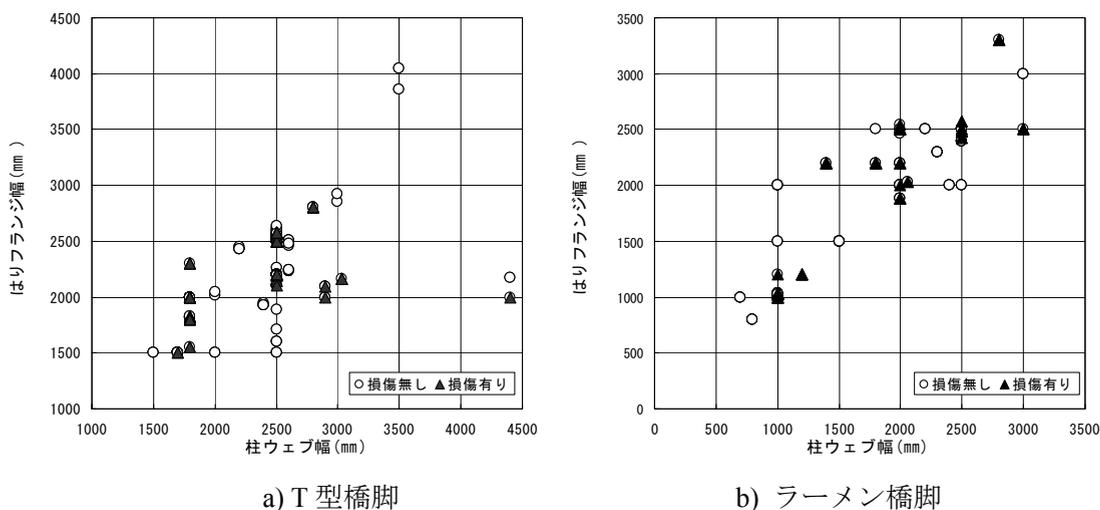
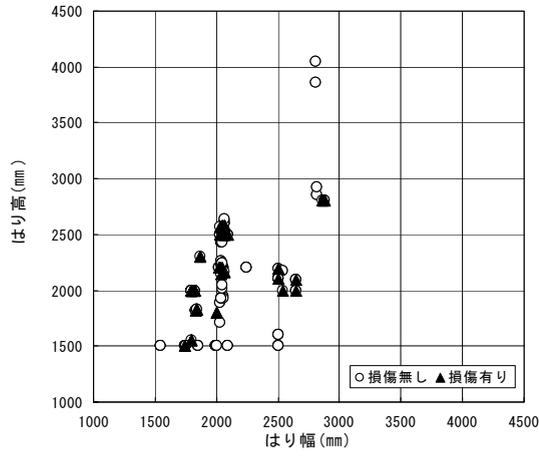
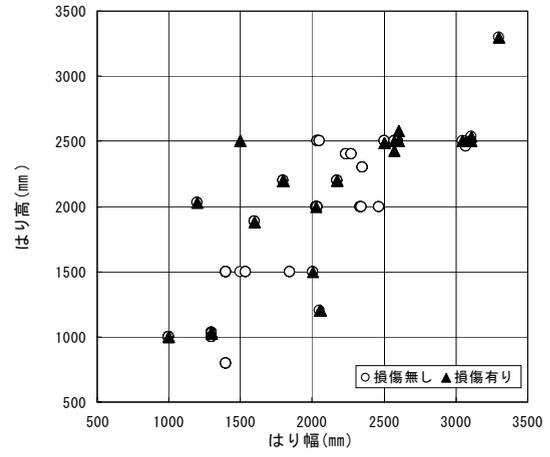


図-2.2.11 柱幅とはり高の関係

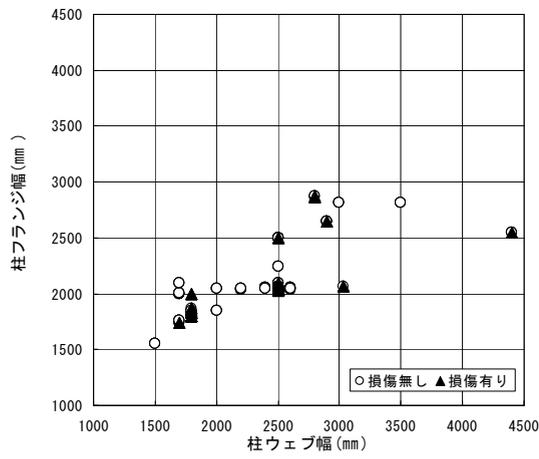


a) T型橋脚

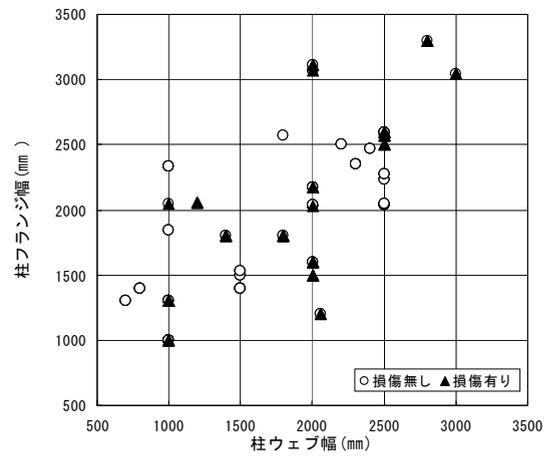


b) ラーメン橋脚

図-2.2.12 はり幅とはり高の関係

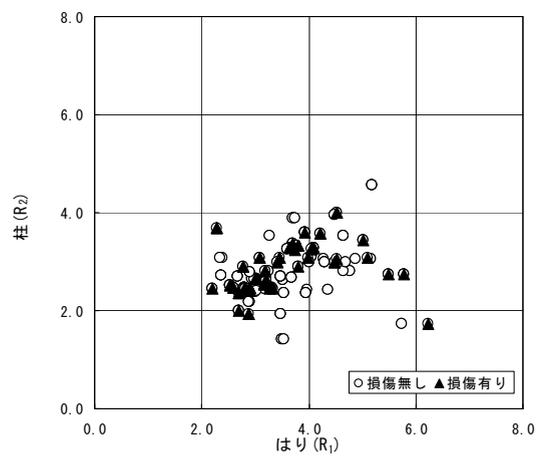


a) T型橋脚

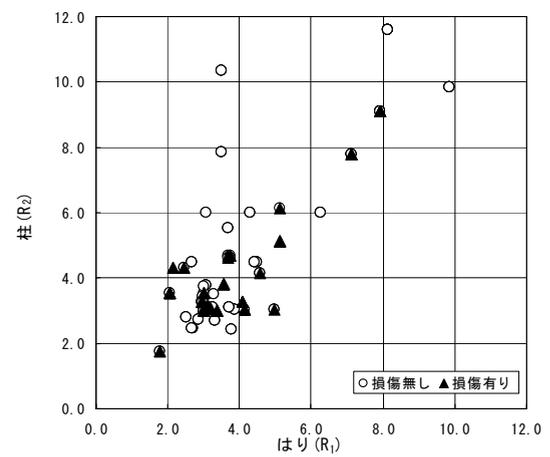


b) ラーメン橋脚

図-2.2.13 柱幅と柱高の関係

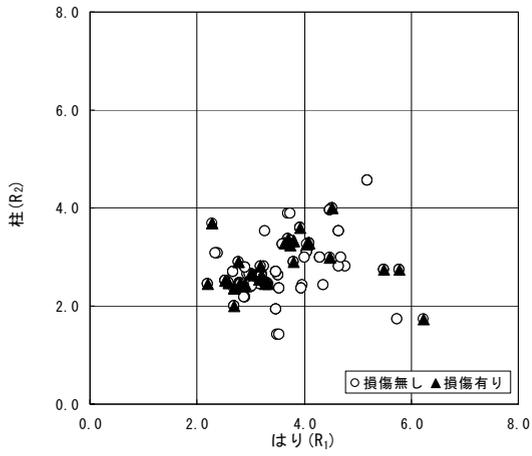


a) T型橋脚

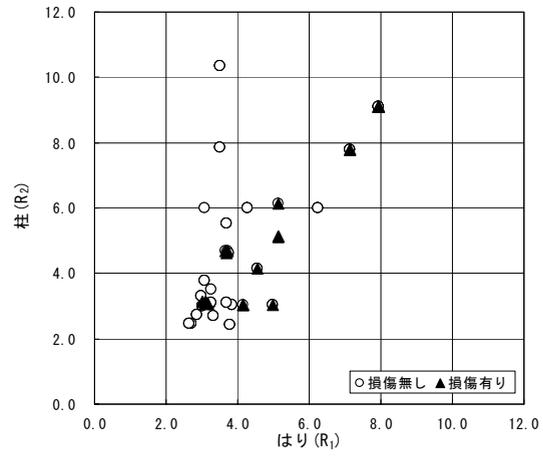


b) ラーメン橋脚

図-2.2.14 せん断遅れパラメータ(R)との関係

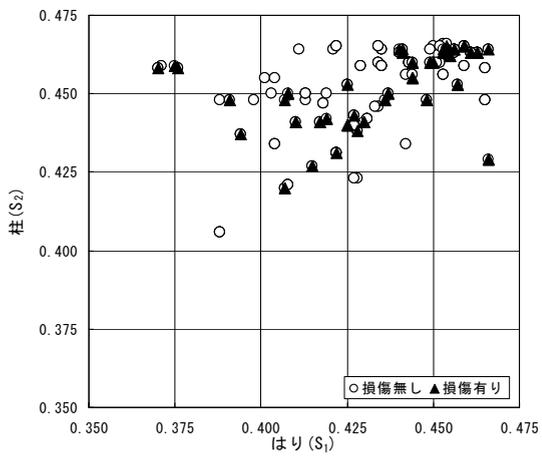


a) T型橋脚

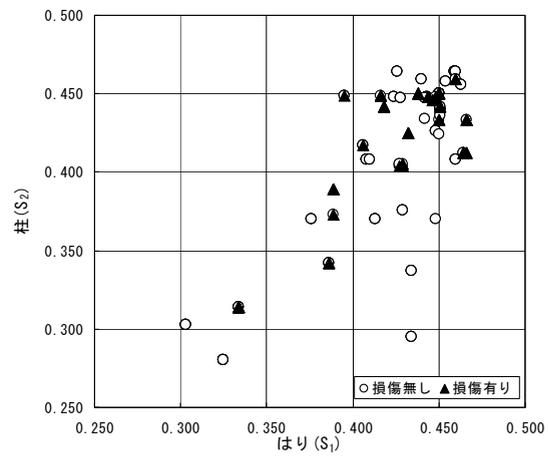


b) ラーメン橋脚

図-2.2.15 せん断遅れパラメータ(R)との関係(e,f=2)

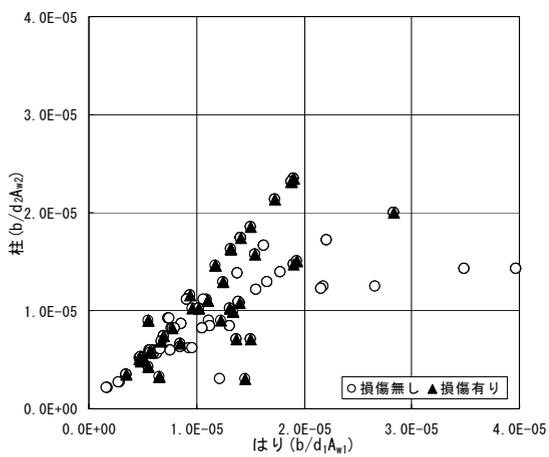


a) T型橋脚

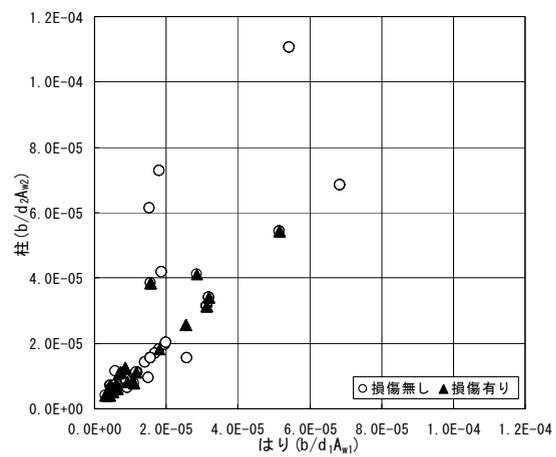


b) ラーメン橋脚

図-2.2.16 せん断遅れパラメータ(S)との関係

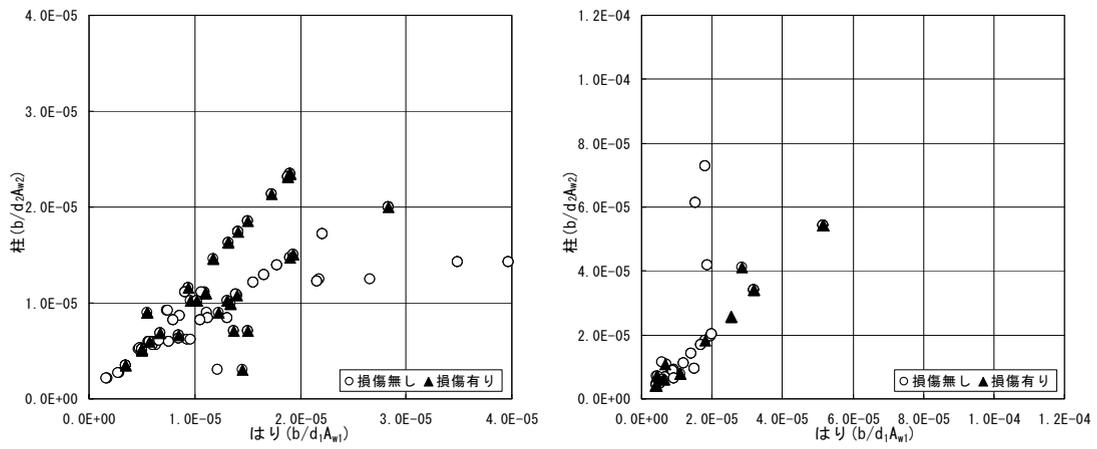


a) T型橋脚



b) ラーメン橋脚

図-2.2.17 せん断遅れパラメータとの関係



a) T型橋脚

b) ラーメン橋脚

図-2.2.18 せん断遅れパラメータとの関係(e,f=2)

いずれの分析結果からも特に顕著な傾向はみられていない。