

報告 ウェッジ式あと施工アンカーにおける先端形状の違いが引抜き耐力に及ぼす影響

藤巻 慶太*1・中田 善久*2・大塚 秀三*3・清水 良平*4

要旨: 本報告は、引抜き耐力が同等レベルの3社の製造メーカーのウェッジ式あと施工アンカーを対象として、先端形状の違いが引抜き耐力に及ぼす影響を実験的に検討したものである。ここでは、母材コンクリートの圧縮強度、アンカーの呼び径および穿孔深さを変化要因として検討した。引抜き耐力の挙動について各変化要因における製造メーカー間の差異を示した。さらには、先端形状の相違を、穿孔壁とアンカーのスリーブ先端との固着部の長さで捉え、これと引抜き耐力との相関性を検討したが、全般的には相関性を示す一方で、アンカーの呼び径ごとには一定の傾向を見出すことはできなかった。

キーワード: あと施工アンカー、先端形状、引抜き耐力、穿孔深さ、固着部の長さ

1. はじめに

金属拡張系あと施工アンカーは、施工が簡便であることから広く普及しており、様々な用途に多用されている。従来から衛生器具や設備の取り付け用金物として用いられてきたが、近年では集合住宅の戸境壁などの躯体同士の接合にも適用されるようになり、従前に比べ引抜き耐力の重要性が増しつつある。

このアンカーの中でウェッジ式あと施工アンカー(以下、アンカーと略称する)は、ボルトを一定のトルクで締め付けることによって先端のスリーブが開き、コンクリートの穿孔壁に機械的に固着する機構である。アンカーのスリーブの形状すなわち先端形状は、製造メーカーによって異なることから、これに起因した引抜き耐力に相違が生じるものと考えられる。しかしながら、清水ら²⁾に代表される既往の研究では、特定の一社のアンカーを用いた検討に留まっており、異なる製造メーカーによるアンカーの先端形状の相違に着目して、一定の条件下において引抜き耐力の挙動を比較検討した事例は見当たらない。

そこで、本報告では引抜き耐力が同等レベルの3社の製造メーカーのウェッジ式あと施工アンカーを対象として、先端形状の違いが引抜き耐力に及ぼす影響を実験的に検討したものである。ここでは、母材コンクリートの圧縮強度、アンカーの呼び径および穿孔深さを変化要因として検討した。さらには、先端形状の相違を、穿孔壁とアンカーのスリーブ先端との固着部の長さで捉え、これと引抜き耐力との相関性を検討した。ここで、本報告における穿孔深さとは、母材コンクリートの表面から穿孔した孔底までの深さのことである。また、固着部の長さとは、アンカー先端のスリーブと母材コンクリートの穿孔壁とが接触する部分の長さのことである。

2. 実験概要

2.1 アンカーの選定

アンカーは、製造メーカー3社(以下、A社、B社およびC社と呼称する)の製品とした。アンカーの形状を図-1に示す。アンカーの先端形状は、製造メーカーにより、スリーブの枚数に加え、穿孔壁とアンカーのスリーブ先端との固着部の長さがアンカーの呼び径ごとに異なる。

製造メーカー推奨の許容引き抜き耐力と最小埋込み深さを表-1に示す。アンカーの先端形状の相違を明確にするために、製造メーカーが推奨する引抜き耐力は、アンカーの呼び径ごとにほぼ同一の製品を選定した。

	A社		B社		C社	
全体形状						
先端形状						
スリーブの枚数	2		2		3	
固着部の長さ(mm)	M6	12.0	M6	15.0	M6	13.5
	M8	19.5	M8	22.5	M8	19.5
	M10	27.0	M10	27.0	M10	24.0
	M12	27.0	M12	33.0	M12	33.0
締付けトルク(kN)	M6	5	M6	4	M6	5
	M8	15	M8	15	M8	15
	M10	30	M10	30	M10	25
	M12	50	M12	50	M12	50

図-1 アンカーの形状

*1 日本大学大学院 理工学研究科建築学専攻 (学生会員)

*2 日本大学 理工学部建築学科 教授 博士(工学) (正会員)

*3 ものづくり大学 技能工芸学部建設学科 准教授 博士(工学) (正会員)

*4 旭化成エクステック株式会社 修士(工学)

表-1 製造メーカー推奨の許容引抜き耐力と最小埋込み深さ

母材 コンクリートの 圧縮強度 (N/mm ²)	製造 メーカー	アンカーの呼び径			
		M6	M8	M10	M12
		許容引抜き耐力(kN)(最小埋込み深さ(mm))			
15	A	—	—	5.2 (40)	—
	B	—	—	5.0 (40)	—
	C	—	—	4.9 (60)	—
40	A	4.8 (30)	6.8 (35)	8.7 (40)	10.4 (50)
	B	4.4 (30)	6.3 (30)	8.1 (40)	10.1 (50)
	C	4.4 (45)	6.3 (50)	8.1 (60)	10.1 (70)
53	A	—	—	9.8 (40)	—
	B	—	—	9.5 (40)	—
	C	—	—	9.4 (60)	—

※穿孔深さ50mm

表-2 実験の要因と水準

母材 コンクリートの 圧縮強度 (N/mm ²)	製造 メーカー	アンカーの呼び径				穿孔深さ(mm)				試験本数(本)			
		M6	M8	M10	M12	50	35	50	35	50	65	50	
		—				—				—			
		—				—				—			
15	A	—	—	—	—	10	—	—	—	—	—	—	
	B	—	—	—	—	10	—	—	—	—	—	—	
	C	—	—	—	—	10	—	—	—	—	—	—	
40	A	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
	B	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
	C	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
53	A	—	—	—	—	10	—	—	—	—	—	—	
	B	—	—	—	—	10	—	—	—	—	—	—	
	C	—	—	—	—	10	—	—	—	—	—	—	

2.2 実験の要因と水準

実験の要因と水準を表-2に示す。実験の要因は、製造メーカー、アンカーの呼び径、穿孔深さおよび母材コンクリートの圧縮強度とした。アンカーの呼び径は、M6, M8, M10およびM12の4水準とした。穿孔深さは、製造メーカー推奨の最小埋込み深さを満足するようにアンカーの呼び径ごとに設定し、M6では50mm, M8では35および50mm, M10では35, 50および65mm, M12では50mmとした。

後述する試験体に用いた母材コンクリートの圧縮強度は、15, 40および53N/mm²の3水準とした。この母材コンクリートの圧縮強度の範囲は、既往の研究と比較すると図-2に示すように、筆者らの既報^{3,4)}を除いて検討された例が少ない範囲を網羅的にカバーしているのが分かる。なお、同図は1981年~2012年の日本建築学会構造系論文集、技術報告集および大会学術梗概集に掲載されたアンカーに関する文献についての調査結果であり、対象としたアンカーの呼び径はM6, M8, M10, M12およびM16である。

また、それぞれの水準についてアンカー10本、合計270本の引抜き耐力の試験結果を検討した。

2.3 試験体の概要

試験体の概要を図-3に示す。試験体の寸法は、H300

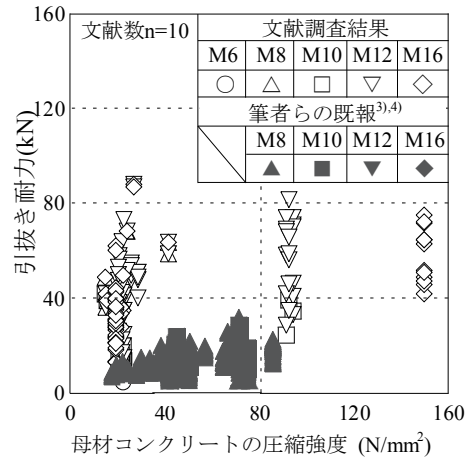


図-2 既往の研究における母材コンクリートの圧縮強度と引抜き耐力の関係

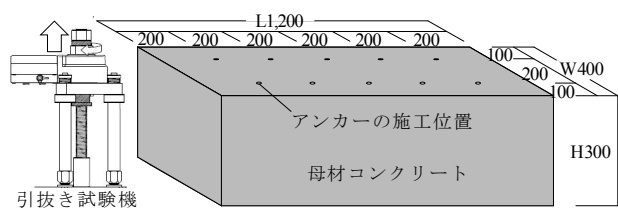


図-3 試験体の概要および使用した引抜き試験機

×W400×L1,200(mm)とした。アンカーの施工位置は、へりあきを100mmとし鉛直方向に施工し、アンカーの施工間隔を200mmとした。

2.4 試験項目および方法

アンカーの引抜き試験は、(社)日本建築あと施工アンカー協会・あと施工アンカー試験方法⁵⁾に準じ、図-3に示す引抜き試験機を使用し、鉛直方向に引抜くものとした。試験材齢は、28日とした。

3. 結果および考察

3.1 引抜き耐力の挙動

(1) アンカーの呼び径の影響

ここでは、穿孔深さ50mmおよび母材コンクリートの圧縮強度40N/mm²においてアンカーの呼び径の相違が引抜き耐力に及ぼす影響について示す。アンカーの呼び径と引抜き耐力の関係を図-4に示す。

引抜き耐力は、いずれの製造メーカーとも概ねアンカーの呼び径に比例して大きくなる傾向を示した。平均引抜き耐力は、呼び径M6とM8とを比べるとA社では約70%, B社では約80%, C社では約40%の向上が見られた。一方で、呼び径M10とM12とを比べると、A社の特異な傾向を除いて呼び径M6とM8との関係より停滞する傾向を示した。このことから、アンカーの呼び径と引抜き耐力の関係において、M10より大きい径では引抜き耐力が停滞することが分かる。また、変動係数は、一部に突出した値があるものの、全般的には呼び径に比例して大きくなる傾向を示した。

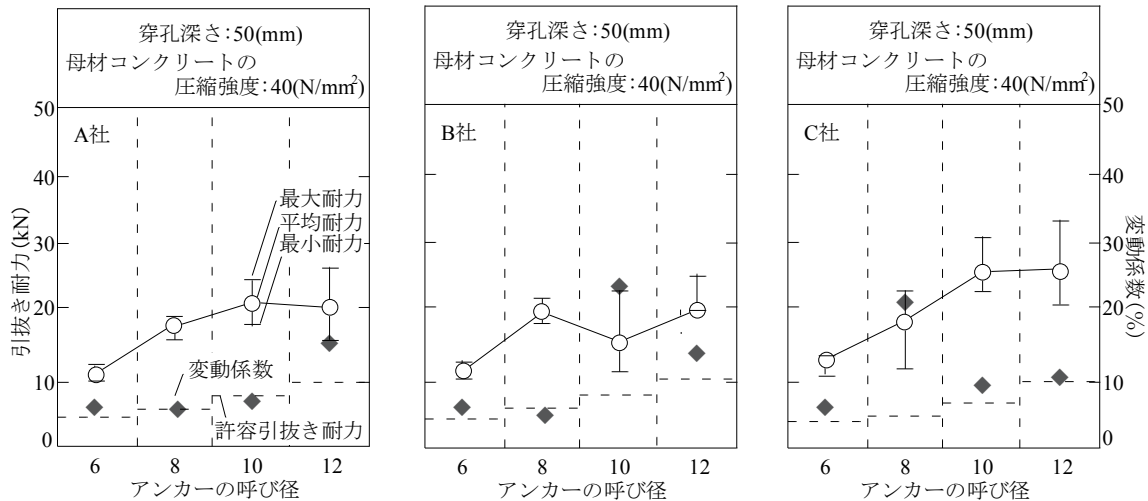


図-4 アンカーの呼び径と引抜き耐力の関係

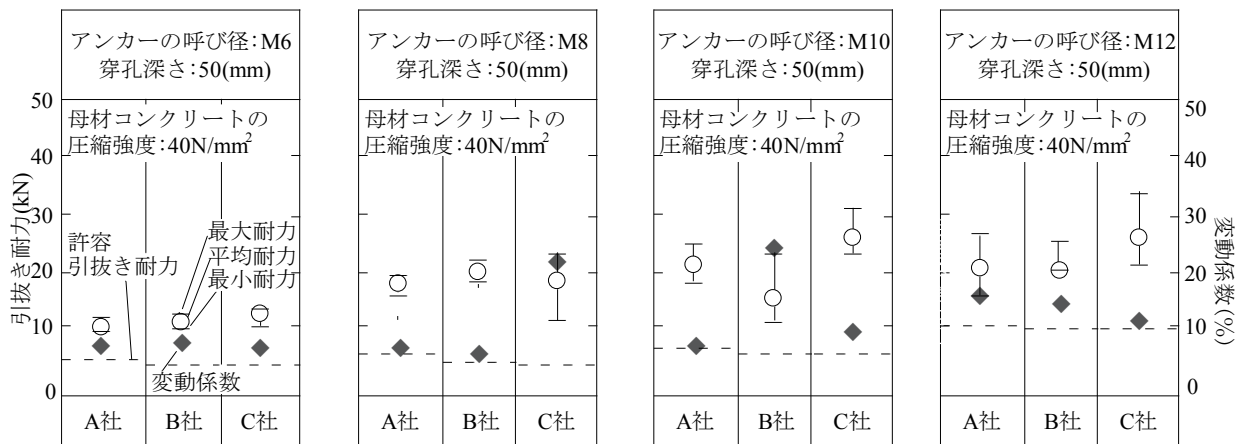


図-5 各製造メーカーにおけるアンカーの呼び径の違いと引抜き耐力の関係

続いて、アンカーの呼び径ごとに、製造メーカー間の相違について考察する。ここでは、穿孔深さ50mmおよび母材コンクリートの圧縮強度 40N/mm^2 においてアンカーの呼び径ごとに製造メーカー間の違いについて示す。各製造メーカーにおけるアンカーの呼び径の違いと引抜き耐力の関係を図-5に示す。

最小引抜き耐力は、アンカーの呼び径によらず全て製造メーカー推奨の許容引抜き耐力を満足した。アンカーの呼び径がM6およびM8における平均引抜き耐力は、製造メーカーによる差異が少なく、ほぼ同様の傾向を示した。一方で、アンカーの呼び径がM10およびM12では、M6およびM8に比べれば製造メーカー間の差異が生じており、特にC社のアンカーが最も引抜き耐力が大きくなった。また、変動係数を見ると、M6およびM8に比べてM10およびM12が大きくなる傾向を示しており、アンカーの呼び径が大きくなるほど引抜き耐力のばらつきが顕在化する可能性を示唆するものと思われる。

(2) 母材コンクリートの圧縮強度の影響

ここでは、アンカーの呼び径M10および穿孔深さ50mmにおいて、母材コンクリートの圧縮強度による影響について示す。各製造メーカー間における母材コンクリートの

圧縮強度と引抜き耐力の関係を図-6に示す。

最小引抜き耐力は、母材コンクリートの圧縮強度によらず全て製造メーカー推奨の許容引抜き耐力を満足した。平均引抜き耐力は、全般的には概ね母材コンクリートの圧縮強度に比例して大きくなる傾向を示した。

製造メーカーによる母材コンクリートの圧縮強度と平均引抜き耐力の関係を見ると、B社では母材コンクリートの圧縮強度に対して直線的に引抜き耐力が増加する傾向を示す一方で、A社およびC社では、母材コンクリートの圧縮強度が 40N/mm^2 を超えると平均引抜き耐力が停滞する傾向にあった。これは、母材コンクリートの圧縮強度が大きくなると、アンカーのスリーブ先端の穿孔壁への機械的固着が停滞し、結果として引抜き耐力が頭打ちとなるとする酒井ら⁹⁾の知見と一致を見ている。また、製造メーカー間によって引抜き耐力の挙動が必ずしも一致しないことから、アンカーの先端形状の相違が引抜き耐力へ及ぼす影響が、母材コンクリートの圧縮強度が大きくなるにつれて顕在化することを示唆するものと考えられる。

一方で、変動係数は、全般的には母材コンクリートの圧縮強度が大きくなるのに反比例して小さくなる傾向を示すが、製造メーカー間によって一定の傾向を示さなかった。

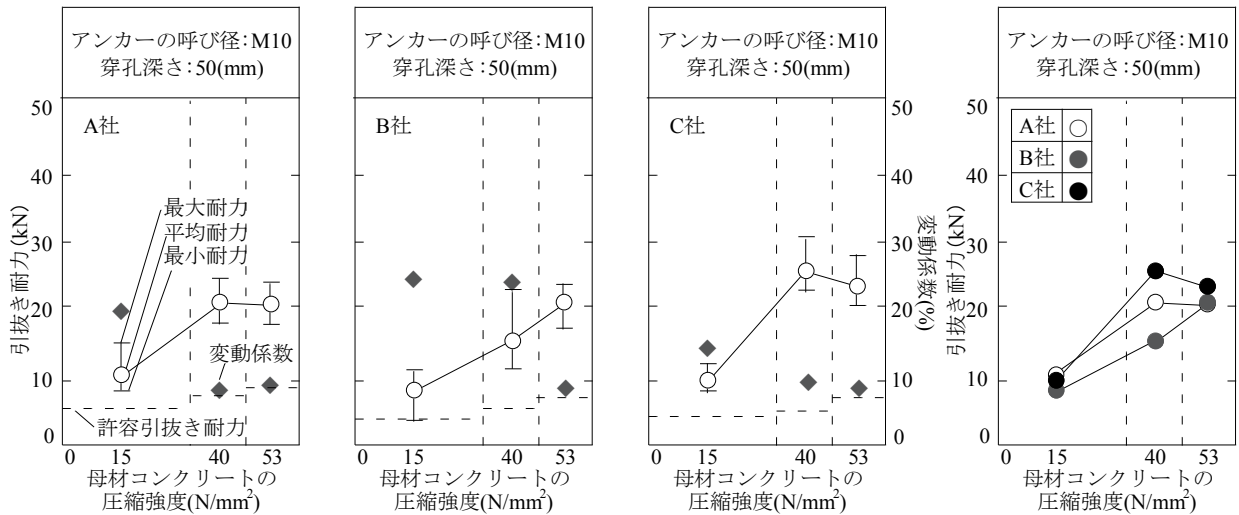


図-6 母材コンクリートの圧縮強度と引抜き耐力の関係

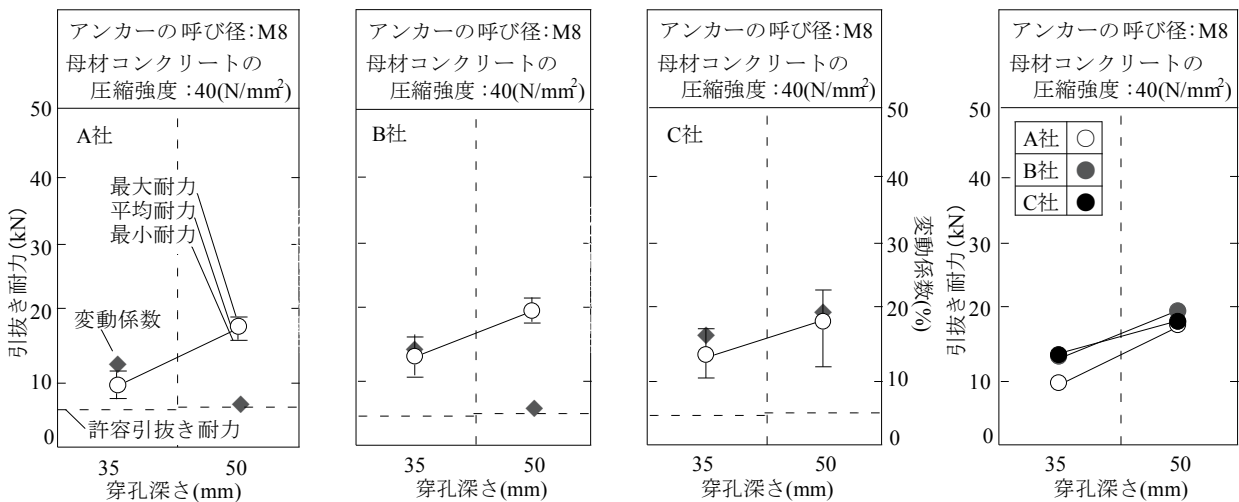


図-7 呼び径M8における穿孔深さと引抜き耐力の関係

(3) 穿孔深さの影響

ここでは、アンカーの呼び径M8およびM10、母材コンクリートの圧縮強度40N/mm²において、穿孔深さによる影響について示す。

アンカーの呼び径M8における穿孔深さと引抜き耐力の関係を図-7に示す。平均引抜き耐力は、穿孔深さに比例して大きくなる一般的な傾向⁷⁾にあった。一方で、製造メーカーによる差異は少ないものであり、穿孔深さと平均引抜き耐力の関係における回帰線の傾きは大きな差がなかった。また、変動係数は、A社とB社では穿孔深さが大きい方が小さくなる傾向にあるものの、C社では相反する傾向となり、必ずしも引抜き耐力が大きくなるとばらつきが低減されるものではないことが示唆された。

アンカーの呼び径M10における各製造メーカー間の穿孔深さと引抜き耐力の関係を図-8に示す。平均引抜き耐力は、前述したアンカーの呼び径がM8の場合と同様に、穿孔深さに比例して直線的に大きくなる傾向を示したが、M8に比べて製造メーカー間の差異が大きくなる傾向を示した。一方で変動係数は、ばらつきが見られ製造メーカーまた

は穿孔深さの相違によって明確な傾向を示さなかった。

以上より、アンカーの製造メーカーによる先端形状の相違が引抜き耐力に及ぼす影響は、アンカーの呼び径が大きくなるほど顕在化する可能性が示唆されるものと考えられる。

3.2 固着部の長さで引抜き耐力の相関性の検討

ここでは、母材コンクリートの圧縮強度が40N/mm²におけるスリーブ先端と穿孔壁との接触する長さ、すなわち固着部の長さで引抜き耐力の相関性について検討した。

(1) 製造メーカーごとの検討

製造メーカーごとの穿孔深さ50mmまたは35mmにおける固着部の長さで引抜き耐力の関係を、図-9および図-10に示す。固着部の長さで引抜き耐力の関係は、穿孔深さ50mmでは製造メーカーによって異なる傾向を示すが、概ね正の相関関係を示した。一方で、穿孔深さ35mmでは、製造メーカーによって相関関係が正負混在しており、一定の傾向を示さなかった。これらの結果を製造メーカーを統合して、図-11に固着部の長さで引抜き耐力の関係を示す。同図によれば、穿孔深さ50mmでは概ねの相関性が認めら

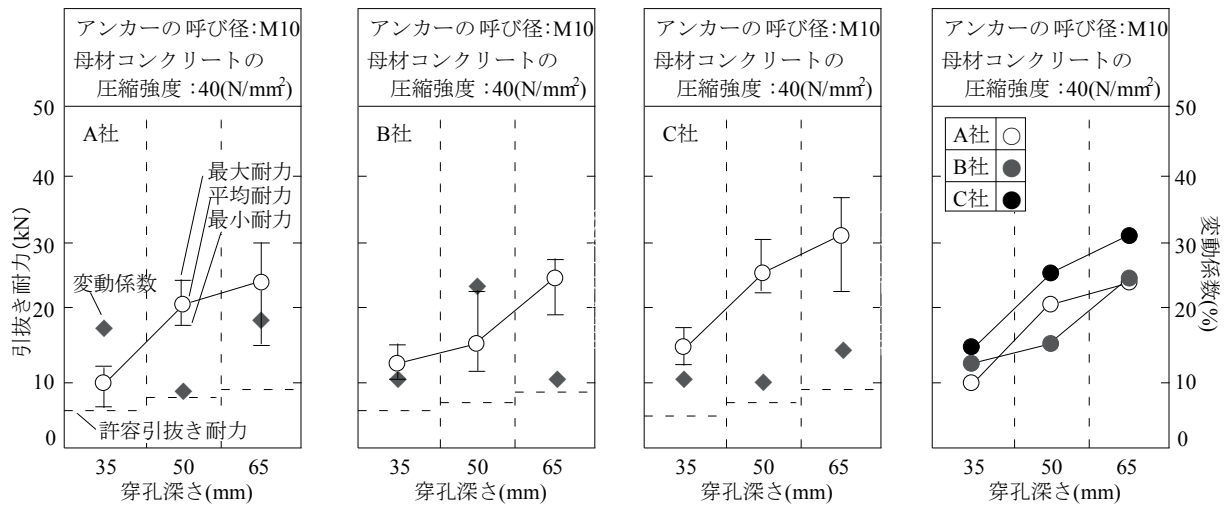


図-8 呼び径M10における穿孔深さと引抜き耐力の関係

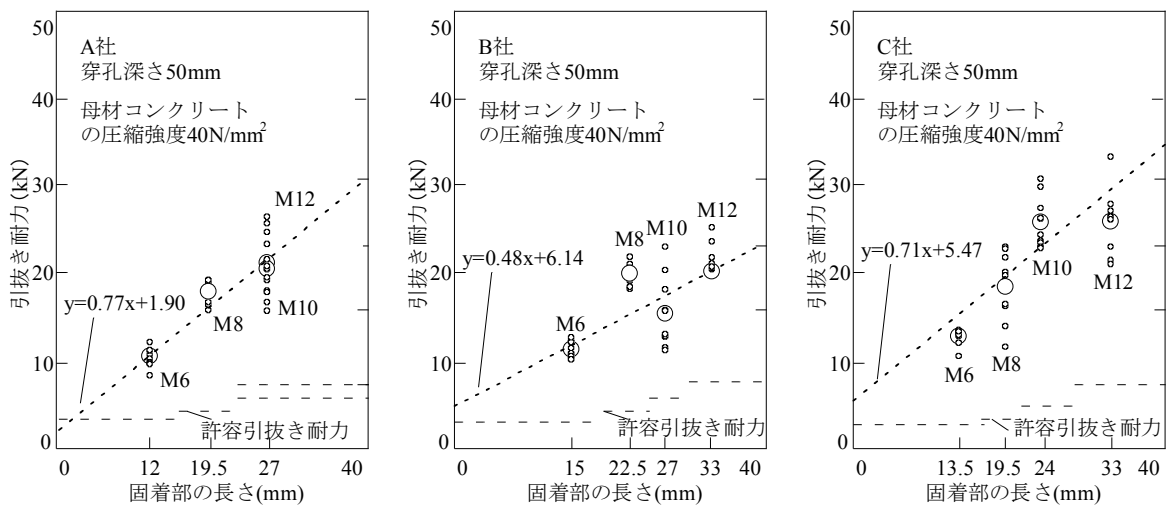


図-9 穿孔深さ50mmにおける各製造メーカーごとの固着部の長さと引抜き耐力の関係

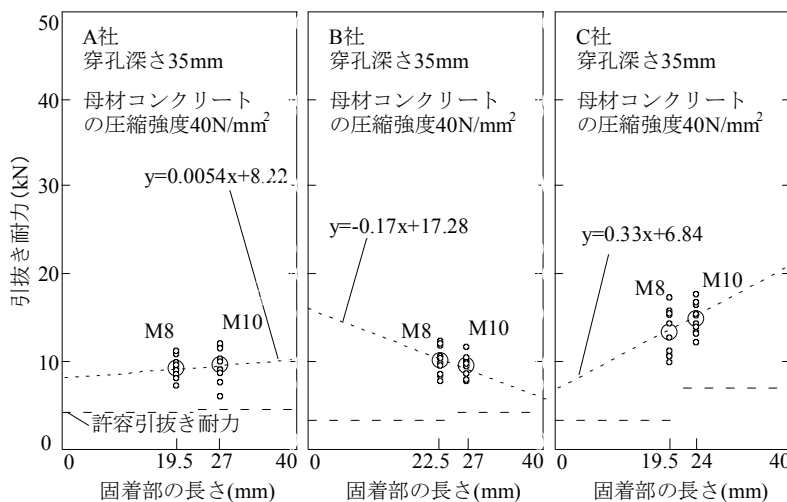


図-10 穿孔深さ35mmにおける各製造メーカーごとの固着部の長さと引抜き耐力の関係

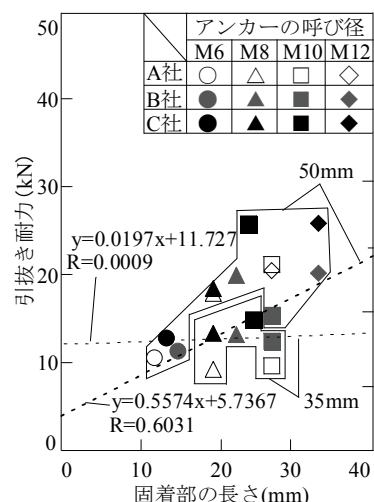


図-11 固着部の長さと引抜き耐力の関係

れるが、穿孔深さ35mmではほとんど相関性が認められなかった。そこで、次項においてアンカーの呼び径および穿孔深さごとに、製造メーカーを統合して検討を試みた。

(2) アンカーの呼び径および穿孔深さごとの検討

製造メーカーを統合した、穿孔深さ50mmまたは35mmにおける固着部の長さと引抜き耐力の関係を、図-12および

図-13にそれぞれ示す。

固着部の長さと引抜き耐力の関係は、アンカーの呼び径または穿孔深さの変化に応じた製造メーカーを統合できる明確な傾向は見出せなかった。これは、固着部の長さとしてこれに対応した引抜き耐力の範囲が同径において極小であり、引抜き耐力のばらつきの影響がより強く生じたた

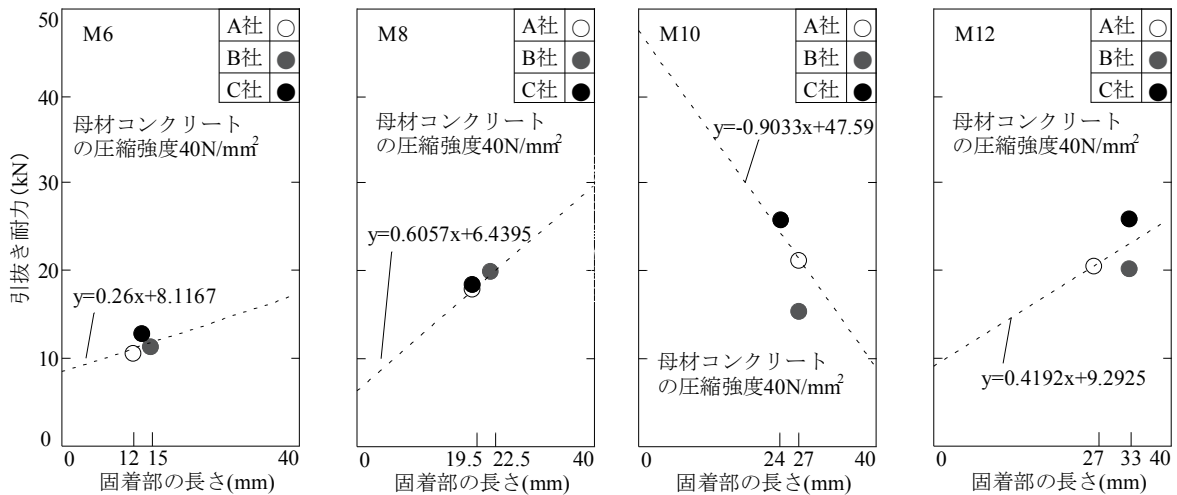


図-12 穿孔深さ50mmにおける固着部の長さと言抜き耐力の関係

めと考えられる。また、穿孔壁の凹凸の形成状態がアンカーによって異なることも影響したものと考えられる。しかしながら、ウェッジ式あと施工アンカーの固着機構において、スリーブ先端と穿孔壁との固着状態が引抜き耐力に支配的に影響すると考えられることから、今後さらなる検討を行いたいと考える。

4. まとめ

本報告により得られた知見を以下に示す。

- (1) アンカーの呼び径が引抜き耐力に及ぼす影響は、呼び径に概ね比例するが、呼び径M10以上となる場合は製造メーカーによらず停滞する傾向を示した。
- (2) 母材コンクリートの圧縮強度が引抜き耐力に及ぼす影響は、母材コンクリートの圧縮強度に概ね比例する傾向にあるが、40N/mm²以上で引抜き耐力が停滞し、製造メーカー間の差異が顕在化する。
- (3) 穿孔深さが引抜き耐力に及ぼす影響は、穿孔深さに概ね比例する傾向にあり、アンカーの呼び径が大きくなるほど製造メーカー間の差異が顕在化する。
- (4) 固着部の長さと言抜き耐力の相関性は、穿孔深さが50mmでは固着部の長さの範囲を広げれば概ね認められるが、穿孔深さが35mmでは認められない。いずれの穿孔深さにおいてもアンカーの呼び径ごとの一定の相関性は見出せなかった。

謝辞

本研究を行うにあたり、旭化成エクステック株式会社、各アンカーメーカー、日本大学理工学部中田研究室およびものづくり大学技能工芸学部大塚研究室の学生より多大な協力を頂きました。ここに記して、深謝致します。

参考文献

- 1) (社)日本建築あと施工アンカー協会:あと施工アンカー技術講習テキスト, 2010.5

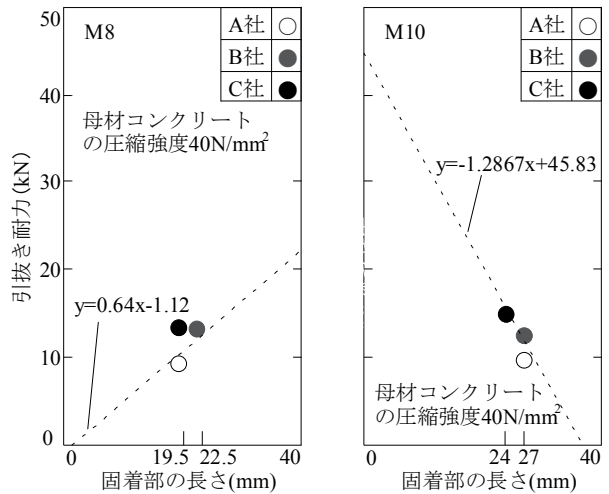


図-13 穿孔深さ35mmにおける固着部の長さと言抜き耐力の関係

- 2) 例えば、清水泰:金属拡張系あと施工アンカーの引抜き耐力に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, 第471号, pp.131-139, 1995.5
- 3) 中田善久ほか:へりあき寸法の違いが金属拡張系あと施工アンカーの引抜き耐力に及ぼす影響(その1 実験概要および破壊形状), 日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸), pp.1319-1320, 2010.9
- 4) 大塚秀三ほか:へりあき寸法の違いが金属拡張系あと施工アンカーの引抜き耐力に及ぼす影響(その2 引抜き耐力及び推定式の検討), 日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸), pp.1321-1322, 2010.9
- 5) (社)日本建築あと施工アンカー協会:あと施工アンカー試験方法, 1987
- 6) 酒井悟ほか:超高強度コンクリート(150MPa)に定着したあと施工アンカーの支持耐力に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, pp.679-684, 2006.7
- 7) 国土交通省:あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針, 2006.7