報告　ポンプ圧送に伴う高性能AE減水剤コンクリートの圧送前後の品質変化に関する文献的検討

中田善久[*1]・大塚秀三[*2]・毛見虎雄[*3]

要旨：本報告は，過去17年間に日本建築学会および土木学会において発表されたポンプ圧送に関する文献を対象として，高性能AE減水剤コンクリートのポンプ圧送に伴う圧送前後の品質変化のうち，フレッシュコンクリートの性状として，スランプ，スランプフローおよび空気量，硬化性状として材齢28日における圧縮強度について調査したものである。文献調査の結果，圧送前に比べて圧送後はスランプおよびスランプフローが低下する傾向が見られ，空気量は増加する傾向が見られた。また，材齢28日の圧縮強度は，若干低下するがほぼ同等となる傾向が見られた。

キーワード：ポンプ圧送，高性能AE減水剤コンクリート，品質変化，文献調査

1. はじめに

コンクリートポンプ工法は，現在ではコンクリート工事において不可欠な工法であることは論を待たない。これまでに，本工法を適用した場合のコンクリートの品質を確保するための指針として，日本建築学会「コンクリートポンプ工法施工指針・同解説」(以下，建築ポンプ指針とする)および土木学会「コンクリートのポンプ施工指針」(以下，土木ポンプ指針とする)が制定され，幾度かの改訂を経て現在に至っている。しかし，1995年の高性能AE減水剤のJIS化(JIS A 6204)や超高層集合住宅の普及に伴い，近年では建築分野のみならず土木分野においても高性能AE減水剤を用いたコンクリート(以下，高性能AE減水剤コンクリートとする)による高強度･高流動化が進み，圧送負荷が以前に比べ増大する傾向にある。これらの高強度･高流動コンクリートをはじめとした高性能AE減水剤コンクリートのポンプ圧送性に関する研究は多数行われているものの，本格的に普及し始めてからの年月を考慮すると，現状の指針へ十分に反映されてるとは言い難く，圧送前後のコンクリートの品質変化には未だ不明な点も多いといえる。

そこで，本報告は，高性能AE減水剤コンクリートのポンプ圧送に伴う圧送前後の品質変化について明らかにするために，過去17年間に日本建築学会および土木学会において発表された文献を対象として調査したものである。

ここでは，文献調査から得られたデータをもとに，高性能AE減水剤コンクリートを配管を用いて圧送した場合における圧送前後の品質変化のうち，フレッシュコンクリートの性状として，スランプ，スランプフローおよび空気量，硬化コンクリートの性状として，材齢28日における圧縮強度について検討した結果を報告する。

2. 文献調査の概要

2.1 調査対象とした文献の概要

調査対象は，1990年から2006年までの17年間に，日本建築学会(構造系論文集，技術報告集および大会学術講演梗概集)および土木学会(論文集および年次学術講演会講演概要集)において発表された，高性能AE減水剤コンクリートを用いたコンクリートポンプ工法に関する文献とした。この期間において対象となる文献数は，日本建築学会では145編(構造系論文集2編，技術報告

*1 日本大学　理工学部建築学科准教授　博士(工学)　(正会員)
*2 ものつくり大学　技能工芸学部建設技能工芸学科助教　修士(工学)　(正会員)
*3 (前)足利工業大学　工学部建築学科教授　工博　(名誉会員)

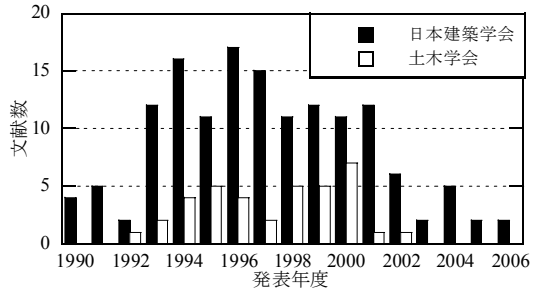


図 - 1　文献数の推移

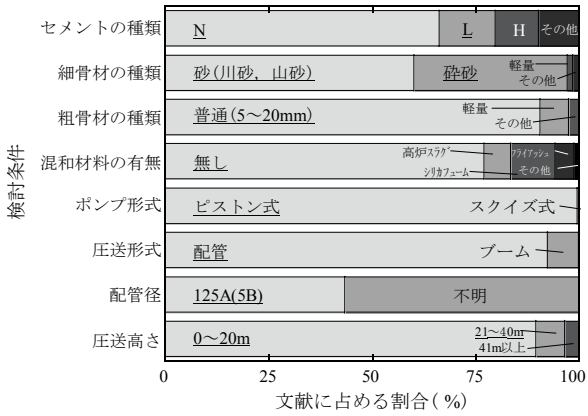


図 - 2　検討条件の内訳

表 - 1　対象としたデータの区分

強度レベル	普通～高強度 (区分1)	超高強度 (区分2)
水セメント比(%)	30<W/C≦55	20≦W/C≦30

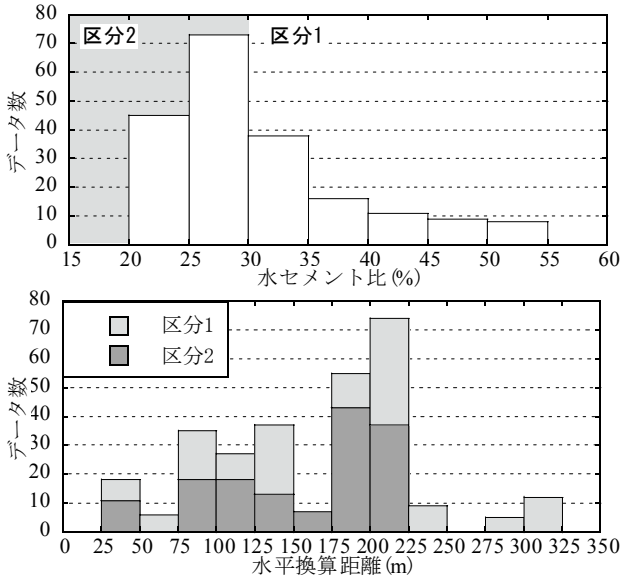


図 - 3　データの内訳

表 - 2　水平換算長さ(普通コンクリート)[1)]

項目	単位	呼び寸法	水平換算長さ(m)
上向き垂直管	1本当たり	125A(5B)	4
テーパ管		175A→150A 150A→125A 125A→100A	3
ベント管		90°　r = 0.5m r = 1.0m	6
フレキシブルホース	5～8mもの1本		20

集3編，学術講演梗概集140編)となり，土木学会では37編(論文集0編，年次学術講演会講演概要集37編)の合計182編であった。なお，連番で発表されている場合には，それぞれを1編とカウントした。

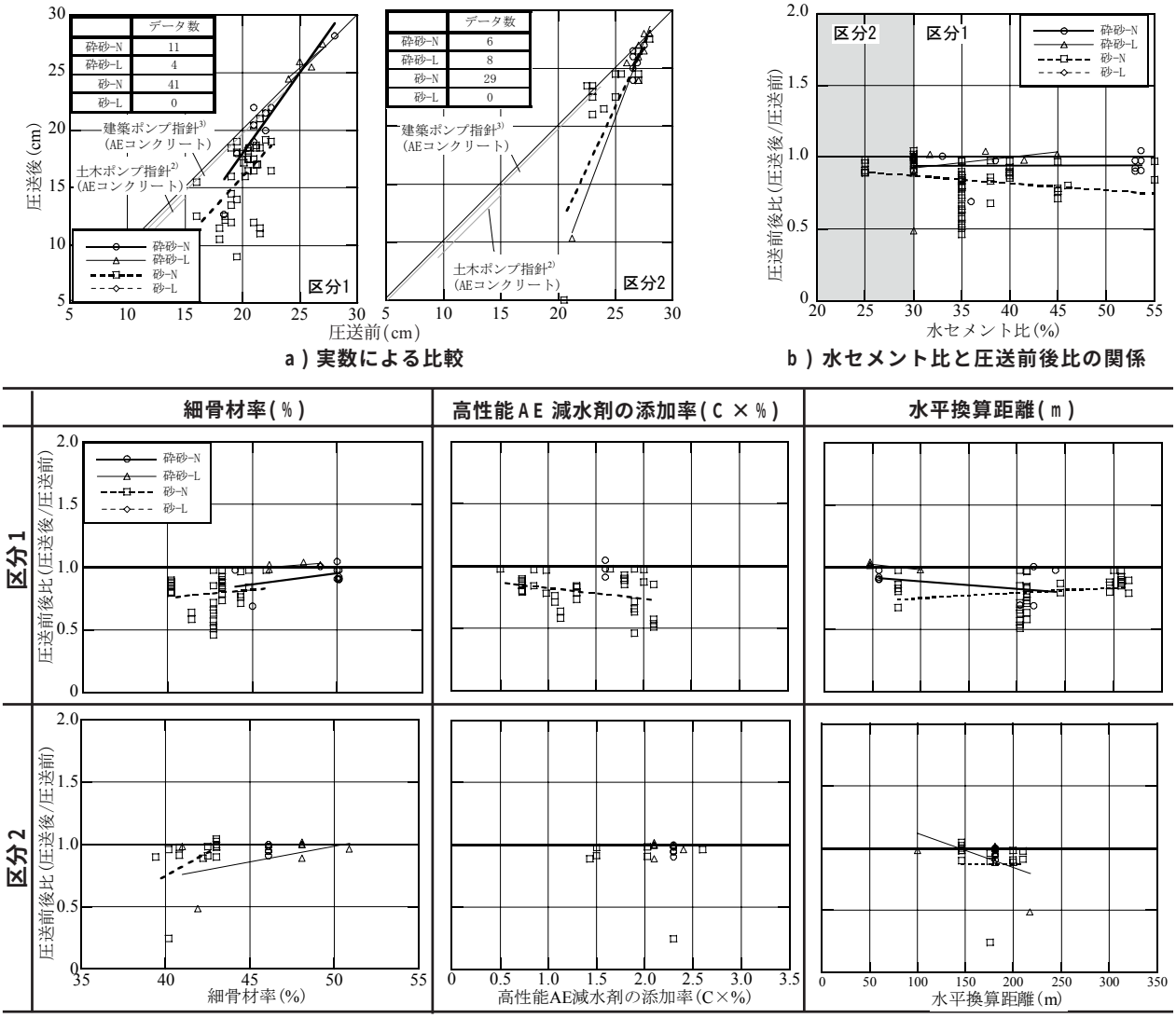
文献数の推移を**図 -1** に示す。文献数は，建築分野の方が多く，1988～1992年の旧建設省New RC総プロの研究開発を契機として増加し，1995年の高性能AE減水剤のJIS化に伴って1996年にピークを迎え，その後，徐々に減少する傾向を示している。

2.2 本報告で検討対象とした文献の概要

前項で対象となった文献の検討条件の内訳を**図 -2** に示す。本報告では，対象とするデータの基本条件を一定として比較検討するために，**図-2**中の下線を引いた検討条件に該当する文献に限定した。さらに，コンクリートの強度レベルによりポンプ圧送性が明確に異なることから，呼び強度60程度を想定した水セメント比が30%を境として分割して検討するのが適当と考え，**表 -1** に示すように普通から高強度領域を区分1(30<W/C≦55)とし，超高強度領域を区分2(20≦W/C≦30)とした。その結果，日本建築学会では41編(構造系論文集2編，技術報告集2編，学術講演梗概集37編)であり，土木学会では9編(論文集0編，年次学術講演会講演概要集9編)の合計50編の文献に示されるデータが対象となった。

データの内訳を**図 -3**に示す。水セメント比は，20～55%の間に広く分布するとともに，水平換算距離は，200m前後が最も多く，最長で316mであった。これにより，区分1および区分2におけるデータの母数としては，妥当なものであると考えた。

以上の条件により，高性能AE減水剤コンクリートの圧送前後のスランプ，スランプフロー，空気量および材齢28日の圧縮強度の品質変化について，調合条件および水平換算距離の違いを



a) 実数による比較　　b) 水セメント比と圧送前後比の関係

c) 各種要因と圧送前後比の関係

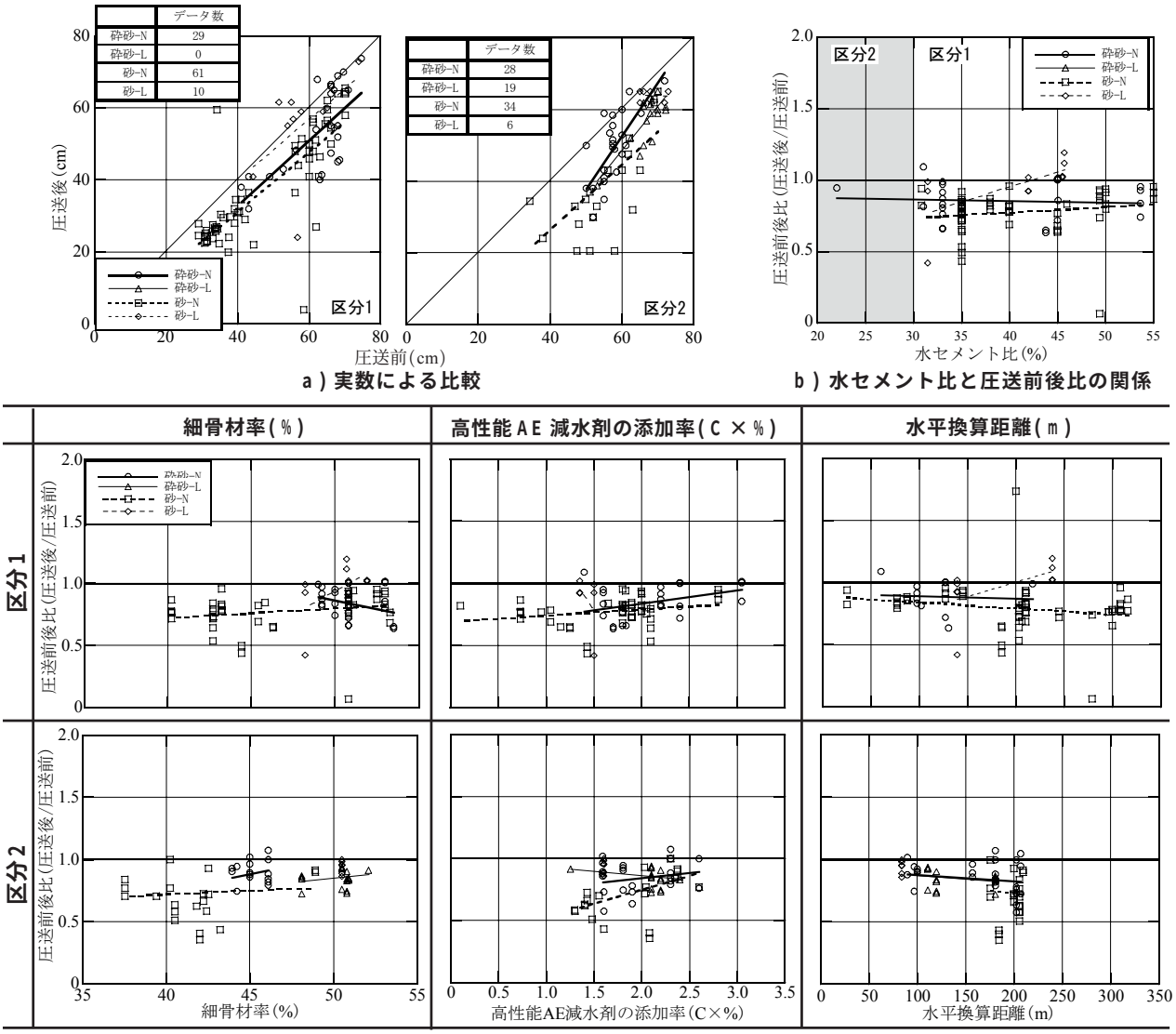
図 - 4　圧送前後におけるスランプの品質変化

パラメータとして細骨材とセメントの種類(以下, 例：砕砂 -N(普通ポルトランドセメント), L(低熱ポルトランドセメント))の違いにおける圧送前後の品質変化の割合(以下, 圧送前後比(圧送後 / 圧送前)とする)との関係について検討した。なお, 水平換算距離については, 文献中に表記されていないものが多数あったため, 配管状況が示されているものについては**表 -2**に示す土木ポンプ指針[1]を根拠に算出し, 文献中に水平換算距離が表記されているものについてはその値を用いた。

3. 調査結果および考察

3.1 圧送前後におけるスランプの品質変化

圧送前後におけるスランプの品質変化を**図 -4** に示す。スランプの品質変化は, 図中**a)**に示すように, 区分1および2のいずれにおいても圧送前に比べ圧送後の方が概ね低下する傾向を示し, 土木[2]および建築[3]ポンプ指針に示される AE コンクリートと同様の傾向を示したが, 指針に比べて品質変化が大きくなる傾向が見られた。特に, 区分1においてスランプが小さくなるにつれて, その傾向が顕著になるとともに, 普通ポルトランドセメントを用いた場合, 砕砂より砂を用いた方が品質変化が大きい傾向が見られた。また, 図中**b)**および**c)**に示すように, 圧送前後比は, ばらつきが大きく, 水セメント比, 高性能AE減水剤の添加率および水平換算距離の要因には明確な傾向を示さないが, 区分1および2とも細



a) 実数による比較

b) 水セメント比と圧送前後比の関係

c) 各種要因と圧送前後比の関係

図-5　圧送前後におけるスランプフローの品質変化

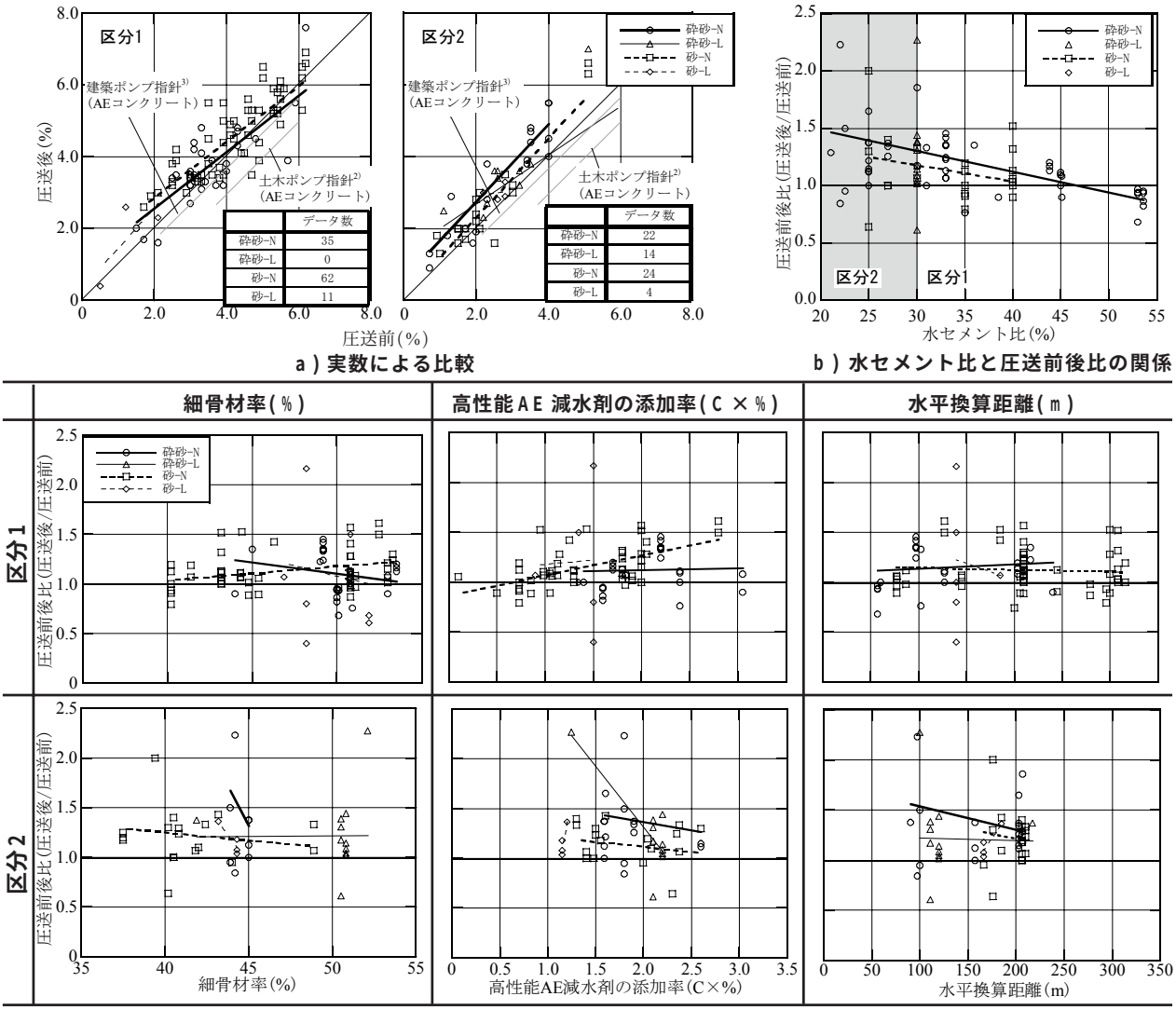
骨材率が大きくなるにつれて品質変化が小さくなる傾向が見られた。

3.2圧送前後におけるスランプフローの品質変化

圧送前後におけるスランプフローの品質変化を**図-5**に示す。スランプフローの品質変化は，図中**a)**に示すように，区分1および2のいずれにおいても圧送前に比べ圧送後の方が概ね低下する傾向が見られ，スランプの品質変化より大きい傾向を示した。一部の結果では，スランプ管理のコンクリートと同程度まで変化しており，大きく品質変化する場合もあった。また，図中**c)**に示すように，ばらつきが大きいものの，水平換算距離が長くなるに伴い，若干ではあるが品質変化が大きくなる傾向が見られた。しかし，水セメント比，細骨材率および高性能AE減水剤の添加率の要因は，図中**b)**および**c)**に示すように明確な傾向を示さなかった。

3.3 圧送前後における空気量の品質変化

圧送前後における空気量の品質変化を**図-6**に示す。空気量の品質変化は，スランプおよびスランプフローの品質変化とは逆に，区分1および2のいずれも圧送前に比べ圧送後の方が概ね増加する傾向を示し，これまでの土木[2)]および建築[3)]ポンプ指針に示されるAEコンクリートの場合とは相反する結果となった。また，図中**b)**に示すように水セメント比が大きくなるのに従って，細骨材およびセメント種類に関わらず品質変化が小さくなる傾向を示したが，その他の要因に



a) 実数による比較　　b) 水セメント比と圧送前後比の関係

c) 各種要因と圧送前後比の関係

図 - 6　圧送前後における空気量の品質変化

は，明確な傾向が見られなかった。

3.4 圧送前後における材齢 28 日の圧縮強度の品質変化

圧送前後における材齢28日の圧縮強度の品質変化を**図 -7**に示す。材齢28日の圧縮強度の品質変化は，図中**a)**に示すように区分1および2のいずれも小さい傾向を示したが，全データに対して圧送後において圧縮強度が大きくなるに伴い，強度の低下する割合が大きくなる傾向が見られた。これは，前述した圧送後に空気量が増加する傾向が関係していると思われる。また，図中**b)**および**c)**に示すように，水セメント比，細骨材率，高性能AE減水剤の添加率および水平換算距離の要因には，明確な傾向が見られなかった。

4. まとめ

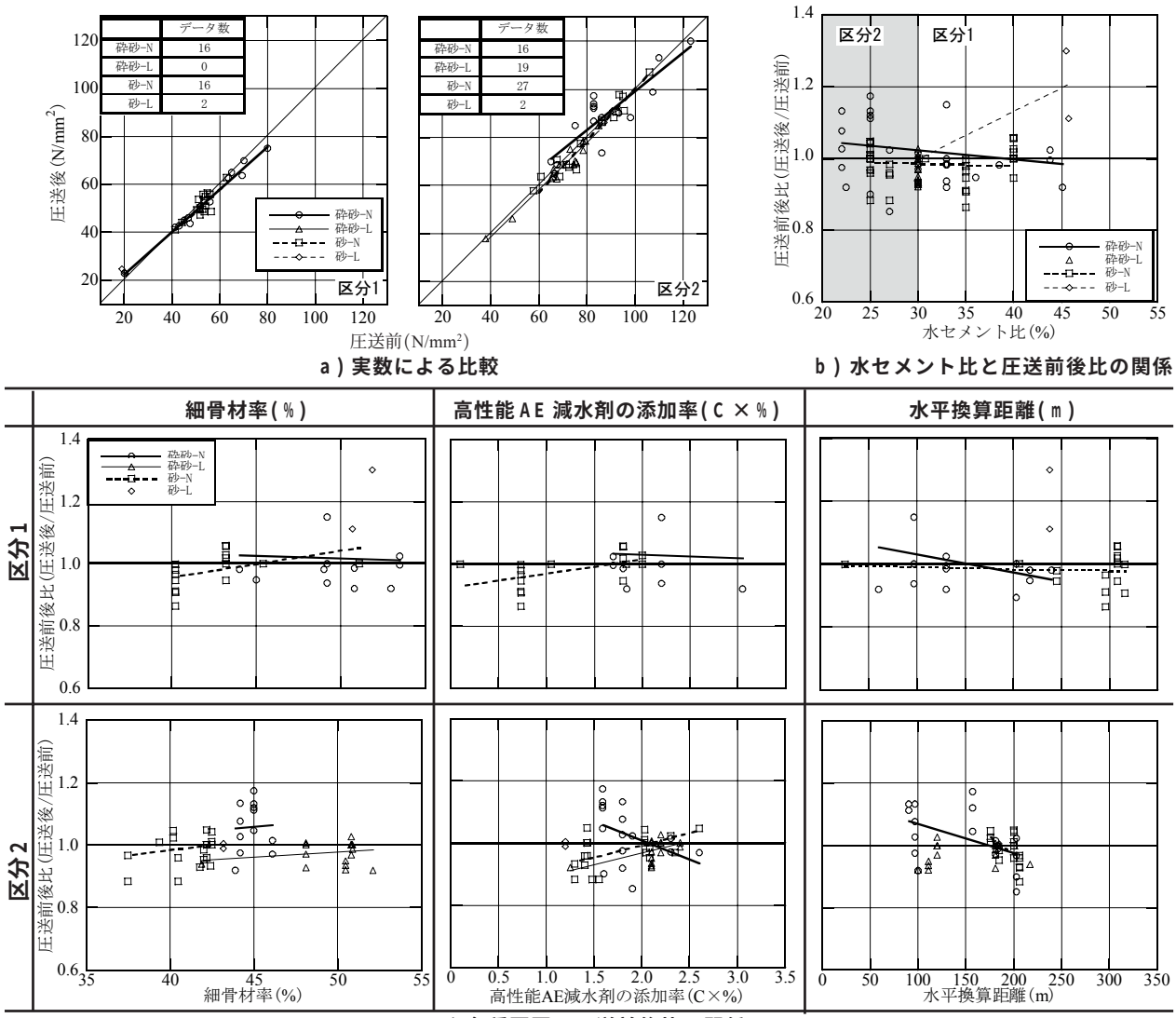
本報告では，高性能AE減水剤コンクリートのポンプ圧送に伴う圧送前後の品質変化について既往の文献を調査した結果，得られた知見を以下にまとめる。

(1)スランプおよびスランプフローは，圧送前より圧送後の方が概ね低下する傾向が見られた。

(2)空気量は，圧送前に比べ圧送後の方が概ね増加する傾向が見られた。

(3)材齢28日の圧縮強度は，圧送後に若干低下する傾向が見られたが，品質変化は小さい。

本報告では，ポンプ圧送前後におけるフレッシュコンクリートおよび材齢28日の圧縮強度の品質変化についてのみの報告に留まったが，現



a）実数による比較

b）水セメント比と圧送前後比の関係

c）各種要因と圧送前後比の関係

図 - 7　圧送前後における材齢 28 日における圧縮強度の品質変化

状において調査は継続中であり，管内圧力などについても今後，報告する予定である。

謝辞

本調査は,(社)日本コンクリート工学協会　コンクリートポンプ施工基本技術調査委員会(委員長：大林組技術研究所・十河茂幸副所長)の実態調査 WG の活動の一環として実施したものである。また,(社)日本建築学会　コンクリートポンプ工法施工指針改定小委員会(主査：島根大学・和美廣喜教授)よりご助言を頂いた。

本報告では，引用させて頂いた文献が多数あるため，文献名を割愛させて頂いた。ここに，執筆者の方々に敬意を表するとともに，多数の貴重な研究が公表されていることに感謝いたします。また，データの整理に当たってものつくり大学・染谷直己君より尽力を得た。ここに付記して深謝する。

参考文献

1) 土木学会コンクリートライブラリー：コンクリートのポンプ施工指針[平成12年度版]，pp.13-15，2000

2) 土木学会コンクリートライブラリー：コンクリートのポンプ施工指針[平成 12 年度版]，pp.32-33，2000

3) 日本建築学会：コンクリートポンプ施工指針・同解説，p.58，1994