

報告

[1102] 異種コンクリートの併用に関する一実験

正会員 ○浦 憲親 (金沢工業大学建築学科)

1. はじめに

本研究は、異種のフレッシュコンクリートを併用したコンクリートの性質について実験的に検討したものである。実験は、異種コンクリートの併用面を含むコンクリートについて、引張及び圧縮試験、促進中性化試験、塩化物イオン浸透試験等を行っている。

従来、異種生コン、異種混和剤の混用に関する研究は多数報告されている[1-8]。しかし、異種コンクリートの境界面及び両者の量的関係に着目した研究は少ない。そこで、本研究では従来の研究との相違を明らかにするため、混用といわず併用としている。

2. 異種コンクリートの併用モデル及び母材コンクリート容積

異種コンクリートの併用モデルは、φ10×20cmの鋼製型枠を用いたが、一部、10×10×40cm型枠を用いて曲げ試験を行った。コンクリートの打込みを考慮した場合、併用の形態は柱、梁及び床などの部位で異なるが、ここでは柱及び梁を想定した。

異種コンクリートの併用モデルは、図1に示すように、所定のコンクリートを母材コンクリートとし、そこへ異種コンクリートが打込まれる場合である。ここでは、母材コンクリート及び異種コンクリートの水セメント比を、それぞれ55%及び65%とした。

母材コンクリート容積(以下、母材容積という)は、型枠一個中に占める所定のコンクリート、即ち母材コンクリートの量で式(1)で表す。

$$\text{母材容積} = \frac{\text{型枠一個中に占める異種コンクリートの量(高さ(cm)または容積(cm}^3\text{))}}{\text{型枠一個中に占める母材コンクリートの量(高さ(20cm)または容積(1570cm}^3\text{))}} \quad (1)$$

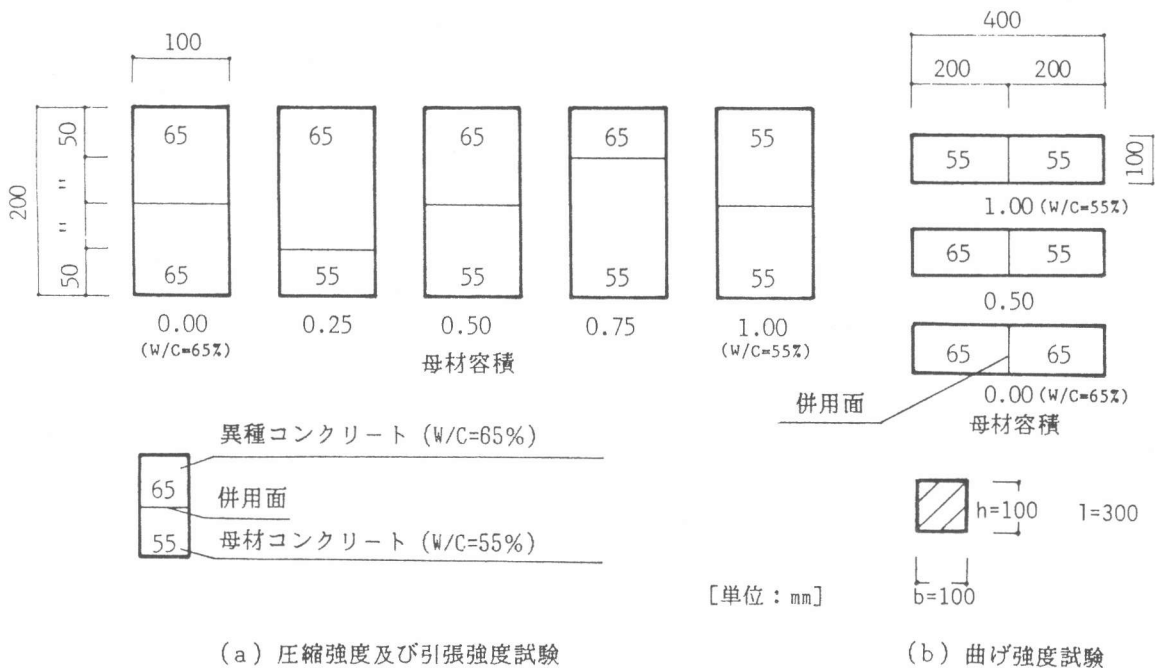


図1 異種コンクリートの併用モデル

ここで、母材容積0.00=(20cm/0cm;異種コンクリート)、0.25=(5cm/20cm)、0.50=(10cm/20cm)、0.75=(15cm/20cm)及び1.00=(20cm/20cm;母材コンクリート)となり無次元化される。これは、容積(cm³)で現しても同じで、母材容積0.00及び1.00のモデルは、それぞれ併用前の異種コンクリート及び母材コンクリートである。また、母材容積0.1は、供試体の高さで1cm、容積で78.5cm³、重量で180.6gとなる。

3. 実験概要

3.1 使用材料、コンクリートの調査及びフレッシュコンクリートの性質

セメントは、市販の普通ポルトランドセメントを使用した。細・粗骨材は、表1に示す石川県手取川産を用いた。練混ぜ水は飲料用の井戸水を用いた。母材及び異種コンクリートの調査は、表2に示す通りである。フレッシュコンクリートは計画調査を満足し、分離などは見られない。

3.2 供試体の製作、養生及び試験材令

引張及び圧縮試験の供試体は、関連のJIS規格に準じ、2層詰めとした。コンクリートの打込みは、母材容積0.25から0.75の場合、母材コンクリートと異種コンクリートの部分で分け、各層11回ずつ打込み高さの印のついた突棒で突いて製作した。コンクリートの併用面は突棒で均し、2層めの打込みは20分前後で始めた。圧縮試験の供試体は、打込み後、約10時間でキャッピングを行い24時間で脱型し、それぞれの養生を所定材令まで行った。曲げ試験の供試体は、母材容積0.00、0.50及び1.00とも長手方向の1/2で仕切り、コンクリートを2層に分けて各層10cm²に1回ずつ突棒で突いて製作した。コンクリートの打込みは、初めに母材コンクリート部分を製作し、次いで異種コンクリートを2層め打込んでから仕切りを抜取り、突棒で突いた。その後、表面をコテで均して成形した。

引張及び圧縮試験用供試体の養生は、標準養生(水温:20±3℃)及び乾燥養生(室温:20±3℃、湿度:60%R.H.)の2種類としたが、曲げ供試体は標準養生のみとした。なお、促進中性化試験及び塩化物イオン浸透試験は、24時間で脱型したφ10×20cm供試体を用いて、それぞれ27日(以下、材令28日という)及び90日(以下、材令91日という)間養生を行なった。試験材令は、中性化深さ、塩化物イオン浸透深さ、引張及び圧縮試験が28日と91日で、曲げ試験は81日である。

3.3 実験方法

重量変化率は、材令91日の供試体一本を連続して測定し、脱型時(材令1日)を基準に $A = (A_2 - A_1) / A_1 \times 100(\%)$ で求めた。ここで、A:重量変化率(%) A₂:脱型時の重量(g) A₁:試験時の重量(g)

曲げ試験は、図1(b)の供試体をJIS A 1106の規定に従いスパン30cmの3等分点荷重によって行った。供試体は、いずれも引張側表面スパン方向の中心線の3等分点の間で破壊した。曲げ強度は、 $\sigma_b = Pl / bd^2$ によって算

定した。また、曲げ試験直後に、供試体の折片の母材コンクリート(W/C=55%)及び異種コンクリート(W/C=65%)部分で圧縮試験を行った。ここで、 σ_b :曲げ強度(kgf/cm²) P:最大荷重(kgf) l:スパン(cm) b:破壊断面の幅(cm) d:破壊断面の高さ(cm)

表1 骨材の物理的性質

項目 種類	産地	比重	吸水率 (%)	単位容積質量 (kg/l)	実積率 (%)	最大 寸法 (mm)	粗粒率
細骨材	手取川	2.57	2.37	1.682	67.0	5	3.11
粗骨材		2.60	2.06	1.576	61.9	20	6.70

表2 コンクリートの計画調査

スランブ (cm)	水セメン ト比 (%)	細骨材率 (%)	単位水量 (kg/m ³)	絶対容積調査(1/m ³)			重量調査(kg/m ³)		
				セメント	細骨材	粗骨材	セメント	細骨材	粗骨材
20	55	43.8	196	113	307	374	356	778	972
20	65	48.7	203	99	335	353	312	861	918

引張及び圧縮試験は、それぞれJIS A 1113及びJIS A 1108の規定に従った。促進中性化試験は、温度30℃、湿度60%R.H.、炭酸ガス濃度5.0%で行った。塩化物イオン浸透試験は、3%塩化ナトリウム溶液中(水温:15±3℃)に浸漬し、一日一回かく拌した。塩化物イオンの浸透深さは、UNI 7928(Concrete-Determination of the ion chloride penetration)に準じて行なった。中性化深さ及び塩化物イオン浸透深さは、供試体を割裂し、その割裂断面の一方に所定の薬品を噴霧した。その後、図2に示す割裂断面の14箇所から表面からの色の变化を測定し、その平均値をそれぞれ中性化深さ及び塩化物イオン浸透深さとした。

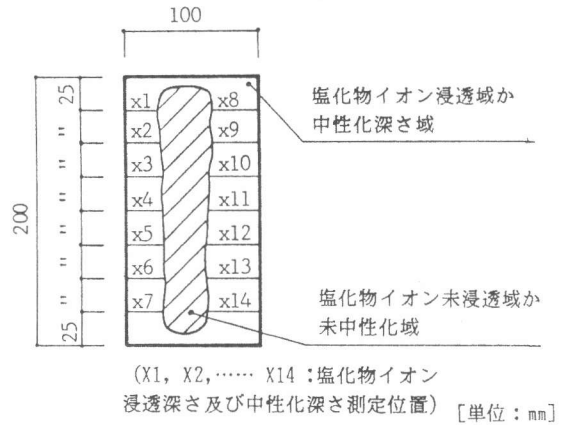


図2 塩化物イオン浸透深さ及び中性化深さ測定位置

4. 試験結果及び考察

4.1 重量変化率

図3に、標準養生及び乾燥養生の重量変化率を示す。

重量変化率は、養生方法及び母材容積によって異なるが、材令14日で材令91日の80%以上を示す。乾燥養生の場合、重量変化率は、母材容積に関わりなく材令の経過とともに減少する。その場合、重量変化率は、母材コンクリート及び異種コンクリートよりも下回ることはないが、両者の占める量の多い方の性質を示し母材容積と比例する。一方、標準養生の場合、重量変化率は、母材容積に関わりなく材令28日及び91日で、それぞれ約0.95~0.99%及び1.10~1.15%となるが、その後も増加の傾向を示す。

表3に、3%塩化ナトリウム溶液中に27日及び90日間浸漬した重量変化率を示す。

重量変化率は、同じ母材容積の場合、浸漬期間27日(材令28日)よりも90日(材令91日)の方が約0.1%大きく、材令とともに塩化物イオンが浸透することを現している。その場合、塩化物イオンの浸透量は、母材容積0.00よりも1.00の方が大きくなる。また、同じ材令で、標準養生と3%塩化ナトリウム溶液浸漬を比べた場合、後者の重量変化率が約0.2~0.5%

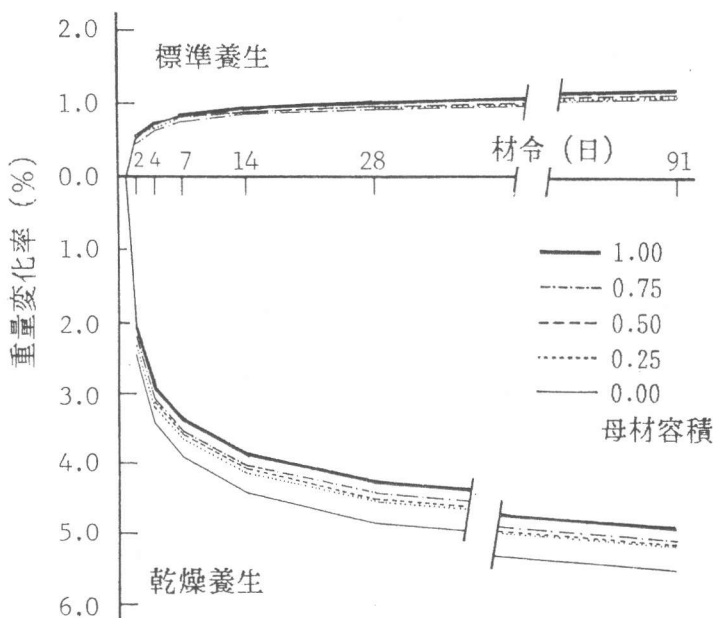


図3 重量の経時変化

表3 3%塩化ナトリウム水溶液浸漬27日及び90日における重量変化率(%)

母材容積	浸漬期間(日)	
	27	90
1.00	1.41	1.51
0.75	1.37	1.52
0.50	1.31	1.42
0.25	1.21	1.34
0.00	1.28	1.39

大きくなる[11]。その値は塩化物イオンの浸透量で9~17gとなる。しかしながら、重量変化率の傾向は、浸漬期間に関わりなく、母材容積1.00から0.25まで比例して低下するが、その後は、母材容積0.00で増加へと転じ母材容積0.50に近い値を取る。この傾向は標準養生でも現われる。このように、重量変化率は、異種コンクリートを併用すると、母材容積0.00よりも小さくなる場合も生じるので取扱う際に注意が必要といえる。この理由としては、単位セメント量の多いコンクリートの量が多くなると水酸化カルシウム(Ca(OH)₂)の生成量が多くなり、硬化体中の水酸化カルシウムの溶出による多孔化が影響していると考えられる[11]。

4.2 曲げ強度

図4に、母材容積と曲げ強度及び折片で求めた圧縮強度を示す。

曲げ強度は、母材容積の違いによる影響は小さい。その値は、母材容積0.00、0.50及び1.00で、それぞれ43.6、46.8及び43.3kgf/cm²となり、折片の圧縮強度の1/7~1/8を示す。吉田[9]は、24時間以内で鉛直に打継いだ曲げ強度の場合、2割程度の差を生ずることもあるとしている。しかし、本実験では、曲げ型枠を用いたことや母材及び異種コンクリートの併用が30分前後と早く、フレッシュコンクリートの状態で供試体が製作されたことも曲げ強度への影響が小さくなった一因といえる。このことは、実際のコンクリート構造物に異種コンクリートが併用された場合、柱及び床梁部材、併用時期等で影響が異なることを現していると考えられる。

4.3 引張強度及び圧縮強度

図5に、母材容積と引張強度及び圧縮強度について示す。

引張強度は、養生方法に関わらず母材容積が増すと大きくなる。脆度係数 σ_c/σ_t は、材令28日及び91日の場合、乾燥養生で11~13及び9~12、標準養生で12~15及び13~16を示し、通常の10よりも大きくなるが、異種コンクリートを併用しても既往の結果と一致する[12]。しかしながら、異種コンクリートを併用した場合、引張強度は、母材容積が0.25異なると約5%変化する。本実験の場合、母材容積1.00から0.25で約15%引張強度が低下する。

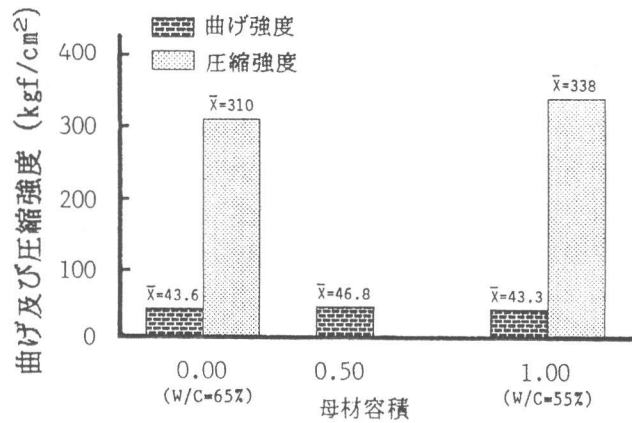


図4 母材容積と曲げ強度(σ_b)

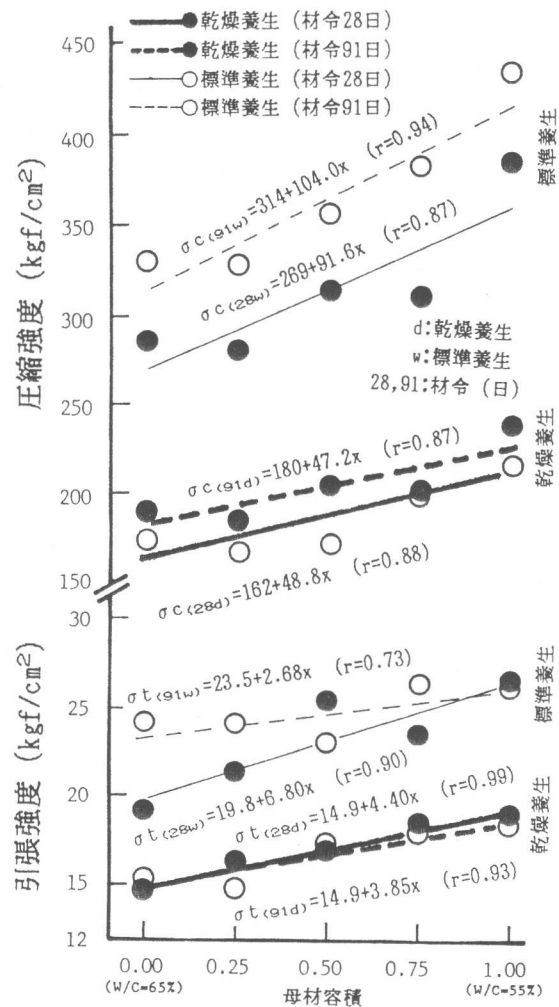


図5 母材容積と引張強度(σ_t)及び圧縮強度(σ_c)

圧縮強度は、引張強度と同様に母材容積が増すと大きくなり、養生方法が同じ場合、材令に関わりなくほぼ平行する。また、圧縮強度は、72時間以内でコンクリートを打継ぎしてもほとんど影響を受けない[10]としている。しかしながら、異種コンクリートを併用した場合、圧縮強度は、引張強度と同様に母材容積が0.25異なると約5%変化する。本実験の場合、母材容積1.00から0.25で約15%圧縮強度が低下する。

この図から明らかのように、引張強度及び圧縮強度は、養生方法などの要因に大きく支配される。しかしながら、両者とも母材容積との関係は図の普通目盛で直線となり、これらの直線は試験材令、養生方法によって異なる。一方、異種コンクリートを併用した場合、引張強度及び圧縮強度は、母材容積0.00及び1.00の異種及び母材コンクリートよりも下回ることがなく、両者のほぼ中間値を示す。その値は、母材コンクリートか異種コンクリートかのどちらかの占める量の多い方の性質を示すことが明らかで、岸谷らの混合使用[3-8]の結果とも一致する。

そこで、母材容積と引張強度及び圧縮強度の関係式を求めると式(2)が得られる。その時の相関係数 r は、養生方法、試験材令によって異なるが $r=0.9$ 前後を示す。なお、±は、母材コンクリートを基準にするか異種コンクリートを基準にするかの違いである。

$$y = a \pm b x \quad (2)$$

ここに、 y ：所定材令における引張強度 (kgf/cm^2)、あるいは圧縮強度 (kgf/cm^2)

x ：母材容積 (ここでは0.00(W/C=65%), 0.25, 0.50, 0.75及び1.00(W/C=55%))

a, b ：実験定数

式(2)は、母材容積と動弾性係数及び超音波伝播速度についても相関係数 $r=0.9$ 前後で成り立つ。また、式(2)は、同じ水セメント比のAEとプレーンコンクリート、普通と早強ポルトランドセメントを併用したコンクリートについても適用できることを確認している。

本研究における試験結果から推察すれば、異種コンクリートを併用した場合、母材容積の関数として引張及び圧縮強度の予測を行うことが可能で、これにより異種コンクリートの占める容積を算定することもできると考える。

4.4 中性化深さ及び塩化物イオン浸透深さ

図6に、母材容積と中性化深さ及び塩化物イオン浸透深さを示す。

中性化深さ及び塩化物イオン浸透深さは、同じ養生の場合、材令28日と91日がほぼ平行し、その傾向は母材容積が大きくなるほど小さくなる。異種コンクリートを併用した場合、中性化深さ及び塩化物イオン浸透深さは、母材容積0.00と1.00の中間に位置し、母材コンクリートか異種コンクリートかのどちらかの占める量の多い方の性質を示す。本実験の場合、中性化深さ及び塩化物イオン浸透深さは、母材容積が1.00から0.25になると、それぞれ約10~20%及び25~30%増加する。

図2の断面で見た場合、中性化深さ及び塩化物イオン浸透深さは、併用面で進むような顕著な

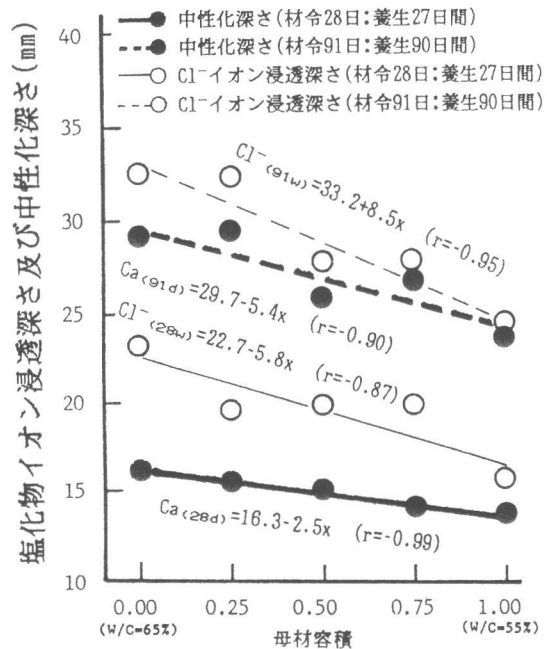


図6 母材容積と塩化物イオン浸透深さ (Cl⁻)及び中性化深さ(Ca)

結果は現われないが、次のような傾向を示す。中性化深さは、母材容積0.00及び1.00の場合、X1-X8で大きくなるがX2-X9からX7-X14はほぼ一様に進む。しかし、母材容積0.25から0.75の場合、中性化深さは、異種コンクリートの占める量が多いほど併用面を境に上部と下部で差が大きくなる。一方、塩化物イオン浸透深さは、材令及び母材容積によって異なるが、X2-X9からX7-X14でほぼ一様な浸透深さを示す。また、材令91日では、母材容積に関わりなく、X1-X8より上で全て塩化物イオンが浸透した。

また、図6から明らかなように、母材容積と中性化深さ及び塩化物イオン浸透深さは、式(2)を適用すると相関係数 $r=0.9$ 前後を示す。従って、異種コンクリートを併用した場合、中性化深さ及び塩化物イオン浸透深さは、母材容積との関数で評価できると考える。

5. 結論

異種のフレッシュコンクリートを併用した場合を想定して行なった実験結果を要約すると、本実験の範囲では次の通りである。

- 1) 重量変化率は、乾燥養生すると母材コンクリートと異種コンクリートの中間となり両者の占める量の多い方の性質を示す。3%塩化ナトリウム溶液浸漬の場合、重量変化率は標準養生よりも約0.2~0.5%大きくなる。その場合、重量変化率は、母材容積1.00から0.25まで比例して低下するが、母材容積0.00で増加して母材容積0.50に近い値を取る。
- 2) 曲げ強度は、異種コンクリートを併用しても母材コンクリートと差を生じない。引張強度及び圧縮強度は、母材容積が0.25異なると約5%変化する。
- 3) 中性化深さ及び塩化物イオン浸透深さは、併用面で変化は見られないが、供試体断面で両者の違いが現われる。
- 4) 異種コンクリートを併用したコンクリートの曲げ強度、引張強度、圧縮強度、中性化深さ、塩化物イオン浸透深さ等の数値は、母材容積の関数として一次式で評価できる。

参考文献

- 1) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説5 鉄筋コンクリート工事，日本建築学会，pp.168-169，1991.7
- 2) 吉田徳次郎：コンクリート及鉄筋コンクリート施工方法，丸善，p.705，1969
- 3) 岸谷孝一：異種生コン，異種混和剤の混用に関する問題点，セメント・コンクリート，No.339，pp.10-17，May.1980
- 4) 鈴木好明ほか3名：銘柄の異なるセメントを使用した、コンクリートの特性について，第1回生コン技術大会研究発表論文集，pp.1-4，1981
- 5) 佐藤次郎ほか4名：異種（他社）生コンを混用した場合のコンクリートの物性（混和剤の異なるコンクリートを混用した場合の特性），第2回生コン技術大会研究発表論文集，pp.79-84，1983
- 6) 依田彰彦ほか2名：混和剤の異なるコンクリートを混練りした場合の基本的性質，第6回コンクリート工学年次講演会論文集，pp.137-140，1984
- 7) 橋本 寛：混合打設したら生コンの性状はどう変わる？（コンクリート編），建築技術，pp.147-153，1989.11
- 8) 川原田金吾ほか2名：レデーミクストコンクリートの混合性に関する研究，三重県工業技術センター研究報告，pp.66-69，1983
- 9) 吉田徳次郎：新旧コンクリートの接合に就いて，土木学会誌，pp.471-481，Vol.9，No.3，1923.3
- 10) 吉田徳次郎：再び新旧コンクリートの接合に就いて，土木学会誌，pp.105-113，Vol.16，No.3，1930.3
- 11) 尾野幹也ほか3名：セメント硬化体に与える海水の化学的浸食のメカニズム，セメント技術年報，No.32，pp.100-103，1978
- 12) 岡田 清：新編土木材料学，国民科学者，p.182，1987.4