

鉄筋腐食によるコンクリート中のひびわれ挙動と膨張圧の推定

CRACKING AND EXPANSIVE PRESSURE DUE TO CORROSION OF REINFORCEMENT
IN CONCRETE

梶川康男*・八島明生**・角本 周***

By Yasuo KAJIKAWA, Akio YASHIMA and Meguru TSUNOMOTO

In order to investigate the relation between the expansive pressure and the growth of cracks due to corrosion of reinforcements, an elasto-plastic finite element analysis by introducing the volumetric strain and an accelerated galvanostatic corrosion method were carried out on a section of RC beams.

Results were summarized as follows ;

(1) During the growing of cracks among reinforcements, the expansive pressure becomes gradually higher.

(2) During the growing of cracks toward a surface of cover, its pressure is on the decrease with lowerings of stiffness.

(3) After the cracking of cover, the expansive pressure is about 100-120 kgf/cm² in spite of the expansion of corrosion products.

Keywords : expansive pressure, cracking, corrosion, FEM

1. ま え が き

コンクリート中の鉄筋腐食が構造物に与える影響には、鉄筋断面の減少、付着力の低下、腐食膨張圧の発生などがある。これらはすべて、構造物に影響を与えるが、特に腐食膨張圧の発生はひびわれの生成や応力の発生を伴うので、構造物の挙動に影響を与える重要なパラメーターである。そこで、鉄筋の腐食膨張挙動をよく表現できる有限要素モデルの提案とその妥当性について検討した¹⁾。

鉄筋が腐食損傷を受けたRC構造物では、その内部での劣化状況を把握することによって、その耐力の推定や点検時期ならびに補修方法の検討が可能であると考えられる^{1),2)}。本論では、すでに提案したモデル¹⁾を用い、はりの切断面に対して、内部ひびわれの状況と腐食膨張圧との関係、実験と解析の両面から求めた。

2. 実験方法

今回の実験では、はりの仮想断面を用いて、ひびわれ

* 正会員 工博 金沢大学教授 工学部土木建設工学科
(〒920 金沢市小立野2-40-20)

** 学生会員 金沢大学大学院工学研究科修士課程(同上)

*** 正会員 工修 オリエンタル建設(株)技術部
(〒102 千代田区五番町5)

状況の観察と腐食膨張圧推定のためのひずみの測定を行った。実験方法としては、短期間で定量的に鉄筋を腐食させられる電食試験を用いた。

(1) 供試体

実験に用いた供試体(図-1参照)は高さを200mm、厚さを50mmとし、丸鋼φ16を2本用いた幅150mmと、異形棒鋼D16を2本用いた幅150mm、170mm、190mmの4種類とした。

また、供試体にはモルタルを用い、空中養生し、材令1か月で実験を開始した、その時点での強度試験結果を表-1に示す。

(2) 実験概要

実験は供試体を3.3%のNaCl溶液中に浸してから2時間経過後、1mA/cm²の定電流を1週間通電して

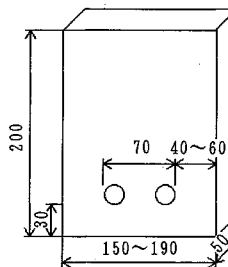


図-1 実験供試体

表-1 強度試験結果

圧縮強度(kgf/cm ²)	377
割裂引張強度(kgf/cm ²)	35
弾性係数(kgf/cm ²)	2.1×10 ⁵
ポアソン比	0.2

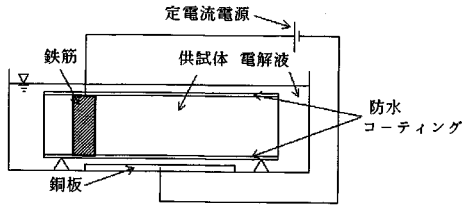


図-2 実験概要

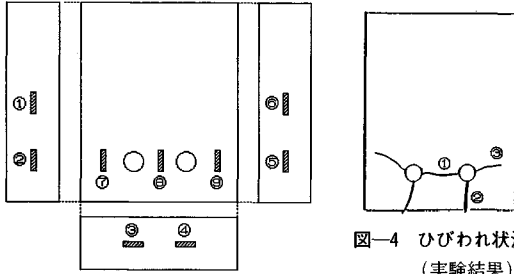


図-3 ひずみ測定位置

図-4 ひびわれ状況 (実験結果)

行った。実験概要を図-2に示す。なお、今回の供試体は、はりの仮想断面であるので、断面方向からの浸水を防ぐために断面をビニルエステル系防水剤で防水コーティングした。鉄筋腐食による膨張圧推定のためのひずみの測定は、図-3に示す9か所で2時間ごとに測定した。

3. 実験結果および考察

(1) ひびわれ状況

ひびわれ状況の一例を図-4に示す。これは、断面寸法 150 mm × 200 mm で、底面かぶり 30 mm、側面かぶり 40 mm のものである。実験に用いた供試体はすべて、底面かぶりの方が側面かぶりより小さいため、図中の数字のように鉄筋間方向、底面方向、側面方向の順にひびわれが入った。また、側面かぶりの違いによる影響として、そのかぶりの厚さが大きいほど側面方向ひびわれの進展速度は遅いことが認められた。

(2) ひずみの積算電流量による変化

図-5に、ひずみ-積算電流量曲線の一例を示す。この図にもみられるように、どの場合も積算電流量 50~70 mA·h/cm² で、ひずみの変化が大きくなっている。

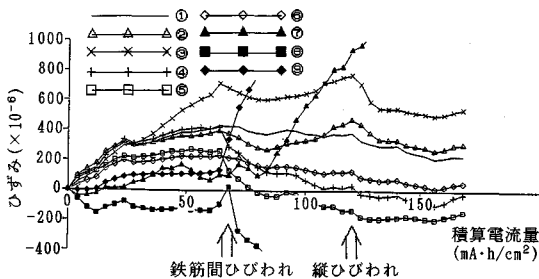


図-5 ひずみ-積算電流量曲線

この時点で、ひびわれが鉄筋間に入り始めているのが目視にて確認されているので、ひびわれによる応力の乱れが影響しているものと思われる。また、底面の縦ひびわれは、積算電流量 100~120 mA·h/cm² 程度で発生しており、そのときの各測点でのひずみを表-2に示す。この表のひずみは、のちに腐食膨張圧を逆解析により推定するときに用いる。

4. 膨張挙動の弾塑性解析

今回の解析では、文献¹⁾と同様、有限要素としてアイソパラメトリック要素を用い、平面ひずみ問題として考えた。そして、膨張する腐食生成物層をモデル化するにあたり、対象となる腐食深さがきわめて小さいため、通常の要素では不都合が生ずるので、山田らの提案した接合要素²⁾を拡張して誘導した層要素³⁾を用いた。なお、付着部分のモデル化には接合要素をそのまま用いた。

図-6に解析対象とした鉄筋コンクリートはりの断面モデルを示す。これは、はりの断面を想定したものであり、底面と側面のかぶりの厚さを表-4のように組み合わせ計7種類のモデルに対して解析を行った。解析は対称性を考慮して、全断面の1/2に対して行った。(a)は鉄筋要素、腐食生成物要素および付着要素、(b)はモルタル要素の分割図である。鉄筋は直径 1.6 cm の円

表-2 縦ひびわれ発生時のひずみ

		μ			
		②	③	④	⑤
丸筋	NO.1	325	634	104	-28
	NO.2	372	272	156	165
150×200	NO.1	251	464	403	413
	NO.2	84	2436	461	286
170×200	NO.1	277	359	576	242
	NO.2	266	264	383	54
190×200	NO.1	289	976	223	196
	NO.2	65	325	30	54

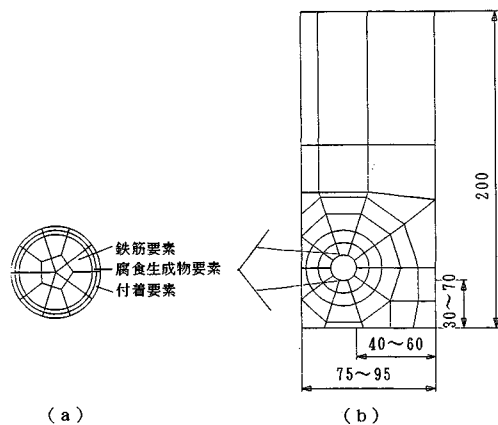


図-6 有限要素分割図

表—3 解析に用いた諸定数

要素	鉄筋	モルタル	腐食生成物
弾性係数(kgf/cm ²)	2.1×10 ⁶	2.1×10 ⁵	2000
ポアソン比	0.3	0.2	0.3

表—4 膨張圧推定結果(解析)

単位: kgf/cm²

底面かぶり(mm)	30	30	30	50	70	70	70	
側面かぶり(mm)	40	50	60	60	60	40	50	
ひびわれ条件 ϵ_t	P_A	104	106	107	135	147	120	126
	P_B	100	101	103	108	109	108	109
ひびわれ条件 ϵ_{200}	P_A	120	120	120	141	151	130	135
	P_B	108	107	106	112	115	109	111
ひびわれ条件 ϵ_{300}	P_A	125	125	126	149	153	135	136
	P_B	112	110	108	114	117	113	115

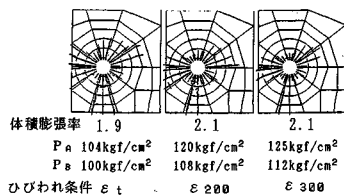
形と仮定し、腐食生成物要素は解析対象の腐食重量減¹⁾(約8~15 mg/cm²)に 応じた厚さ(今回は0.01 mm)とした。腐食生成物の物性としての弾性係数およびポアソン比は、ひびわれ挙動にはあまり影響しない¹⁾ことから表—3の値とした。

また、ひびわれの判定条件には、最大主応力が引張強度に達するとひびわれが発生するもの(以下、判定条件 ϵ_t)と、最大主応力が引張強度に達すると完全塑性状態となり、最大主ひずみが200 μ に達するとひびわれが発生するもの(以下、判定条件 ϵ_{200})と、最大主ひずみが300 μ に達するとひびわれが発生するもの(以下、判定条件 ϵ_{300})の3種類を用いた。なお、解析は腐食生成物要素の体積膨張率を順次増加させて行った。

5. 解析結果および考察

(1) ひびわれ判定条件によるひびわれ状況の違い

底面にひびわれが到達したときのひびわれ状況の解析例を図—7に示す。なお、図中の P_A , P_B は図—11で説明するが、膨張圧に大きな変化が現われる点での値である。判定条件が異なってもひびわれ進展の傾向は類似しており、卓越したひびわれは、鉄筋間方向、底面方向、側面方向の順に伸びている。この傾向は実験結果と同じである。また、膨張率1.9, 2.1, 2.1で縦ひびわれが発生していることから、ひびわれ時の主ひずみが最も小さ



図—7 ひびわれ状況(解析結果)

い条件 ϵ_t では、ひびわれの進展が少し早いようであるが、条件 ϵ_{200} や ϵ_{300} とそれほど大きな変化はない。

(2) ひびわれ状況に与えるかぶりの厚さの影響

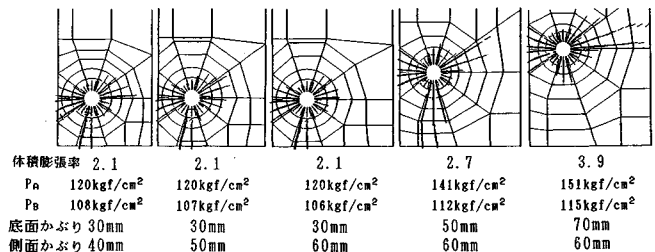
ひびわれ判定条件が ϵ_{200} で、かぶりの厚さを変えた場合のひびわれ状況の解析例を図—8に示す。卓越したひびわれは、どれも鉄筋間方向、底面方向、側面方向に伸びているが、縦ひびわれ発生場所は底面かぶりと側面かぶりのうちの小さい方に入っている。また、縦ひびわれはそれぞれ膨張率2.1, 2.7, 3.9で発生している。これらのことから、最小かぶりが縦ひびわれ発生時の膨張率や縦ひびわれ発生場所に大きく影響していることがわかる。

(3) 鉄筋腐食による膨張圧の推定

本解析法において、要素内部でのひびわれ発生後は、その不均一な変形により層要素中にもせん断変形が生ずる。そのために、膨張圧は層要素内に働く静水圧的な圧力として求められない。そこで、鉄筋表面付近のモルタルの拘束応力で膨張圧を評価することにした¹⁾。図—9は、底面かぶり30 mm、側面かぶり40 mm、ひびわれ判定条件 ϵ_{200} のケースにおける、縦ひびわれ発生時(膨張率2.1)および、その直前(膨張率1.9)の場合の、鉄筋周辺での鉄筋表面に対して垂直方向のモルタルの応力分布である。ひびわれの発生によって応力開放が生じ、均一な圧力とはなっていないので、この応力分布の平均応力を膨張圧とした。

このように、解析より得られた膨張圧と膨張率との関係図を図—10に示す。(a)は判定条件による変化を、(b)、(c)はかぶりの厚さによる変化を示している。膨張圧は、どの場合も膨張率1.5~1.7付近まで増加し、ピークに達する。この時点で鉄筋間にひびわれが入る。その後、底面あるいは側面方向へのひびわれの進展とともに緩やかに減少し、縦ひびわれ発生以降は、ほぼ一定の値(100 kgf/cm²程度)を示している。このような傾向にある膨張圧のピーク値と縦ひびわれ発生時の膨張圧の推定結果を、さまざまなかぶりの厚さと判定条件について表—4に示した。

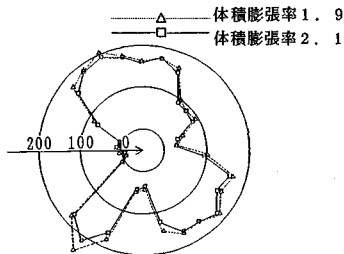
また、表—5は実験結果より逆解析して求めた値であり、表—2に示した縦ひびわれ発生時の、ひびわれ付近点での実験ひずみと、解析結果の縦ひびわれの入った要素のひずみとを比較して、類似のひずみ状態を探し出し



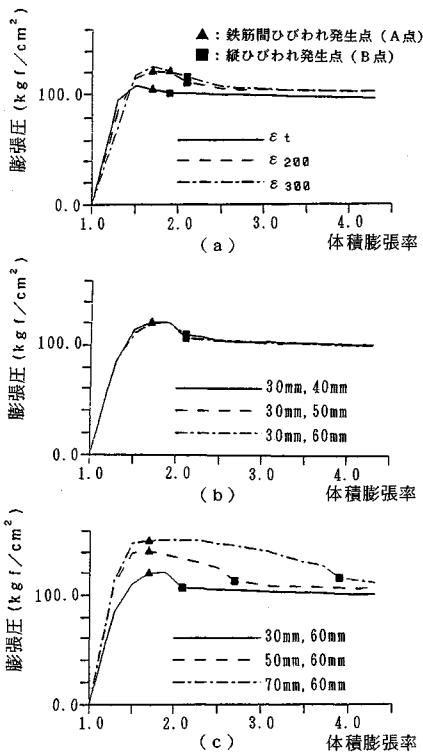
図—8 ひびわれ状況(解析結果)

表—5 膨張圧の推定結果（実験）

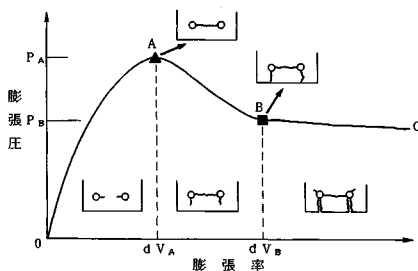
単位：kgf/cm ²			
150×200×50 （丸鋼）	150×200×50 （異形棒鋼）	170×200×50 （異形棒鋼）	190×200×50 （異形棒鋼）
50~200	50~200	100~200	80~130



図—9 鉄筋周辺の応力分布



図—10 膨張圧-膨張率曲線



図—11 膨張圧と膨張率との関係の模式図

て、その時点における応力分布を求め、その平均を求めたものである。値のばらつきは、供試体や着目ひずみ測定点の違いによるものであろう。このように実験値からの逆解析によっても縦ひびわれ発生時の膨張圧は、約100 kgf/cm²程度ということが確認できた。

6. ま と め

本研究はさきに提案したモデルを用いて、ひびわれの進展状況の把握や膨張圧の推定を実験ならびに解析の両面から行った。本解析の結果、膨張圧と膨張率との関係が明らかになり、その結論を図—11に示した模式図に従って説明すると次のようになる。

(1) 膨張圧の上昇期に卓越するひびわれは鉄筋間方向に入り始め、A点で膨張圧はピーク値 P_A に達する。このひびわれ生成には鉄筋周辺の全体剛性が影響することから、このピーク値はかぶりの厚さの影響を強く受ける。

(2) AB間ではひびわれが底面あるいは側面かぶりの小さい方向に進展し、やがてコンクリート表面に達し、縦ひびわれとなる。したがって、そのかぶりの厚さが膨張率 dV_B に大きく影響する。

(3) 縦ひびわれ発生時およびそれ以降（縦ひびわれ幅拡大期）の膨張圧は、ほぼ100~120 kgf/cm²程度であることが求められた。

(4) このような膨張圧とひびわれ状況から考えると、腐食に関する点検は縦ひびわれ発生（B点）以後では遅すぎ、できれば鉄筋間ひびわれ発生（A点）以前に点検を実施するのが望ましいことがわかる。

以上、腐食膨張圧の推定とひびわれ状況の把握を試みたが、はりやスラブにおける膨張挙動と耐荷力などの解析を進めていく必要がある。最後に、本論をまとめるにあたり、有益な助言をいただいた金沢大学工学部の川村満紀教授に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 角本 周・梶川康男・川村満紀：コンクリート中の鉄筋腐食による膨張挙動の弾塑性解析とその適用性，土木学会論文集，第402号/V-10，pp.151~159，1989。
- 2) 橋 吉宏・梶川康男・川村満紀：鉄筋腐食によって損傷を受けたRCばりの挙動に関する考察，土木学会論文集，第402号/V-10，pp.105~114，1989。
- 3) 山田嘉昭・江澤良孝：接合要素とその有限要素解析における応用，生産研究，31巻6号，pp.519~524，1979。
- 4) 森川雅行・関 博・奥村 隆：鉄筋の腐食膨張によるひびわれの発生機構に関する基礎的研究，土木学会論文集，第378号/V-6，pp.97~105，1987。
- 5) 田森清美・丸山久一・小田川昌史・橋本親典：鉄筋の発錆によるコンクリートのひびわれ性状に関する基礎研究，コンクリート工学年次論文報告集，10-2，pp.505~510，1988。

(1990.2.27・受付)

内容紹介

土木学会論文集 内容紹介

No. 402/V-10, 1989. 2

テーバ管を流動する可視化モデルコンクリートの乱れ計測システム

橋本親典・堀口和弘・丸山久一・清水敬二

土木学会論文集 第402号/V-10, pp. 61~70, 1989. 2.

本研究は、フレッシュコンクリートの変形性能を定量的に評価することを目的とし、著者らが提案した『可視化実験手法』により、管内を流動する可視化モデルコンクリートの粗骨材粒子群とモルタル相の速度ベクトル分布を計測するシステムを開発した。次に、このシステムを用いて、テーバ管を流動するモデルコンクリート中に発生する乱れ特性の存在を明らかにし、乱れと変形性能の関係を実験的に検討し、乱れの程度を定量的に評価する指標を提案した。

電気分解による鉄筋コンクリートの劣化に関する基礎的研究

黒井登起雄

土木学会論文集 第402号/V-10, pp. 33~42, 1989. 2.

本研究は直流送電流が鉄筋コンクリートに作用したときの劣化を、鉄筋の電食とペーストの軟化の2点から実験的に検証したものである。電食はファラデーの法則に従うことを確認し、埋設鉄筋のさび速度が「電食係数」で評価できることを提案している。また鉄筋が陰極となる部分の周辺ペーストの軟化は、アルカリイオンの周辺ペースト中への集積が原因となっていることを実験的に解明し、異形鉄筋との付着強度が30%程度低下することを明らかにしている。

可撓性連結部を有する鉄筋コンクリート沈埋トンネルの耐震性に関する研究

池田尚治・加藤紘一・萩原正雄

土木学会論文集 第402号/V-10, pp. 71~80, 1989. 2.

ゴムガスケットとPC鋼材とで構成される可撓性連絡部を有する鉄筋コンクリート沈埋トンネルの力学的特性と耐震性について研究を行った。可撓性連結部の挙動に関しては、はり供試体を用いて実験を行い、連結部を有する部材の力学的特性を実験的および解析的に求めた。この結果を用いて現在工事中の沈埋トンネルを対象としてパラメトリックに解析を行い可撓性連結部を有する鉄筋コンクリート沈埋トンネルの耐震性を評価した。

三成分系のダブルミキシング効果

笠井哲郎・田澤栄一

土木学会論文集 第402号/V-10, pp. 43~51, 1989. 2.

水とセメントの二成分系のダブルミキシングに第三成分として高性能減水剤、ポリマー、異種粉体（フライアッシュ、高炉スラグ微粉末、シリカフェーム）のいずれか一成分を加えた三成分系に対し、ダブルミキシングの効果を検討した。ダブルミキシング効果は三成分系においても生じ、また第三成分をどの段階で混入するかで、その効果および効果を最大とする一次練りませ時の水と他成分との比率に差が見られた。

コンクリートの断熱温度上昇試験装置に関する性能試験方法について

鈴木康範・原田修輔・前川宏一・辻 幸和

土木学会論文集 第402号/V-10, pp. 81~86, 1989. 2.

コンクリートの断熱温度上昇試験装置の性能試験方法については不明な点も多い。本論文では、試作した試験装置を用いて、供試体の大きさを変化させた場合、繰り返し実験および同一タイプの試験装置間の測定におけるばらつきを検討を行うとともに、打込まれるコンクリートの諸条件を同一とし、実構造物あるいはそれに類する大型供試体の温度履歴と断熱温度上昇量の比較を行った結果、試験装置の断熱状態の良否の確認とともに、実構造物の温度履歴との比較も必要ことが判明した。

ミキサの種類と練りませ時間がコンクリートの品質に及ぼす影響

岸 清・渡部 正・山田一字・魚本健人

土木学会論文集 第402号/V-10, pp. 53~60, 1989. 2.

ミキサでコンクリートを練りませる場合、練りませ時間に伴ってその品質特性値は変化する。この変化傾向は、ミキサの種類によって異なるため、同一配合で同じ練りませ時間としても同一品質のコンクリートを得ることができないことを明らかにした。そして、スランプ、圧縮強度を同一とするための条件は、それぞれのミキサでコンクリート単位体積当たりの積算消費電力量が同一となる練りませ時間をすべきであるとの知見を得た。

コンクリート中における内部振動機の振動の伝播特性

岩崎訓明・坂本信義

土木学会論文集 第402号/V-10, pp. 87~96, 1989. 2.

本論文は、内部振動機を用いてコンクリートを締固める場合に振動機からコンクリート中に伝播する波動について解析と実験を行った結果の報告である。すなわち、内部振動機の起振機構を基礎としてコンクリート中の任意点、任意時刻における変位および加速度を表す式を導き、この式が振幅の減衰がある場合や複数の振動の干渉が存在する場合にも適用できることを実験によって立証し、その結果に基づいて型枠による反射の影響を解析した。

横方向応力を受ける異形鉄筋の付着特性に関する実験的研究

長友克寛・角 徹三

土木学会論文集 第402号/V-10, pp.97~104, 1989.2.

本研究は、横ふし1個のみをもつ異形鉄筋を用いた引き抜き試験により、圧縮・引張両横方向応力の付着特性への影響を実験的に調べたものである。その結果、圧縮横方向応力の増加および引張横方向応力の減少に伴い付着強度はほぼ直線的に増加し、その傾向は載荷端から横ふしまでの距離が大きくなるほど顕著となる等を明らかにした。さらに、実験結果をもとに、主びわれ近傍域での強度劣化をも考慮した、一定横方向応力載荷下における付着強度算定式を提案した。

鉄筋腐食によって損傷を受けたRCばりの挙動に関する考察

橘 吉宏・梶川康男・川村満紀

土木学会論文集 第402号/V-10, pp.105~114, 1989.2.

本研究は、腐食を受けたRCばりの劣化挙動について、実験および弾塑性FEM解析を用いた検討結果を報告し、腐食RCばりの安全性を論ずる上での一判断資料を与えるものである。実験結果からは、腐食RCばりの剛性と耐力の低下が示され、FEM解析結果からは、錆の膨張による内部応力や縦びわれに伴う付着せん断応力の伝達欠如がその挙動に大きく影響することが示された。

塑性理論による鉄筋コンクリート部材の面内せん断耐力評価

吉川弘道・田辺忠顕

土木学会論文集 第402号/V-10, pp.115~124, 1989.2.

Nielsenによる塑性理論を取上げ、面内力を受ける直交配筋鉄筋コンクリート平板の耐力評価について検討した。本文では、塑性理論を紹介するとともに、若干の力学的解釈の付与を行い、さらに無次元量による表示、コンクリートの有効係数の導入によってより一般的・現実的な評価式を導いた。また、中空円筒体によるねじり試験の試験結果と比較し、良好な合致を確認することができた。

マスコンクリートの温度応力のリラクセーション解析に関する研究

森本博昭・小柳 治

土木学会論文集 第402号/V-10, pp.125~134, 1989.2.

本研究は、リラクセーション関数を構成式に用いた温度応力のリラクセーション解析手法を提案するものである。温度応力のリラクセーション解析を、リラクセーション関数とクリープ関数の2種類の構成式を用いて実施した。いくつかのマスコンクリートの温度応力のリラクセーション解析結果についての検討から、リラクセーション関数を用いた解析手法の有効性が示された。

交番ねじりモーメントを受ける鉄筋コンクリート部材の力学性状に関する研究

長瀧重義・岡本享久・梅木秀郎・李 承漢

土木学会論文集 第402号/V-10, pp.135~144, 1989.2.

交番ねじりモーメントを受ける鉄筋コンクリート部材の力学性状を明らかにすることを目的として、解析では二軸応力下による斜めひびわれ間のコンクリートに交番荷重下における応力-ひずみ関係を定義し、これをCompression Field Theoryに適用して構成方程式を導き、部材の荷重-変形関係を明らかにした。次に、実験ではかぶり厚さおよび鉄筋比を変えて製作した供試体について交番ねじり載荷試験を実施し、部材の破壊エネルギー、等価粘性減衰係数および変形挙動等に考察を加えた。

硬化コンクリートの単位セメント量の推定方法に関する研究

河合研至・小林一輔

土木学会論文集 第402号/V-10, pp.145~150, 1989.2.

本研究は、コンクリート構造物から採取したコアを分析することによって、硬化コンクリートの単位セメント量を推定する方法について検討を行った結果を取りまとめたものである。本文で提案する方法は、試料をふっ化水素酸により完全に分解して得られる全酸化カルシウム量の定量値を用いるもので、従来のセメント協会法では適用不可能な石灰岩骨材を含むコンクリートに対しても比較的良い精度で推定が可能であることを明らかにしている。

コンクリート中の鉄筋腐食による膨張挙動の弾塑性解析とその適用性

角本 周・梶川康男・川村満紀

土木学会論文集 第402号/V-10, pp.151~159, 1989.2.

本研究は、弾塑性有限要素解析手法を用いて解析的に鉄筋のさびの挙動を表現することを目的として、腐食膨張挙動を比較的よく表現できるモデルの作成とその妥当性について検討を行ったものである。さらに、その適用例としてRCばり中の鉄筋腐食について、腐食量と膨張圧、鉄筋径とかぶり厚さ、コンクリートの1軸引張強度、腐食生成物の物性、腐食の不均一性が腐食膨張挙動に及ぼす影響を調べた。

モンテカルロ・シミュレーションによるコンクリート舗装の供用寿命の評価(英文)

J. Rafael. MONTAÑO M.・小梁川雅・福田 正

土木学会論文集 第402号/V-10, pp.161~167, 1989.2.

本研究は、コンクリート舗装に潜在している不規則性が、コンクリート舗装の供用寿命に与える影響を、モンテカルロシミュレーションによって評価し、コンクリート舗装設計の信頼性を検討する手法を提案することを目的としている。本論文では、不規則性のうち、コンクリート舗装に作用する温度変化ならびに交通荷重と、コンクリートの曲げ疲労現象に着目したシミュレーションを行い、計算例によってこの評価方法を説明した。

曲げモーメントを受けるサンドウィッチタイプ
とオープンサンドウィッチタイプの合成構造部
材の隅角接合部に対する設計法 (英文)

Virach RUNGROJSARATIS・上田多門

土木学会論文集 第402号/V-10, pp.167~177, 1989.2.

異種タイプの構造部材の接合に対する設計法を明らかにすることを目的とし、実験結果に基づいて、曲げモーメントを受けるサンドウィッチタイプとオープンサンドウィッチタイプの合成構造部材の隅角接合部に対する設計法を提案し、実験を鉄筋、鋼ウェブおよび鋼フランジの配置を変えた隅角接合部に行った結果、提案した方法が異種タイプの構造部材の接合に対する設計に応用できる。

コンクリート橋の塩害による損傷の評価と予測
(英文)

関 博・松井邦人・松島 学・金子雄一

土木学会論文集 第402号/V-10, pp.179~188, 1989.2.

近年、コンクリート構造物の劣化が大きな問題として取り上げられており、塩害による損傷も海岸付近の構造物では深刻化している。本論文では、東北地方および北海道の日本海側にある海岸付近のコンクリート橋について実施された劣化調査結果に基づき、構造および環境的要因に対して分析を行った。さらに、分析結果から、要因の組合せに応じて構造物の将来の損傷を予測する手法を提案し、その妥当性について検討を行った。

土木学会論文集 内容紹介

No. 408/V-11, 1989.8

横拘束鉄筋を有する鉄筋コンクリート正方形断面柱の終局耐力と靱性に関する実験的研究

平澤征夫・伊藤光明・古澤誠司

土木学会論文集 第408号/V-11, pp.21~30, 1989.8.

本研究は、高強度コンクリートを用いて作製した横拘束鉄筋を有する正方形断面柱が、1軸あるいは2軸偏心載荷を受けた場合の終局耐力と靱性に対する横拘束鉄筋の効果を明らかにし、それらを定量化することを目的として実験的検討を行ったものである。実験結果に基づいて、耐力と靱性を評価するのに拘束効果を定量化する要因として、新たに横方向補強比を用いる方法を提案した。また正方形断面柱に2軸曲げ耐力と靱性の評価式を提案した。

PC斜張橋の斜材張力および主桁プレストレスの最適化に関する研究

藤井 学・宮本文穂・小深田祥法

土木学会論文集 第408号/V-11, pp.31~40, 1989.8.

本研究では、PC斜張橋の主桁プレストレスおよび斜材調整力の最適化を、ひずみエネルギー最小化基準に基づいて主桁プレストレスを斜材調整力に連成することによって実行し、クリープ・乾燥収縮の影響をも考慮した最適化手法を提案した。また、分割施工PC斜張橋における張出し架設中の最適斜材張力および最適主桁プレストレス決定法の提案を行うとともに、これらの決定システムの開発を行うとともに2, 3のPC斜張橋に適用し、本システムの有効性、実用性の検討を行った。

粗骨材の形状特性がアスファルト混合物の変形現象に及ぼす影響

佐野正典

土木学会論文集 第408号/V-11, pp.41~50, 1989.8.

アスファルトが有する熱可塑性から、舗装のわだち掘れ現象は避けられない問題とされている。アスファルト混合物の骨格構造を成す碎石の形状特性はこの現象に重要な要因となる。本研究は扁平形状、立方形状で統一した粗骨材による混合物を作製した。粗骨材の配向角度を画像処理から求め、室内試験、屋外走行試験を実施して、骨材の角度と混合物の変形特性には密接な関係があることを明らかにした。そして扁平形状の骨材を水平方向に配列することが重要であることを示した。

正負繰返し面内応力下におけるRC板要素の解析モデル

出雲淳一・申 鉉穆・前川宏一・岡村 甫

土木学会論文集 第408号/V-11, pp.51~60, 1989.8.

既往の1軸応力下におけるコンクリートの構成則および鉄筋の構成則を用いて、正負繰返し載荷を受けるRC板要素の構成式の開発を行った。開発したRC板要素の構成式は、既往の実験結果との検証により、正負繰返し載荷を受けるRC板要素の挙動を良く追跡できることが確認された。また、材料の構成式はRC板要素の復元力特性に大きく貢献するが、材料の載荷時間および繰返し載荷の影響についても今後検討していく必要があることが結論として得られた。

コンクリートのひびわれ界面に関する構成方程式と基本4係数の同定

吉川弘道・呉 智深・田辺忠顕

土木学会論文集 第408号/V-11, pp.61~70, 1989.8.

本論文は、著者らが既報にて定式化したひびわれ界面の構成方程式に含まれる基本4係数を、既往実験のデータ・ベースより同定し、具体的な非線形モデルとして提示したものである。このとき、各係数を界面の力学量相互の偏導関数として定義しているため、異なる条件下の実験データを統一的な場で処理することが可能となった。加えて、異なる拘束条件下の直接せん断実験と比較し、本提案モデルが工学上ほぼ十分な予測精度を有することを確認した。

数値シミュレーションによるひびわれ界面における非線形挙動の考察

吉川弘道・呉 智深・田辺忠顕

土木学会論文集 第408号/V-11, pp.71~80, 1989.8.

本論文は、著者らの提案するひびわれ界面の構成方程式を用い、種々の材料特性、拘束条件、変位経路をパラメーターとする数値シミュレーションを実施したものである。その結果、本提案モデルは、せん断伝達機構や交差効果などのひびわれ界面特有の非線形挙動をよく再現することがわかった。加えて、Bazantモデルとの比較、経路依存性とクーロン摩擦則の成立について考察し、本提案モデルの有用性を確認した。

モデレートプレストレス導入による温度ひびわれ制御に関する研究

伊藤 洋・清水昭男・坂口雄彦・西岡吉弘

土木学会論文集 第408号/V-11, pp.81~90, 1989.8.

本研究では、マッシブな鉄筋コンクリート構造物を対象に設計面からの新たな温度ひびわれ対策として、新しくモデレートプレストレス導入による制御工法の開発を行った。また、その効果についてはいくつかの現場・実規模実験により実験的に実証し、さらに効果の予測法の誘導・提案を行って理論的評価を加えた。本工法により、ひびわれ幅および長さは、無対策（通常施工）の場合に比較して幅で60~100%、長さで、19~50%低減された。

超硬練りコンクリートの締固め度に及ぼす打込み方法および締固め方法の影響に関する基礎実験

徳田 弘・加賀谷誠・川上 洵・辻子雅則

土木学会論文集 第408号/V-11, pp.91~99, 1989.8.

表面振動機によって締固めるとき、セメントペーストは骨材粒の間隙を充填しながら下降するが、ついで上昇に転じる。この現象に対応する間隙圧の経時変化から圧縮強度に基づく締固め度の判定が可能である。また、1リフトを一度に締固めるよりもいくつかの層に分けて締固めるか、打継面にモルタルを敷ならしてから打ち込み・締固めを行う方が効率的であること、振動機質量を増すよりも振動数と振幅の組合せを適切に設定して締固める方が効率的であることなどを明らかにした。

低品質骨材の有効利用に関する基礎的研究

藤原忠司

土木学会論文集 第408号/V-11, pp.101~110, 1989.8.

コンクリート用骨材としての良質骨材の枯渇にともない、低品質骨材の有効利用が切望されている。本研究では、現実的な対応として、配合の調節および良質骨材との混合使用の2つの方法を検討してみた。総体的に、これらの方法によって、低品質骨材使用によるすべての問題が解決するとは考え難い結果となっているが、コンクリートの所望の性質をよく勘案して、これらを合理的に適用すれば、有効利用の可能性は残されているといえる。

鋼材腐食からみたコンクリート中での酸素透過性の検討

宮川豊章・松村卓郎・小林和夫・藤井 学

土木学会論文集 第408号/V-11, pp.111~120, 1989.8.

コンクリート構造物の耐久性設計上きわめて重要な、鋼材腐食の立場から見たコンクリート中における酸素の拡散・透過性について、電気化学的な測定と数値計算モデルとを用いて検討を行った。本研究の主要な結果を以下に示す。①かぶりが3~7cmの範囲内では酸素の透過性に与えるかぶりの顕著な影響は認められなかった。これは、鋼材表面近傍に酸素の拡散係数が小さな層があるとすると説明が可能である。②養生条件および環境条件は酸素の透過性に大きな影響を与える。

マスコンクリートの熱変形および熱応力に関する実験的研究

石川雅美・前田強司・西岡 哲・田辺忠顕

土木学会論文集 第408号/V-11, pp.121~130, 1989.8.

マスコンクリートの外部拘束の実体を明らかにする目的で、打継面での付着の状態の異なる3体の実構造物大のマスコンクリート試験体を作製し、熱変形挙動に着目した実験を行った。その結果、これまで解析的にのみ示唆されているだけであった、曲げ変形や打継面の剝離といった現象を、始めて実験的に確認した。さらに、コンペンセーションライン法による理論的検討から、外部拘束と変形形状および温度応力との関係を明らかにした。

アスファルトの低温脆性の評価に関する研究

森吉昭博・藤原正浩

土木学会論文集 第408号/V-11, pp.131~138, 1989.8.

本研究は種々のアスファルトについて、フラスコ脆化点試験と筆者提案の森吉脆化点試験を実施し、アスファルトの脆化点温度が採取した製油所、プラント、日時により異なること、ならびに森吉脆化温度は使用した皿の材質等に依存すること、またこの破壊時の形状がアスファルトの品質に関係していること、この温度がアスファルト混合物の熱応力破壊温度とも密接な関係にあることなどを明らかにしている。

ダブルミキシングで製造したコンクリートの圧縮強度

田澤栄一・笠井哲郎・岡本修一

土木学会論文集 第408号/V-11, pp.139~146, 1989.8.

本研究では、SEC工法およびダブルミキシングで製造したコンクリートの圧縮強度特性を明らかにするために、ブリージングと圧縮強度の関係を実験的に検討した。また、ブリージングを想定した人工欠陥を有するモデルコンクリートの圧縮載荷試験および練りませ方法の異なる同一配合のモルタルの一部を粗骨材で置き換える実験によって、SEC工法およびダブルミキシングで製造したコンクリートの破壊モデルとしてGEMモデルを提案した。

データ解析によるコンクリートの品質変化とその要因に関する研究

豊福俊泰

土木学会論文集 第408号/V-11, pp.147~156, 1989.8.

本研究は、高速道路の建設工事打設コンクリートの品質調査および一般のレディーミクストコンクリートの品質調査を行った結果等から、わが国におけるコンクリート品質の変遷とその要因をデータ解析し、今後の品質管理技術向上のため検討を加えたものである。これら多数のデータ解析の結果、製造設備、品質管理体制、骨材事情、地域性等に起因して、全国的にコンクリートの品質が低下し、多様化していること等の品質実態とその問題点を明らかにした。

使用状態におけるパーシャルPC桁の変形挙動把握と桁橋への適用

猪又稔・藤田嘉夫

土木学会論文集 第408号/V-11, pp.157~165, 1989.8.

使用状態におけるパーシャルPC桁の変形挙動を既往の研究および実験により検証し、その結果をふまえて直線の組合せによる単純化されたモーメント・曲率関係を提示した。さらにこれをパーシャルPC連続桁橋の非線形解析に適用し、また実橋規模を対象とした数値計算によって、プレストレスレベルおよびびわねパターンによって不静定力がどのような挙動を示すかを、全断面を有効とした線形計算値と対比して検討したものである。

ひびわれを有するモルタルビームの炭酸化の研究 (英文)

田澤栄一・Kamal Gad SHAROBIM

土木学会論文集 第408号/V-11, pp.167~175, 1989.8.

あらかじめひびわれを生じさせた鉄筋モルタルビームを用い、促進中性化試験および自然暴露試験によって、ひびわれ巾が中性化速度に及ぼす影響を実験的に検討した。ひびわれ面の中性化深さとひびわれ面に垂直に進行する中性化域の深さは一致しない。後者を実質中性化深さ (virtual carbonation depth) と名付け、その経時変化を測定した。ついでひびわれ巾と実質中性化深さの関係を求める予測式を提案した。ひびわれ巾の影響は大きい。

分岐管部を流れる二相系モデルコンクリートの材料分離挙動 (英文)

小沢一雅・Anura NANAYAKKARA・前川宏一

土木学会論文集 第408号/V-11, pp.195~203, 1989.8.

本研究は、フレッシュコンクリートを粗骨材とモルタルの二相系材料として捉え、分岐管部を流れるコンクリートの変形特性、特に材料分離挙動を明らかにすることを目的として行った。モデルコンクリートを用いた可視化実験を行い、分岐管部における骨材粒子の動きを画像解析装置を用いてラグランジュ的およびオイラー的に解析した。その結果、二相系材料の流動途上における骨材相互の運動や材料分離挙動が境界条件および液相の粘性に大きく影響を受けることが明らかとなった。

浅い埋設アンカーボルトの引抜き試験のAE観測 (英文)

大津政康・重石光弘・岩瀬裕之

土木学会論文集 第408号/V-11, pp.177~186, 1989.8.

アンカーボルトの引き抜き試験の破壊過程を、アコースティック・エミッション (AE) 波形の観測と境界要素法 (BEM) の解析により考察した。BEM解析により、アンカープレート底面から載荷支点にいたる大きな引張応力域の存在が確認された。AE波形の解析によりクラックの種類と方向を決定したところ、引張クラックの開口方向およびせん断クラックのすべりの方向は最終破断面の位置・方向ともに見事に一致した。

スラブ軌道用セメントアスファルト複合材料の耐寒性能の向上に関する実験的研究 (報告)

渡邊啓年・鳥取誠一・原田 豊

土木学会論文集 第408号/V-11, pp.205~214, 1989.8.

東北・上越など寒冷積雪の地域において、スラブ軌道の緩衝用填充材として使用できるCA複合材料を開発した。室内および現場での広範な実験的検討から、耐凍害性の向上には消泡剤とAE剤の併用による微小気泡の適量導入、初期凍害の防止には急硬性の付与、耐ひびわれ性の改善にはSBRラテックスとガラス繊維の混入が有効なことを等を検証し、それぞれを現場に適用して所期の性能を有することを確認した。

流動する二相系モデルコンクリートにおける骨材粒子運動の評価 (英文)

小沢一雅・Anura NANAYAKKARA・前川宏一

土木学会論文集 第408号/V-11, pp.187~193, 1989.8.

本研究は、フレッシュコンクリートの材料分離のプロセスと変形抵抗機構を明らかにすることを目的とし、固液二相流中の固体粒子の動きの評価方法について検討を行ったものである。橋本らの開発したモデルコンクリートを用いた可視化実験を行い、画像解析装置を用いて粗骨材をモデル化した固体粒子の動きを解析した。その結果、本来離散化された骨材運動を空間的に連続したものとして捉えたオイラー的な評価方法が固体相の流動や変形を理解するのに有効であることが明らかとなった。

塑性理論による面内せん断耐力式と各種算定式との比較 (報告)

吉川弘道・田辺忠顕

土木学会論文集 第408号/V-11, pp.215~221, 1989.8.

本文は、面内力を受けるRC平板を対象とし、塑性理論による耐力評価式の特徴と適用性を論ずるものである。このため、Nielsenの提示した塑性理論を基調とし、これに関連する算定諸式として、斜め圧縮場理論と我国のCCV設計基準案を加え、数値シミュレーションおよび実験結果との比較を行った。その結果、鉄筋降伏先行型では、これら3者は基本的に合致し、実験結果との対応も良好であるが、コンクリート圧壊型では違ひがみられることが判明した。

土木学会論文集 内容紹介

No. 414/V-12, 1990. 2

ガラス繊維-セメントペースト界面領域の組織と ガラス繊維補強モルタルの力学的特性

五十嵐心一・川村満紀

土木学会論文集 第414号/V-12, pp. 49-58, 1990. 2.

ガラス繊維-セメントペースト界面領域の組織の形成過程を微小硬度測定およびEDXA点分析により明らかにした。さらに、この界面領域の組織変化とガラス繊維補強モルタルの脆性化との関連性について検討した。その結果、界面領域には不均質な構造が形成され、この構造は養生条件に影響されることがわかった。さらに、この不均質な界面領域の構造がガラス繊維補強モルタルの力学的特性の変化と密接に関連することが明らかとなった。

転圧コンクリート舗装の配合設計法に関する実験的研究

豊福俊泰・吉岡博幸

土木学会論文集 第414号/V-12, pp. 59-68, 1990. 1.

転圧コンクリート舗装は、従来のコンクリート舗装の施工性や経済性の改善が期待できる新しい舗装技術である。本研究は、転圧コンクリート舗装の配合設計法を確立するため、JIS A 1210の第2法やマーシャル試験装置による締固め試験を行い、締固め機構や各種配合要因が転圧コンクリートの品質に及ぼす影響を明らかにするとともに、曲げ強度-セメント空隙比の関係を用いた実用的な配合設計法を提案した。

超音波スペクトロスコピーに基づくコンクリートのひびわれ評価に関する基礎研究

坂田康徳・大津政康

土木学会論文集 第414号/V-12, pp. 69-78, 1990. 1.

本研究は発信器のスイープモードを利用した応答スペクトルによるコンクリートの非破壊評価法に関するものであり、方法論としてスイープモードによる応答スペクトルとパルス入力によるフーリエスペクトルの等価性、適正なスイープ時間、応答スペクトルの再現性の改善法等について検討している。そして、適用例として人工ひびわれをもつ供試体を用いて、コンクリート部材のひびわれ深さの評価に関する種々の影響要因を、材料的要因と幾何的要因の両面から検討している。

液体窒素で冷却した砂を用いて製造したコンクリートの諸性質に関する研究

根上義昭・後藤貞雄・栗田守朗・桑原隆司

土木学会論文集 第414号/V-12, pp. 79-87, 1990. 1.

液体窒素で直接冷却した細骨材(冷却砂)を用いることによりコンクリートの練上り温度を低減させるプレクーリング工法に関する研究である。冷却砂を用いてコンクリートを製造することは、コンクリートの練上り温度の低減量を25°C以上と大きくできるとともに、スランプおよび圧縮強度の改善にも寄与する。さらに、冷却砂を用いてプレクーリングを行ったコンクリートのマスコンクリートとしての性質についても明らかにした。

路盤材としての鉄鋼スラグの基礎的性質と力学的特性

西 勝・河端 薫

土木学会論文集 第414号/V-12, pp. 89-98, 1990. 1.

鉄鋼スラグ路盤材を用いたアスファルト舗道の供用性を評価するべく諸実験を実施し、力学的特性の把握を試みた。鉄鋼スラグの基礎性状と物理的性質を調査し、新材料として水硬性の発揮が顕著な複合スラグ(転炉スラグ50%、高炉徐冷スラグ30%、水砕スラグ20%の重量比で混合したもの)をとりあげ、従来の高炉徐冷スラグ、粒調砕石と比較したが、諸応力条件、材令での実験データから求めた回帰式は計算値と実際の舗装での挙動とが比較的良好一致することにより、実証された。

コンクリートの中性化の機構解明と進行予測

佐伯竜彦・大賀宏行・長瀬重義

土木学会論文集 第414号/V-12, pp. 99-108, 1990. 1.

本研究はコンクリートの中性化の機構を基礎的に解明するためにモルタル供試体を用いて促進中性化試験を行い、中性化深さ・供試体の重量変化・水酸化カルシウム量および炭酸カルシウム量・細孔径分布の測定を行い、水・二酸化炭素・水酸化カルシウムの3物質が中性化の進行に際して主要な役割を果たしていることを示し、その定量化を行った。また、これに基づいて3物質の拡散方程式を用い、解析的に中性化の進行を予測するとともに中性化に及ぼす環境条件の評価を行った。

モルタルおよびコンクリートの粘度式に関する研究

菊川浩治

土木学会論文集 第414号/V-12, pp. 109-118, 1990. 1.

近年、モルタル、コンクリートの施工性の改善が急務であり、それらの物性値の把握が必須となっている。

本研究は、これらの要望に応えるためレオロジー研究の一環として、モルタルおよびコンクリートの粘度式を提示し、粘度推定法について論じたものである。

なお、フレッシュモルタルおよびコンクリートの挙動の予測には降伏値も必要となるから、その簡易推定法についても述べている。

高炉スラグ微粉末の活性度の新しい評価方法

近松竜一・山本泰彦

土木学会論文集 第414号/V-12, pp.119~128, 1990.1.

高炉スラグ微粉末の種類と置換率、養生温度、材令、等を広範に変化させたモルタルの圧縮強度試験結果に基づいて、モルタルの圧縮強度に及ぼす各種の要因の影響を順次解析し、それぞれの要因の影響を定量的、かつ、総合的に評価できる評価式を導いた。この評価式に含まれる2個の係数がスラグ微粉末固有の活性に関係した特性値であることを見出し、これらをスラグ微粉末の活性度を評価する新たな指標として用いることを提案した。

二軸応力下にある鉄筋コンクリート板要素の構成則とねじり部材への適用

長瀧重義・岡本享久・曾我寿孝・安達孝行

土木学会論文集 第414号/V-12, pp.129~136, 1990.1.

本研究はねじりモーメントを受けるRC部材の解析上必要となる二軸の圧縮-引張応力下にあるRC板要素内の鉄筋およびコンクリートの基本的な力学的性状を把握することを目的とした。すなわち、水平方向にのみ配筋したRC板を製作して鉄筋軸方向に引張力、軸方向と垂直方向に側圧を作用させる載荷試験結果より、二軸の圧縮-引張応力下にあるRC板要素における鉄筋とコンクリートの引張特性に及ぼす側圧、供試体に寸法効果および載荷経路の影響を定量的に評価した。

RCおよびPC構造物への有限要素法の合理的適用方法に関する研究

池田尚治・南雲広幸

土木学会論文集 第414号/V-12, pp.137~143, 1990.1.

本論文は、FEMの合理的適用法という見地に立ち、“簡易な”構成則、単純な材料特性を使用したモデルを提案した。その妥当性の検証をRC供試体を用いせん断スパン比、変形性状、ひび割れ状況、応力状態に着目し検証を行った。さらにPCについてもモデルの適用を行いその検証を行った。その結果、提案したFEMモデルを用いることにより供試体の挙動を正確に表現することができ、使用限界状態、終局限界状態に対する実用的な設計計算が可能であることが確認できた。

材料分離のない高品質PCグラウトに関する研究

十河茂幸・玉田信二

土木学会論文集 第414号/V-12, pp.145~153, 1990.2.

PCグラウトは、PC構造物の耐久性を確保するために、より完全な充てんを行わねばならない。完全なPCグラウトの充てんには、材料、配合、製造、施工の一貫した検討が必要であるが、本報告は、粒度の異なる数種のセメント、混和材と、材料分離を抑制する効果のある水溶性高分子や高性能減水剤を組合せて、材料分離のない高品質なPCグラウトを製造することを、室内実験において検討した結果を示したものである。

コンクリート中に存在するセメントの水和発熱過程の定量化

鈴木康範・辻 幸和・前川宏一・岡村 甫

土木学会論文集 第414号/V-12, pp.155~164, 1990.2.

本研究は、温度履歴の依存性を考慮したコンクリート中のセメントの水和発熱過程を定量的に求める手法を提示する。測定精度の検証を十分に行った断熱温度上昇試験装置を応用して時間の関数としてのみとらえるのではなく、水和発熱速度、積算発熱量(水和の程度)、絶対温度の三者間に成立する一般則を求めた。さらに、コンクリート中のセメントの水和発熱過程はセメント粒子の分散状態の影響を受け、セメントペースト中とは異なり、しかも配合の違いによっても変化することを示した。

ひびわれを含む直交配筋鉄筋コンクリート平板の非線形挙動

吉川弘道・小玉克巳・田辺忠顕

土木学会論文集 第414号/V-12, pp.165~174, 1990.2.

本研究は、コンクリートの引張硬化作用を考慮した構成方程式を活用し、面内せん断応力下における直交配筋鉄筋コンクリート平板の非線形挙動について考察した。縦横等量/不等量配筋鉄筋コンクリート平板のせん断変形およびダイレクション、材料の応力負荷の変化、ひびわれ挙動(開口とすべり)、全ひずみ主軸とコンクリート応力の主軸の回転に言及し、数値シミュレーションおよび実験結果との比較の両者を実施した。非線形特性を解析的に再現・追認したものといえる。

フライアッシュによるアルカリ骨材反応の膨張抑制効果とそのメカニズム

長瀧重義・大賀宏行・井上 毅

土木学会論文集 第414号/V-12, pp.175~184, 1990.2.

本研究は、フライアッシュのアルカリ反応性に着目し、アルカリ骨材反応の抑制メカニズムを明らかにするものである。数種のフライアッシュを用いて、アルカリ反応性に関する物理的、化学的性質を調べ、それらがアルカリ骨材反応に及ぼす影響について検討。フライアッシュによる膨張抑制効果を容易に推定する方法を提案、検討を加えた。特に低置換率の場合、フライアッシュの非晶質SiO₂量、平均粒径が大きく影響を及ぼし、これらの値を用いて膨張抑制効果を推定できることが示された。

アスファルト混合物の流動を伴う領域の応力緩和現象と破壊に関する研究

森吉昭博

土木学会論文集 第414号/V-12, pp.185~193, 1990.2.

本論文はアスファルト混合物で3種の曲げ試験を流動を伴う領域において実施し、応力緩和現象と破壊との関係について述べたものである。実験の結果、アスファルト混合物の破壊強度および破壊時のひずみの値は応力緩和を開始する応力や応力緩和させて再載荷する時の応力のレベル等に依存することが認められた。またアスファルト混合物の応力緩和は破壊時のひずみが増大する好ましい現象であることが明らかにされた。

海洋環境下における鋼繊維補強コンクリートの鉄筋防食効果

小林一輔・星野富夫・辻 恒平

土木学会論文集 第414号/V-12, pp.195~203, 1990.2.

鋼繊維補強コンクリートを用いた鉄筋コンクリート部材が、絶えず海水飛沫を受けるような極めて厳しい腐食環境において優れた耐食性を有することを、5年間にわたる海洋暴露試験の結果に基いて明らかにした。さらに、鋼繊維補強コンクリートの使用によって鉄筋の腐食が抑制される主な原因について、鉄筋を取り囲む電場がコンクリート中に分散している鋼繊維の界面効果によって不連続になるために、マクロセルの形成や維持が困難になることを指摘している。

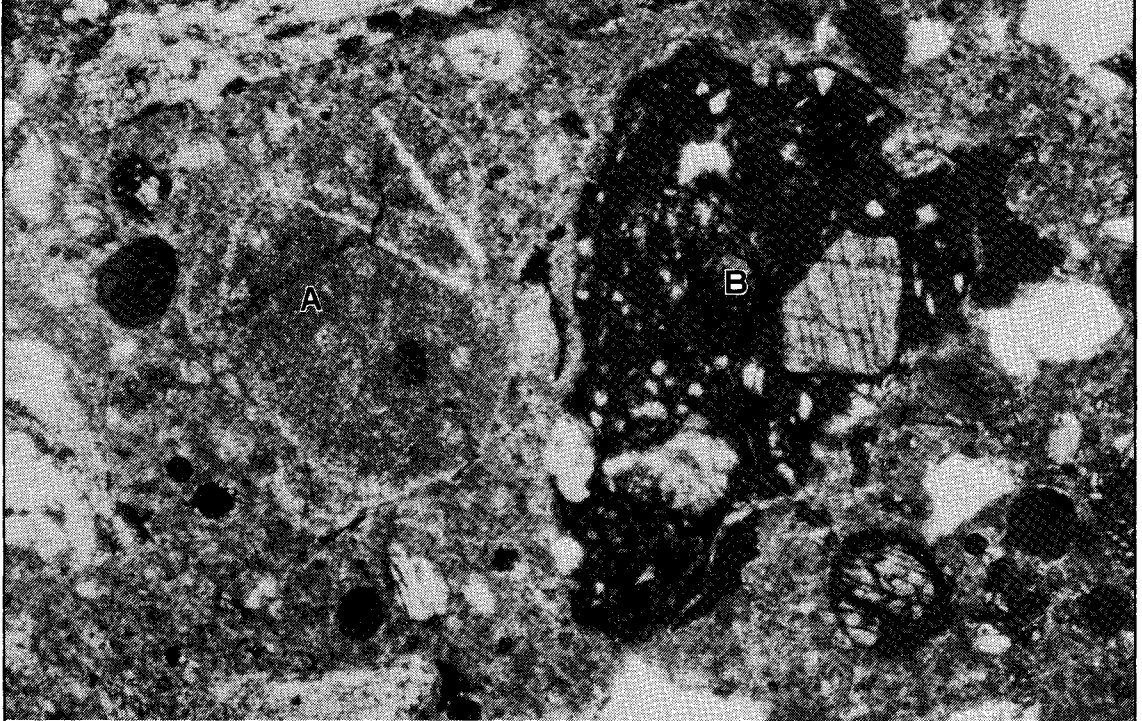
セメント硬化体中における外来塩素イオンの濃縮および固定化現象 (英文)

長瀧重義・大即信明・Tiong-Huan WEE

土木学会論文集 第414号/V-12, pp.205~215, 1990.2.

本文では、海中のコンクリート構造物においては、可溶性塩素イオンの濃縮現象が顕著であることを示した。すなわち、海水のコンクリートの細孔溶液中の可溶性塩素イオン濃度は、海水自体よりも顕著に大きくなり得ることを示した。また、海水よりの外来塩素イオンの固定化にはフリーデル氏塩の生成が密接に関連していることを示し、その最大固定化量も検討した。これらの成果により、外来塩素イオンの浸透および関連するコンクリート中鉄筋の腐食のメカニズム解明に貢献している。

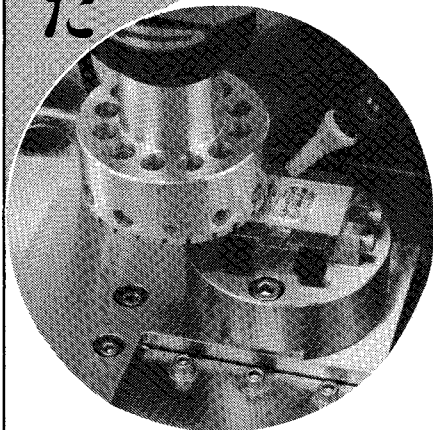
コンクリートの耐久性診断に



反応性岩石を含むコンクリート薄片の偏光顕微鏡写真

(A：潜晶質石英を含む堆積岩・B：ガラス質安山岩) 東京大学生産技術研究所 小林研究室 ご提供

だれにでもプレパラートが作れます



骨材観察用薄片試料作製機

プレパラップ MG-300

用途

- 反応性岩石・鉱物の判定
- マイクログラックの観察
- コンクリート組織の変化の観察
- 中性化の判定
- セメントの水和物組織の観察

「コンクリート薄片の作り方」小冊子、無料進呈いたします。

(開放実験室) ● 東京本社 ● 名古屋分室 ☎052-251-8771・西村科学機器内 ● 京都分室 ☎075-451-3975・京都試験機内

コンクリート・岩石等研究用試料作製機メーカー

株式会社 **ミルトー**®

本社 〒113 東京都文京区湯島1-1-10
 ☎東京(03)251-0727(代表)FAX: 東京(03)251-2478
 福岡連絡事務所
 〒815 福岡市南区大橋1-21-5 岩田ビル TEL.092-512-2755

SAT/UNSAT

(SATURATED / UNSATURATED ANALYSIS PROGRAM)

適用例

- ダムや堤体の外水位の上昇・下降や 降雨に伴う地下水解析
- トンネル掘削等による地下水への影響解析
- 矢板や連続壁による水の回り込みや止水効果の評価

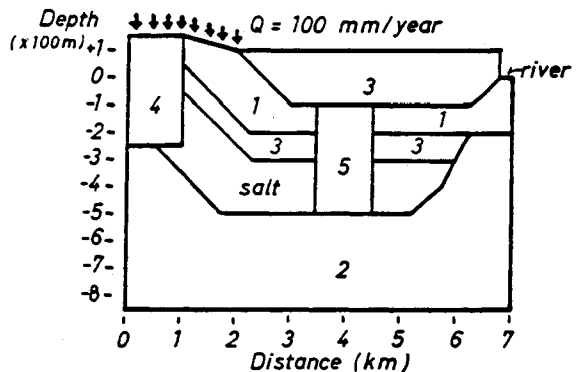


図1 放射性廃棄物処理場モデル

1: Sandstone 2: Sandstone 3: Shale 4: Limestone
5: Rubble zone Salt: Unpermeable

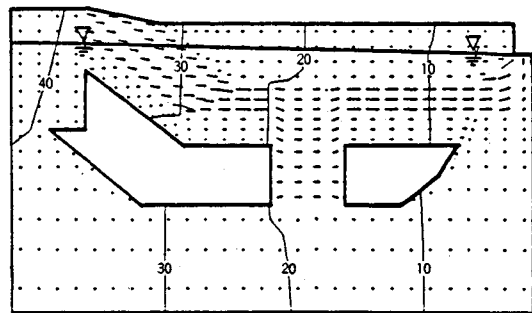


図2 放射性廃棄物処理場モデルの定常浸透流

EWS版 新発売!!

グラフィック機能に優れ、しかもコストパフォーマンスの高いエンジニアリング・ワークステーション(EWS)上で、ご利用いただけます。

NEWS, SUN, HP 等に対応。

ジオフロントに挑戦!



3次元地質解析システム

GEORAMA

ジオラマ

概要

地質調査で得られたデータを基に、利用者の判断を加味して3次元地質モデルを作成します。この3次元モデルより地質・岩級区分・地下水位等をグラフィック表示並びに作画します。また、今後この3次元モデルを利用して解析用メッシュ作成等への応用が考えられます。

特徴

- ・走向・傾斜データも考慮できる高度な推定法
- ・複雑な地質体モデルの表現が可能
- ・ビジュアルで豊富な出力機能
- ・図面間での整合性がとれる
- ・操作性の高いシステム

入力データ

- ・地形図
- ・地表踏査データ
- ・ボーリングデータ
- ・横坑データ

出力図面

- ・等高線図
 - ・地質平面図
 - ・鉛直断面図
 - ・水平断面図
 - ・ブロック図他
- (岩級区分・地下水位を含む)

適応機種

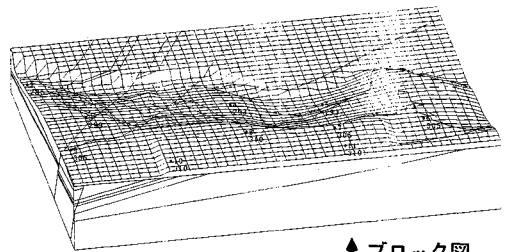
- ・SONY NEWS
- ・SUN-3, SUN-4, SPARC
(互換機を含む)
- ・HP9000シリーズ
- ・その他機種は別途御相談

90年1月より順次リリース

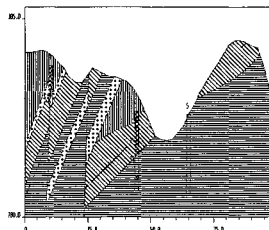
導入予約受付中

(株)アイ・エヌ・エー アイサワ工業(株) アイドールエン지니어リング(株) アサヒ地水探査(株) (株)エイトコンサルタント 応用地質(株) 大阪ガス(株) 大手開発(株) (株)大林組 (株)奥村組 川崎地質(株) 基礎地盤コンサルタンツ(株) (株)熊谷組 (株)建設技術研究所 建設省 土木研究所 五洋建設(株) 佐藤工業(株) サンコーコンサルタント(株) (株)四国総合研究所 (株)四電技術コンサルタント 清水建設(株)	(株)静電研研究所 (株)新日本技術コンサルタント 住友コンサルタント(株) 住友建設(株) 石油資源開発(株) 全日本コンサルタント(株) 大成建設(株) 大豊建設(株) (株)ダイソク (株)ダイヤコンサルタント (株)竹中工務店 中央開発(株) (株)地球科学総合研究所 中電技術コンサルタント(株) 通産省 地質調査所 電源開発(株) (株)電力中央研究所 東急建設(株) 東建地質調査(株) 東京電力(株)	東電設計(株) 東電ソフトウェア(株) 東洋地質調査(株) 動力炉・核燃料開発事業団 (株)中堀ソイルコーナー 西松建設(株) 日本工管(株) 日本国土開発(株) (株)日本パブリック (株)間組 (株)阪神コンサルタンツ ヒロセ(株) フジタ工業(株) (株)富士和ボーリング 北光ジオリサーチ(株) 北海道開発コンサルタント(株) 三井建設(株) 三菱金属(株) 村本建設(株) 明治コンサルタント(株)
---	---	---

3次元地質解析システム研究会 参加メンバー



↑ ブロック図



← 鉛直断面図

これらの図は、カラーディスプレイやハードコピーの使用により一層鮮明な表現ができます。

CRC センチュリリサーチ センタ 株式会社

大阪市中央区久太郎町4丁目1-3
(06-241-4121) 営業担当: 岩崎・吉川

米国ITASCA社(ITASCA CONSULTING GROUP, INC.)と業務提携!!

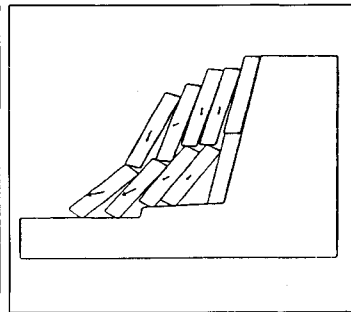
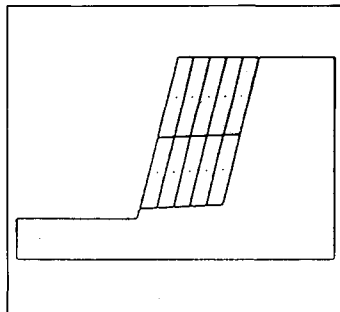
CRCは、皆様方の信頼を得て、多くの地盤、地下水解析ソフトウェアを提供してまいりましたが、このたび、米国ITASCA社(ミネソタ大学 教授 Dr. Peter Cundall)と業務提携を行ない、先進の個別要素法プログラムをご紹介させて頂けることとなりました。今後とも、常に優れたソフトウェアの提供に全力を傾けてまいりますので御期待下さい。

カンドールモデル個別要素法(DEM)プログラム

二次元個別要素法プログラム(ソースコード)



- 岩盤の転倒・滑落解析
- 岩盤の掘削解析
- 不連続性岩盤の安定解析
- 地震応答解析
- 浸透解析(UDEC)
- 熱解析(UDEC)
- 充実した三次元グラフィック表示
- 大型汎用プログラム



三次元個別要素法プログラム(ロードモジュール)

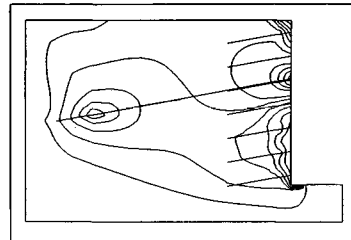


有限差分法 地盤解析プログラム



(ロードモジュール)

- パソコン用地盤の汎用解析コード
- 最大2000要素まで解析可能
- 弾性及び弾塑性解析
- 不連続面の取り扱いが可能
- メッシュジェネレート機能
- 図化出力機能



■ 販売条件

UDEEC・3DEC

- ◆ 各種メインフレーム、各種EWS、IBM-PC/AT及び互換機
- ◆ UDEECはソースコードで提供いたします。
- ◆ 3DECはロードモジュールで提供いたします。

FLAC

- ◆ IBM-PC、PC-AT、PS/2及び互換機
- ◆ IBMカラーカード、EGA、VGA
- ◆ 8087、80287、80387数値演算プロセッサ
- ◆ HPコマンド対応プロッタ、ポストスクリプト言語対応プリンター

UNICOUP

応力解析と浸透解析がドッキングした!

軟弱地盤の解析に!

海洋開発・埋立

盛土・掘削

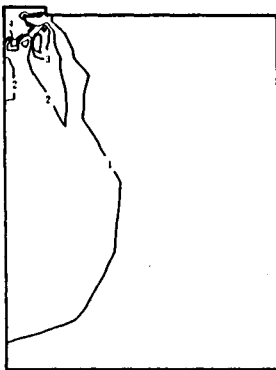
出力項目

- 各節点での変位、各要素での応力
- 各節点での全水頭・圧力水頭他
- 豊富な図化処理
変位図、変位ベクトル図、応力ベクトル図、応力コンター図、安全率コンター図、水頭コンター図、圧力水頭コンター図

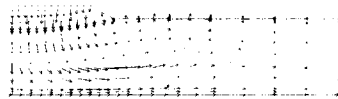
プログラムの特長

- 応力と地下水の流れをカップルさせた問題が解析可能です。(圧密含む)
- 地下水の流れは飽和・不飽和域を対象としています。
- 多段掘削・盛土や降雨等が扱えます。
- 梁や連結要素も扱え実用的です。
- 経時観測記録(変位・水位)があれば、非線形最小二乗法に基づき変形係数や透水係数が逆解析できます。(順解析、逆解析がスイッチにて選択可能です。)
- 弾性・非線形弾性・弾塑性・弾粘塑性を示す地盤が扱えます。
非線形弾性(電中研式、ダンカン・チャンの双曲線モデル)
弾塑性(ドラッカー・ブラガー、モール・クーロン、カムクレイモデル、ハードニング、ソフトニング)
弾粘塑性(関口・太田モデル)

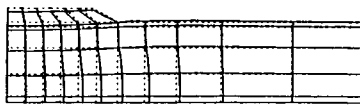
(荷重)



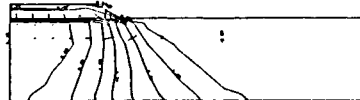
応力増分コンター(Δσ V)
(10日後)



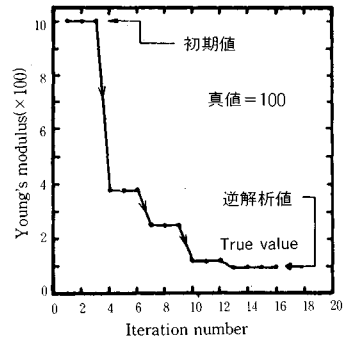
変位ベクトル図(40日後)



盛土(40日)後の地盤の変形



盛土(40日)後の地下水の流れと水頭
コンターおよび自由水面



ヤング率と繰り返し回数関係
逆解析によるパラメータの推定

このシステムは、情報処理振興事業協会の委託を受けて開発したものです。

IPA 情報処理振興事業協会
CRC センチュリリサーチ センタ 株式会社

問合せ先
大阪市中央区久太郎町4丁目1-3
(06-241-4121) 営業担当: 岩崎・吉川

圧密解析ソフトパソコンに上陸!!

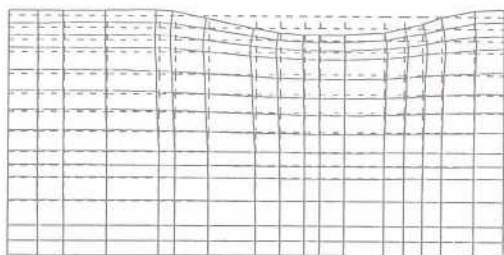
地盤の非定常圧密解析プログラム

Mr. 圧密

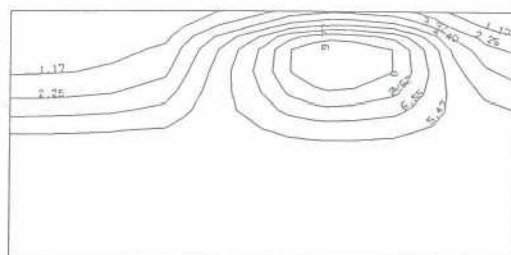
(特長)

- 非定常FEMによる線形弾性解析(christian系の解法)
- 二次元平面歪解析
- 要素として三角形・任意四角形が扱える
- スケーリングをしているので安定して解が求まる
- リスタート機能の完備
- 入力はわかりやすいコマンド形式を採用(フリーフォーマット)
- 図化処理(プロット、画像出力)等、豊富な機能を持つホストプログラムを完備
- ジェネレート機能(長方形要素)により簡単にモデル作成が可能
- 大モデルはそのままCRCネットワークでも(ホスト処理)可能

販売価格：60万円 機種：NEC PC9800シリーズ 他



変形図



過剰間隙水圧コンター図

※EWS、汎用機用の圧密解析プログラム(逆解析も可能)として“UNICON”も用意しております。

CRC センチュリリサーチセンター 株式会社

大阪市中央区久太郎町4丁目1-3
(06-241-4121) 営業担当: 岩崎・吉川